

Laboratorios abiertos: una alternativa para la enseñanza de la Química en las carreras de ingeniería

Irma Delfín^{1,2} y María Isabel Raygoza^{*2}

¹ Área de Química de la Carrera de Biología, Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México

² Área de Química, Departamento de Ciencias Básicas, Universidad Autónoma Metropolitana Azcapotzalco, Av. San Pablo No. 180, Col. Reynosa, México 02200, D.F. Tel: 5318-9024, Fax: 5318-9540; E-mail: irm@correo.azc.uam.mx.

Resumen. Proponemos un método de enseñanza participativo a través de proyectos experimentales que permiten a los futuros ingenieros interactuar con la química. En esta dinámica de trabajo que designamos como "Laboratorios abiertos" el alumno no es un simple observador ni un manipulador de instrumentos, sino que interviene activamente en su aprendizaje: pensando, participando y prediciendo. Se han obtenido buenos resultados en grupos piloto. Los problemas planteados, los diseños experimentales y los resultados obtenidos, fueron analizados en discusión plenaria, con la participación de todos los alumnos.

Palabras clave: enseñanza profesional, ingeniería, química experimental.

Abstract. Open lab is a way to teach chemistry to engineering students in which the experimental work becomes meaningful to his particular type of engineering. Traditional students usually show no interest to do experimental work, with minimum observation and manipulation of instruments, *Open Lab* is characterized by the students attitudes: thinking, working and predicting all the time. This dynamic laboratory work gave good results, mainly when all the experimental problems, laboratory work and results, were discussed and complemented during final sessions with the group of students.

Key words: Professional teaching, engineering, experimental chemistry.

La función más importante de las instituciones de educación superior es participar en la formación integral de los estudiantes, lo que es mucho más que la capacitación para el desempeño profesional. La universidad facilita al estudiante el acceso a la información —técnica y científica— más importante en todas las disciplinas, misma que el estudiante selecciona, aprende e incorpora a sus propias estructuras cognitivas.

Los jóvenes que en un futuro próximo se incorporarán a la sociedad del mundo moderno, están obligados a conocer al menos los aspectos generales más importantes de las ciencias básicas: química, física, biología y matemática. Su estudio les permitirá comprender las causas y proponer soluciones a problemáticas como la contaminación ambiental, la pobreza y el hambre.

Por desconocimiento de su importancia, muchos estudiantes consideran el aprendizaje de esas ciencias como un "mal necesario", una obligación inscrita en el plan de estudios de su carrera [1, 2]. Es común oír comentarios de los estudiantes de carreras de ingeniería de la UAM-Azcapotzalco acerca de lo poco útiles que son en su profesión los conocimientos que "adquieren" o mejor dicho, que "no adquieren" en los cursos de química, lo que provoca una actitud de apatía, indiferencia y pasividad. Una posible solución a esa falta de interés sería ofrecer a los estudiantes contenidos acordes a sus intereses y capacidades, considerando el perfil del profesionista que se desea formar.

En el ámbito de la docencia y en el campo de la ingeniería de procesos, se evidencia en el estudiante una deficiencia en su capacidad para resolver problemas aplicando los conocimientos adquiridos de una manera integral. Es decir, aunque sus conocimientos en áreas básicas son más o menos razonables, no sabe cómo utilizarlos para dar solución a un problema del "mundo real". Muchos estudiantes tienen dificultades para identificar y definir un problema [3], están acostumbrados a que el profesor plantee el problema y se desconciertan cuando en el enunciado del mismo sobran o faltan datos; un ejercicio recomendable es pedir a los alumnos que "inventen" sus propios problemas [4].

Lagowski [5] considera a la química como una ciencia viva en constante evolución, cuya enseñanza podría realizarse a través de problemas químicos que representen retos para los estudiantes, forma de trabajo que propicia actividades de investigación que conducen a la adquisición de conocimientos, y en una visión más amplia, a la formación de individuos capaces de buscar soluciones a los problemas que se les presentan.

Entre los aspectos más rezagados en cuanto a enseñanza profesional en América Latina, destaca la enseñanza profesional de la química, deficiencia cuyas causas son múltiples y variadas, desde la inadecuada orientación vocacional y la heterogeneidad de conocimientos e intereses del estudiante de nuevo ingreso, hasta la falta de instrumentos de laboratorio y

de criterios válidos de evaluación para la enseñanza experimental. A ello se suma en muchas ocasiones la escasa motivación y la preparación insuficiente del personal docente, aunado a programas “de cursos de laboratorio” enfocados a “resolver problemas” de los cursos de teoría. Al igual que en otros niveles educativos, el conocimiento del mundo cotidiano a través de la química, es uno de los grandes retos que enfrenta la enseñanza de esta ciencia [6].

Entre las sugerencias que se han hecho para disminuir la problemática de la enseñanza experimental están las de: elaborar material de apoyo (autoaprendizaje) que permita al estudiante adquirir los conocimientos mínimos deseables para su ingreso a la universidad, eliminar de los manuales de “prácticas” los experimentos con resultados “programados” y proponer en su lugar experimentos o temáticas “abiertos y flexibles”.

A nivel propositivo aunque no aplicado, se reconoce que la comprensión conceptual y la experimentación son elementos que han permeado de forma trascendente las ideas y expectativas de los profesores en torno a los elementos básicos para la enseñanza de la ciencia [7]. Cuando en el laboratorio sólo se reproducen mecánicamente experimentos que no corresponden a los intereses de los alumnos, cabría recordar que para un espíritu científico todo conocimiento es una respuesta a una pregunta. Si no hubo pregunta no pudo haber conocimiento científico [6].

El profesor desempeña un papel fundamental en la enseñanza experimental ya que a él corresponde vincular la información que desea transmitir a sus alumnos, con la realidad cotidiana y profesional, con los problemas reales y con la metodología para la búsqueda y adquisición de nuevos conocimientos. Al involucrar al alumno con la investigación —entendida ésta como la investigación de problemas con los propios medios— se despierta su imaginación y creatividad y se le capacita para interpretar los resultados de sus experimentos [8]. La investigación es el acto de buscar respuestas a preguntas razonadas, como tal, es intrínseca del proceso educativo y debe fomentarse para que los estudiantes sean creativos y apliquen esa creatividad en algo constructivo; el profesor de laboratorio debe tener muy claros los objetivos específicos de su asignatura y la ubicación de la misma en la formación del futuro profesionista [9].

El laboratorio de docencia es un espacio académico en que se facilitan las interacciones alumno-profesor y alumno-alumno. Dado que en él se manejan contenidos teóricos muy específicos, el profesor debe estar atento y evitar que el estudiante repita mecánicamente términos y conceptos, así como operaciones manuales que no ha comprendido.

La Asociación Nacional de Facultades y Escuelas de Ingeniería (ANFEI) recomendó en el Seminario Panamericano del Comité Permanente de Enseñanza de la Ingeniería de 1989, promover la integración de troncos básicos científicos en los planes de estudio de las carreras de ingeniería e impulsar nuevas alternativas metodológicas de enseñanza.

Antecedentes

La enseñanza de la química a través del desarrollo de proyectos experimentales permite al estudiante aprender a través del estudio de temas o materiales que él mismo elige y de alguna manera le interesan [8]. Esta metodología de enseñanza estimula al estudiante a conocer los porqués de un conocimiento que le es familiar de manera empírica, lo que propicia la búsqueda de información, el trabajo grupal y, una vez realizado el experimento, la discusión tanto de las técnicas experimentales, como de la interpretación de los resultados obtenidos.

Los cursos que se imparten en secundaria, primer contacto del estudiante con la química, establecen como requisito para aprobar el curso, que el alumno haya aprendido y utilice correctamente un gran número de conceptos y símbolos que meses antes le eran totalmente desconocidos, lenguaje que le resulta incomprensible y carente de significado. Quizá lo memorice, pero es poco probable que lo aprenda: la memorización puede ser individual pero el aprendizaje se mejora sustancialmente, cuando se trabaja en grupo [10].

En el siguiente ciclo escolar, nivel medio superior, la asignatura de química está nuevamente presente. Como “se sabe” que el estudiante no recuerda los conocimientos que debió haber adquirido en la secundaria, el programa de química está conformado esencialmente por los mismos contenidos que ya habían sido revisados anteriormente [11]. Nuevamente se apremia al alumno a que “aprenda” dichos contenidos aunque sin darle una razón para dicho aprendizaje. Para el estudiante la química continúa siendo algo “muy difícil”, que no tiene relación con el diario acontecer. A este intento repetido de enseñanza de contenidos que no le son significativos, el alumno desarrolla como defensa una actitud de rechazo hacia la química teórica y hacia las “prácticas de laboratorio”.

En las instituciones de educación superior, como parte de su formación básica, los estudiantes de las carreras de ingeniería, deben cursar y acreditar al menos dos asignaturas relacionadas con la química. Tal es el caso de la Unidad Azcapotzalco de la Universidad Autónoma Metropolitana, institución en donde se imparte a los estudiantes, un tronco básico común que incluye dos asignaturas teórico-prácticas del área de química: “Reacciones y enlace químico” y “Estructura de los materiales”.

Los conocimientos de los estudiantes que ingresan a la Universidad Autónoma Metropolitana son muy heterogéneos, tanto desde el punto de vista cualitativo, como en cuanto a su profundidad. En los planes de estudio se reconoce esta heterogeneidad y se le trata de remediar a través de una nueva revisión de los conceptos básicos. El estudiante sigue viendo a la química como algo ajeno a su futuro quehacer profesional.

Las “prácticas de laboratorio” no son tampoco experiencias motivadoras, en general se trata de técnicas de laboratorio tomadas de un texto elaborado por y para químicos. En cada “práctica” se describe cómo realizar una serie de manipulaciones dirigidas a que el estudiante desarrolle ciertas habilidades motoras cuyo propósito le resulta poco claro. Objetivo

que no constituye una motivación para estudiantes de carreras —aparentemente— no relacionadas con la química, que hace que los alumnos realicen dichas manipulaciones de manera mecánica, se aburran y no les interese tratar de comprender la razón de lo observado. El procedimiento, supuestamente “aprendido”, no se convierte en una herramienta útil para resolver nuevos problemas.

Los programas son extensos y no han sido revisados ni actualizados desde hace varios años, por lo que buena parte de los contenidos de química ha perdido actualidad. Los futuros ingenieros tienen interés en los nuevos materiales, desarrollados para responder a necesidades específicas, también quieren conocer las propiedades de materiales que utilizarán en su actividad profesional. Es necesario tratar de que los cursos de química permitan al alumno reconocer que el mundo en que vive está hecho “de materia”, es decir, que nuestro entorno es un ambiente químico.

La química debe ayudar a responder las preguntas que se relacionan con el quehacer profesional de los alumnos y el trabajo de laboratorio debe dar a los estudiantes la posibilidad de confirmar o rechazar sus suposiciones o hipótesis acerca del comportamiento y propiedades de la materia. El estudiante de ingeniería tiene más interés en conocer las propiedades de los materiales que en entender la composición o estructura interna de los mismos; le importan la dureza, textura, brillo, resistencia a diversos agentes físicos o químicos, maquinabilidad, etc. La falta de motivación conduce a una baja eficiencia del proceso de aprendizaje dado que para que un aprendizaje sea exitoso, el estudiante debe conocer o tener el interés por conocer aquello que va a estudiar.

Aprendizaje participativo en el laboratorio

Cuando se utilizan en el laboratorio, las metodologías participativas, el estudiante se transforma en un elemento activo de su propio aprendizaje. El alumno es un sujeto que tiene conciencia de sus necesidades académicas y busca la manera de subsanarlas apoyándose en la experimentación y la aplicación de los conocimientos teóricos estudiados.

En la UAM Azcapotzalco se imparten a los estudiantes de ingeniería (ambiental, civil, eléctrica, electrónica, física, industrial, mecánica, metalúrgica y química), cursos introductorios de química que buscan mostrar un panorama general de dicha ciencia, pero dada la gran cantidad de conocimientos que esta disciplina comprende, sólo se alcanza a ofrecer al estudiante una visión parcial. Imagen que posiblemente responda a las expectativas de algunos de los estudiantes, pero que definitivamente no despierta el interés de la mayoría.

En espacios académicos en los que los estudiantes tienen acceso libre ilimitado al laboratorio, se puede proponer como actividad principal del curso, la realización de un proyecto experimental por periodo escolar (semestre, cuatrimestre o trimestre), proyecto que inclusive puede continuarse en el siguiente ciclo escolar [8].

Dada la distribución horaria del curso de Laboratorio de

Estructura de los Materiales, 11 semanas de trabajo con una sola sesión semanal de tres horas, no es posible que los estudiantes diseñen y desarrollen como trabajo de laboratorio un proyecto experimental trimestral. Es por ello que se ensayó, durante cuatro trimestres (1997 y 1998-I), una forma alternativa de trabajo, que denominamos Experimentos abiertos [12].

En esta dinámica de trabajo, cada uno de los equipos de estudiantes propone y diseña cada semana, un experimento que realizará en el laboratorio. El experimento debe estar relacionado con la unidad temática correspondiente y poder ser realizado en el tiempo y con el material, equipo y reactivos que se encuentran en cualquier laboratorio. Siendo el estudiante quien establece el objetivo de su experimento, éste le resulta claro y puede analizar la congruencia o falta de congruencia de sus datos experimentales con los resultados esperados, hacer inferencias y obtener conclusiones.

Este tipo de actividad da al estudiante el papel de investigador, es decir, actúa como responsable de mejorar un proceso productivo o de detectar sus fallas. Es él quien identifica un “problema”, establece la secuencia de actividades para su resolución, las realiza e interpreta los datos obtenidos. Su pregunta inicial lo lleva a buscar, seleccionar y organizar información respecto a su tema de interés, que le conduce a la formulación de una hipótesis. Al diseñar su experimento debe estar consciente de la razón de cada uno de los pasos de la técnica propuesta. El análisis de sus datos le aportará conocimientos, sea que coincida o no, con la hipótesis planteada.

La diversidad de intereses de los estudiantes que estaban inscritos en los grupos-piloto de Laboratorio de Estructura de los Materiales, dio lugar a que durante el curso se revisara una amplia variedad de materiales. La mayoría de ellos fueron materiales de ingeniería, pero los alumnos seleccionaron además otros que, aunque no tenían relación con su quehacer profesional les preocupaban, entre ellos, algunos relacionados con la contaminación ambiental.

El trabajo experimental bajo la modalidad de experimentos abiertos se desarrolló con grupos de estudiantes inscritos en el Laboratorio de Estructura de los Materiales, en cuatro trimestres sucesivos (97-I; 97-P; 97-O y 98-I), incorporando en cada trimestre las sugerencias y propuestas que fueron hechas por alumnos de trimestres anteriores. Los estudiantes se agruparon en tres conjuntos de tres carreras afines cada uno, organizados en equipos de trabajo de 4 o 5 estudiantes [13].

Por ejemplo, el tema de polímeros que en el manual de laboratorio consiste en la síntesis de dos polímeros: un acrílico (termoplástico) y una laca (termofijo) [14], permitió a los alumnos proponer la revisión de algunas propiedades específicas de ese tipo de materiales o incluso comparar la reactividad o resistencia frente a agentes, químicos y mecánicos en diversas colecciones de polímeros que ellos mismos escogieron y agruparon. Algunos de los equipos reunieron de 10 a 12 materiales diferentes, en los que investigaron, utilizando instrumentos y escalas de medición de su elección, características como la degradabilidad por agentes atmosféricos (ingenieros ambientales, ingenieros químicos e ingenieros mecánicos), su conductividad eléctrica (ingenieros eléctricos e ingenieros

electrónicos), su resistencia mecánica (ingenieros físicos e ingenieros mecánicos), etc.

Los problemas planteados, los diseños experimentales y los resultados obtenidos por cada proyecto, fueron analizados y sujetos a una discusión plenaria, al final del curso, en la que participaron todos los alumnos del grupo.

Conclusiones

El rendimiento académico y la actitud propositiva mostrada por la mayoría de los estudiantes permiten suponer que el interrelacionar la composición, la estructura y la funcionalidad de un material, proporcionó a los alumnos un aprendizaje que reconocieron como “significativo”, lo que a su vez despertó su curiosidad y estimuló su creatividad. El trabajo experimental desarrollado condujo a propuestas como el diseño de “nuevos materiales”, técnicas alternativas para medir en el laboratorio o en el área de fabricación industrial las características de los productos elaborados, construcción de instrumentos de medición económicos pero eficientes, etc.

Otro aspecto favorable de esta metodología de trabajo se relaciona con el elevado costo de los reactivos que se consumen en las prácticas tradicionales de laboratorio, sustancias químicas, que el alumno no conoce ni utiliza en su vida cotidiana. El trabajar en un experimento abierto permite que se utilicen materiales comunes de fácil adquisición (generalmente de calidad comercial) que los propios alumnos consiguen y aportan, lo que hace que se reduzca en una proporción importante el gasto por estudiante.

Los resultados de los ensayos piloto realizados por las autoras, han sido alentadores. Al solicitar a los estudiantes, a través de una encuesta, su opinión en cuanto a esta forma de trabajo en el laboratorio las respuestas han sido variadas, pero destaca el aval positivo que dan al uso de materias primas y materiales que les son familiares, mismos que son utilizados en diferentes áreas de la ingeniería. El alumno no es un simple observador ni un manipulador de instrumentos sino que interviene activamente en su aprendizaje: pensando, participando y prediciendo.

Bibliografía

1. Ortega, P.F., Aportaciones a la Didáctica de la Educación Superior, ENEP-Iztacala, UNAM, México, **1978**, Cap. 3.
2. Marzolla, M.E., Aportaciones a la Didáctica de la Educación Superior, ENEP-Iztacala, UNAM, México, **1978**, Cap. 5.
3. Campos, H.M.A., Aportaciones a la Didáctica de la Educación Superior, ENEP-Iztacala, UNAM, México, **1978**, Cap. 2.
4. Anaya, D.A. *Educación Química* **1990**, 1, 8-10.
5. Lagowski, J. *J. Chem. Ed.* **1989**, 66, 4, 273.
6. Chamizo, J.A. *Contactos* **1988**, III, 2, 56-60.
7. Gallegos, C.L.; León, T.A.; López, M.A. *Estudios en Didáctica* **1998**, 133-139.
8. Rojo, D.A. *Educación Química* **1990**, I, 1, 8-10.
9. Marambio, E. *Educación Química* **1990**, 1, 12-13.
10. Smith, K.A. *Active Learning: Cooperation in the College Classroom*, University of Minnesota, U.S.A, **1993**, Cap. 1.
11. Garritz, A.; Chamizo, J.A. *Química*, Addison Wesley Iberoamericana, U.S.A, **1994**.
12. Delfín, I.; Raygoza, M.I. *Memorias del III Congreso Nacional de Investigación Educativa*, **1995**, Consejo Mexicano de Investigación Educativa, Universidad Pedagógica Nacional.
13. Delfín, I.; Raygoza, M.I. *Tronco Básico Profesional en Carreras de Ingeniería: Experiencias y Habilidades Relacionadas con la Química*, en el XVIII Congreso Nacional de Educación Química, México, **1999**.
14. *Manual de Laboratorio de Estructura de los Materiales*. UAM Azcapotzalco.