

# La enseñanza experimental de la Química General y la Química Analítica desde México (la ENEP-Cuautitlán de la UNAM y la UAM-Iztapalapa) en el último cuarto del siglo XX

Alberto Rojas-Hernández, María Teresa Ramírez-Silva\*

**ABSTRACT (Experimental teaching of General and Analytical Chemistry from Mexico (ENEP-Cuautitlán/UNAM and UAM-Iztapalapa) in the last quarter of 20th Century)**

In this work a description of different methods and strategies for the teaching of experimental general and analytical chemistry can be found. These didactic methods and strategies were applied in Analytical Chemistry Section of Escuela Nacional de Estudios Profesionales, Campus Cuautitlán, from Universidad Nacional Autónoma de México, and in the Basic Sciences and Engineering Division of Universidad Autónoma Metropolitana, Campus Iztapalapa, between 1978 and 2004. The methods and strategies were effective for the teaching of experimental chemistry and the development of abilities to solve specific problems by experimental path; nevertheless, the new generations have difficulties to learn in the same way; then new methods and strategies for the teaching of experimental chemistry should be developed for the students of the 21st Century.

**KEYWORDS:** didactic methods, didactic strategies, experimental chemistry, experimental design

## Introducción

En los años de 1970 a 1990, la enseñanza experimental de la Química General tuvo una transformación drástica en el primer año del nivel licenciatura en la Facultad de Química y en la entonces Escuela Nacional de Estudios Profesionales (ENEP) en sus planteles de Cuautitlán y Zaragoza (todas ellas dependencias de la Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM), en la asignaturas que se conocieron como Laboratorio de Ciencia Básica I y II.

Posteriormente, la enseñanza experimental de la Química Analítica y General también tuvo cambios importantes en la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa (UAM-Iztapalapa) en los años de 1978 a 2005.

En este artículo se da una visión panorámica del contexto en el que se dieron estos cambios en la ENEP-Cuautitlán y en la UAM-Iztapalapa, describiéndolos críticamente para dar un recuento de los logros obtenidos con los mismos y de la situación actual de este tipo de enseñanza.

## Antecedentes

Fundación y filosofía educativa del Colegio de Ciencias y Humanidades de la UNAM

El 26 de enero de 1971, el H. Consejo Universitario de la UNAM aprobó la creación del Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH), como una institución de carácter permanente que puede ofrecer educación en varios niveles educativos, en particular: medio superior, superior y de posgrado. En el nivel medio superior tres planteles empezaron a operar en 1971 (Azcapotzalco, Naucalpan y Vallejo), con una enseñanza formativa, a los cuales se añadirían años después otros dos planteles: Oriente y el Sur.

En los objetivos del CCH se estipulaba que los alumnos debían aprender dos lenguajes: el español y las matemáticas, así como dos métodos: el histórico y el científico, y que se les debían desarrollar las habilidades para ser autodidactas. Estos objetivos prevalecieron hasta 1997, cuando al nivel medio superior del CCH se le impuso el rango de Escuela Nacional, con lo que su sistema educativo se transformó y se hizo similar al de la Escuela Nacional Preparatoria (el otro sistema de bachillerato de la UNAM).

La filosofía y sistema educativo originales del CCH tuvo importancia en algunos cambios en la enseñanza experimental de la Química Analítica, como se verá más adelante.

\* Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa. Departamento de Química. Área de Química Analítica. San Rafael Atlixco 186. Colonia Vicentina. 09340 México, D.F. México.

Correos electrónicos: suemi918@xanum.uam.mx y mtrs218@xanum.uam.mx

Fundación, estructura y sistema educativo de la ENEP, en la UNAM, y de la UAM  
En 1974, ocurrieron dos fundaciones importantes en materia de educación superior.

Dentro de la UNAM comenzó a operar la ENEP, en su plantel de Cuautitlán, al cual un año después se sumarían los planteles de Acatlán e Iztacala y varios años después los de Aragón y Zaragoza. Actualmente todos los planteles de la ENEP se han transformado en Facultades de Estudios Superiores, porque ofrecen al menos un programa de nivel doctoral.

Ese año de 1974 también comenzaría a operar la UAM, por decreto presidencial, en sus Unidades de Iztapalapa, Azcapotzalco y Xochimilco, y muy recientemente ha crecido en dos Unidades más: Cuajimalpa y Lerma.

Tanto la ENEP como la UAM surgieron con una estructura departamental (para su organización académico-administrativa), diferente a la de escuelas y facultades, y con un sistema educativo que debería fomentar la enseñanza multidisciplinaria. De acuerdo con el sistema departamental, de la Dirección de la Escuela —en el primer caso— o de la Rectoría de la Unidad —en el segundo— se derivan las dependencias académicas, llamadas Divisiones. Las Divisiones se conforman por los Departamentos, los cuales, finalmente, están formados por Secciones —organizadas por intereses docentes, en el primer caso— o por Áreas de Investigación —en el segundo caso.

En la ENEP-Cuautitlán se diseñó para el primer año de las carreras relacionadas con la Química, una enseñanza experimental activa, que pretendía que sus alumnos aprendieran a utilizar el método científico para resolver problemas. Algunos profesores de la ENEP-Cuautitlán, dirigidos por Carlos Castañeda, importaron los cursos semestrales del Laboratorio de Ciencia Básica I y II que se estaban instrumentando en la Facultad de Química de la UNAM por profesores sudamericanos, que se inspiraban en la escuela de Jean Piaget y defendían una enseñanza activa.

En la UAM-Iztapalapa la enseñanza experimental basada en estos mismos principios educativos fue diseñada para los cursos de Física Experimental Elemental I, II y III, por físicos dirigidos por Héctor Riveros, Fernando Del Río y Ángel Manzur, entre otros. Al iniciar la UAM-Iztapalapa la enseñanza experimental en el Tronco General de Asignaturas, en Química, se estableció en forma tradicional (prácticas para ilustrar los conceptos de los cursos de teoría).

El objetivo de este trabajo es señalar cómo es que la enseñanza experimental del CCH y del tronco común de asignaturas de la ENEP-Cuautitlán influyó en la enseñanza experimental del tronco general de asignaturas de la División de Ciencias Básicas e Ingeniería (DCBI) en la UAM-Iztapalapa y en la enseñanza experimental de los cursos de química analítica en la ENEP-Cuautitlán y en la UAM-Iztapalapa.

Los autores del presente trabajo, en colaboración con otros profesores, fueron influenciados por la filosofía y estrategias didácticas de enseñanza experimental del CCH y de los cursos Laboratorio de Ciencia Básica, puesto que algunos de ellos fueron alumnos de estos sistemas educativos de la UNAM.

## Relatoría de los cambios promovidos en diferentes etapas para la Química General y la Química Analítica

Durante cerca de 25 años y en diferentes cursos, los autores del presente trabajo participamos en la instrumentación de varias modalidades de enseñanza y estrategias didácticas para la enseñanza experimental de la Química, siempre intentando promover aprendizajes significativos en nuestros alumnos. A continuación se hará una relatoría de algunas de las experiencias didácticas que se tienen.

### Entrevistas como evaluaciones orales en el Análisis IV de las carreras de Ingeniero Químico y Químico en la ENEP-Cuautitlán (1978-1980)

En 1978 el entonces Jefe de la Sección de Química Analítica, Dr. Helmut Pitsch Kluth, encargó a los profesores de Análisis IV que organizáramos la enseñanza como mejor nos pareciera. Dado que en ese entonces los tres éramos jóvenes profesores (Juan Pablo Sánchez Guerrero, Ignacio González Martínez y Alberto Rojas Hernández) y dada la inquietud de Juan Pablo de experimentar con evaluaciones orales para las prácticas, se decidió adoptar esta modalidad de evaluaciones orales como entrevista, después de cada actividad experimental.

Estas entrevistas se desarrollaban por equipo (cuya composición era igual a cuando el equipo se constituyó). El profesor preparaba un interrogatorio con un número de preguntas igual al número de integrantes de cada equipo. Los alumnos entonces comenzaban a dar respuesta a cada pregunta. El profesor pedía entonces a uno de los alumnos a dar respuesta a la primera pregunta; después de eso se pedía a los demás alumnos su opinión al respecto y después de que se anotaran las respuestas dadas por los alumnos el profesor señalaba la respuesta correcta, explicando los errores que se habían cometido. Para la segunda pregunta el profesor pedía la respuesta inicial de otro integrante del equipo, en seguida la retroalimentación de los demás alumnos y, finalmente señalaba la respuesta correcta y los errores que se habían cometido. Al final de la entrevista cada alumno habría dado una respuesta inicial a alguna pregunta y todos habrían participado para resolver el interrogatorio; además, habrían conocido y analizado sus errores. Al mismo tiempo, el profesor habría reunido una serie de evidencias para hacer una evaluación objetiva de sus alumnos, promoviendo el aprendizaje colaborativo.

### Laboratorio por proyectos en Análisis III de la carrera de Químico Farmacéutico Biólogo (1979-1992)

En 1979 María Teresa Ramírez Silva junto con Julián Atilano Díaz probaron dirigir el proceso de enseñanza y aprendizaje del laboratorio de la asignatura de Análisis III de la carrera de QFB por medio de proyectos que los alumnos diseñaban en cada equipo. En cada actividad experimental los profesores del grupo señalaban a cada equipo el problema a resolver por vía experimental, desde allí los alumnos debían investigar y proponer la manera para resolver el problema. Entonces, en

**Tabla 1.** Etapas en el proceso de enseñanza y aprendizaje activo, llamado por proyectos en este trabajo.

Etapas en la enseñanza experimental por proyectos	Características de la etapa	Elementos a evaluar
Diseño del experimento	En esta etapa el profesor o los alumnos, de cada equipo, realizan el planteamiento de un problema a resolver por vía experimental. Los alumnos de cada equipo realizan la investigación para proponer las actividades a realizar para resolver el problema y plasman el resultado de esta investigación y del diseño de los experimentos en una Guía Metodológica.	Planteamiento del problema Guía metodológica
Experimentación	Los estudiantes realizan las actividades experimentales programadas en la guía metodológica, modificándola en caso necesario. En esta etapa deben aprender a seguir las Buenas Prácticas de Laboratorio, a capturar sistemáticamente sus Resultados Experimentales y a llevar una Bitácora para apoyar el acopio correcto de la información adquirida.	Buenas prácticas de laboratorio Resultados experimentales Bitácora
Informe de resultados	Los alumnos deben plasmar los resultados obtenidos en las actividades experimentales, considerando las incertidumbres de las mediciones realizadas, registrarlos en tablas o gráficas; elaborar conclusiones compatibles con los objetivos y el planteamiento del problema, y aprender, y aprender a hacerlo en forma escrita u oral.	Informe de trabajo Presentación oral
Evaluación global	Los alumnos deben demostrar que tienen los conocimientos suficientes que se relacionan con el proyecto realizado, resolviendo preguntas específicas en forma oral o escrita.	Examen oral Examen escrito

las sesiones de experimentación, los alumnos realizaban los experimentos que habían propuesto realizar. Ya con sus datos experimentales adquiridos los estudiantes de cada equipo realizaban un informe de trabajo en donde finalmente concluían si las actividades realizadas habían resuelto el problema planteado. En la tabla 1 se describen las etapas a considerar en este tipo de enseñanza experimental, activa, por proyectos.

Hacia 1984 Helmut Pitsch Kluth le pidió a Alberto Rojas Hernández que se incorporara como profesor al laboratorio de Análisis III QFB siguiendo esta modalidad de enseñanza por proyectos, para evaluar la eficacia de esta modalidad de enseñanza y aprendizaje. Después de ese semestre se preguntó a los alumnos su opinión al respecto y su respuesta promedio coincidió con la evaluación realizada por los profesores: el desarrollar proyectos en el laboratorio de Análisis III QFB resultó más eficaz que la enseñanza por prácticas tradicionales para el aprendizaje significativo de los alumnos en cuanto al desarrollo de sus habilidades para el diseño de experimentos.

Sin embargo, la evaluación también hizo evidente que debía mejorarse la metodología de los profesores para conducir el proceso de enseñanza y aprendizaje en esta modalidad. Muchas veces los equipos no tenían claridad en el problema que debían resolver y realizaban experimentos que no necesariamente eran bien ejecutados o que no siempre se habían seleccionado correctamente para resolver el problema planteado.

Es así que en 1985 se solicitó el apoyo de la entonces Jefa de la Sección de Ciencia Básica, Gloria Soto Hernández, para que Alberto Rojas Hernández acudiera a su curso de Laboratorio de Ciencia Básica I para estudiar la forma en que se debe conducir el proceso de enseñanza y aprendizaje en un laboratorio de docencia con el fin de desarrollar las habilidades para el diseño de experimentos.

Durante ese semestre Alberto Rojas Hernández observó y ayudó a Gloria Soto Hernández a conducir metodológicamente el proceso de enseñanza aprendizaje, de manera que pudo identificar las etapas de apertura de la actividad experimental, así como las de desarrollo y conclusión de la misma. Ambos se convencieron de que debían tenerse instrumentos para evaluar objetivamente las etapas de este tipo de enseñanza experimental activa. En particular, coincidieron que debía diseñarse un instrumento más formal en la etapa de apertura, después de haberse planteado el problema a resolver. Este instrumento plasmaría las reflexiones, actividades e investigaciones de los alumnos al diseñar un experimento, y además sería susceptible de evaluación; a este documento le llamaron guía metodológica. En la tabla 1 se señalan también los instrumentos que pueden utilizarse para evaluar cada etapa de una actividad experimental.

#### La guía metodológica como una herramienta básica para el diseño de experimentos

La guía metodológica es un documento que los alumnos integrantes de un equipo de laboratorio elaboran con el fin de plasmar el resultado de su investigación para diseñar las actividades experimentales que permitirían la resolución del problema planteado, el cual se desea resolver por vía experimental.

En la guía metodológica deben encontrarse el planteamiento del problema a resolver, los objetivos de la experimentación, las hipótesis (si las hay), los materiales y equipos que se utilizarán en la experimentación, las técnicas y métodos que se van a desarrollar experimentalmente, las mediciones que se van a realizar, la forma en que se registrarán estas mediciones (gráficas, tablas, fotografías, etc.), la forma como se determinará la incertidumbre de las mediciones, las consecuencias contrastables que permitirán evaluar si las tendencias

**Tabla 2.** Estructura de la guía metodológica.

Estructura de la guía metodológica	Información que debe contener cada parte de la guía o aprendizaje o habilidad que se espera promover o desarrollar
Carátula	Documentación del proyecto; a saber: título del proyecto y nombre de las personas que lo desarrollarán, lugar y fecha de realización.
Planteamiento del problema	Debe describir el problema que se espera resolver por vía experimental; pretende que los alumnos aprendan a establecer con claridad y precisión el problema que se desea resolver.
Objetivos	Debe describir aquello que se quiere lograr, relacionado con el problema principal a resolver; pretende que los alumnos aprendan a redactar objetivos generales y particulares de un proyecto.
Material y equipo a utilizar	Debe enumerar todo lo que se necesitará para realizar las diferentes actividades experimentales que se desarrollarán para resolver el problema.
Descripción del proyecto	Debe resumir la manera cómo con el proyecto se espera resolver el problema planteado; pretende que los alumnos aprendan a explicar en pocos párrafos las estrategias experimentales que se utilizarán y cómo es que se espera resuelvan el problema. Puede contener hipótesis y algunos aspectos teóricos consultados para la elaboración del proyecto.
Actividades a desarrollar	Debe resumir las actividades experimentales que se desarrollarán, de manera que pudiera realizarlas cualquier persona para obtener los resultados esperados; debe hacerse especial énfasis en la forma como se determinarán las incertidumbres en cada medición que se realice.
Cronograma	Debe describir el orden, duración y encargados de cada actividad experimental (que puede ponerse en forma de cronograma o diagrama de flujo, entre otras posibilidades).
Consecuencias contrastables	Debe describir las tendencias u órdenes de magnitud que deben presentar las mediciones que se realicen para terminar el proyecto o realizar las modificaciones necesarias al mismo para llevarlo a buen término y resolver el problema.
Precauciones de seguridad e higiene	Debe describir los cuidados que los experimentadores deben tener para realizar las actividades.
Referencias	Debe enumerar las referencias consultadas para la realización de la guía metodológica, las cuales deben ser citadas en el documento.
Anexos	Deben incluir información que no es indispensable para el seguimiento del documento, pero que puede ser necesaria para decidir continuar, modificar o detener el proyecto.

observadas son las esperadas, las precauciones de seguridad e higiene que deben tomarse al desarrollar los experimentos y las referencias consultadas durante la investigación. En la tabla 2 se describe una estructura sugerida para la guía metodológica, así como algunos elementos para comprender mejor la filosofía subyacente en ese instrumento didáctico.

En ocasiones los alumnos confunden el elaborar una guía metodológica con el informe del trabajo realizado, tal vez porque en otros niveles educativos normalmente se les pide realizar un informe de trabajo. Pero un documento en el cual se describen los experimentos que se van a realizar no puede ser igual al documento que utiliza los resultados experimentales (y que se obtuvieron en los experimentos ya realizados) para obtener conclusiones a partir de los mismos.

Por eso les decíamos a los alumnos que la guía metodológica sería el documento que ellos le darían a otro equipo y que —si estuviera bien elaborado— permitiría a ese equipo realizar todas las actividades allí descritas que llevarían a resolver el problema planteado.

Una última cuestión a subrayar acerca de la guía metodológica es que muchas veces los alumnos piensan que es un documento acabado que hay que seguir al pie de la letra y que, por lo tanto, no puede modificarse. La guía metodológica inicial (que aprueba el profesor del curso para que el equipo pase a la parte de la experimentación) es sólo la guía inicial. Las consecuencias contrastables, incluidas en ella, indican si se sigue la guía metodológica tal cual, hasta el final, o si hay que realizar modificaciones en ella para continuar con el proyecto. Este dinamismo refleja esta característica esencial en el método científico. El profesor debe señalar esta peculiaridad desde la primera guía metodológica y debe recordarlo al equipo durante el desarrollo de la parte experimental.

#### Laboratorio por proyectos en los cursos de Química Analítica de la Licenciatura en Química de la UAM-Iztapalapa (1986-\_\_)

Desde 1986 la enseñanza activa, por proyectos, fue llevada a los cursos de Licenciatura en Química de la UAM-Iztapalapa. Se decidió instrumentar todos los cursos de Química Analítica (en aquel tiempo tres y ahora cuatro) con este tipo de enseñanza por proyectos (tabla 1) y utilizando la Guía Metodológica (tabla 2) como instrumento principal para el diseño de experimentos. Esta filosofía de enseñanza se basa en que se prefiere desarrollar habilidades para aprender a aprender, planteando problemas a resolver, diseñando experimentos para resolverlos, experimentando, e informando los resultados de la experimentación y concluyendo si se encontró respuesta al problema planteado, relacionando también adecuadamente el cúmulo de conocimientos utilizado para tal efecto.

#### Diseño e instrumentación de los cursos de Método Experimental I y II en la DCBI de la UAM-Iztapalapa (1998-2011)

Entre 1997 y 1998 se modificaron los cursos del Tronco General de Asignaturas (TGA) de la DCBI de la UAM-Iztapala-

pa. El Director de la DCBI de ese momento, Dr. Luis Mier y Terán Casanueva, creó una comisión para realizar los cambios que estudios previos habían considerado se realizaran en el primer año de las licenciaturas de la DCBI (Computación, Física, Ingeniería Biomédica, Ingeniería Electrónica, Ingeniería en Energía, Ingeniería Hidrológica, Ingeniería Química y Matemáticas Química). Los diez miembros de la comisión fueron Octavio Pimentel, Rogelio Rodríguez, Raquel Valdés Cristerna, Enrique Hernández, Ricardo Alberto Lobo Oemichen, José Antonio de los Reyes Heredia, María José Arroyo Paniagua, Roberto Quezada Batalla, Ana María Martínez Vázquez y Alberto Rojas Hernández.

Hasta ese momento la enseñanza experimental en el TGA estaba dividida entre dos modelos. El primero de ellos utilizaba una estrategia didáctica activa y metodológica, para la enseñanza de la Física, en tres cursos de laboratorio. Y el otro seguía una estrategia tradicional (prácticas que ilustran la enseñanza de la teoría), para la enseñanza de la Química, en tres cursos.

Los trabajos de la comisión del TGA llevaron a proponer una enseñanza unificada en dos cursos que tomaron el nombre de Método Experimental I y II. En esos cursos se buscó la enseñanza multidisciplinaria (que estaba presente desde la fundación de la UAM, pero no se había establecido en el TGA de la Unidad Iztapalapa) y activa y metodológica. Para explicarlo en forma sencilla, en los cursos de Método Experimental I y II se conjugan los principios existentes en el Laboratorio de Ciencia Básica (de la UNAM) con el tratamiento de datos robusto tomado de los cursos de Física Experimental Elemental I, II y III. También en el programa de la asignatura de Método Experimental II se incorpora como elemento de enseñanza y criterio de evaluación a la guía metodológica.

En la actualidad se está trabajando sobre una modificación a los cursos de Método Experimental I y II, aunque sin cambiar los objetivos fundamentales de dichas asignaturas.

### **Comentarios acerca de la Enseñanza Experimental Activa para el Desarrollo de Habilidades**

#### **Dedicación para los cursos de enseñanza experimental activa y metodológica**

La enseñanza experimental activa y metodológica es diseñada para que los alumnos aprendan a aplicar métodos, desarrollando para ello las habilidades necesarias para hacerlo, no sólo los conocimientos relacionados. Esto implica dedicación, tanto por parte del profesor como por parte del alumno.

Muchos profesores que tienen que involucrarse con este tipo de enseñanza piensan que el único que debe esforzarse para desarrollar las habilidades es el alumno. Sin embargo, el profesor debe propiciar las oportunidades de aprendizaje revisando y corrigiendo el trabajo que realizan los alumnos.

**Habilidades de los alumnos para el aprendizaje dentro de un modelo de enseñanza experimental activa y metodológica**

Por otra parte, hace treinta años se logró instrumentar los cursos de enseñanza experimental activa considerando la formación que para ese entonces tenían los alumnos que se incorporaban al nivel de enseñanza superior.

Sin embargo, la formación de los alumnos en los niveles de enseñanza primaria y medio —tanto básico como superior— ha cambiado, de manera que las estrategias didácticas utilizadas hace treinta años no funcionan igual con los alumnos que ahora se incorporan a la enseñanza superior.

De esta forma, se ha observado que los alumnos actuales tienen mayores dificultades para redactar y concretar documentos escritos y para hacer presentaciones orales que los de hace varios años. Es por eso que resulta necesario proponer nuevas estrategias didácticas para que la enseñanza experimental activa y metodológica rinda frutos con las nuevas generaciones.

### **Conclusiones**

La enseñanza experimental de la Química, en México, en el nivel superior y en la segunda mitad del siglo XX, recibió la influencia de la filosofía educativa de Jean Piaget y de la escuela constructivista. Se instrumentaron entonces cursos en el nivel superior para desarrollar habilidades para diseñar experimentos con la finalidad de resolver problemas concretos. Ejemplos de este tipo son los Laboratorios de Ciencia Básica, Método Experimental y de Química Analítica, tanto en la ENEP-Cuautitlán de la UNAM (ahora FES-Cuautitlán) como en la DCBI de la UAM-Iztapalapa.

Aunque esta enseñanza requiere esfuerzo por parte de los profesores y los alumnos, el desarrollo de las habilidades para resolver problemas por vía experimental forma autodidactas, capaces de resolver situaciones reales en los laboratorios en donde se desenvuelven los profesionales de la Química en México.

Dados los cambios en la enseñanza de los niveles de educación primaria y media en México, deben explorarse nuevas estrategias didácticas para que la enseñanza experimental, activa y metodológica, sea efectiva para los alumnos de Química en los inicios del siglo XXI.

### **Referencias**

Comisión del TGA de la DCBI de la UAM-Iztapalapa. *Proyecto para un Nuevo Tronco General de Asignaturas de la División de CBI*. México: UAM-Iztapalapa, 1997.

*Gaceta UNAM*. 21. pp. 2-3 01/02/1971.

*Gaceta UNAM*. 24. p. 12 12/02/1974.

Grupo Asesor Experto de Método Experimental. *Plan de Instrumentación Didáctica Propuesto por el Grupo Asesor Específico para las UUEAA Método Experimental I y Método Experimental II del Nuevo TGA de la DCBI*. México: UAM-Iztapalapa. 1998.

[http://es.wikipedia.org/wiki/Colegio\\_de\\_Ciencias\\_y\\_Humanidades](http://es.wikipedia.org/wiki/Colegio_de_Ciencias_y_Humanidades)