

Esta sección recoge interesantes puntos de vista sobre algún aspecto de la educación química. Si usted, amable lector, es de otra opinión, la suya será bien recibida y, si breve, publicada en la sección DOBLE VÍA.

Algunas reflexiones sobre la enseñanza y el aprendizaje de la ingeniería química

*Ing. Alejandro Anaya Durand**

Empezaremos mencionando que, por cierto, un porcentaje muy bajo de los egresados de la carrera de ingeniería química se aboca a desarrollar actividades directamente relacionadas con el aspecto más conceptual de la ingeniería química, como lo es la ingeniería de procesos. Sólo de un 10 a un 15% en nuestro país se incorporan, por diversas razones, al ejercicio de la ingeniería química en el "Frente de Batalla".

Lo anterior ya representa un problema, dado que si, como se anticipa y desea, se produce una reactivación industrial de nuestro país a corto y mediano plazos, será necesario cubrir una importante demanda de ingenieros químicos activos en ingeniería de procesos.

Pasemos ahora a la problemática del proceso de enseñanza-aprendizaje. Deseo ir analizando diversos factores que influyen en dicho binomio y cuya atención es fundamental para garantizar la calidad que se espera de los egresados de nuestras instituciones de enseñanza superior.

1) Factor de integración de conocimientos del ingeniero químico

Hemos tenido la gran oportunidad de estar en el ámbito de la docencia y en el campo de la ingeniería de procesos por varios años, y ello ha permitido detectar las principales deficiencias de la preparación que tienen nuestros egresados. Hablando del estudiante promedio, se ha evidenciado principalmente una deficiencia en su capacidad para *resolver pro-*

blemas e integrar sus conocimientos específicos.

Esto es, sus conocimientos en áreas básicas son más o menos razonables. Sin embargo, no sabe cómo utilizarlos en la solución de un problema del *mundo real*. Creemos que una explicación de lo anterior está en el proceso mismo de la enseñanza que ha estado orientado a "atomizar" el conocimiento, con un mayor énfasis en la enseñanza por "módulos", "temas", "semestres". Desde luego, ello facilita en cierta forma la enseñanza de conocimientos específicos, pero descuida la "visión global" de la carrera. Los alumnos podrán contar con conocimientos aceptables en Flujo de Fluidos, Físicoquímica, Matemáticas, Economía, Destilación, etcétera, pero en el mundo real una gran parte de los problemas son interdisciplinarios, requieren para su solución del concurso de varias áreas. Sin embargo, el alumno ha estado acostumbrado a resolver más bien problemas "específicos" de sus diversos cursos o materias y un problema de *integración de conocimientos* no le es muy familiar.

Una forma de resolver este problema consistiría en proporcionar dentro de su formación profesional un mecanismo de integración de conocimientos, como lo sería el desarrollo de proyectos de ingeniería que permitan el concurso de diversas especialidades, con un objetivo global concreto. Específicamente, se podría proporcionar a los alumnos algún proyecto que pudieran ir ejecutando durante su carrera, con la supervisión adecuada, que les permita ir integrando los conocimientos de diversas materias.

* Premio "Estanislao Ramírez a la Excelencia en la Docencia en Ingeniería Química" (1985)
Gerente de Proceso y Bienes de Capital, Instituto Mexicano de Ingenieros Químicos.
Recibido: 28 de julio de 1989; aceptado: 10 de octubre de 1989.

2) Planteamiento de problemas

Muy relacionado con el factor antes mencionado, existe el derivado de la dificultad que tiene el alumno de plantear un problema. De hecho, se ha definido al ingeniero químico como un experto en "resolver problemas"; sin embargo, su preparación en dicho aspecto deja mucho que desear. La dificultad en plantear problemas empieza desde la forma

En el estudiante promedio,
se ha evidenciado
principalmente una deficiencia
en su capacidad para resolver
problemas e integrar
conocimientos específicos.

a la cual está acostumbrado el alumno a que los maestros le presenten los problemas por resolver. Típicamente, el maestro presenta el enunciado del problema y proporciona los datos suficientes para que el alumno intente resolverlo. En el mundo real, los problemas no se enuncian tan fácilmente, ni mucho menos se evidencian los datos necesarios para resolverlos. Hay que ver el azoro que manifiesta un alumno cuando el maestro inadvertidamente (o no) le enuncia problemas a los que les "sobran" o "faltan" datos.

Un ejercicio recomendable es pedir a los alumnos que "inventen" sus propios problemas, lo cual les permite apreciar la influencia que tienen las diversas variables en su solución.

Existen diversas metodologías formales para resolver problemas. Sin embargo, la realidad es que, en términos generales, el maestro dedica relativamente poco tiempo a desarrollar en sus alumnos habilidades para resolver problemas y se dedica principalmente a transmitirles los conocimientos que establece el programa de su materia.

Obviamente, dedicar parte importante de un curso a plantear y desarrollar problemas no significa falta de interés por parte del maestro, sino el compromiso de cubrir en poco tiempo el contenido de su materia. No obstante, es indispensable conciliar lo anterior. Personalmente, me inclinaría a darle más importancia al proceso de enseñanza de solución de problemas, toda vez que, aún sacrificando parte del contenido de un curso, se lograra una mayor consistencia en la formación del ingeniero, si bien con menos información.

3) Enfoque de la enseñanza

Es tradicional la polémica sobre si la enseñanza de la ingeniería química debe ser con enfoque "teórico" o "práctico".

La anterior disyuntiva se puede conciliar si tenemos presente el objetivo de formación profesional. Deseamos formar profesionales que cuenten con conocimientos sólidos de los conceptos básicos, y que sean capaces de resolver problemas. Por lo tanto, el primer paso sería definir cuáles son precisamente esos conceptos básicos y comprenderlos perfectamente. A partir de ello, su aplicación deberá estar orientada a resolver problemas del mundo real en el ámbito industrial. Con base en la anterior premisa, si se considera razonable, el enfoque de la profesión es definitivamente práctico, pragmático en su objetivo final. Ello de ninguna manera pretende inferir que se deba desprover al alumno de una preparación conceptual sólida en los fundamentos teóricos de la profesión, sino que se deberá hacer sin perder de vista el sentido práctico de su propósito final.

Para lograr lo anterior, es altamente recomendable que el profesor de los cursos particularmente aplicativos (ingenierías), cuente con una experiencia razonable en el ejercicio profesional relacionado con la naturaleza de las materias que imparta.

En nuestras universidades se presenta el fenómeno de que una parte de los profesores de carrera se han incorporado al término de efectuar estudios de posgrado, pero sin contar con una experiencia en el ejercicio práctico de la profesión que les comunique dicho enfoque pragmático. Es por ello lógico y explicable que varios de ellos se concreten al ámbito exclusivamente teórico en sus planteamientos matemáticos. Por el contrario, en la mayoría de las universidades del extranjero, el cuerpo colegiado de carrera cuenta con una experiencia profesional muy significativa, dada por la vivencia de la ingeniería.

Es altamente recomendable que
el profesor de ingeniería cuente
con una experiencia profesional
razonable.

4) Evaluación del aprendizaje

Un número importante de alumnos obtiene calificaciones reprobatorias en sus exámenes parciales o finales. Las instituciones les brindan varias oportunidades para seguir adelante y superar dichos escollos.

Sin embargo, el trabajo que se requiere para suplir deficiencias en el aprendizaje y (o) de enseñanza que se tradujeron en una calificación reprobatoria, se le deja al alumno. Esto es, se infiere que la causa de un resultado deficiente es atribuible al alumno únicamente y es él quien debe superar el obstáculo. Efectivamente, en varios casos la causa puede derivar del hecho obvio de que el alumno no

estudió lo suficiente. Sin embargo, existen otros motivos:

a) Falta de claridad en la exposición de los conceptos por el maestro, y b) falta de comprensión del alumno (no falta de estudio).

En dado caso, se le deja al alumno la oportunidad de presentar otros exámenes sin detectar la naturaleza real de la deficiencia específica. Incluso, el aprobar un examen en una segunda o posterior oportunidad tampoco garantiza la asimilación de los conocimientos de un curso dado, pues el examen de evaluación no siempre es representativo del mismo.

Lo que se requiere es un procedimiento más formal de evaluación que permita, de alguna manera, que a los alumnos que tengan resultados reprobatorios se les proporcione un tratamiento de regularización lo más personalizado que se pueda, orientado en todo caso a superar las deficiencias específicas que se detecten en su aprendizaje. Para este trabajo, el apoyo de los estudiantes más avanzados, así como de profesores auxiliares, puede ser muy útil.

5) El problema de los apuntes del curso

Pocos alumnos resisten la tentación de anotar en sus cuadernos de clase todo lo que el maestro escribe en el pizarrón. Esto suena muy lógico y era, hace muchos años, la única forma de preservar cierta información cuando apenas existían uno o dos libros de texto.

Obviamente las cosas han cambiado. Sin embargo, continuar escribiendo en sus apuntes cuanto aparece en el pizarrón, les distrae, así que no pueden atender eficientemente y comprender lo que el maestro les comunica. Además, muchas veces el maestro transcribe en el pizarrón una serie de deducciones que aparecen con mayor claridad en los libros y que consumen los preciosos minutos de su clase en hileras e hileras de ecuaciones. El maestro debería ser más selectivo en el material que plasme en el pizarrón. Lamentablemente, al alumno se le dificulta juzgar esto y por ello lo reproduce íntegro. ¿Qué se puede hacer? Existen algunas alternativas:

a) Apoyarse en material audiovisual (proyecciones, cassetes) que le simplifiquen su presentación y le permitan dedicarse a tratar el aspecto más conceptual.

b) Proporcionar al alumno apuntes seleccionados, elaborados por el maestro, en donde seleccione los conceptos y criterios más importantes, muchos de los cuales incluso no se encuentran ni en los propios libros y corresponden a las experiencias propias del maestro.

c) Apoyarse en recursos informáticos (computadoras personales), que permitan resolver varios problemas en clase, simplificando el aspecto rutinario y dejando más tiempo para el interpretativo.

Quizás el salón de clases del futuro cuente con una pantalla en la cual fácilmente se proyecte un material seleccionado por el maestro, disponible en un disco flexible para sus alumnos.

6) Algo sobre los planes de estudio

Quizá porque no se pueden defender, todo mundo culpa a los planes de estudio como los principales causantes de la deficiencia en la preparación de los egresados de las universidades. Yo creo que no es para tanto. En nuestra opinión, los planes de estudio de la carrera de ingeniería química deben continuar con las materias de tipo fundamental que precisamente estructuran un *ingeniero químico*, independientemente de los cambios de la época. Es decir, materias tales como Química, Termodinámica, Ingeniería de Reacción, Fenómenos de Transporte, Procesos de Separación, Ingeniería de Procesos, Diseño, etcétera, deben continuar formando parte del currículo básico del ingeniero químico de siempre. Es obvio que las *aplicaciones* de los conceptos básicos deben adaptarse al avance tecnológico. Por ejemplo, los cursos de Química de Procesos seguramente se enriquecerán con el estudio de polímeros y materiales avanzados especiales. Se tendrá una mayor participación en el estudio de Procesos Bioquímicos. Los cursos de Procesos de Separación introducirán las técnicas más novedosas, como sería el caso de membranas y proceso de

Los maestros que más recuerdo con aprecio y reconocimiento, no fueron los que me saturaron de conocimientos, sino aquéllos que fueron más selectivos y se concretaron a enseñar lo más importante.

ultrapurificación, con menos énfasis en los procesos más estudiados y considerados como clásicos (destilación, absorción). Los cursos de Diseño de Procesos incorporarán las técnicas más avanzadas en logitrónica (CAD y CAM). Los cursos de Ingeniería Eléctrica deberán hacer énfasis en la preparación de materiales especiales superconductores. El estudio de la física del Estado Sólido deberá consecuentemente reforzarse.

En todo caso, se deberá hacer énfasis en la preparación de un ingeniero químico más interdisciplinario, capaz de trabajar con un espectro amplio de colegas (químicos, físicos, biólogos, ingenieros en materiales, ingenieros en electrónica y economistas, entre otros). El ingeniero del futuro, yo diría inmediato, deberá contar con un conocimiento más amplio en ciencias económicas a nivel macro, inves-

tigación dirigida, una cultura más orientada a preservar el ambiente que nos rodea y a un uso más racional de nuestros recursos naturales, principalmente los no renovables.

7) Unas palabras sobre la figura del maestro

Se ha mitificado tradicionalmente la figura del maestro como un personaje asceta en funciones de apostolado. La realidad es que el maestro, con todo y su superior y trascendente misión, es un ser humano con fortalezas y debilidades, y con una responsabilidad superior, dado que maneja y forma (o deforma) el recurso más importante: el humano.

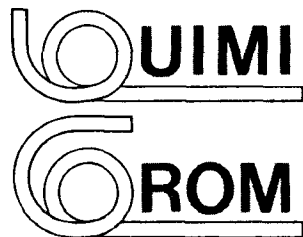
Ante todo, el maestro debe ser una persona de la que emane, a través de su actitud en la vida, un ejemplo digno de ser emulado por sus discípulos. Debe mantener una congruencia entre el pensar, el decir y el hacer en sus acciones, dado que el alumno es muy sensible a la mentira. Debe ser honesto y humilde en su actitud. Pero debe ser ante todo un líder que comunique el movimiento y el deseo de

pensar y actuar en sus alumnos.

Todo proceso docente tiene componentes de forma y contenido que deben equilibrarse. La forma es el "cómo" y el contenido es el "para qué".

Personalmente, considero que un maestro que tienda a la excelencia en su función debe darle una mayor importancia a la forma de la enseñanza. Desde luego, el contenido es importante, pero podría ser complementado por el propio alumno al recibir previamente un aspecto formativo que lo motive a estudiar e incluso a complementar conocimientos que no le fueran transmitidos por el maestro.

Finalmente, deseo mencionar una característica que distingue la actividad docente de otras también respetables: su permanencia. Esto es, la persona que se identifique como maestro, difícilmente podrá dejar y abandonar su misión hasta que su cuerpo lo permita y el Supremo Maestro lo llame. Entre tanto, deberá continuar con honradez y entusiasmo, sacrificándose en mucho, pero gratificándose por su misión superior que se resume en una palabra: DAR.



**Ferrocarril # 7,
Colonia Toriello Guerra
México, D.F., 14050**

**Tel. 606 8033
Telefax 606 3666**



SOTEC

**Sociedad
Tecnológica
Comercial,
S.A. de C.V.**

VENTAS: ACULCO 83

LA LOMA TLALNEMEX, 54070 MEXICO

IMPORTACION

EXPORTACION

REPRESENTACION

APARATOS y EQUIPOS EDUCATIVOS PARA MEDICION y CONTROL

CONTROL DE CALIDAD

CROMATOGRAFOS

AROTEC

GBC Scientific

EQUIPOS CRIOGENICOS

Carbolite

ISCO

ESPECTROFOTOMETROS

CARVER

Jenway

HORNOS

Kern

INSTRUMENTOS PARA LABORATORIO

Julabo

Newport

TEL + FAX (91-5) 390 1198

SOTEC

Tlx; 1773945 PBTNME

SPECTRONICS