

# Desarrollo de habilidades en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la ingeniería química. Parte I\*

Alejandro Anaya<sup>1</sup> y Julio Landgrave<sup>2</sup>

## Abstract (*Development of Abilities and Attitudes During the Teaching-Learning Process*)

Now a days, in the changing world we are living, chemical engineering teaching requires to develop a series of abilities and attitudes in the student, besides the acquisition of theoretical knowledge and the visualization of practical applications in the process industry. These abilities and attitudes should be in accordance with the requirements of professional field and will allow the student to be integrated with fullness and efficiency. This study suggests to the teacher of chemical engineering, in college as well as graduate level, some concrete actions to develop such abilities and attitudes that have been introduced during several teaching years.

## Introducción

Vivimos en un mundo cambiante por naturaleza y estamos en una época coyuntural, de fin de siglo y entrada al milenio nuevo, confiando en que éste será el de la razón. Asimismo, resulta apasionante percatarse de la amplitud del horizonte que se ha abierto con la globalización de la producción industrial, particularmente en el plano tecnológico y de la ingeniería. Con esta globalización las fronteras geográficas de un país se concretan a preservar sus valores de identidad, ya que las interrelaciones científicas, tecnológicas y de tipo económico son vastas. Sin embargo, aún en épocas de cambio, la sed de aprender del ser humano y la necesidad de enseñar de algunas personas que consideran tener algo que transmitir a la juventud que empuja y busca, se mantienen inalterables pues son atributos intrínsecos de la humanidad.

Dentro del proceso de enseñanza-aprendizaje concurren tres factores esenciales:

1. Proporcionar conocimientos, lo cual se logra diseñando planes de estudios óptimos, de acuerdo con el perfil del ingeniero químico requerido para satisfacer la demanda actual de profesionales en el área.
2. Cultivar el pensamiento creativo y crítico del estudiante, ya sea a nivel licenciatura, o bien posgrado, mediante la inducción a la reflexión, análisis y síntesis cotidiana y sistemática de fenómenos, procesos y situaciones de operación de plantas industriales.
3. Desarrollo de habilidades y logro de actitudes positivas hacia el trabajo y de interrelación grupal. Este factor se consigue básicamente gracias a la metodología de la enseñanza seguida por el profesor, así como por las técnicas evaluación utilizadas por él.

El primer factor indicado ha sido cubierto ampliamente, pues la actualización de planes de estudios de ingeniería química es objeto de discusión permanente en universidades y escuelas de educación superior en nuestro país, e inclusive, en el plano internacional (Westerberg, 1990). Por otro lado, el ejercicio del pensamiento creativo y crítico es la materia prima de la actividad de investigación y desarrollo tecnológico que generalmente se lleva a cabo en forma sistemática y cotidiana a nivel posgrado. Sin embargo, cabe resaltar que esta forma de pensamiento debe propiciarse desde las etapas tempranas de la educación, es decir, desde el bachillerato, y debe desarrollarse ampliamente durante los estudios de licenciatura. En el presente artículo se proponen desarrollar ocho habilidades en el estudiante, basadas en la Teoría de la Visión del Mundo y el Cambio Conceptual en la Educación de la Ciencia (Cobern, 1996) que toma en cuenta las diferentes componentes culturales del entorno del estudiante, en este caso referidas a su medio profesional en el que se desenvolverá. En un subsecuente artículo se propondrán ocho actitudes que bien pueden cultivarse durante la

\* En la Parte II se analizará el desarrollo de actitudes.

<sup>1</sup> Instituto Mexicano del Petróleo y Facultad de Química, UNAM. Eje Central No. 152, Col. San Bartolo Atepehuacan, 07730 México, D.F., e-mail: anaya@thor.proy.imp.mx

<sup>2</sup> Facultad de Química, (UNAM) Edif. "D", 2° Piso, Cubículo 308, Circuito Institutos, Cd. Universitaria, D.F. 04510 México e-mail: julior@servidor.unam.mx

Recibido: 16 de junio de 1997; Aceptado: 15 de abril de 1998.

formación profesional del ingeniero químico a nivel licenciatura.

### A. Creatividad

Posiblemente ésta sea la habilidad más importante en el desarrollo propio de la humanidad. Algunos autores (Felder, 1988) han definido la creatividad como la habilidad para conjuntar cosas (palabras, conceptos, métodos, dispositivos, equipos, procesos, etcétera) en forma novedosa. También podría considerarse como la habilidad para encontrar la forma de resolver algunos problemas en particular.

El desarrollo de la creatividad puede tener dos vertientes, una convergente y la otra divergente. La primera consistiría en estimular en general el mayor número de soluciones posibles (*brainstorming*). La segunda consiste en dirigir las alternativas a encontrar la solución más factible. En la enseñanza tradicional de la ingeniería química se ha propiciado en el mejor de los casos, el pensamiento convergente, dado que orienta al alumno a afrontar problemas específicos que tienen soluciones muy concretas y frecuentemente únicas. Sin embargo, en el ejercicio profesional (y en la vida misma) normalmente se presentan situaciones y problemas que tienen varias soluciones. Ambos, el pensamiento divergente y convergente, se requieren para atender problemas tecnológicos y de gran complejidad. Es por tanto, indispensable que en el proceso de enseñanza se propicien ambos enfoques.

Se sugieren ensayar las siguientes técnicas con los alumnos para desarrollar su creatividad (France, 1996):

- Primeramente es necesario crear una atmósfera en la clase que propicie la creatividad. El maestro debe propiciar un ambiente que libere en sus alumnos la inhibición para despertar sus ideas. Se recomienda ensayar lo siguiente:
  - Estimule la polémica entre alumno y maestro;
  - Dé tiempo a sus alumnos a PENSAR. Es típica la obsesión del maestro para “cumplir” con la exposición de un tema dado en clase sin otorgar tiempo para la reflexión;
  - NO CRITIQUE las respuestas que suenen absurdas, estimule la generación de ideas;
  - Propicie el trabajo en equipo. Ello da más confianza al individuo y enriquece sus ideas con las de los demás. La ingeniería de proyecto, típica actividad del ingeniero químico, requiere particularmente esta habilidad.
- Recompense la creatividad en sus alumnos.
  - Ofrezca un estímulo en la calificación al grupo y a los alumnos que presenten la solución a un problema dado, de una forma diferente a la del libro o el mostrado por el propio maestro;
  - Pida a sus alumnos que “inventen” problemas para ilustrar un capítulo o tema dado del curso. Ello les estimula a establecer las variables e información necesaria para resolver el problema. Tradicionalmente, el alumno recibe del maestro y de los libros problemas perfectamente definidos y con la información necesaria para resolverlos. El mundo real no es tan fácil.
- Limite la RUTINA. Ésta destruye la creatividad. Ensaye algunas variantes interesantes
  - Pedir que un tema dado sea expuesto por los propios alumnos durante clase;
  - Utilizar recursos audiovisuales para exponer el tema;
  - Impartir la clase en el laboratorio de ingeniería, cerca de los equipos asociados al curso;
  - Pida a los alumnos que propongan otro camino y forma para atender sus actividades rutinarias, etcétera.
- Propicie el establecimiento de “laboratorios de innovación” entre sus alumnos. La idea es despertar en ellos la aportación de propuestas concretas para resolver algún problema que les preocupe especialmente. Por ejemplo, ha sido tradicional el “conflicto” que se presenta a los alumnos en clase al tener que preparar sus apuntes en base a lo que el maestro les comunica verbalmente y en el pizarrón y el tener que entender, simultáneamente, los conceptos. Los alumnos podrían establecer un “círculo de calidad” para resolver éste y otros problemas de interés para ellos.
- Muestre problemas que requieran la aplicación novedosa de una rutina de cálculo familiar. Ello impulsa al alumno a encontrar caminos alternos por llegar a un mismo resultado en una forma más eficiente. Genera la creatividad de nuevas ESTRATEGIAS de solución. Un caso típico de aplicación de esta técnica se puede orientar a la solución de CASE PROBLEMS, casos reales prácticos de problemas de la industria, frecuentes en la ingeniería química.
- Enfaticé problemas que impliquen aplicar técnicas de SINTESIS de procesos, que estimulen la

creatividad de nuevas técnicas, procesos, diseños, etcétera.

En resumen, es necesario conlleva al alumno a sustentar la postura de INNOVADOR, como expresión del ser creativo

### B. Habilidad en la búsqueda y manejo de información

En el pasado, se tenía una gran limitación en la información disponible para resolver problemas de ingeniería química. A principios de siglo únicamente se disponían de 2 o 3 textos básicos (Perry, Walker, McCabe) o alguno más. Las publicaciones de revistas técnicas eran incipientes y sobre todo se contaba con la información de la experiencia del propio maestro que la transmitía en sus clases. Ello propició la memorización para retener la poca información disponible y la creación de los "apuntes" tradicionales. El mundo actual es radicalmente diferente. Ahora SOBRA INFORMACIÓN y el problema estriba en la dificultad del alumno para utilizarla convenientemente. Resulta entonces indispensable desarrollar en el alumno habilidad para la búsqueda y manejo de información.

Se proponen las siguientes acciones concretas para estimular dicha habilidad:

- Solicite a los alumnos que consulten los índices anuales de las publicaciones periódicas, a nivel internacional, mas usuales del área de la ingeniería química en diversos temas del curso. (*Chemical Engineering, Hydrocarbon Processing*, etcétera);
- Pida que elaboren una red *—network—* de personas conocidas que se identifiquen por ciertas características, cualidades o conocimientos específicos que los destaquen de los demás (directorios de expertos en diseño, en ahorro de energía, finanzas, procesos, etcétera);
- Acostumbre al alumno a hacer uso de los sistemas modernos de búsqueda y consulta de información (Internet, bancos de datos, etcétera). En este sentido es conveniente acostumbrar al alumno a seleccionar los descriptores esenciales que permitan localizar información de algún banco de datos disponible;
- Asigne los alumnos la solución de diversos problemas que cuenten con información insuficiente, que los obliguen a buscar en otras fuentes los datos y criterios requeridos para su solución;
- Estimule al alumno para que oriente la preparación de sus apuntes de clase recabando los cri-

terios del maestro, evitando pretender el resguardo de toda aquella información que pueda disponer más fácilmente y en forma más ordenada en libros, revistas, etcétera. Solicite a los alumnos que preparen apuntes "conceptuales" del curso, y menos informativos;

- Limite en general la educación INFORMATIVA, procurando ser más selectivo en los conocimientos impartidos y dé una mayor importancia a la aplicación práctica de los mismos en clase por los alumnos;
- Estimule a los alumnos para que presenten en clase algunos artículos técnicos y libros novedosos que hayan consultado, que sean de interés para la temática del curso;
- COMPARTA la información disponible entre sus propios compañeros, configurando bancos de datos específicos, de utilidad para el grupo.

### C. Habilidad para aprender, por cuenta propia, nuevos conocimientos

Se ha comentado en diversas ocasiones que muchos de los conocimientos específicos que requiere el profesional en el ejercicio de su trabajo, no los recibió propiamente en su formación universitaria (Anaya, 1991); (Higgings, 1991). Algunos incluso consideran lo anterior como una crítica a las instituciones de enseñanza superior. En opinión de los autores, esta consideración es infundada, dado que la misión de las universidades es más formativa y dentro de dicha formación se debe desarrollar la capacidad del alumno de APRENDER POR SU CUENTA. Esta habilidad también tiene que desarrollarse en la educación superior. Para ello se proponen diversas técnicas:

- Solicite a los alumnos que preparen y expongan algún tema no cubierto en clase;
- Pida que preparen documentos técnicos que cubran los aspectos de algún tema no cubierto ampliamente por el maestro en clase;
- Solicite que los alumnos efectúen un trabajo de investigación en algún centro de trabajo para identificar los conocimientos que se aplican con más frecuencia, en diversos niveles de responsabilidad.

### D. Habilidad para el trabajo en equipo

Ésta es una de las habilidades más esenciales a desarrollar. El trabajo del ingeniero químico es esencialmente en EQUIPO y frecuentemente en grupos

interdisciplinarios. Aunque sin descuidar la individualidad que el profesional debe mantener, es fundamental estimular el trabajo en equipo. La enseñanza tradicional ha propiciado en cierta forma el individualismo, premiando al alumno destacado y superior en varios aspectos (social, intelectual, de desarrollo físico, económico, etcétera) Se le ha enseñado a **COMPETIR**, mas no a **COOPERAR**. De hecho, nuestra idiosincrasia es poco cooperativa a nivel colectivo. Cada quien busca su interés y beneficio, sin tomar en cuenta a los demás. Frecuentemente una actitud poco cooperativa entorpece y perjudica a la **TOTALIDAD** de las partes involucradas, sin obtener beneficios a ninguno de ellos (*v.g.* un conflicto de tránsito automotriz).

Se sugieren las siguientes acciones para estimular el trabajo en equipo:

- Integre equipos de trabajo (4 a 5 alumnos) en su curso. Pídales que asignen un nombre al equipo. Ello les confiere más representatividad. Es conveniente que los grupos se integren de forma heterogénea, preferentemente entre alumnos que no se conozcan entre sí, o formen parte de su propio círculo de amigos. Ello los obliga a adaptarse a nuevos entornos;
- Asigne trabajos a los grupos integrados, solicitándoles que definan responsabilidades específicas a cada miembro. Solicite que proponga un líder natural entre ellos;
- En algunos exámenes individuales, experimente *propiciar* que los alumnos **LO RESUELVAN ENTRE SÍ** (“**COPIAR**”). Esto no es tan fácil como aparenta serlo, dado que el alumno debe saber e investigar a quién recurrir para resolver su problema. Ello constituye de hecho una habilidad;
- Propicie el trabajo **COOPERATIVO** (fórmula transaccional: yo gano-tú ganas) a diferencia del enfoque **COMPETITIVO** (yo gano-tú pierdes, o viceversa) y peor aún (yo pierdo-tú pierdes);
- En exámenes individuales, estimule al equipo al que pertenece el alumno si éste obtiene una calificación aprobatoria destacada. Ello propicia a que los alumnos **SE AYUDEN ENTRE SÍ** al beneficiarse todos con ello.

### **E. Habilidad en la comunicación oral y escrita**

Un porcentaje muy elevado del tiempo y del ejercicio profesional está destinado a **COMUNICARSE** en forma oral y (o) escrita. Las estructuras jerárquicas

imponen una serie de procedimientos de comunicación (memoranda, oficios, instructivos, procedimientos, etcétera). Asimismo, el profesional debe mantener una comunicación verbal en reuniones (juntas, mesas redondas, consejos, etcétera) de las más variadas características. Frecuentemente, por un error en la comunicación, la interpretación del receptor puede ser radicalmente diferente a la intención del emisor de la información (Anaya, 1994). Para desarrollar la habilidad de comunicación el maestro puede intentar varias técnicas, tales como:

- Solicite a sus alumnos que preparen resúmenes ejecutivos (1 ó 2 hojas) de sus tareas y proyectos asignados. Incluso pida que elaboren un informe en inglés, para ejercitar el dominio práctico de dicho idioma;
- Solicite que los alumnos hagan una exposición oral de algún tema o de un proyecto que se les haya asignado, “defendiendo” las ventajas del mismo, en relación a las expresadas por otros equipos;
- Solicite trabajos escritos a sus grupos de alumnos exigiendo lograr una óptima calidad en la presentación del reporte (limpieza, calidad en la presentación, orden, claridad, redacción, ortografía, etcétera) y concediendo un peso elevado a la calificación por cuidar estos aspectos;
- Pida a sus alumnos que defiendan oralmente un punto de vista particular mediante su discusión con otro alumno. Posteriormente pídale que defiendan la posición contraria. Este ejercicio permite desarrollar la habilidad de mantener una posición flexible que frecuentemente es preciso adoptar;
- Requiera que sus alumnos se entrevisten con personas de diversas jerarquías en el medio escolar, o incluso, fuera del ámbito de la universidad. Ello los obliga a ejercitar varios estilos de comunicación verbal con otras personas de diversos niveles de educación, conocimientos y posición jerárquica, mejorando sus habilidades de comunicación.

### **F. Habilidad para administrar el tiempo y trabajar bajo presión**

El trabajo en el medio profesional normalmente es necesario llevarlo a cabo ajustándose a programas y compromisos de tiempo muy estrictos. Parte importante de la competitividad laboral es hacer las cosas bien y a tiempo. Asimismo, las presiones que ejercen

los clientes para ajustarse a los programas obligan frecuentemente a trabajar bajo una presión a la que es difícil sustraerse. Es por ello que el alumno debe desarrollar la habilidad que le permita manejar el tiempo y no que éste lo maneje a él, cumpliendo con todos los compromisos asumidos. A su vez debe desarrollar una actitud positiva que evite sentirse agobiado por la presión del trabajo, utilizando técnicas que conviene que desarrollen (Anaya, 1992). El maestro puede ayudar a sus alumnos a acostumbrarse a la planeación de sus actividades, ensayando lo siguiente con sus alumnos:

- Solicite a sus alumnos que invariablemente elaboren programas de trabajo (diagramas de GANTT, Ruta Crítica, etcétera) para las actividades que les encomiende;
- Acostumbre a sus alumnos a comprometerse con fechas de entrega de sus trabajos, propuestas por ellos y aprobadas por el maestro;
- Oriente a sus alumnos a distinguir diversas prioridades en sus responsabilidades;
- Solicite que en sus exámenes los alumnos distribuyan sus actividades con base en tiempo disponible, usualmente limitado;
- Enséñeles a “delegar” ciertas funciones entre sus propios compañeros del equipo;
- Evite comprometer al alumno a descuidar otros cursos, por atender esmeradamente los requerimientos del curso que usted imparte;
- La actitud del profesor puntual, que aprovecha el tiempo destinado a su materia, es importante para que el alumno administre también su tiempo eficazmente;
- Ayude al alumno a planear sus actividades definiéndoles objetivos claros del curso, de forma tal que conozcan el “avance” del mismo en un periodo escolar dado (año o semestre);
- Esté consciente que, como todo en la vida, el tiempo alcanza para lo que realmente nos interesa hacer.

### G. Habilidad para el manejo de la incertidumbre

Hay una frase que dice: “En el pasado, el futuro era más previsible”, anteriormente, los acontecimientos seguían un orden más o menos lógico, esperado, previsible; se desconocían términos tales como “inflación”, incertidumbre y crisis. El mundo actual se encuentra en un proceso de cambio acelerado en el cual es cada vez más difícil prever los cambios. Es por tanto indispensable adecuar al alumno, a contar con habilidad para adecuarse a lo inesperado, sin

que lo domine la angustia y pierda el control de sí mismo. Por lo tanto desde su fase de formación universitaria es conveniente desarrollar en él la habilidad para el manejo de la incertidumbre. Para ello se sugiere:

- Acostumbre a sus alumnos a manejar situaciones inesperadas en clase, *v.g.*, examen sorpresa, problemas especiales, integración de nuevos grupos de trabajo, etcétera;
- Asigne problemas que, para su solución, requieran la obtención de información estadística que se pueda utilizar para la predicción de algunos puntos inciertos, *v.g.* estudios de demanda de mercado, tendencias tecnológicas, etcétera;
- Pida a sus alumnos que diseñen su futuro personal esperado, a mediano y largo plazo, proponiendo opciones de decisiones a tomar en caso de que no se cumplieran las expectativas (técnicas de árbol de decisiones);
- Enséñeles reglas heurísticas de diseño de equipos que prevén cambios en condiciones de operación fuera de las normales;
- Proporcione una metodología científica para el diseño de procesos bajo incertidumbre (métodos determinísticos, métodos probabilísticos, etcétera);
- Estimule el “sentido común” y la intuición;
- Acostumbre a los alumnos a *tomar decisiones*. La vida actual aparentemente no fluye tan “continuamente” como era de esperarse. Es más bien un proceso “*batch*”, intermitente. El alumno tradicional está acostumbrado a que el maestro decida por él.

### H. Habilidad para resolver problemas

Se ha definido frecuentemente al ingeniero químico como un profesional orientado a la solución de problemas. Tal aseveración pudiera estar basada en su actitud interdisciplinaria y pragmática, orientada a encontrar soluciones. Sin embargo, es muy evidente que dentro de la formación profesional se ha descuidado un desarrollo formal de la habilidad para la solución de problemas, situación que se vuelve evidente al enfrentarse a resolver sus exámenes.

En algunas universidades del extranjero (*v.g.*, la Universidad de McMaster en Canadá) (Westerberg, 1990) se han incorporado algunas materias específicamente destinadas al desarrollo de la habilidad de solución de problemas (*applied problem solving*), incor-

porando diversas técnicas tendientes a lograr un enfoque sistemático en la atención a la solución de problemas de ingeniería. Independientemente de que dichas experiencias sería conveniente tomarlas en cuenta en nuestras universidades, es indispensable que en cada curso que se imparta dentro del *curriculum* de la profesión, se haga énfasis en el objetivo fundamental que el alumno aprenda a RESOLVER PROBLEMAS y a APLICARLOS CONOCIMIENTOS ADQUIRIDOS a casos concretos del mundo real. Para lograr dicho objetivo, es útil que el profesor ensaye las siguientes propuestas:

- Acostumbre a los alumnos a resolver diferentes TIPOS DE PROBLEMAS con NIVELES DE COMPLEJIDAD variable. En relación con los tipos de problemas se propone la siguiente clasificación (Anaya, 1995):
- TIPO A) Aplicación de *Rutinas*, que se concretan a seguir una serie de pasos que llevan a una solución única.
- TIPO B) De diagnóstico de las rutinas, indispensables para la solución de un problema particular.
- TIPO C) De estrategia de selección, dentro de varios caminos posibles, dé el más adecuado para resolver un problema dado.
- TIPO D) De interpretación de la información del mundo real, para aplicarla a la solución de problemas.
- TIPO E) De generación de nuevas rutinas y caminos para resolver problemas, lo que implica el desarrollo de la CREATIVIDAD.

Estos tipos de problemas son progresivamente más complejos y es conveniente que el maestro los desarrolle con técnicas específicas para cada uno de ellos, de acuerdo con los siguientes patrones:

- Para el desarrollo de rutinas
  - Identificar procedimientos típicos de solución (algoritmos)
  - Aplicar rutinas para solución de problemas específicos (tipo libro)
  - Adquirir práctica en la aplicación de ecuaciones, gráficas, tablas, etcétera.
- Para el diagnóstico de rutinas
  - Ejercicio de selección del algoritmos, para resolver un problema dado.
  - Desarrollo de programas de cómputo

- Análisis de los grados de libertad de los problemas. Para evaluar los “datos” y las incógnitas de los mismos
- Para la estrategia de selección de rutinas
  - Mostrar diversos caminos de solución que llevan al mismo resultado
  - Analizar las ventajas de un procedimiento de solución con respecto a otro
  - Evaluar las ventajas de las reglas heurísticas.
- Para interpretación de información
  - Desarrollar correlaciones a partir de datos experimentales
  - Diseñar prácticas en el laboratorio
  - Recabar información de campo y utilizarlo para la solución de problemas.
- Para la generación de nuevas rutinas (estímulo de la creatividad)
  - Mostrar problemas con exceso de información para seleccionar la indispensable para resolverlo
- Pida a los alumnos “inventar” problemas
- Proponga ejercicios de tormenta de ideas
- Ponga énfasis en problemas de SÍNTESIS de procesos y equipos
- Plantee ejercicios de “Círculos de Calidad” para resolver problemas cotidianos
- Establezca concursos de creatividad sobre temas de interés para los alumnos.

Acostumbre a los alumnos a establecer metas propias de solución de problemas de grado de dificultad progresivamente superior. Tomando como referencia los diversos tipos de problemas ya referidos, se pueden seleccionar diversos “grados de dificultad” en los mismos, que deben ser resueltos por los alumnos con base en metas fijadas por ellos. A continuación se propone una escala arbitraria de NIVELES DE COMPLEJIDAD (Anaya, 1995):

**Nivel 1 a 2.** Consisten en problemas muy fáciles que únicamente tienen el propósito de acostumbrar al alumno a aplicar algunas ecuaciones usuales.

**Nivel 3 a 4.** Problemas de cierto grado de dificultad, de tipo secuencial de aplicación de ecuaciones (RUTINAS) de tipo directo o iterativo de problemas con soluciones únicas. La mayor parte de los problemas “tipo libro” son de estas características.

**Nivel 5 a 6.** Problemas difíciles que requieren aplicar varios conocimientos de tipo interdisciplinario con otras materias afines al curso y que requieren el DIAGNOSTICO del camino adecuado para su solución. Este tipo de problemas puede presentar varias soluciones posibles, a un caso dado.

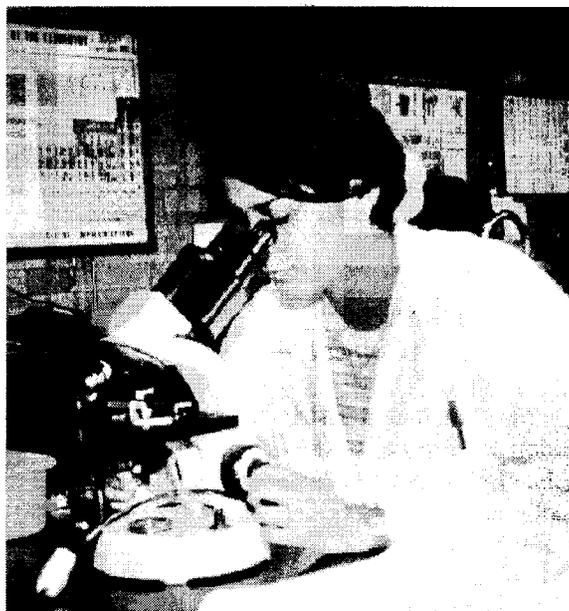
**Nivel 7 a 8.** Problemas complejos que cuentan con múltiples posibilidades para su solución y es necesario desarrollar la estrategia de la selección del mejor camino. Es usual que no se disponga de la información suficiente para resolver el problema e incluso, es necesario suponerla, con criterio y experiencia. En varias de estas situaciones el problema en sí no está propiamente definido, sino únicamente su efecto.

**Nivel 9 a 10.** Problemas de interpretación de información del mundo real. En muchos casos no se dispone de una metodología previamente establecida para su solución y sería necesario CREARLA. La mayor parte de los problemas esenciales, vigentes, de la humanidad son de este tipo. (medio ambiente, alimentación, desarrollo social, economía, etcétera).

Es conveniente establecer metas a los alumnos al inicio del curso en lo que se refiere a su capacidad de solución de problemas de grado superior de dificultad. Los autores han establecido, como objetivo que, por lo menos un 80% de los alumnos sean capaces de resolver satisfactoriamente problemas nivel 8. De acuerdo a lo anterior, los propios alumnos van solicitando exámenes de un grado cada vez mayor, conscientes que el último de ellos, necesariamente, tendría que ser del nivel máximo establecido por el maestro.

### Conclusiones

Finalmente, cabe resaltar que el desarrollo de las habilidades planteadas en el presente trabajo resulta mucho más fructífero para la formación del estudiante de ingeniería química y a su incorporación efectiva a su actividad profesional, que el mero hecho de transmitirle un acervo amplio de conocimientos científicos, e incluso tecnológicos, en forma descriptiva. Asimismo, también se ha tenido oportunidad de constatar que la organización y preparación de un curso bajo estos lineamientos, demanda del maestro mayor tiempo y dedicación que los requeridos tradicionalmente, además de contar con una preparación pedagógica sólida, adicionalmente a la formación de la especialidad. Consideramos que bien vale la pena este esfuerzo. ■



### Bibliografía

- Anaya, A. *et al.*, Formación de recursos humanos en el área de ingeniería química para la reactivación económica del país, *Educ. quím.*, 2[3], 154-155, 1991.
- Anaya, A. *et al.*, Hacia una nueva formación del ingeniero químico ante la modernización industrial, *Educ. quím.*, 3[4], 284-289, 1992.
- Anaya, A., Aseguramiento de calidad en el proceso enseñanza-aprendizaje, *Educ. quím.*, 5[1], 20 y 21, 1994.
- Anaya, A. Estilos de enseñanza-aprendizaje y aprendizaje en equipo en ingeniería química, *Educ. quím.*, 6[4], 200 - 205, 1995.
- Coburn, W. W., Worldview Theory and Conceptual Change in Science Education, *Science Education*, 80[5], 579-610, 1996.
- Felder, R. Creativity in Engineering Education, *Chem. Eng. Ed.*, 120-125, 1988.
- France, P. Engineering Creativity, *Chem. Eng.*, 103[2], 113-114, 1996.
- Fuller, H. Chemical engineers.- Agents of Change in Changing World, *CEP*, 82[2], 9-12, 1986.
- Higgins, R. Total quality management in the classroom. Listen to your customers, *Eng. Ed.*, Jan/Feb, 12-14, 1991.
- Wei, J. Future Directions in Chemical Engineering Education, *Chem. Eng. Ed.*, Winter, 12-16, 1988.
- Westerberg, W. & Human, A: Redefining the Role of Chemical Engineers, *CEP*, 89[11], 60-64, 1993.