

# Reflexiones sobre la enseñanza de la ingeniería química

*Alejandro Anaya Durand<sup>1</sup>*

*El ingeniero Alejandro Anaya Durand, miembro del comité editorial de esta revista, recibió el premio "Andrés Manuel del Río" 1997. Como en casos similares hemos publicado la conferencia presentada, tal fue el de José Antonio Chamizo y el de Francisco Barnés de Castro, lo hacemos ahora, aunque ya pasaron casi cuatro años desde dicha entrega. ¡Felicidades Alejandro!*

*Con gratitud, a la memoria de mi inolvidable maestro, don Alberto Urbina*

## Preámbulo

La Sociedad Química de México tuvo la gentileza de hacerme una cordial invitación para presentar una conferencia dentro del marco del V Congreso de Química de América del Norte. Al haberme sido notificado ser acreedor al Premio Nacional de Química "Andrés Manuel del Río", que otorga la Sociedad Química de México en el área académica, deferencia que me llena de gran emoción, se me pidió impartir una conferencia relacionada con mi experiencia docente, y en particular relacionada con la enseñanza de la Ingeniería Química durante más de 30 años en dicha misión.

Dentro de la diversidad de aspectos y factores que contempla la función docente me he permitido seleccionar algunos puntos que considero particularmente incidentes en el proceso formativo de los futuros ingenieros químicos. El primero de ellos relacionado con la problemática del mantenimiento de un perfil adecuado del egresado en términos de sus conocimientos, habilidades y actitudes requeridos en el medio profesional. El segundo, que pretende comentar la problemática de la evaluación objetiva y representativa del aprendizaje en el alumno, así como la necesidad de mantener un sistema eficiente de retroalimentación en la enseñanza.

Finalmente, desearía abordar algunos puntos de vista sobre los requerimientos del perfil deseado en

el maestro de Ingeniería Química con el propósito de que éste sea acorde a su superior responsabilidad de la formación de nuevos profesionales.

## El equilibrio del perfil de enseñanza

Dentro del proceso de enseñanza-aprendizaje de la Ingeniería Química un aspecto fundamental es el garantizar que la formación de los futuros profesionales cuente con un perfil de conocimientos, habilidades y actitudes que los haga competentes y competitivos en el medio que los ocupa en el entorno productivo y de acuerdo a su misión de servicio en bien de la humanidad, y que aporten sus acciones para atender las expectativas que sobre el ingeniero químico, por su preparación y características recaen. Los empleadores esperan de los recién egresados que cuenten con conocimientos básicos, conceptuales, que puedan aplicar para resolver problemas reales. Además, esperan que cuenten con conocimientos prácticos y específicos para la atención de sus requerimientos, aunque conscientes de que buena parte de éstos los deberá adquirir el propio ingeniero a lo largo de su ejercicio profesional mediante programas de capacitación y educación continua para atender sus diversos requerimientos y niveles de responsabilidad y alejarse de la obsolescencia. En términos de conocimientos prácticos, la mayor parte de éstos los tendrá que aprender por su propia cuenta a lo largo de la actividad profesional, y ello implica que uno de los principales objetivos de la formación en la Universidad sea el de lograr que el alumno aprenda a aprender. Otro aspecto muy señalado en términos de los conocimientos aprendidos en la Universidad, es la necesidad de que el ingeniero químico recién egresado pueda integrar los satisfactoriamente para atender la solución de casos reales, la mayoría de los cuales exige para su atención de diversos conocimientos particulares (química, matemáticas, economía, diseño, etcétera), relacionados con su profesión e incluso con otras disciplinas y carreras más o menos afines. El ingeniero químico, por sus características, interactúa multidisciplinariamente con diversos profesionales y particularmente con los químicos.

Sin embargo, y sin menoscabo de la importancia

<sup>1</sup> Facultad de Química de la UNAM. Ciudad Universitaria, Circuito Escolar. Coyoacán, 04510 México, DF.

que guardan los conocimientos requeridos por el ejercicio de la profesión, es de hacer énfasis en el sentido de que los principales problemas y deficiencias que presentan los egresados de las universidades han sido originados por la falta de una serie de habilidades y actitudes de trabajo indispensables.

Dentro de las habilidades requeridas en el profesional, por referirnos a algunas de ellas, se encuentran la creatividad, la capacidad para resolver problemas, la habilidad en el manejo adecuado de información para una comunicación eficaz en forma oral y escrita, el trabajo en equipo, la administración del tiempo así como la habilidad para el manejo de la incertidumbre, particularmente importante en un entorno cada vez más cambiante e impredecible.

Asimismo, requiere contar con una serie de actitudes de trabajo que orienten su acción en forma positiva. Dentro de éstas se incluyen, entre otras, la productividad —entendiéndose ésta como la capacidad de lograr más con menos—, la ética profesional, la calidad, la actitud emprendedora, la mentalidad asertiva, la flexibilidad de criterio, el liderazgo y un nacionalismo tendiente a preservar la identidad y bienestar de nuestro país, además de muchas otras que impulsen al profesional a trascender y convertirse en un agente de cambio en su entorno. Sin embargo, es de mencionarse que dentro del equilibrio de conocimientos, habilidades y actitudes que constituyen los elementos de la formación integral, en la enseñanza tradicional se ha proporcionado un mayor énfasis a la impartición de conocimientos, prestando particular atención al desarrollo de la habilidad de memorización, tanto de algunos aspectos trascendentales y fundamentales, como mayormente de información irrelevante, trivial e innecesaria para su retención. En el pasado, en la era del enciclopedismo, las personas con mayor acervo de conocimientos eran reconocidas como notables y cultas, aunque en muchos casos no supieran qué hacer con dicho bagaje de información. La situación, hasta cierto punto, era explicable al disponerse en aquellos tiempos de un recurso limitado en libros y referencias frecuentemente basadas en comunicaciones verbales y tradiciones, en donde se captaba y transmitía la información.

Obviamente, en el presente y seguramente en el futuro, el problema no estriba tanto en la disponibilidad de información y su resguardo, sino en cómo recurrir a ella con oportunidad y sobre todo el saber aprovecharla. La enseñanza de aquellos conocimientos de materias que no permiten para su com-

prensión únicamente la memorización, sino que exigen el desarrollo de otro tipo de habilidades como el raciocinio, el análisis y la síntesis, entre otros —no desarrollados sistemáticamente en el alumno, como sería el caso de las matemáticas, la física y la química— se ha complicado y hasta cierto punto se consideró “normal” que la mayoría de los alumnos tuvieran dificultad para superar exitosamente su aprendizaje. El impacto de lo anterior pudiera explicar, en parte, la relativa poca preferencia de los alumnos en seleccionar carreras del área físico-matemáticas, química biológica u otras ciencias “duras” que exigen en el alumno una preparación y atención especial y que requieren de otras habilidades para su comprensión, más allá de la simple memorización.

A continuación desearía referirme a algunos problemas en relación a la enseñanza del perfil de conocimientos que se requiere disponga el egresado de la institución de enseñanza en Ingeniería Química.

**De la amplitud de los conocimientos a impartir.** Ante los comentarios que en ocasiones ha externado el sector productivo a las universidades en el sentido de que las características de los egresados no cumplen con los requerimientos del medio profesional, ha sido usual que las instituciones de enseñanza traten como respuesta, principalmente, de modificar y adaptar sus planes de estudio incorporando nuevas materias y temas de actualidad, incrementando así la información que se le proporciona al alumno, en planes de estudio que aparentemente pretendiesen cubrir todas las necesidades específicas que se le puedan demandar al egresado. Obviamente ningún *curriculum* resistiría una masificación de esta naturaleza. Es importante mantener presente la función formativa de la educación en la Universidad y no pretender prestarla a un enfoque informativo, utilitario y simplemente adaptado a las necesidades circunstanciales del medio profesional. En función de esto, el capacitar al personal y adecuarlo a necesidades particulares, que de ninguna manera podrían (ni deberían) cubrirse en su preparación en la Universidad, lo razonable sería el recomendar que en la enseñanza se mantenga un criterio de selectividad en la impartición de conocimientos procurando dar énfasis a los esenciales, que se permitiese asimilar otros por el propio alumno y no incrementar innecesariamente el contenido de dichos planes de estudio.

**De la integración de conocimientos.** A lo largo de su carrera el alumno recibe una serie de conocimientos, quizá demasiados, estructurados en

un *curriculum* que los divide en bloques, constituyendo las diversas materias que integran el plan de estudios. Dichas materias, desde hace algunos años, se impartían en planes anuales manteniendo cierta continuidad e integración. Posteriormente, en muchas universidades dichos bloques se subdividieron para impartirse en semestres, reduciendo su continuidad así como adicionalmente, el tiempo efectivo de clase. Incluso existe por lo menos una universidad que ha adoptado un plan trimestral en su programa de estudios subdividiendo más aún sus bloques de conocimientos. La situación antes referida —que en nuestra opinión ha repercutido en reducir la continuidad de los conocimientos que recibe el alumno—, ha contribuido a una deficiencia ya manifestada por el sector productivo relativa a la dificultad del egresado para utilizar e integrar sus conocimientos para la solución de los problemas reales, normalmente interdisciplinarios y que requieren el concurso de diversas áreas del plan de estudio para su atención. El alumno recibe una serie de paquetes de conocimientos a través de las materias de los planes de estudios, pero normalmente no dispone de un mecanismo que le permita integrarlos coherentemente. De hecho, como se mencionó, la tendencia ha sido precisamente una segregación y atomización de la enseñanza de la Ingeniería Química. Sin embargo como ejemplo, en los primeros planes de estudio, hace varios años los cursos de Operaciones Unitarias se cubrían en un año y en forma integrada, que incluía los conocimientos básicos de estequiometría, flujo de fluidos, transferencia de calor e incluso algunas aplicaciones prácticas como la Ingeniería de Filtración. Posteriormente, en planes de estudios más recientes muchos de estos conocimientos se fragmentaron y segregaron, frecuentemente sin continuidad. Como punto de reflexión quedaría el definir si la forma más consecuente de enseñar, en este caso de la Ingeniería Química, es mediante una serie de paquetes de conocimiento o materias aisladas; o más bien la conveniencia de reestructurar y reagrupar áreas de conocimientos que las integran, que le permita tener al alumno una preparación más coherente como ingeniero químico y no una serie de conocimientos aislados, sin aparente relación entre sí. Quizás es el momento de reagrupar conocimientos más que subdividirlos más aún. El mensaje que se desea transmitir sobre el particular, es la necesidad de proporcionar al alumno durante su formación una visión integral de su profesión y que cuente con una orientación continua que le permita integrar sus

conocimientos a lo largo de su carrera. Al respecto de lo anterior es oportuno mencionar que dentro del plan de estudios de Ingeniería Química en la Facultad de Química de la UNAM se ha incorporado una materia terminal que se denomina Ingeniería de Proyectos, que dentro de sus objetivos es precisamente la de fungir como elemento de integración de conocimientos e incluso de desarrollo de diversas habilidades y actitudes necesarias en el ámbito profesional. Los resultados que se han obtenido, en opinión de varias generaciones que la han cursado, han sido muy satisfactorios.

Otro problema relacionado con el suministro de los conocimientos durante la carrera lo constituye la propia ubicación de las materias que comprenden el plan de estudios. En este punto es oportuno tener presente recordar el objetivo de la Ingeniería Química:

La Ingeniería Química se considera como una profesión en la que conocimientos de las ciencias básicas e ingenieriles, junto con los principios de la economía y las relaciones humanas, obtenidos mediante el estudio, la experiencia y la práctica son aplicados mediante habilidades y actitudes en la creación de procesos, generación de productos y servicios, y en la solución de problemas, fundamentalmente del ámbito de la Industria Química en beneficio de la humanidad”.

En efecto, la Ingeniería Química no es propiamente una ciencia, a diferencia de otras como la Física, la Química y las Matemáticas, sino más bien las aplica y conjunta para resolver problemas diversos. Ahora bien, dentro del plan de estudios las primeras materias que recibe el alumno son precisamente las correspondientes a dichas ciencias básicas, lo cual en principio sonaría lógico. Sin embargo, el fenómeno que ocurre es que el alumno recibe un cúmulo de conocimientos básicos, muchos de los cuales son herramientas para la mejor solución de diversos problemas pero en muchos casos sin conocer la aplicación que pudieran tener dichos conocimientos en materias subsecuentes, prácticas de su carrera. Aunque varios conocimientos, algunos muy sofisticados y teóricos pueden ser de tanto interés que el futuro ingeniero los reciba incluso como “conocimiento general”, la mayor parte de éstos se supone deberían tener una aplicación subsecuente, que en muchos casos incluso no se presenta, causando confusión al alumno. En otras palabras, aparentemente se está llegando a la situación de dar a

conocer la naturaleza de una serie de recursos y herramientas para resolver una aplicación dada, antes de conocer la naturaleza del problema que las requeriría.

Es preciso que desde el inicio de su carrera el alumno sepa que, en este caso, se está preparando para ser un *ingeniero químico*. Por lo anterior, deberá tener una idea precisa de los objetivos de su profesión y del propósito de las diversas *materias* que acreditará a lo largo de su carrera. Asimismo, en mi opinión, la enseñanza de los cursos de las materias básicas, tales como las Matemáticas, Física, Química y Biología, deberían acotar su contenido al que realmente requiere un ingeniero químico en su aplicación. Es conveniente mantener presente que en el caso de la Ingeniería Química el acervo científico no resulta un fin en sí sino un medio para aplicarlo. Quizá la siguiente aseveración sea motivo de controversia; a mi entender, sería preferible que la enseñanza de las materias básicas las impartiesen ingenieros que las dominen y que conozcan su propósito de aplicación y no necesariamente profesionales de dichas disciplinas científicas. Un matemático quizá sería la persona más completa para enseñar dicha ciencia. Sin embargo, un ingeniero que la domine satisfactoriamente conocerá su propósito de aplicación, ejemplificará su aprovechamiento en problemas ingenieriles: ¿maestros teóricos, o maestros prácticos?

Resulta tradicional el anterior cuestionamiento hacia el estilo de enseñanza del maestro. Los maestros “teóricos” a veces son señalados por los que no comparten dicho enfoque, por su didáctica compleja, más preocupados en sus deducciones matemáticas y un tanto fuera de la realidad. Por el contrario, al maestro “práctico” se le juzga, por su contraparte, como superficial en su análisis y con poca fundamentación básica en lo que pretende enseñar. Obviamente ambos juicios son injustos y parciales.

En realidad ambos enfoques, el “teórico” o el “práctico” convergen en un propósito común en el caso de la Ingeniería Química, el utilizar los conocimientos científicos, prácticos y empíricos para resolver problemas. El maestro “teórico” lo lleva a cabo principalmente basando su atención e interés al análisis y modelamiento de las leyes que se emplean para interpretar los fenómenos físicos y químicos de interés para la Ingeniería. El maestro “práctico”, se orienta a utilizarlos para resolver problemas y adicionalmente aplicando conocimientos y sobre todo criterios que obtiene del ejercicio práctico de la profesión. El primero se encuentra más orientado a

contestar la pregunta ¿por qué?, mientras que el segundo al interrogante ¿para qué? Lo importante es que ambas, la teoría y la práctica, se concreten en un propósito: interpretar la realidad de los fenómenos y aplicarlos pragmáticamente para la solución de problemas.

Para terminar estas reflexiones sobre la impartición de los conocimientos quisiera referirme a la necesidad de que el alumno de Ingeniería conozca los avances tecnológicos de su especialidad, durante su formación en la universidad. Sin embargo, no se desearía que lo anterior se interprete como una justificación para que los planes de estudio continuamente se orienten para cubrir estas necesidades específicas de áreas de oportunidad. La perspectiva del avance tecnológico en muchos campos que son competencia del ingeniero químico, establece retos para resolver problemas en áreas como las siguientes: fuentes alternas de energía, control avanzado de procesos, diseño computarizado de equipos y plantas, biotecnología y bioingeniería química, desarrollo de materiales especiales, diseño de procesos con cero descarga de contaminación, por mencionar algunas. Estos conocimientos de punta podrían formar parte, aunque sólo en sus aspectos fundamentales, en los planes de estudio, pero sobre todo, forma parte de aplicaciones de conceptos básicos científicos e ingenieriles, a problemas reales relacionados con dichas nuevas áreas de oportunidad.

### La enseñanza de habilidades

Retomando el propósito formativo de desarrollar y mantener un equilibrio entre la enseñanza de habilidades, los conocimientos, habilidades y actitudes, y ante la problemática de que el enfoque tradicional informativo ha descuidado los últimos dos factores antes referidos, desearíamos hacer énfasis en la necesidad no sólo de desarrollar una serie de habilidades y actitudes, sino que éstas, como los conocimientos, también se evalúen y cuantifiquen a través del análisis que sobre el desempeño de sus alumnos efectúa el maestro y finalmente lo convierte en una calificación. Muchos exalumnos con promedios elevados en sus calificaciones tienen problemas en su desempeño profesional por deficiencias de diversas habilidades indispensables y por la manifestación de actitudes negativas ante su entorno. La enseñanza de las habilidades debe formar parte de la técnica didáctica del maestro, el cual debe dedicar tiempo suficiente para dicho propósito fundamental y no únicamente para cumplir con el programa de su

materia. Deberá estimular la creatividad en sus alumnos para que éstos desarrollen su pensamiento aportando nuevas ideas, soluciones y aplicaciones. Desarrollar su habilidad para manejar y buscar información, cada vez más abundante, para resolver sus problemas. Es preciso estimular al alumno a que utilice las fuentes modernas de acceso a la información, como el Internet, entre otras. Es preciso terminar con el sistema tradicional en donde la única referencia que tenía el estudiante eran los apuntes del maestro o los libros de texto.

Como se mencionó, es fundamental que el alumno tenga la habilidad para aprender por propia cuenta nuevos conocimientos. Buena parte de los conocimientos específicos que aplica el profesional no los recibió en la universidad y los tuvo que asimilar por la propia práctica o cursos de capacitación. De hecho, muchos de los conocimientos con que cuenta el egresado son aprovechados por éste sólo los primeros años de su ejercicio profesional. Más adelante, por su progreso jerárquico o incluso por su diversificación a otras áreas relacionadas con la Ingeniería Química, su necesidad de conocimientos puede ser muy diferente de la que recibió en la escuela.

Desde su formación, en la escuela, el futuro ingeniero debe desarrollar el trabajo en equipo. El Ingeniero Químico usualmente desarrolla sus funciones en conjunto con otros profesionales con los que requiere interactuar eficientemente. Específicamente, es conveniente estimular en los alumnos un propósito cooperativo, orientado a colaborar con sus compañeros sobre otro de tipo competitivo, en donde siempre existe alguien que gana y otro que pierde, lo cual no es buen negocio.

Otra habilidad que frecuentemente ha sido descuidada en el alumno y en el propio profesional es la de la comunicación oral y escrita. Un porcentaje elevado de la actividad profesional se dedica a la comunicación mediante oficios, memorandos, juntas, sesiones, etcétera. Es preciso acostumbrar al alumno a escribir y expresarse correctamente.

Asimismo, se requiere habilidad para administrar el tiempo y aprender a manejarlo y no que el tiempo lo maneje a uno. Ello implica un desarrollo y aplicación de la planeación de las actividades para que éstas se ajusten a los usuales tiempos restrictivos para llevarlas a cabo. El maestro debe inculcar en el alumno dichas habilidades acostumbrándolo a programar sus actividades y enseñándole a tomar acciones correctivas para ajustarse a los objetivos de entrega oportuna de resultados.

Es oportuno mencionar que, en diversas universidades del mundo, se están incorporando algunos cursos formales dentro del plan de estudios para desarrollar diversas habilidades en los alumnos. Existen talleres de solución de problemas, que desarrollan y aplican las técnicas más modernas para lograr una estrategia inteligente en la solución de problemas de Ingeniería.

#### **La enseñanza de actitudes**

El otro factor formativo, quizás el más importante de los tres, se refiere al desarrollo de actitudes positivas en el alumno. De nada sirve que éste cuente con los conocimientos adecuados y de la habilidad para aplicarlos si no dispone de una actitud que los aplique en la dirección correcta. El principio básico de la educación de actitudes es la de predicar con el ejemplo. El maestro, en primera instancia, deberá inculcar en sus alumnos actitudes positivas ante el trabajo, el estudio y la vida misma, con su propia actitud, congruente en pensamiento y acción. La calidad deberá propiciarse en el alumno enseñándolo a hacer bien las cosas desde el principio. Para lograr los atributos de calidad en el proceso enseñanza-aprendizaje es necesario tener presente que debe mantenerse congruencia entre las expectativas del maestro ("cliente") y el alumno ("oferente") para lo cual será indispensable establecer claramente los objetivos del aprendizaje del alumno por parte del maestro desde un principio.

La productividad como actitud, en su definición más sencilla es la de lograr más con menos. Como en el caso de la calidad, se ha convertido en un atributo indispensable para mantener una competitividad y excelencia. El maestro debe inculcar la productividad al alumno pidiéndole un mayor rendimiento y participación con la disponibilidad de recursos normalmente escasos. En otras palabras, la productividad como actitud también puede y debe ser inculcada por el maestro. Otras actitudes emprendedoras como la iniciativa y el liderazgo así como la mentalidad asertiva son indispensables en el egresado de las universidades que se enfrenta a un entorno pleno en retos, oportunidades y amenazas y en donde una actitud orientada al trabajo y a provocar el cambio en bien de la sociedad, es indispensable.

#### **El problema de la retroalimentación en la enseñanza**

Quisiera ahora referirme a un problema muy importante que afecta la efectividad del proceso educativo.

Me refiero a la eficiencia terminal. En varias universidades del país se han reportado valores tan bajos como 50% e incluso menores, situación totalmente inaceptable. Lamentablemente el proceso de enseñanza-aprendizaje ha estado más atento a cumplir la enseñanza, descuidando el aprendizaje. Aparentemente, las instituciones están diseñadas para enseñar pero no para garantizar que el alumno aprenda. No existe un sistema formal que garantice una retroalimentación en la enseñanza dirigida a los alumnos con problemas en sus calificaciones.

Durante el proceso de enseñanza, el alumno es sometido a una serie de exámenes y evaluaciones para evaluar su aprendizaje para lo cual se le asignan calificaciones que, supuestamente, son representativas de su calidad de aprendizaje. Algunos acreditan satisfactoriamente los cursos y a otros se les considera no aptos, obteniendo calificaciones reprobatorias, lo que en un proceso industrial equivaldría a obtener un producto fuera de especificación. La diferencia es que si bien en un proceso industrial se dispone de mecanismos y sistemas previstos para reprocesar el producto, en el proceso educativo no existe un sistema formal en base a deficiencias específicas en conocimientos —habilidades— y actitudes detectadas al alumno, en una evaluación que supuestamente analice dichos factores en forma objetiva, permita subsanarlas y mejorar en su caso el aprendizaje del alumno. Usualmente se le traslada al alumno la responsabilidad total de dicha deficiencia en su aprendizaje recomendándole en todo caso un mayor estudio y dedicación de su parte. Sin embargo, existen diversos factores externos al alumno que lo condicionan y que pueden incidir en sus calificaciones (grado de dificultad de los exámenes, frecuencia y objetividad de la evaluación, tipo de curso, estilo personal del maestro, tiempo disponible en los exámenes, etcétera). Pudiera argumentarse que los buenos alumnos salen adelante a pesar de estos inconvenientes, lo cual es cierto. Sin embargo, no resulta lógico ni razonable aceptar que 50% o más del total de alumnos no terminen su carrera, lo cual es a toda luz ineficiente para cualquier universidad. Un factor que consideramos muy importante que incide en el resultado del alumno ante su formación lo constituye la incongruencia que existe en algunos casos entre el estilo de aprendizaje de los alumnos con el estilo de enseñanza del maestro. Varios educadores (Felder) han considerado el aprendizaje como un proceso de dos etapas principales que involucran la recepción y el procesamiento de la información. A su vez, dichas

etapas se clasifican en diversas fases con modalidades que dependen del estilo de aprendizaje del alumno. El aprendizaje consta de una serie de etapas consecutivas, con diversos estilos de aprender:

FASE	ESTILOS
1) Percepción	Sensitiva e intuitiva
2) Incorporación de la información	Visual o auditiva
3) Organización de la información	Inductiva o deductiva
4) Organización de la información	Activa o reflectiva
5) Comprensión	Secuencial o global

Cada alumno presenta un estilo de aprendizaje que puede combinar diversas posibilidades de los factores antes mencionados. A su vez existen factores equivalentes de estilos de enseñanza por parte del maestro en sus fases correspondientes. Cuando existe una incongruencia entre los estilos de aprendizaje del alumno con los de enseñanza del maestro se ha observado una sensible disminución en la eficiencia del proceso docente. Varios educadores recomiendan que el proceso de enseñanza procure cubrir las diversas modalidades o estilos de aprendizaje dado que todos los estilos son importantes.

De las consideraciones anteriores se aprecia la conveniencia de que el maestro dedique importante tiempo de su función docente a conocer mejor a sus alumnos.

En este punto es oportuno reflexionar sobre el resultado objetivo, cuantitativo de la evaluación del aprendizaje. Me refiero a las calificaciones que el maestro otorga al alumno. ¿Hasta qué punto las calificaciones son una medida adecuada del aprendizaje del alumno y de su calidad? Supuestamente deberían. Pero la realidad en muchos casos desvirtúa esta correlación. Todos tenemos conocimiento de compañeros, de colegas de la profesión, de alumnos, con promedios altos de calificaciones que han tenido problemas para adecuarse y trascender satisfactoriamente en el medio profesional, e incluso, varios de ellos se encuentran subempleados o en actividades ajenas a su profesión. Por otro lado, es de apreciarse que varios profesionales exitosos y destacados en el medio no necesariamente contaron con calificaciones superiores a las que se considerarían promedio, e incluso a veces algo inferiores.

Una explicación de lo anterior puede encontrarse en la forma misma en que están basadas las

calificaciones. Como ya se mencionó, es usual que las mismas más bien se refieran al resultado de la evaluación de los conocimientos con que cuenta el alumno. Sin embargo, sus habilidades y actitudes son rara vez explícitamente evaluadas y no forman parte de las calificaciones.

En consecuencia, un egresado con promedio de 9 y superior, pudiera estar deficiente en diversas habilidades indispensables en el medio (comunicación, trabajo en equipo, administración del tiempo, etcétera) e incluso en actitudes (trato personal, iniciativa, etcétera) factores que pudieran no ser congruentes con un promedio de calificación alto, del egresado, en su caso.

En este punto cabe una reflexión del sistema de evaluación que trasciende en una calificación hacia el alumno. Si bien la evaluación y cuantificación son deseables para comprobar el nivel de aprendizaje se han podido apreciar los siguientes inconvenientes:

- Las calificaciones no garantizan el grado de aprendizaje del alumno.
- La calificación ha llegado a constituir uno de los principales objetivos en el alumno, mayor que el aprendizaje en sí.
- Las calificaciones han contribuido a propiciar un cierto elitismo entre los “buenos” y los “malos” alumnos, lo cual es inconveniente.
- Las calificaciones han propiciado a mantener una situación de tensión e incluso angustia en los alumnos (en los “buenos” y en los “malos”).
- Las calificaciones han propiciado un esquema de competencia, en lugar de otro de cooperación, entre los propios alumnos y de espíritu de grupo.

En resumen, el maestro se encuentra ante un elemento de evaluación y cuantificación que debiera manejar bajo las siguientes premisas indispensables: objetividad, representatividad y propósito de mejora. Las calificaciones deben ser resultado de un análisis objetivo de los propósitos de aprendizaje específicos que el alumno deberá conocer por parte del maestro. Ninguna calificación, en cualquier expresión numérica, tiene significado si no se asocia a un objetivo específico de aprendizaje. A su vez, la calificación deberá ser representativa de los tres factores formativos (conocimiento, habilidades y actitudes) y no únicamente relacionado a uno de ellos. Se deberá tener a su vez presente que la calificación sea orientada a evaluar para mejorar y para corregir y no como un elemento de coacción o presión para el propio aprendizaje.

### El perfil del maestro

Quisiera terminar mi presentación refiriéndome a mi opinión sobre los atributos, en términos de un perfil, con que debe contar un profesor de Ingeniería Química. O mejor aún, un maestro de Ingeniería Química, dado que el primero únicamente da a conocer lo que sabe, mientras que un maestro tiene como propósito fundamental formar a sus alumnos. Ya se ha mencionado que dentro de la actividad docente se presentan los objetivos de enseñanza y aprendizaje. Es frecuente que muchos profesores consideren que su responsabilidad se limita a enseñar y al alumno le corresponde aprender. En realidad el compromiso del maestro es dual, pero orientado a un propósito principal: aprender. Para cumplir con esta misión de orden superior el propio maestro deberá contar con una serie de atributos en conocimientos, habilidades y actitudes que constituyen el perfil docente.

En términos de sus conocimientos, resulta obvio que el maestro los deba tener relativos a los fundamentales y conceptuales de su materia. Sin embargo, no requeriría ser necesariamente un erudito en la materia que imparte. Algunos maestros tienen la impresión que debieran transmitir a sus alumnos todo lo que conocen sobre la materia que imparten, independientemente de qué tan necesario (o indispensable) sea dicho conocimiento, según el nivel y propósito del curso. Los conocimientos con que cuente el maestro se pueden clasificar en dos tipos:

- a) Conocimientos conceptuales y básicos, indispensables para la enseñanza de su materia y de los fundamentos de la Ingeniería Química.
- b) Conocimientos útiles y prácticos, derivados de la propia experiencia profesional del maestro.

Para ejemplificar el primer tipo de conocimientos, se deberán considerar los fundamentales en matemáticas, física y química, así como de las ciencias ingenieriles y económicas. Por lo que se refiere a conocimientos útiles se incluirán los correspondientes a criterios heurísticos, metodologías prácticas e información actualizada que, en general, es resultado de las vivencias propias del maestro.

Un aspecto muy importante relativo al perfil de conocimientos es que éstos se encuentren actualizados. El maestro deberá mantenerse atento e informado de los avances de su profesión en lo general y de lo concerniente a los cursos que imparta en lo particular. Deberá, a su vez, estar atento al entorno del medio en donde interactúa el ingeniero químico,

para detectar los cambios y adecuaciones en el tipo de conocimientos que deba conocer y los que deba impartir. No deberá, sin embargo, interpretarse lo anterior por el maestro como una necesidad de transmitir todas las innovaciones y conocimientos a que tenga acceso, pretendiendo incluirlos en su programa del curso. El maestro deberá ser selectivo en los conocimientos que imparta, refiriéndose a los más importantes y formativos. Sus conocimientos prácticos, ingenieriles, los deberá orientar a la aplicación de problemas reales y con un enfoque pragmático, característico de un ingeniero químico. El maestro deberá ejemplificar la aplicación de sus conocimientos, incluyendo innovaciones tecnológicas y en áreas de oportunidad que, como se dijo, estimulan tanto al maestro como al alumno al estar al día en su profesión.

Como resumen de estas premisas se podrían establecer las siguientes recomendaciones en lo que se refiere al perfil de conocimientos del maestro:

- Que los conocimientos que imparta tengan un propósito de aplicación.
- Que domine los aspectos fundamentales de las materias que imparta y en general de los básicos de su profesión.
- Que éstos sean preferentemente relacionados con el área de ejercicio profesional del propio maestro, y
- Que sus conocimientos le permitan tener una idea clara, sencilla y comprensible de los fenómenos estudiados.
- Que tenga una idea clara del propósito y misión de la Ingeniería Química en su país.
- Que cuente con una cultura y educación a nivel personal digno de un maestro.

Los conocimientos del maestro, amplios y limitados, son inútiles si éste no cuenta con habilidades didácticas para encauzarlos y lograr que el alumno las comprenda y sepa utilizarlos.

Debería de contar con la habilidad que le permita formar y desarrollar en sus alumnos las aptitudes y actitudes requeridas para su relación con el medio profesional, transformándolos en Ingeniería; asimismo, los orientará a que aprendan por su cuenta nuevos conocimientos requeridos en su profesión, motivándolos a interesarse en su carrera, de problemas prioritarios que aquejan a la sociedad, y en los cuales sea ingerencia de los ingenieros químicos, contribuir a su solución.

Asimismo, deberá contar con la habilidad que le permita transmitir a sus alumnos una mentalidad flexible, interdisciplinaria con otras profesiones. Las áreas de oportunidad que se avizoran para el siglo XXI demandarán la interacción del ingeniero químico no únicamente con ingenieros de otras disciplinas afines (mecánicas, civiles y electrónicas) sino tanto con integrantes de disciplinas netamente científicas como las matemáticas, físicas, biológicas y químicas, interactuando en proyectos conjuntos. En particular desearía hacer énfasis en los genéricos y en la histórica vinculación entre los profesionales de la Química y el ingeniero químico. Hombro con hombro han contribuido al desarrollo de la industria química en beneficio de la humanidad. La mentalidad creadora, científica del químico de profesión se ha vinculado en forma natural con el enfoque pragmático del ingeniero químico para la implementación de las ciencias químicas. Dicha vinculación seguramente se incrementará ante los retos tecnológicos de desarrollo de nuevos productos de propiedades especiales, de materiales electrónicos, de materiales de contribuciones especiales, productos bioquímicos, por citar algunas líneas de desarrollo en las cuales tanto los químicos como los ingenieros químicos deberán conjuntar sus esfuerzos y capacidades.

Dentro de otras habilidades importantes que requiere el maestro, desearía hacer énfasis en la de mantener un carácter muy formativo, orientado a estimular en sus alumnos un pensamiento ordenado y sistemático, pero a su vez flexible, que le permita adecuarse eficazmente en un entorno cambiante y frecuentemente impredecible.

Para concluir, desearía referirme a los atributos del perfil de actitudes que se espera deba contar el maestro. Hablar del perfil de actitudes con las que debe contar un profesor de Ingeniería Química y en realidad para cualquier persona que se comprometa en la misión de la docencia podría resumirse en estas palabras: "predicar con el ejemplo". Si el maestro desea inculcar actitudes y valores en sus alumnos, como ciertas tendencias a decidir, pensar o actuar bajo ciertas circunstancias, el propio maestro deberá ser congruente en lo personal, con dichas actitudes. El comportamiento ético, la productividad, la calidad, la identidad con su país, la mentalidad asertiva y propositiva, la actitud del amor al trabajo y la honestidad, por citar algunos atributos que puede transmitir el maestro a sus alumnos, deberán formar parte de su propio credo de actitud. El maestro debe manifestar afecto y solidaridad a sus alumnos, comu-

nicándoles un auténtico entusiasmo por el aprendizaje de cosas nuevas, útiles para su desarrollo.

Refiriéndonos a algunos atributos de actitudes deseables en el maestro se podrán citar los siguientes:

- Que proyecte a sus alumnos, a través de su actitud, valores y conductas éticas, y que el resultado de la misión formativa del maestro sea un ejemplo para los alumnos, digno de ser emulado.
- Que desarrolle en ellos la actitud de amor al trabajo de calidad, tendiente a la excelencia.
- Que, consciente de la limitación de recursos necesarios para obtener resultados, propicie en sus alumnos el espíritu de productividad: de lograr más con menos.
- Que mantenga un espíritu nacionalista; que oriente en sus alumnos una vocación de servicio a la sociedad de la que forman parte y de respeto al medio ambiente.
- Que esté consciente en todo momento que su misión es la de educar y formar ingenieros químicos que contribuyan al bienestar de la humanidad.
- Que como maestro asuma un liderazgo ante sus alumnos, que le merezca su respeto, como guía hacia sus decisiones.
- Que cuente con una mentalidad innovadora que estimule en sus alumnos a ejercitar su potencial y creatividad.
- Que esté consciente de la gran responsabilidad que asume en su decisión de formar recursos humanos cuyos resultados normalmente se aprecian a mediano y largo plazo, con el resultado del desempeño de sus alumnos.

Por lo anterior, que su actitud ante la docencia sea de entrega, cariño y entusiasmo hacia sus alumnos, consciente de que su privilegio en esta vida es la oportunidad de dar.

En este aspecto es oportuno referirnos a la situación particular del denominado "Profesor de Asignatura" que comparte la responsabilidad de la enseñanza, en la Universidad, con otras correspondientes a su especialidad en el medio profesional. De alguna manera, el profesor de asignatura funge como un eficaz enlace en la vinculación del sector académico y el productivo, enriqueciendo la enseñanza con su experiencia personal lo cual tiene un gran valor e imparte particularmente en la enseñanza de las materias de aplicación y terminales de la carrera. Sin

pretender desmerecer la importancia y propósito del profesor de carrera, dentro de la misión de la Universidad, la figura y justificación del profesor de asignatura que comparte su experiencia profesional cotidiana con sus alumnos, sobre todo si éste se encuentra asociado a la naturaleza de la materia que imparte, resulta invaluable.

Sin embargo, la dualidad de compromisos y responsabilidades que tiene que afrontar y conciliar el profesor de asignatura en su ejercicio profesional, por una parte, y en su compromiso docente por otra, en ocasiones ha sido causa de ciertos conflictos y presiones que lamentablemente en muchos casos han contribuido a desalentar su actividad docente, lo cual incide en la merma de profesores en la Universidad que cuentan con experiencia profesional.

La actitud, en este caso, del profesor de asignatura deberá estar orientada a mantener una perseverancia y mística que le permita asumir con responsabilidad y compromiso su función docente sin menoscabo de los contraídos en su ejercicio profesional.

Si se desean resumir, en forma concisa, los atributos con los que deba contar el perfil de un profesor de Ingeniería Química, que disponga de los conocimientos, habilidades y actitudes indispensables para su actividad docente, se podría sintetizar en una conciencia clara que el maestro debe tener de su misión de dar, de prodigarse y trascender a través de sus alumnos. Esta actitud de orden superior implica para el maestro mantener una mística de amor a la enseñanza y, mejor aún, al aprendizaje y formación de sus alumnos. La generosidad que el maestro prodigue hacia sus alumnos, anhelando que, eventualmente, lo superen, implica un perfil que elude cualquier asomo de egoísmo. Quizás, antes que un perfil deseable, el maestro deberá sentir una auténtica vocación, que lo impulse a esta misión, tan plenamente gratificante.

Su entrega, cariño y entusiasmo compartido con sus alumnos, formándolos para afrontar la vida y ser felices y útiles a la sociedad, con frecuencia le permiten escuchar de muchos de sus exalumnos, al encontrarlos varios años después, unas simples palabras: ¡Gracias Maestro! Que al escucharlas nos justifica y da sentido a nuestra misión en esta vida. ▀