

Estudios de fundamentación y análisis del mercado profesional para llevar a cabo la creación o modificación de planes de estudios.

El currículo futuro para la ingeniería química: ¿uno sólo es adecuado para todos?

Richard M. Felder*

Un punto en común en los análisis sobre el futuro de la ingeniería química, que actualmente se lleva a cabo de forma insistente en revistas, y simposia, es que deben incluirse nuevas materias en el currículo de la licenciatura. Las nuevas materias que se comentan son, en un orden no específico: biotecnología, aplicaciones en computadoras, microelectrónica, química industrial, química cuántica, análisis matemático riguroso, economía, estadística, aerobics, dimensionamiento de bombas, tensores de esfuerzo, ciencias sociales, varias docenas de sinónimos de "cultura", habilidades en comunicación oral, en comunicación escrita, en resolución de problemas, en pensamiento crítico y un sinnúmero de cosas que involucran las palabras "mundo real".

¿Podremos hacer todo esto? Bueno, parece que hay argumentos a favor de un currículo de doce años de duración y puedo pensar por lo menos en tres de nuestros estudiantes en la Universidad Estatal de Carolina del Norte, quienes parecen haberlo cursado en ese tiempo por sí mismos. Sin embargo, hay elementos prácticos en contra de alargar el programa a más de cuatro años, principalmente por la población estudiantil enorme que implicaría y el déficit crítico de estacionamiento disponible. Por lo tanto, las preguntas: 1) ¿Cuáles de estas materias propuestas para el currículo son realmente esenciales para la formación de estudiantes bien preparados?, 2) ¿Cuáles de las materias actuales estamos dispuestos a sustituir por otras más importantes?

Me gustaría proponer varios axiomas como medio para presentar mis ideas en este asunto. Los axiomas significan que todos estamos de acuerdo con ellos, aún cuando no necesariamente lleven a las mismas conclusiones.

* North Carolina State University, Raleigh, N.C., 27, 695, EUA.

Artículo aparecido en la revista *Chemical Engineering Education*, primavera de 1987, págs. 74-77. Traducción enviada por el doctor Armando Rugarcía, de la Universidad Iberoamericana.

AXIOMA 1. Cada uno de nuestros estudiantes deberá resolver diferentes problemas durante su actividad profesional.

Nuestros ingenieros irán a diferentes industrias, trabajarán con diferentes productos, proporcionarán diferentes servicios. Algunos irán a las industrias relacionadas con el petróleo, otros a los productos químicos especializados, a los polímeros, a la biotecnología o a la microelectrónica. Algunos trabajarán en la producción, otros en el diseño de procesos y desarrollo o en el diseño de productos y construcción, en ventas y servicios o diseños por computadora en control de manufactura, procesos y control de calidad e ingeniería de proyectos, o en ingeniería de costos, en administración de bajo o de alto nivel. Unos pocos (5% a 10%) continuarán sus estudios para obtener un doctorado y se dedicarán a la investigación y a la enseñanza. Lo que nos lleva al:

AXIOMA 2. No podemos dar toda la información que nuestros estudiantes necesitarán para realizar su trabajo profesional.

No podremos hacerlo aun cuando tengamos un currículo de doce años. Más aún, tenemos el:

AXIOMA 3. Nuestra posibilidad como educadores es tratar de satisfacer las necesidades del mayor número posible de nuestros estudiantes. No debemos sacrificar a la mayoría para beneficiar a unos pocos.

Esto puede parecer una verdad evidente, sin embargo, lo que para mí significa es que si 10% de nuestros estudiantes van a seguir sus estudios para obtener un doctorado y 90% del currículo está diseñado para satisfacer las necesidades de este 10%, entonces algo está mal en el currículo. Con esto no quiero decir que el desequilibrio actual es tan serio como la cifra del 90% que acabo de proponer —por lo menos no hasta ahora—, pero pienso que existe un desequilibrio que ha estado creciendo poco a poco por más de dos décadas, y que en su corrección reside parte de la respuesta a la pregunta "¿qué debemos sustituir?" La causa del desequilibrio no es difícil de deducir. Por lo menos en las pasadas décadas



hemos contratado como miembros de la facultad casi exclusivamente a individuos cuyos antecedentes, su entrenamiento e intereses los califican como investigadores científicos, no como ingenieros o educadores. Claramente los miembros de la facultad se enfocarán a lo que ellos conocen mejor cuando impartan sus cursos. El resultado es que el currículo de las licenciaturas se ha convertido en un programa de entrenamiento de escuelas de graduados. Las personas que en años pasados permitieron el equilibrio —ingenieros con experiencia industrial, hombres y mujeres cuyo interés principal es la enseñanza— están llegando a la edad de retiro y están siendo reemplazados por más investigadores científicos. Ocasionalmente un ingeniero experimentado, que casualmente tiene un doctorado, será contratado para hacerse cargo del laboratorio de operaciones unitarias, pero la mayoría de las veces tales individuos no llegan cuando hay vacantes.

Una proposición más:

AXIOMA 4. Nuestros estudiantes, que ya como ingenieros van a la industria, no necesariamente están de acuerdo con nosotros acerca de la utilidad de todo lo que les hemos enseñado.

El número de la revista *Chemical Engineering* del 19 de septiembre de 1983 contiene los resultados de una encuesta a la cual respondieron 4 759 lectores, y de los cuales 3 599 eran ingenieros químicos educados en los EUA. De todas las materias estudiadas en la universidad, la que se consideró como más útil fue la habilidad para comunicarse, citada por un 80%. El curso normal más citado de la ingeniería química fue Balances de masa y energía (78.9%), seguida por Ingeniería económica (77.7%) y Operaciones unitarias (76.5%). Las otras materias quedaron por debajo del 70%, y Diseño de reactores fue una de las menos citadas con un decepcionante 44.5%.

Aunque de un modo general, tres cuartas partes de los que respondieron a esta encuesta pensaban que habían sido bien entrenados para su primer trabajo, muchos hicieron comentarios negativos sobre el entrenamiento de los nuevos ingenieros a quienes ellos contrataban. Para citar algunos:

- La universidad casi no me preparó para mi trabajo actual como supervisor de una planta química. Muchos de mis conocimientos en ingeniería se referían a la creación de nuevas plantas, y no a cómo mantener plantas con 20 años de antigüedad en una época de problemas económicos, o a administrar al personal que la opera.

- En general, no estaba bien preparado para aplicar los conocimientos teóricos aprendidos en la universidad a los problemas del mundo real.
- Sé tan poco acerca de flujo de fluidos, selección de materiales, alternativas de equipo y estimaciones de costos..., y eso es lo que necesito para el diseño en ingeniería química en la compañía en donde trabajo.
- Hace tres años tomé un curso titulado: "Mecánica de fluidos"... debió haberse titulado "Aplicación de ecuaciones diferenciales de segundo orden". Las ecuaciones de Navier-Stokes están bien como teoría, pero no ayudan a encontrar los factores de fricción en tuberías.

Y así sucesivamente.

Ahora, ¿qué podemos hacer con todo esto? Revisemos la situación.

1. Tenemos por lo menos dos poblaciones a las cuales atender: estudiantes que trabajarán en las industrias y estudiantes que seguirán estudiando maestría y doctorado.

2. Hay ciertas áreas de especialización (biotecnología, microelectrónica, diseño por computadora, etcétera) que, cuando menos, algunos de nuestros estudiantes deben conocer.

3. Hay presión por parte de algunos sectores para que demos a nuestros estudiantes una base más sólida en el análisis matemático, química, fenómenos de transporte, etcétera.

4. También hay presión de otros sectores para que demos a nuestros estudiantes menos material teórico y más antecedentes sobre los sistemas industriales, economía, escalamiento, comunicación, y otras muchas materias.

5. No es posible enseñar todo lo necesario a todos los estudiantes con un currículo de cuatro años.

Así que, ¿cuál es la respuesta?
¡Flexibilidad!

Todos hemos pasado por situaciones similares durante nuestra vida de estudiantes, por ejemplo en bachillerato. Allí también hay dos poblaciones de estudiantes: los que van a quedarse en la universidad y los que no van a hacerlo. Nadie pretende que ambos grupos lleven el mismo currículo de cuatro años. Mediante una serie de cursos optativos y asesoría, cada estudiante elige un programa de acuerdo a sus fines. Algunas veces, se cometen errores, pero en general este sistema funciona,

cualquiera que sean los planes de los jóvenes al terminar esos estudios. Podemos tomar en consideración modelos de currículos creados por otras ingenierías. Hace tiempo, los departamentos de ingeniería civil decidieron que no todos sus estudiantes debían ser expertos en el diseño y construcción de puentes y presas, plantas para el tratamiento de aguas, sistemas de carreteras y de transporte público. De igual manera, no todos los ingenieros eléctricos deben recibir entrenamiento en comunicaciones, teoría de control, sistemas energéticos e inteligencia artificial. Los estudiantes en ambas disciplinas toman cursos básicos y después eligen diversos programas de acuerdo con sus intereses y sus metas en la vida profesional.

¿Por qué no hacemos algo similar con el currículo de ingeniería química, abandonando la pretensión de que todos nuestros estudiantes tienen las mismas inquietudes y que, por lo tanto, pueden seguir el mismo currículo, con unas cuantas materias optativas? ¿Por qué no establecer una serie de opciones o subsistemas en el currículo, y diseñar los cursos para satisfacer las necesidades de cada uno? Al estructurar este currículo flexible, podríamos proceder de la siguiente manera:

1. *Decida cuáles son las materias básicas o generales y cuáles son materias específicas indispensables en la educación de un ingeniero químico.* Mi opinión es que un curso introductorio de ciencias básicas, matemáticas, un curso de balances de masa y energía, un curso de termodinámica, un curso de fenómenos de transporte y procesos de separación, y una cantidad mínima de ciencias sociales y humanidades son indispensables; casi todo lo demás —resistencia de materiales, análisis de circuitos eléctricos, química analítica, fisicoquímica, química orgánica, control de procesos, cinética, cursos superiores de fenómenos de transporte, cualquier curso que involucre las ecuaciones Navier-Stokes— son negociables.

2. *Proponga nombres o subsistemas opcionales.* ¿Ingeniería química industrial? ¿Escuela de pregraduados? ¿Ciencia en ingeniería química? ¿Biotecnología? ¿Microelectrónica? ¿Diseño y producción por computadora? ¿Economía y administración? ¿Ciencia de materiales?, etcétera.

Los nombres de las opciones cambiarían, desde luego, con el tiempo: los temas Energía y Medio ambiente hubieran aparecido en la mayoría de los subsistemas de esta clase hace unos años, las palabras Nuclear y Polímeros debieron estar en listas anteriores, y así sucesivamente.

3. *Haga una lista de los cursos indispensables y optativos requeridos por cada opción de subsistema.*

4. *Planee cada currículo en su totalidad, tomando decisiones sobre los temas que deben cubrirse en las clases, los que pueden dejarse para que los estudiantes aprendan en lecturas y tareas, los que pueden dejarse para la escuela de graduados o para el entrenamiento ya en el empleo. Después recorte la primera categoría a la mitad, y agregue el material desechado a las categorías dos y tres.*

5. *Planee un programa de cursos con el objeto de minimizar el número de ellos que se pueden elegir en cada periodo escolar. Una consecuencia de la implementación de este programa —o cualquier otro que defina las demandas al incluir materias nuevas en el currículo— es un aumento inevitable en el número de cursos que se imparten. Para minimizar las cargas de trabajo y/o la necesidad de contratar académicos adicionales, ofrezca cursos que anteriormente eran obligatorios y ahora serán optativos y ofrézcalos menos a menudo —por ejemplo una vez al año en lugar de una vez cada semestre.*

6. *Analice las materias que también se ofrecen en otros departamentos para evitar duplicidad en la oferta. La práctica usual es que cada departamento ofrezca sus propios cursos, a pesar de la redundancia. Por lo tanto, la termodinámica y la transferencia de calor se imparten en Ingeniería Química y Mecánica, y la Mecánica, y la Mecánica de Fluidos se enseña en ambos departamentos y también en Ingeniería Civil. La eliminación de estas duplicaciones es otra manera de evitar que el aumento de nuevas materias al currículo imponga excesiva demanda de recursos al departamento.*

7. *Diseñe un mecanismo para revisar con frecuencia y poner al día el currículo de tal manera que permita adaptarse a cambios en la economía, en las prioridades nacionales, etcétera.*

8. *Implemente los cambios.*

Además, debemos explícitamente reconocer que un currículo flexible diseñado para adaptarse a las necesidades estudiantiles, sólo puede ser implementado por un colegio de profesores diversificado. Si la investigación científica no constituye el 100% del currículo, no todos los maestros deberían ser investigadores. Si se va a enseñar la práctica de la ingeniería, algunas personas que trabajen

o hayan trabajado en la industria deben ser parte del equipo docente.

Ahora, lo que debemos hacer es designar a alguien que conteste todas las preguntas explícitas e implícitas en este plan. ¿Qué es lo indispensable en nuestro currículo actual? ¿Qué opciones o subsistemas deben considerarse? ¿Cuáles son las demandas a corto y largo plazo para los graduados de cada una de estas opciones? A la luz de la respuesta a la última pregunta, ¿cuáles opciones deberían instituirse? ¿Cuáles deben ser los cursos obligatorios y electivos que deben estar en cada opción? ¿Qué es lo que se necesita enseñar en cada curso? ¿Quién va a diseñar y a enseñar todos esos cursos? ¿Cuánto va a costar hacer todo esto? ¿Quién proporcionará todo el costo?

¿Quién dará las respuestas? Ciertamente yo no —sólo soy una persona, y no se me paga para hacer esto. Si la historia puede servir como guía, el diseño y la implementación de un plan de esta magnitud demanda no menos de un comité especial formado por tres o más ejecutivos corporativos a nivel de vicepresidencia y por lo menos un soporte económico de 500 000 dólares. durante un periodo de tres años por parte de la Fundación Científica Nacional.

Sin embargo, creo que los detalles de implementación son de importancia secundaria en este momento. Todos estamos luchando por contestar la pregunta focal en este artículo: ¿Qué debemos sustituir en el currículo de Ingeniería Química para dejar lugar a las nuevas disciplinas? Algunas veces cuando uno no puede dar una respuesta adecuada a una pregunta a pesar de lo mucho que lo intente, se debe considerar la posibilidad de que uno no haya formulado la pregunta correcta. Creo que éste es el caso. La premisa que subyace en la pregunta es que hay algo que se llama "El currículo en Ingeniería Química" —uno solo que es adecuado para todos. Si olvidamos esa premisa y reconocemos que nuestros alumnos tienen un espectro de necesidades —la mayoría de las cuales no incluyen la preparación para el examen de conocimientos a nivel de doctorado— entonces formularemos una pregunta diferente: "¿cómo podremos estructurar nuestro programa para llenar las necesidades de la mayoría de nuestros estudiantes?" Ya que un sólo currículo estructurado rigurosamente, manejado por profesores que son exclusivamente investigadores científicos, no puede llenarlas, debemos buscar la flexibilidad y la diversidad tanto en nuestros currícula como en nuestros profesores. Creo que en esta dirección encontraremos nuestras respuestas. ■