

Hace unos pocos meses, se cumplió el LXX aniversario de la creación de la carrera de ingeniería química en México. Este artículo forma parte de los festejos llevados a cabo en el mes de noviembre de 1995.

La enseñanza de la ingeniería química en México

*Antonio Valiente-Barderas**

Abstract

A few months ago the 70th anniversary of the foundation of the Chemical Engineering career in Mexico was celebrated. Professor Estanislao Ramírez gave the first courses on Unit Operations in 1925 at the School of Chemistry at the National University. At present there are more than 80 institutions which give courses on Chemical Engineering with an output of 2,300 BSc and 100 MSc per year.

Los antiguos mexicanos desarrollaron técnicas químicas y metalúrgicas a través del método empírico y del ensayo y el error; dichas técnicas fueron pasando de padres a hijos, de generación en generación. Entre sus logros están la orfebrería o el trabajo de la plata y el oro, en el que lograron maestría singular.

Notable fue también el trabajo del cobre, con el que comenzaban a sustituir las armas y utensilios de piedra. Destacaron además en el aprovechamiento de las sustancias minerales, vegetales y animales para obtener tintes y pigmentos con los que pintar casas, pirámides y códices, y colorear sus telas, cerámicas y cuerpos.

En el aspecto farmacéutico lograron desarrollar una herbolaria que competía ventajosamente con la europea en la época de la Conquista. En el campo de la química alimentaria lograron utilizar la fermentación y la extracción para obtener bebidas y nutrimentos tales como el chocolate y el pulque; además emplearon intensivamente las tierras mediante la aplicación de fertilizantes naturales.

Durante la época colonial, la aplicación principal de la química estuvo dirigida a la metalurgia de la plata, de la que México era un notable exportador, destacando el método de amalgamación en el que se empleaban sal y mercurio para beneficiar la plata.

Los minerales de hierro fueron también explotados, así como los de cobre y estaño, pues eran la fuente necesaria para el acero y el bronce que requerían tanto el ejército como el pueblo en general. Durante este periodo



Figura 1. Los antiguos mexicanos utilizaban técnicas ingenieriles para confeccionar sus pigmentos, tintes y pinturas.

se introdujeron en el país el cultivo de la caña de azúcar y los primeros ingenios para procesar el dulce, siendo Hernán Cortés el primero que estableció un ingenio de azúcar en la Nueva España.

Con la llegada al país del ganado vacuno y ovino se pudo tener leche y, a partir de ella, los quesos, cremas y demás derivados tan apreciados en la comida mexicana. Los procesos de destilación sirvieron para obtener "brandys" pero principalmente las primeras bebidas fuertes nacionales tales como el mezcal y el tequila, que no estaban sujetas a las restricciones que se imponía al cultivo de la vid. Desde luego, al introducirse las técnicas europeas de tejido, así como nuevas fibras textiles, se importaron con ellas nuevos procesos de teñido y acabado. También hubo avances en la cerámica y en los pigmentos y pinturas.

Durante ese periodo la minería fue la actividad industrial básica. Según el Barón de Humboldt, alrededor de 1783 había en la Nueva España 500 reales y tres mil minas.

El primer método de importancia tecnológica fue el de beneficio de patio, de Bartolomé de Medina, en Pachuca, usando mercurio para amalgamar la plata.

* Departamento de Ingeniería Química, Facultad de Química, Conjunto "E", UNAM, Paseo de la Investigación Científica s/n, Ciudad Universitaria, 04510, México D.F., Tel./Fax 622 5355.

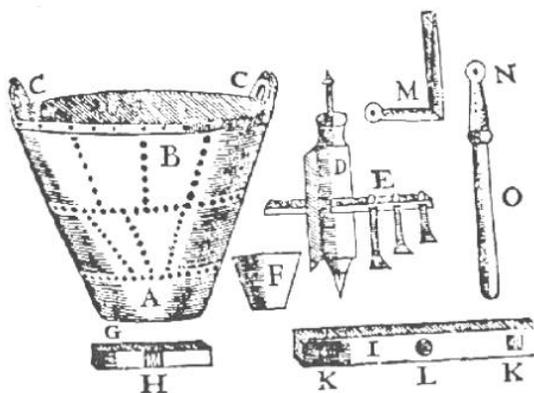


Figura 2. En el siglo xvii apareció el libro *Arte de los metales*, de Álvaro Alonso Barba, en el que se enseña el beneficio del oro y plata por medio del mercurio, así como la forma de fundirlos y refinarlos. A ese libro pertenece esta lámina de calderos y molinetes.

A finales del periodo colonial y dentro del ideal de la Ilustración, los reyes de España promovieron la creación de instituciones científicas y culturales. Como consecuencia de ello fueron fundados la Academia de San Carlos en 1784, el Real Jardín Botánico en 1788 y el Real Seminario de Minería en 1792. Este último fue fundado con la intención de formar individuos preparados para dirigir tanto el laboreo de las minas, como el beneficio de los metales. Los futuros peritos facultativos debían seguir durante cuatro años cursos de matemáticas, de física, de química teórica y práctica, y de mineralogía. En 1797 se impartió allí el primer curso de química circunscrito al reino mineral, teniendo como profesor a Fausto de Elhúyar y auxiliado por Francisco Fischer. Con el propósito de apoyar las lecciones de química del Seminario, se realizó la primera traducción al español (en el mundo) del primer tomo del *Tratado elemental de química* de Lavoisier. Dicha versión apareció a finales de 1797 siendo el traductor Vicente Fernández (Aceves, 1993).

En el Seminario impartieron clase ilustres científicos europeos tales como Fausto de Elhúyar, Andrés Manuel del Río, Francisco Antonio Bataller, Luis Linder y Federico Sonneschmidt.

Este impulso externo le permitió al país recibir nuevas influencias de la ciencia occidental que abrieron novedosas perspectivas para la metalurgia, no centradas ya únicamente en el beneficio de la plata (Garritz, 1991).

Don Fausto de Elhúyar (1775-1833) es considerado el descubridor del tungsteno y Don Manuel del Río (1765-1849) descubridor del vanadio.

Las luchas insurgentes interrumpieron el desempeño normal del Seminario de Minería, ya que en las luchas

de independencia tomaron parte algunos de sus egresados más brillantes tales como Casimiro Chovell, Rafael Dávalos, Ramón Fabié, Mariano Jiménez e Isidro Vicente Valencia, quienes utilizaron sus conocimientos para la fabricación de armas, fundición de cañones y la acuñación de monedas, antes de ser sacrificados por las tropas realistas (Aceves, 1993). El Seminario sobrevivió a la Independencia y siguió funcionando con problemas hasta 1867. Sus últimos años fueron de abandono e indiferencia. El país vivía años tormentosos, luchas intestinas por el poder y enfrentamientos feroces entre el Estado y la Iglesia. Al triunfo de las fuerzas republicanas sobre el imperio de Maximiliano, el Seminario expiró calladamente. Sobre su tumba se erigió la Escuela Nacional de Ingenieros, para intentar recuperar las glorias del pasado. Intento fallido. En sus cuarenta y tres años de vida independiente, la Escuela nunca igualó sus días de esplendor.

Durante gran parte del siglo xix, y debido a las vicisitudes por las que atravesaba el país, las clases de química se impartieron en el Colegio de Medicina; allí destacó don Leopoldo Río de la Loza, investigador notable, profundamente interesado por los productos naturales del país, profesor de química y director de la Escuela de Medicina, fundador de varias farmacias y de la primera fábrica de productos químicos.



Figura 3. Vista del palacio de Minería en el siglo xix.



Figura 4. Don Juan Salvador Agraz, fundador de la primera escuela de química en México.

En 1867, el presidente Benito Juárez emitió el decreto con el que se creó la Escuela Nacional de Artes y Oficios para Varones, la cual se desarrolló rápidamente, dando origen en 1883 —bajo el gobierno de Porfirio Díaz— a la escuela de Ingenieros de Minas y Metalúrgicos e Ingenieros Industriales. Por esa época se funda una de las primeras industrias químicas mexicanas, en 1875, la fábrica de ácidos de la Viga, junto al canal de la Viga en el Distrito Federal. En ella se produjeron ácidos, sales, fertilizantes y diversos materiales utilizando equipos y técnicas alemanas.

Durante el gobierno de Porfirio Díaz se establecieron industrias de alta capacidad en los ramos textil, vidriero, cervecero y siderúrgico. A pesar del auge industrial, las materias primas básicas se importaban de Europa, de donde provenían también los ingenieros y los químicos requeridos para la buena marcha de la industria (Garritz, 1991).

Después del inicio de la Revolución Mexicana destaca como un hecho relevante para el desarrollo de la química en el país la fundación de la primera escuela de química: la Escuela Nacional de Química Industrial. La Facultad de Química de la UNAM, su heredera, es por lo tanto la institución de enseñanza de la química más antigua del país, pues fue fundada en 1917, siendo por ello la institución “madre” de las más de 100 escuelas y facultades en las que se enseña química a nivel universitario en nuestra nación (Valiente, 1980).

Bajo la dirección de Don Juan Salvador

Agraz, la escuela de Química en Tacuba, D.F., prosperó y agrupó las carreras de Químico, Farmacéutico y Metalurgista. No obstante, fue en 1925 cuando por intervención de Don Estanislao Ramírez se introdujo el estudio de la ingeniería química en nuestro país. Don Estanislao Ramírez Ruiz (1887-1962) nació en Tláhuac D.F; de abolengo indígena que se remontaba al rey Netzahualcóyotl, estudió ingeniería industrial en el Colegio Militar, siendo alumno distinguido del general Felipe Ángeles, y posteriormente estudió un posgrado en la Sorbona de París, en donde fue ayudante del célebre científico Le Chatelier. Impartió los primeros cursos de ingeniería química de 1925 a 1933, y posteriormente ingresó al Instituto Politécnico Nacional, donde fundó la carrera de Ingeniero Químico Industrial, siendo uno de sus primeros profesores. Por estas razones se lo considera el fundador de la ingeniería química en México.

En un principio, el plan de estudio de la carrera se centraba sobre el estudio de la química, la física, la mecánica y los procesos químicos existentes en el país. Aún los laboratorios estaban dedicados a alguno de aquellos procesos o industrias químicas como se les llamaba, tales como jabonería, perfumería, petróleo, azúcar, etcétera (Galdeano, 1982).

Por instancias del ingeniero Ramírez se introdujo el estudio de las operaciones unitarias en el plan de la carrera, siendo él quien primero empezó a utilizar el libro de Walker en sus clases de teoría. Estas clases se impartían bajo el título de Física Industrial, pues hasta el plan de estudios de 1941 se establecieron los Cursos de Ingeniería Química, que comprendían los balances de materia y energía y las operaciones unitarias. En aquel plan de estudios se ofrecía también por primera vez la termodinámica.

La carrera se difundió poco a poco entre las universidades de provincia del país, siendo la de Michoacán (1930), las universidades autónomas de Nuevo León (1933), Guadalajara (1933) y Puebla (1937) las primeras que la impartieron (Valiente, 1980).

Los ingenieros químicos egresados se encontraron con que el campo de trabajo era muy reducido, en parte debido a que la industria química era casi inexistente y en parte a que las empresas empleaban a técnicos extranjeros para la operación de sus plantas. Fue a partir de la expropiación del petróleo, en 1938, cuando se vio la importancia de contar con ese tipo de profesionales en el país, de allí que se instituyera también por esos años la carrera de ingeniería química en el Instituto Politécnico Nacional, en 1949.

El IPN es una de las instituciones más grandes del país y una de las que presenta mayor número de egresa-



Figura 5. Busto de don Estanislao Ramírez Ruiz, fundador de la carrera de ingeniería química en México.

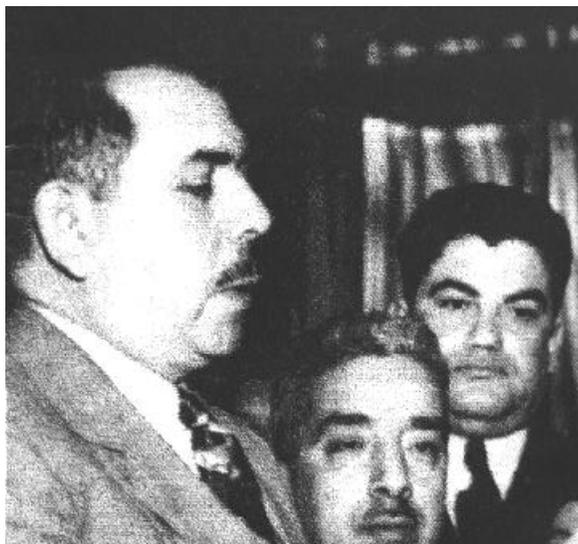


Figura 6. La expropiación del petróleo, decretada por el presidente Lázaro Cárdenas, fue el impulso definitivo para el crecimiento de la industria química en México.

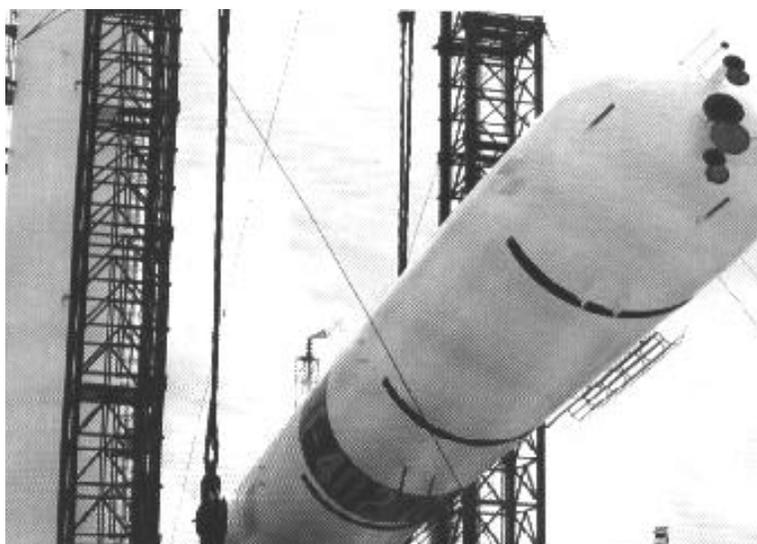


Figura 7. La construcción de plantas químicas ha sido una de las tareas preponderantes del ingeniero químico mexicano.

dos en ingeniería química. Los tecnológicos regionales se crearon bajo las bases del IPN y su creación obedeció a la necesidad de una descentralización y desconcentración de la educación técnica. Su finalidad fue la de llevar la educación a la provincia para brindar igualdad de oportunidad de educación a todos los estudiantes de los estados del país.

La primera institución particular que creó la carrera de ingeniero químico fue el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (1943) y en la actualidad han proliferado este tipo de instituciones, las que albergan a diez por ciento de todos los estudiantes de la ingeniería química del país.

En la década de los treinta, la actividad preponderante del ingeniero químico era la operación de las plantas en una industria de predominio artesanal. Después, a raíz de la nacionalización de la industria petrolera, aparece la necesidad de realizar actividades de planeación y desarrollo de proyectos industriales debido al nacimiento de nuevas industrias químicas. Además, un buen número de ingenieros químicos empiezan a desarrollar labores de ventas y de servicios técnicos a clientes. Si bien durante la década de los cuarenta se establecieron un buen número de empresas pequeñas y medianas, es alrededor de los años cincuenta cuando se inicia un desarrollo sostenido en la fabricación de productos químicos básicos, lo que da lugar a que el ingeniero se vea involucrado en actividades de montaje de plantas, de ingeniería de detalle y de la estimación de costos del proyecto, iniciándose con esto la disciplina de la ingenie-

ría de proyectos (Hernández, 1987).

La década de los sesenta estuvo marcada por el nacimiento y desarrollo explosivo de la industria petroquímica, lo cual exigió al profesional de la ingeniería química manejar parámetros económicos a escala nacional, actuar en los mercados internacionales de productos químicos, y en la selección y compra de tecnología en el extranjero. También en esa década, el ingeniero químico se dio a la tarea de asimilar y adaptar tecnología. Durante los setenta siguió el crecimiento de la petroquímica básica, se inició una considerable diversificación de la petroquímica secundaria, un aumento importante en la fabricación de plásticos y fibras sintéticas, así como un notable aumento en la producción de fertilizantes.

En esta época aparece una nueva actividad en el ámbito de la ingeniería química nacional: la ingeniería de procesos, área que incluye el diseño estratégico de procesos, el desarrollo del paquete de la ingeniería básica, la simulación y la optimización de procesos. Además, en forma simultánea, se empieza a disponer de laboratorios e instalaciones que permiten desarrollar la ingeniería básica experimental, permitiendo llevar a cabo la concepción de procesos, el desarrollo de la tecnología a escala piloto, y el cálculo y escalamiento a dimensiones industriales. Los años ochenta vieron primero la disminución del crecimiento de la planta industrial química y luego la apertura del mercado, con lo cual la industria química mexicana fue lanzada abruptamente a competir en el mercado mundial. El énfasis durante esta década fue en el ahorro de energía, la automatización, el aumen-



Figura 8. Los maestros han sido los impulsores de la ingeniería química en México.

to de la calidad de los productos y el cuidado ambiental. Se trató además de consolidar a los grupos de investigación y desarrollo, al menos en las grandes industrias. Pero era demasiado tarde, la competencia contra los grandes imperios químicos, que gastan miles de millones de dólares anualmente en la investigación y desarrollo, hizo que muchas empresas tuvieran que cerrar o unirse a socios extranjeros para así poder obtener la tecnología necesaria para poder seguir compitiendo. La década de los noventa ha acentuado todavía más este estado de cosas. El conjunto de actividades que ha desarrollado el ingeniero químico mexicano dentro de su ejercicio profesional y las épocas en que éstas se han iniciado indican que al parecer, la historia de la ingeniería química mexicana ha ido en sentido contrario al de la secuencia obligada en la creación de plantas industriales de proceso (Hernández, 1987).

Historia de una planta industrial

Ingeniería básica \Rightarrow Ingeniería de proceso \Rightarrow
 Ingeniería de proyectos \Rightarrow Diseño de
 equipo \Rightarrow Construcción \Rightarrow Operación.

Historia de la ingeniería química mexicana

Operación de plantas \Rightarrow Construcción \Rightarrow
 Ingeniería de proyectos \Rightarrow Diseño de equipo
 \Rightarrow Ingeniería de proceso \Rightarrow Ingeniería básica.

Nótese en el diagrama el orden en el que avanza el desarrollo de una planta industrial y en el que derivó la historia de la ingeniería química mexicana. Este curioso contraste pone de manifiesto la debilidad de la ingeniería

mexicana, la cual es producto de las políticas de industrialización implementadas por el gobierno y, además, del hecho de que las industrias químicas en México se crearon para sustituir importaciones, con lo cual se pensó que lo mejor era comprar tecnología y no siempre la de punta. Volviendo a la educación, se debe notar que, durante los años sesenta, con el auge de la petroquímica en el país, se impulsó la creación de la carrera en numerosas instituciones. Los planes de estudio cambiaron y se introdujeron cursos de Balances de Materia y Energía, Operaciones Unitarias, Reactores y Laboratorios de Operaciones Unitarias, disminuyéndose los cursos de Química y de Análisis. Los primeros cursos sobre Fenómenos de Transporte se comenzaron a impartir desde 1971, pero dentro de las materias optativas. Fue con el plan de estudios de 1987 en que tanto esa materia como las de computación, simulación y optimización empezaron a impartirse de manera obligatoria; aunque hay que decir que otras instituciones tales como la Universidad Iberoamericana y el Tecnológico de Monterrey ya las habían introducido diez años antes. El avance de la carrera en la UNAM y la proliferación de la misma ha sido posible gracias a la labor generosa de grandes maestros tales como los ingenieros Estanislao Ramírez Ruiz, Alberto Urbina del Razo, Roberto Medellín, Antonio Guerrero Torres, Alberto Bremauntz Monge, Ernesto Ríos Montero, Jesús Avila Galinzoga, Abel Domínguez Ponce, Armando Rugarcía, Estelio Baltazar, Ramón de la Peña Manrique, Pascual Larraza, Alenjandro Purón de la Borbolla, Alejandro Anaya Durand, Javier Garfias Ayala y muchos otros, que están grabados con tinta indeleble en la memoria de sus miles de discípulos.

Entre los libros que más han influido en la enseñanza de la ingeniería química en México está el de Walker, posteriormente, sustituido en los años sesenta por el McCabe, que a su vez fue reemplazado por el Foust en los setenta. En esa época comienza la influencia del libro de fenómenos de transporte de Bird, que persiste hasta nuestros días. En transferencia de calor, el libro de Kern ha sido uno de los favoritos, al igual que el de Treybal en transferencia de masa y el de Smith en diseño de reactores. A principios de los años sesenta la mayoría de los libros de texto recomendados por los profesores en las instituciones en las que se impartía la carrera de ingeniero químico estaban escritos en inglés y, desde luego, por autores extranjeros. Esto incluía toda clase de materias, desde las matemáticas a la química, la física y la ingeniería química. Solamente existían algunas traducciones (por ejemplo las de los libros de química de Partington y de Mellor), las cuales, como todas las traducciones, eran frecuentemente vistas con desdén por nuestros maestros,

que se guiaban por la máxima italiana de: "todo traductor es un traidor". Sin embargo, muchos de los profesores tenían apuntes de clase y los utilizaban para impartir sus materias aunque, en ocasiones, los alumnos producían unos apuntes mejores aún que los del profesor y los distribuían entre sus compañeros. Entre los primeros libros de texto escritos por mexicanos estaban el de Orozco (1944) y el Bucay (1958). Al parecer, los primeros libros que existieron en México sobre ingeniería química fueron los producidos por los profesores del IPN. Dichos libros se hacían a máquina, se pasaban a estenciles y después se imprimían en mimeógrafos. Con ese procedimiento no se alcanzaba toda la calidad editorial que era de desearse, pero su calidad didáctica era indiscutible. Esos libros se vendían entre los alumnos a precios que oscilaban entre los 10 y los 25 pesos, con lo que se podía resarcir sus costo y hacer otra edición. Quizás la obra más antigua editada en México sobre Ingeniería Química fue la de *Principios de Ingeniería Química* del ingeniero José Luis Soto Mora (1954). Afortunadamente, las editoriales mexicanas y españolas, viendo el mercado que se abría para los libros traducidos al español, se lanzaron a la traducción de casi todos los libros de texto, los cuales fueron muy bien recibidos por el alumnado. Sin embargo, en un principio se pensó que no era necesario que hubiera libros impresos de autores de habla castellana. El cambio de actitud provino de España con el libro de Vian (1952), al que siguieron otros libros sobre ingeniería química, como los de Ocón y Tojo, (1970); culminando en la actualidad con los de Costa Novella (1983). Estos libros contaron al principio con la resistencia de los maestros, pero fueron apreciados por los alumnos que acabaron imponiéndolos en muchas escuelas. En México, los continuadores de esa tendencia fueron *Principios de los procesos de ingeniería*, de Purón (1980); *Análisis ingenieril de los procesos químicos* de Ramón de la Peña (1979); *Ingeniería de los procesos*, de Giral (1979); *Problemas de balances de materia*, de Stivalet (1981); *Problemas de transferencia de calor*, de Valiente (1988); *Termodinámica fenomenológica*, de Reyes-Chumacero (1976) y otros, de tal manera que en la actualidad existen una gran cantidad de libros en casi todas las materias de la carrera escritos por mexicanos. Los cambios operados en la enseñanza de la ingeniería química en los Estados Unidos hicieron que a finales de los años sesenta se iniciaran las maestrías en Ingeniería Química en el Politécnico y en la UNAM, y que se introdujeran los cursos de Fenómenos de Transporte y de Computación. La computación cambió notablemente la enseñanza y el trabajo de los ingenieros químicos, y afectó al campo de trabajo del mismo. Por una parte, la

computadora permite que muchas labores y cálculos, incluidos los administrativos, se efectúen con mayor rapidez y precisión. La nuevas computadoras portátiles extienden la flexibilidad del trabajo, permitiendo éste en las casas y durante los viajes. Por otro lado, la creciente dependencia de las computadoras está haciendo que los ingenieros se alejen cada vez más de las plantas y que se utilicen los datos de las computadoras como la suprema verdad. En el futuro se pueden producir ingenieros "duchos" en la computación, pero con poca formación ingenieril. Mientras que la computadora ha permitido a los ingenieros comprender mejor los procesos químicos, ha eliminado por otra parte la necesidad de ir a lo básico y de ensuciarse las manos para desarrollar un conocimiento de primera mano de los materiales y del proceso en el que están trabajando. Los ingenieros químicos se están volviendo trabajadores de cuello blanco y se están alejando de las plantas, en la creencia que todo se puede hacer mediante modelos, simulaciones y optimaciones numéricas.

Los años setenta fueron de auge para la petroquímica y la química en el país, y el número de instituciones y de alumnos que se inscribían en la carrera se duplicó. La demanda de profesionales era tal que a principios de los ochenta hubo necesidad de importar extranjeros para que ayudaran a echar andar los numerosos proyectos en marcha. Desgraciadamente, desde 1982 la crisis económica que se abatió sobre la nación hizo que el ritmo de inversiones se frenara considerablemente, a lo que contribuyó también la disminución de los precios internacionales del petróleo y de los productos petroquímicos. A pesar de todo, durante los años ochenta siguió creciendo el número de instituciones que impartían la carrera y mejoraron notablemente tanto las instalaciones (laboratorios y equipo computacional), como la planta docente, ya que se incorporaron a la enseñanza profesionales con grado de maestría y doctorado (cosa rara antes de este periodo) como maestros de tiempo completo. A fines de



Figura 9. El uso de las computadoras presenta ventajas y desventajas en la educación del ingeniero químico.

los años ochenta en todas las instituciones de enseñanza surge el interés por la ingeniería ambiental, la simulación y optimación de procesos, la biotecnología y los polímeros. El número de escuelas que impartían esta carrera en 1993 era de 80, siendo la matrícula (los alumnos que cursan la carrera) de alrededor de 22 000 y los egresados de alrededor de 2 300. La carrera, que en un principio era exclusiva para varones, cuenta en la actualidad con gran atractivo para las mujeres, las que forman alrededor de un 35% de la matrícula.

En realidad, 50% de los egresados de las universidades y tecnológicos mexicanos no trabajan como ingenieros, pues buscan los puestos mejor pagados de administración, comercialización y finanzas. Otro gran porcentaje, debido a la deficiente preparación y a los bajos salarios profesionales del país, efectúa trabajos de supervisión y mantenimiento de plantas, que en otros países efectuarían los egresados de los institutos tecnológicos de enseñanza media superior. Por lo anterior, se considera que sólo alrededor de unos 300 egresados por año efectúan labores que en otros países se consideran como típicas de los ingenieros químicos. En la actualidad funcionan en el país varias carreras hijas de la ingeniería química tales como la de Ingeniero en Alimentos, Ingeniero Ambiental, Ingeniero Bioquímico e Ingeniero en Polímeros. Algunas de ellas han tenido un gran éxito, al producir egresados con una mejor preparación en un área específica del conocimiento; otras tienen aún que demostrar su pertinencia. Lo que sí es claro, es que la ingeniería química del siglo XXI será muy diferente a las que se practica en la actualidad y que las funciones de los profesionales también lo serán. Sin embargo, debe subrayarse algo que nunca debería de cambiar en el proceso de enseñanza-aprendizaje de nuestros estudiantes y es que se debe enseñar sobre todo a que el alumno aprenda a aprender por sí mismo, esto es, que sea capaz de seguir una autoenseñanza durante toda su vida, lo que le permitirá combatir la obsolescencia, principal enemigo de los ingenieros químicos del futuro. También es indispensable fomentar en los alumnos un acrecentado nacionalismo, para que los profesionales del mañana defiendan los valores de la patria y que, dados a escoger, sacrifiquen su bienestar personal por el supremo de la nación.

Casi un siglo después de la supresión de la Real y Pontificia Universidad, el 27 de noviembre de 1927, la UNAM reinició los estudios formales de posgrado en el país. Ofrecía, entre otros, el grado de doctor en ciencias, antecedente del que se otorga actualmente en la especialidad de química. El posgrado en química fue durante algunos años responsabilidad de las facultades de Cien-

cias o de Medicina, en sus aplicaciones farmacéuticas o farmacológicas. Se establece como especialidad independiente en 1941, al crearse el Instituto de Química en la UNAM, el 5 de abril de 1941, con fondos de la Casa de España en México y del Banco de México. Este instituto fue el origen de la investigación química nacional. Los primeros doctorados que se ofrecieron en México fueron los de química, farmacia, fisicoquímica y bioquímica. Al comienzo de la década de los noventa es cuando surgen los primeros programas de doctorado en Ingeniería Química, primero en la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM) y posteriormente en varias instituciones más.

En la actualidad, una veintena de instituciones ofrecen maestrías relacionadas con el campo de la química y apenas unas diez el grado de doctor. Es de hacerse notar que, debido a la pobre producción de doctores en estas especialidades, la mayoría de los doctores mexicanos en el campo de la química han sido formados en el extranjero y son la base académica sobre la que se sustenta la enseñanza y la investigación en México. De acuerdo con los datos recabados a partir de los anuarios que publica la ANUIES (Asociación Nacional de Universidades e Institutos de Enseñanza Superior), el ingreso a las maestrías en el área de la ingeniería química es de alrededor de 150, la matrícula es de 500 y los egresados son alrededor de 90 cada año. El promedio de estancia en las maestrías es de 3.5 años o sea 1.5 años más que en el extranjero, y la deserción es de cerca del 50%. También hay datos de que sólo 4% de los egresados de ingeniería química del país siguen sus estudios de maestría en México en la misma área. Sin embargo, cerca de 15% hacen sus estudios de posgrado en otras áreas, principalmente en administración, finanzas y mercadotecnia, campos en los que obtienen salarios más elevados y un futuro más promisorio que en el área técnica o científica.

Las cifras anteriores son preocupantes, porque si se comparan con la cantidad de egresados de ingeniería química que se producen en otros países, se observa que México produce un exceso de ingenieros químicos en comparación con la capacidad de su industria química. Por otro lado, la producción de profesionales con el grado de maestría y doctorado en algún área técnica es decepcionante si pensamos que esta carrera tiene ya 70 años en el país.

La firma del Tratado de Libre Comercio entre México, Canadá y los Estados Unidos tiene repercusiones graves sobre la enseñanza de la ingeniería química, ya que los niveles de educación deben ser los mismos puesto que los profesionales de estas naciones podrán moverse y ejercitar su profesión en los países señalados. Se abre así un nuevo capítulo en la historia de la inge-

nería química en el país, la internacionalización de los ingenieros químicos mexicanos.

Esto, además de ser un gran estímulo, presenta problemas y retos, ya que las instituciones de enseñanza mexicana deben modernizarse y ponerse al nivel de los otros países del tratado. Si se examina el proceso educativo actual se ve que la universidad tiene cuatro funciones en lo que concierne a la formación de ingenieros: determina lo que se debe enseñar, ofrece el servicio de enseñanza, certifica los conocimientos de los egresados y abre nuevos conocimientos a través de la investigación (Álvarez, 1991). Pero, como dijimos antes, la formación del ingeniero no termina en la universidad, sino que prosigue a través de toda su vida en las industrias y empresas en donde trabaja. Allí es donde se obtiene la educación no formal, aquella que se transmite de generación en generación con base en la experiencia y en el sentido

común. Hoy, existen otras instituciones diferentes de la universidad y la industria en donde se imparten conocimientos, tanto formales como informales. Éstas son las asociaciones de profesionales, de las cuales para los ingenieros químicos mexicanos la más importante es el IMIQ. Alrededor de los años cincuenta un grupo de jóvenes ingenieros químicos se empezaron a reunir con la idea de formar una asociación de ingenieros químicos que contribuyera al desarrollo de esa disciplina en el país. Así fue como, en 1957, se creó el Instituto Mexicano de Ingenieros Químicos, A.C. (IMIQ). El IMIQ es una asociación civil que agrupa a los profesionales de la ingeniería química para lograr el desarrollo en teoría y práctica de esa rama de la tecnología, así como para mantener el más alto nivel profesional entre sus miembros. Estos objetivos trata de lograrlos el Instituto mediante conferencias que lleven, a todos, los conocimientos de los

Tabla 1. Instituciones que impartían la carrera (1991).

1. Instituto Tecnológico de Aguascalientes	37. Universidad Autónoma de Nayarit	59. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco
2. Instituto Tecnológico de Tijuana	38. Instituto Tecnológico de Tepic	60. Instituto Tecnológico de Villahermosa
3. Universidad Autónoma del Carmen	39. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM)	61. Universidad Autónoma de Tamaulipas
4. Instituto Tecnológico de Campeche	40. Universidad Regiomontana	62. Instituto Tecnológico de Ciudad Madero
5. Instituto Tecnológico de la Laguna	41. Universidad de Monterrey	63. Instituto Tecnológico de Matamoros
6. Universidad Autónoma de Coahuila	42. Universidad Autónoma de Nuevo León	64. Universidad Autónoma de Tlaxcala
7. Instituto Tecnológico de Tapachula	43. Instituto Tecnológico de Oaxaca	65. Universidad Veracruzana en Xalapa
8. Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez	44. Universidad de las Américas	66. Universidad Veracruzana en Veracruz
9. Instituto Tecnológico de Chihuahua	45. U. Popular Autónoma del Estado de Puebla	67. Universidad Veracruzana en Poza Rica
10. Instituto Tecnológico de Hidalgo del Parral	47. ITESM campus Querétaro	68. Universidad Veracruzana en Orizaba
11. UAM Azcapotzalco	48. Universidad Autónoma de San Luis Potosí	69. Universidad Veracruzana en Coatzacoalcos
12. UAM Iztapalapa	49. Universidad de Colima	70. Instituto Tecnológico de Minatitlán
13. Universidad del Ejército y Fuerza Aérea	50. Universidad Autónoma de Chihuahua	71. Instituto Tecnológico de Orizaba
14. Universidad Iberoamericana	51. Universidad Autónoma de Sinaloa	72. Instituto Tecnológico de Veracruz
15. Universidad La Salle	52. Instituto Tecnológico de los Mochis	73. Universidad Autónoma de Yucatán
16. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)	53. Instituto Tec. de Sonora en Cd. Obregón	74. Instituto Tecnológico de Mérida
17. Universidad del Valle de México	54. Instituto Tec. de Sonora en Navojoa	75. Universidad Autónoma de Zacatecas
18. Instituto Politécnico Nacional (IPN)	55. Universidad Tecnológica de México (UNITEC)	76. ITESM campus Hidalgo
19. Instituto Tecnológico de Durango	56. Universidad de Sonora en Hermosillo	77. Instituto Tecnológico de Sonora en Guaymas
20. Universidad de Guanajuato	57. Universidad de Sonora en Caborca	78. Instituto de Estudios Superiores de Tamaulipas
21. Instituto Tecnológico de Celaya	58. Universidad de Sonora en Navojoa	79. ITESM campus Tampico
22. Instituto Tecnológico de Pachuca		
23. Instituto Tecnológico de E.S. de Occidente		
24. Universidad Autónoma de Guadalajara		
25. Universidad de Guadalajara		
26. FES Cuautitlán		
27. ITESM campus Estado de México.		
28. Universidad Autónoma del Estado de México		
29. Universidad del Valle de México en Lomas Verdes		
30. Instituto Tecnológico de Toluca		
31. ENEP Zaragoza		
32. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo		
33. Instituto Regional de Ji quilpan		
34. Instituto Tecnológico de Lázaro Cárdenas		
35. Universidad Autónoma del Estado de Morelos		
36. Instituto Tecnológico de Zacatepec		

La carrera de ingeniero químico se imparte bajo diferentes nombres en nuestro país. En la tabla siguiente se muestran los nombres y los porcentajes de estudiantes matriculados.

Carrera	Porcentaje inscrito
Ingeniero químico	65.7
Ingeniero químico industrial	14.7
Ingeniero industrial en química	10.5
Ingeniero químico petrolero	2.4
Ingeniero químico administrador	2.2
Ingeniero químico y de sistemas	2.0
Ingeniero químico de procesos	1.3
Ingeniero en procesos petroquímicos	1.2

diferentes campos y materias profesionales, que forman el acervo de conocimientos necesarios para el desarrollo del ingeniero químico. Otro medio importante que utiliza el Instituto es la realización de convenciones anuales, en las cuales se presentan ponencias técnicas sobre los últimos desarrollos en el campo de la ingeniería química, tanto nacional, como internacional. También son importantes las conferencias, mesas redondas, paneles, publicaciones y la revista que sobre temas de la profesión y la enseñanza organiza y edita el IMIQ. El Instituto ha servido además de plataforma para lograr la comunicación con institutos similares de otros países entre los que destaca el poderoso AICHE de los Estados Unidos.

En la enseñanza, el material humano de calidad es lo único que puede asegurar un desarrollo armónico, un alto nivel de estudios y una vida profesional plena, productiva y creativa. Pero de nada servirá mejorar la cantidad y calidad de nuestros profesionales si no se imbuje en ellos la idea de que no puede haber futuro en la industria química si no se invierte en la ciencia y la tecnología. Si nuestra industria química está hoy en crisis es porque no es competitiva, y no lo es por el hecho de que carece de una tecnología de punta. Los esfuerzos de investigación y desarrollo en la industria química dan por resultado, entre otras cosas, procesos para la fabricación eficiente de productos químicos. Si una compañía no dedica dinero y tiempo a la creación de su propia tecnología, tendrá que dedicarlo a la compra de tecnologías externas, lo cual debilita su competitividad mundial. Claro está, que si la industria tiene un mercado interno cautivo (es decir protegido por las leyes aduanales de un país, que impiden la entrada de ese mismo producto fabricado en el extranjero o que al menos lo gravan con muchos impuestos), como sucedió en México, puede resultar ventajosa la compra de una licencia para construir una planta de acuerdo con un proceso definido. Pero si todas las industrias del país hacen esto, lo que el país ahorra por importación, lo tiene que gastar al hacer los pagos de regalías, licencias, porcentajes y además, por la llamada asistencia técnica de la planta matriz. Es claro que con este patrón de desarrollo un país nunca podrá dejar de ser tecnológicamente dependiente. Por esta razón, los países desarrollados dedican grandes sumas a la investigación y las grandes empresas siguen esa política con gran ahínco. La investigación es la seguridad de un mañana para las empresas químicas. Si una empresa no se mantiene al día, si no se prepara para el futuro, desaparecerá en la dura lucha contra la competencia. Cuando la industria química mexicana entienda esto, la educación y la enseñanza de la química

cambiarán en el país y se hará más innovadora, más creativa, más agresiva. ■

Bibliografía

- Aceves Pastrana, Patricia, *Química Botánica y Farmacia en la Nueva España a fines del siglo XVIII*, UAM, México, 1993.
- Álvarez-Medina, C., "Origen y desarrollo de la Ingeniería química en México", *Rev. IMIQ*, **32**[23], 21 (1991).
- ANUIES, *Anuarios estadísticos*
- Ávila-Galinzoga, J., *Semblanza histórica de la escuela superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas*, IPN, Informe técnico, México D.F., 1988.
- Bucay, B., *Matemáticas superiores aplicadas*, Ed. Química, México, 1958.
- Costa Novella, E., et al., *Ingeniería Química*, Alhambra, Madrid, 1986.
- De la Peña, R., *Análisis Ingenieril de los Procesos Químicos*, Limusa, México, 1979.
- Foust, A. et al., *Principles of Unit Operations*, John Wiley, Nueva York, 1960.
- Galdeano-Bienzobas, C., *Investigación y comparación de los planes de estudio de las universidades y tecnológicos que imparten la carrera de Ingeniería Química en la República Mexicana*, Tesis, Fac. de Química, UNAM, México, 1982.
- Garriz, A., *Química en México: ayer, hoy y mañana*, Fac. de Química, UNAM, México, 1991.
- Giral, J., Barnés, F., Ramírez, A., *Ingeniería de Procesos*, Alhambra, México, 1977.
- Hernández-Luna, M., *Propuesta curricular para la carrera de Ingeniero Química*, Facultad de Química, UNAM, 1987.
- Kern, D., *Process Heat Transfer*, Mc.Graw Hill, New York, 1947.
- McCabe, W.L. and Smith, J.C., *Unit operations of Chemical Engineering*, Mc.Graw Hill, Nueva York, 1956.
- Mellor, J.W., *Química inorgánica moderna*, El Ateneo, Buenos Aires, 1942.
- Ocón-García, J. y Tojo-Barreiro, G., *Problemas de Ingeniería Química*, Aguilar, Madrid, 1967.
- Orozco, F., *Análisis Químico Cuantitativo*, Porrúa, México, 1956.
- Partington, J.R., *Tratado de química inorgánica*, Porrúa, México, 1952.
- "Portrait of the new Ch.E.", Reporte especial, *Chem. Eng.*, enero 7, p. 23, 1985.
- Smith, J.M., *Chemical Engineering Kinetics*, McGraw Hill, Nueva York, 1956.
- Soto Mora, J. L., *Principios de ingeniería química*, IPN, México, 1954.
- Stivallet-Corral, R.P. y Valiente-Barderas, A., *Problemas de balances de materia*, Alhambra, México, 1981.
- Tavera-Barquín, J., *Historia de la Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas*, ESQUIE, IPN, Reseña 1948 a 1961, México, D.F.
- Treybal, R.E., *Mass Transfer Operations*, Mc.Graw Hill, Nueva York, 1955.
- Valiente-Barderas, A., *El ingeniero químico ¿Qué hace?*, Alhambra, México, 1980.
- Valiente-Barderas, A., "La demanda de educación superior en México en el área de la química", *Rev. Soc. Quím. Mex.* **24** [2], 000 (1980).
- Valiente-Barderas, A., *Problemas de transferencia de calor*, Alhambra, México, 1986.
- Valiente-Barderas, A., "La creación de un libro de texto de ingeniería química: Experiencias de un autor", *Educ. Quím.* **3**[2]126 (1992).
- Valiente-Barderas, A., "Los estudiantes de ingeniería química en México", *Rev. IMIQ* **34**[3], 44 (1993).
- Walker, W.H., *Principles of Chemical Engineering*, Mc.Graw Hill, Nueva York, 1937.