

LA FORMACIÓN DEL INGENIERO QUÍMICO PARA EL AÑO 2000

Francisco Barnés de Castro*

INTRODUCCIÓN

En este trabajo se analizan los antecedentes y la situación que guarda en la actualidad la enseñanza de la ingeniería química en México, se presenta un resumen de los programas existentes en licenciatura y posgrado, se hace un análisis de la evolución previsible, tanto de la matrícula como del mercado de trabajo para la última década del presente siglo, y se discuten las características deseadas de los programas y el perfil del egresado que deberá hacer frente a

Trabajo que presentó el doctor Francisco Barnés de Castro para su ingreso a la Academia Mexicana de Ingeniería.

los retos del siglo XXI. Como complemento, en los apéndices se presenta la evolución de la educación superior en México, un panorama de la investigación y desarrollo en nuestro país, y un análisis de la evolución y las perspectivas de la industria química en México.

ESTUDIOS DE LICENCIATURA

Antecedentes y situación actual

La enseñanza de la ingeniería química en México se inició en el año de 1926, en la actual Facultad de Química de la Universidad Nacional, primera escuela de química en el país, que había sido fundada apenas diez años atrás.

Si bien desde 1918 se había propuesto un plan de estudios para la carrera de ingeniero químico, en dicho plan no figuraban materias que justificaran el título. No fue sino hasta 1926 cuando, por intervención del ilustre maestro Estanislao Ramírez, se introduce en México el estudio de las operaciones unitarias, bajo el nombre de Física Industrial, y se estructura el nuevo plan de estudios para la carrera de ingeniero químico (Urbina, 1991).

Este primer plan de estudios ha sufrido

	Univers. Públicas	Tecnológ. Regional	Univers. Privadas.	TOTAL
No. de Instituciones	22	25	9	56
No. Planteles	29	25	9	63
Ingreso	3400	1 000	440	4 840
Matrícula	17 300	4 700	1700	23 700
Egreso	1 770	410	220	2 400
Ingreso	70%	21%	9%	100%
Matrícula	73%	20%	7%	100%
Egreso	74%	17%	9%	100%

Fuente: Anuario ANUIES 1991.

diversos e importantes cambios a lo largo de los años. En 1935 la Física Industrial se dividió en dos cursos, ya con el nombre de Ingeniería Química, y se agregó un tercero, Procesos Unitarios, que comprendía algunos de los procesos químicos más conocidos. Salvo algunos cambios naturales, que afectaron más bien los programas de las diversas materias, este plan se mantuvo prácticamente intacto por cerca de 20 años.

En 1957 se hicieron algunas modificaciones adicionales: se agregó un curso más de ingeniería química y uno de diseño de equipo; el de procesos químicos unitarios se cambió por el de cinética química y catálisis para hacerlo más general, y se siguió reduciendo el tiempo dedicado al análisis químico.

En 1966 se cambió de plan anual a semestral, cambio que al poco tiempo siguieron el

* Director de la Facultad de Química de la Universidad Nacional Autónoma de México.

resto de las escuelas y facultades de la UNAM y, poco más tarde, la mayoría de las universidades del país. En aquella ocasión se aumentaron y reforzaron los cursos de fisicoquímica, con la clara tendencia de impartirlos desde el punto de vista de sus fundamentos básicos que de su aplicación a la ingeniería, y se introdujo el curso de ingeniería de procesos.

Por último, en 1987 fue aprobado el plan de estudios actual, que pretende darle a la carrera una orientación más ingenieril y proporcionar al estudiante unas bases sólidas en las ciencias de la ingeniería, más acordes con el progreso de la industria y con el avance que tuvo la ingeniería química en los años recientes. Se introdujo un curso de computación y otro de métodos numéricos, así como un curso básico de fenómenos de transporte; los dos cursos de balances de materia y energía se fusionaron en uno solo; se incluyeron nuevos cursos en simulación y optimización de procesos, y en dinámica y control; se incluyeron cursos optativos en polímeros, materiales, energéticos y petroquímica (dos cursos de cada tema), y, en el último semestre, un taller de ingeniería de proyectos.

Si bien la descripción anterior se refiere únicamente a la evolución del plan de estudios de la Facultad de Química de la UNAM, los de las otras instituciones educativas han seguido una trayectoria similar, en parte porque el plan de estudios de la Facultad de Química ha servido de base para la mayoría de los planes seguidos por otras universidades e instituciones de educación superior del país.

EVOLUCIÓN DE LA MATRÍCULA

A la fecha hay 56 instituciones educativas en todo el país que ofrecen programas de ingeniería química en 63 diferentes planteles. De éstos, 29 pertenecen a universidades públicas, 25 forman parte del sistema nacional de tecnológicos y nueve son instituciones privadas.

La matrícula anual de primer ingreso es de 4 900 estudiantes (2% del ingreso total a licenciatura), y egresan 2 300 estudiantes por año.

La matrícula de primer ingreso de las instituciones privadas es de 9% contra el 71% de las universidades públicas y 20% de los tecnológicos regionales. El 10% del egreso corresponde a instituciones privadas, contra 75% de universidades públicas y 15% de los tecnológicos regionales.

En los 13 años transcurridos desde que realizamos un estudio similar (Barnés, 1978), la matrícula se ha incrementado en un 46%, lo que corresponde a una tasa media de crecimiento anual de 2.9%. Sin embargo, mientras que la

Subsistema	1978	1981	1991
Universidades públicas	13 026	16 447	17 304
Institutos tecnológicos	1 277	4 254	4 742
Universidades privadas	1 942	1 953	1 690
TOTAL	16 245	22 654	23 736

Fuente: Anuarios ANUIES.

matrícula de las universidades públicas se ha incrementado un 33% y la de los institutos tecnológicos regionales en 270%, la de las instituciones privadas se ha reducido en un 13%, lo que atribuimos a los elevados costos que esta carrera tiene para una institución educativa.

En ese lapso han iniciado estudios en ingeniería química ocho nuevas escuelas en universidades públicas, y 10 institutos tecnológicos. Si bien el ITESM también ha abierto nuevos *campus* que ofrecen la carrera, en ellos sólo se pueden cursar los primeros dos años y la carrera cuenta con muy pocos alumnos.

Las diez instituciones educativas con mayor matrícula son todas universidades públicas, incluyendo un instituto tecnológico. En el cuadro

		Matrícula	Ingreso	Egreso
1	U.A. Puebla	2 792	414	279
2	IPN/ESIQIE	2 684	875	352
3	U. de Guadalajara	1 679	158	142
4	UNAM/FQ	1 585	275	210
5	UAM Azcapotzalco	787	86	62
6	I. Tec. Cd. Madero	676	104	ND
19	I. Tec. de Orizaba	416	109	ND
21	I. Tec. de Minatitlán	391	86	33
22	I. Tec. Villahermosa	325	78	26
24	I. Tec. Celaya	303	46	45
12	ITESM/Monterrey	520	124	76
20	U. Iberoamericana	375	53	33
28	U. La Salle	235	80	44

Fuente: Anuario ANUIES, 1991.

CUADRO No. 4 PRONÓSTICO DE LA MATRÍCULA DE LICENCIATURA (miles de alumnos)			
	1990	1995	2000
Ingeniería química:			
Ingreso	4.8	6.0	7.4
Matrícula total	23.7	31.0	36.4
Egreso	2.4	2.6	3.3

Fuente para datos de 1990: Anuarios ANUIES 1990 y 1991.

No. 3 se enlistan las mayores instituciones de cada tipo, indicando el orden que ocupan en relación a su tamaño. (En el apéndice IV se presenta la lista completa.)

Con base en el comportamiento de la matrícula escolar (ver Anexo I), y a la evolución esperada de la economía, es posible pronosticar, aunque sólo sea de manera aproximada, las cifras de matrícula y de egreso que será posible esperar en los últimos años de este siglo.

Para el año 2 000 se espera que el ingreso anual a la carrera de ingeniería química se incremente de 4 800 alumnos a 7 400, y que el egreso anual aumente de 2 400 a 3 600. De

CUADRO No. 5 DISTRIBUCIÓN DEL PRIMER EMPLEO DEL EGRESADO DE INGENIERÍA QUÍMICA EN LOS ESTADOS UNIDOS (porcentajes)			
	B.Sc.	M.Sc.	Ph.D
Industria química	31.2	22.6	27.5
Industria petrolera	11.0	8.2	12.3
Industria de alimentos	5.7	2.1	3.3
Diseño y construcción	4.4	2.5	2.7
Ingeniería ambiental	3.7	3.2	6.0
Materiales	3.4	2.7	4.2
Biología	1.7	3.2	1.8
Otras industrias	9.1	9.2	7.9
Subtotal industria	70.6	53.7	69.7
Gobierno	3.5	4.8	6.3
Educación	—	—	14.4
Otras actividades	9.8	5.7	9.6
Estudios de posgrado	16.1	35.9	—
Total	100.0	100.0	100.0

Fuente: AIChE, 1990.

acuerdo a este estimado, en el transcurso de la presente década egresarán entre 25 000 y 27 000 ingenieros químicos.

MERCADO DE TRABAJO

De acuerdo a la experiencia de nuestra bolsa de trabajo, en los últimos años parece haber existido un equilibrio razonable entre oferta y demanda de egresados, a pesar del efecto de la reciente crisis económica y la consecuente desaceleración de la actividad industrial.

La principal fuente de empleo la encuentra el egresado en la industria química propiamente dicha y en la industria petrolera, en sus áreas de refinación y petroquímica, pero encuentra también fácilmente ubicación en cualquier industria de proceso: alimentos, celulosa y papel, farmacéutica, minero metalúrgica, derivados de hule y de plástico.

Un porcentaje relativamente alto de ingenieros químicos se incorpora al área de servicios, tanto en bufetes de ingeniería y de consultoría, como en empresas dedicadas a brindar servicios técnicos especializados. Tan sólo en el área de ingeniería de proyectos, Anaya (1991) estima que encontrarán trabajo el 4% de los egresados.

No se tiene información clara de cuál es el porcentaje de egresados que van a trabajar a las industrias química o petrolera y cuántos van a trabajar a otros sectores. Sin embargo, se cuenta con información detallada de esta distribución para el caso de los Estados Unidos, que puede servir de orientación para nuestro estimado (AIChE, 1990, Cuadro 5).

En México, el ingeniero químico tiene una distribución más amplia que en los Estados Unidos. A esto han contribuido dos factores. El primero es el gran prestigio que hoy en día tiene esta profesión; por la sólida preparación de sus egresados, lo que ha llevado a un gran número de ingenieros químicos a ocupar puestos de alta dirección de empresa, en proporción muy superior al de su participación en el mercado de trabajo, y en áreas tan diversas como turismo, banca y construcción.

Un segundo factor ha sido la desproporción que hay en México entre la formación de químicos y de ingenieros químicos. Mientras que en los Estados Unidos se forman entre dos y tres químicos por cada ingeniero químico, y un porcentaje relativamente alto de ellos se incorpora a la industria, en México se forman cinco ingenieros químicos por cada químico, y un alto porcentaje se dedica a labores de investigación y docencia. En Europa esta relación es aún más favorable al químico.

Con base en lo anterior podemos estimar que la demanda de empleo por parte de las industrias química y petrolera representa entre el 35% y el 40% de la demanda total.

De acuerdo con los datos que proporciona la ANIQ, la industria química ocupaba en 1990 a cerca de 6 000 profesionales de la química, en su inmensa mayoría ingenieros químicos. Adicionalmente, Petróleos Mexicanos y el Instituto Mexicano del Petróleo ocupan otros 3 000. Con base en el crecimiento esperado para este sector industrial (ver Anexo III), podemos estimar que para el año 2000 el empleo en la industria química y la petrolera se incrementará en cerca de un 50%.

Si consideramos además la rotación anual de personal en el sector (al menos un 5%), el número total de contrataciones durante el periodo por parte de las industrias química y petrolera será de alrededor de 9 500, con una contratación anual esperada entre 900 y 1 150 egresados por año.

Si aplicamos los factores mencionados anteriormente, la demanda total de empleo para la presente década estará ubicada entre 24 000 y 27 000 nuevas plazas. Se espera por tanto que haya una oferta de trabajo similar a la demanda de los egresados de la licenciatura, por lo que será posible absorber a todos los egresados en el sector productivo, en condiciones similares a las de ahora.

ESTUDIOS DE POSGRADO

Antecedentes y situación actual

En lo que se refiere a estudios de posgrado, a mediados de la década de los sesenta se fundaron de manera casi simultánea los programas de la Facultad de Química de la UNAM, de la Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas del IPN, y del Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey.

Actualmente ofrecen maestría en ingeniería química 10 instituciones educativas, con una matrícula total de 359 estudiantes. En 1991 ingresaron 97 estudiantes a los diversos programas de maestría y se graduaron 43.

El doctorado se ofrece por vez primera en México en la década de los ochenta, primero en la UAM-Iztapalapa y posteriormente en la Facultad de Química de la UNAM y en los institutos tecnológicos de Celaya y de Cd. Madero. De acuerdo a los datos de ANUIES, el año pasado ingresaron sólo dos estudiantes y no se graduó ninguno.

CUADRO No. 6
INSTITUCIONES EDUCATIVAS QUE OFRECEN PROGRAMAS
DE MAESTRÍA EN INGENIERÍA QUÍMICA

	Matrícula	Ingreso	Graduación
ESIQIE/IPN	111	10	8
FQ/UNAM	62	26	12
U. de Guadalajara	51	26	ND
ITESM	57	8	7
I. Tec. de Celaya	16	6	7
UAM-Iztapalapa	27	9	6
I. Tec. de Cd. Madero	11	4	ND
I. Tec. de Orizaba	15	8	2
U. A. de Morelos	10	0	1
U. A. de Nuevo León	0	0	0
Total	359	97	43

Fuente: Anuario ANUIES, 1991.

Evolución de la matrícula

Estimamos que el ingreso a las maestrías del área de ingeniería y tecnología se duplique en los próximos diez años (Ver Anexo I). Sin embargo, el ingreso a la maestría en ingeniería química requiere crecer a una tasa aún mayor, si se quiere poder hacer frente a la creciente demanda del sector productivo. Se estima que, si se

CUADRO No. 7
PRONÓSTICO DE LA MATRÍCULA DE MAESTRÍA EN
INGENIERÍA QUÍMICA Y EN QUÍMICA
(alumnos)

	1990	1995	2000
Ingeniería Química:			
Ingreso	100	150	250
Matrícula total	300	450	750
Egreso	50	75	110
Química:			
Ingreso	70	150	250
Matrícula total	300	450	750
Egreso	40	75	110

Fuente para datos de 1990: Anuarios ANUIES 1990 y 1991.

hace un esfuerzo concertado entre todos los sectores interesados, será posible crecer al 8.5% anual, lo que permitirá que para el año 2000 se estén formando 110 maestros en ciencias por año. Una situación similar se prevee ocurra para el caso de las maestrías en química.

La situación del doctorado es aún más difícil, ya que el esfuerzo que se requiere hacer es más considerable. Sin embargo se estima factible para el año 2000 estar admitiendo 75 candidatos al año y graduando 25 doctores por año en ingeniería química, y el doble en química.

Si se cumplen las expectativas anteriores, en el sistema educativo nacional se graduarán en los próximos diez años un total de 770 maes-

12 700 millones de dólares a I&D, el equivalente del 4.5% sobre ventas netas. Emplea a 78 400 científicos e ingenieros para realizar funciones de I&D, que equivale a una relación de 72 científicos e ingenieros en I&D por cada 1 000 empleados (*C&E News*, 1991). Si en la industria química mexicana se guardara la misma relación, habría necesidad de contratar a 9 000 científicos e ingenieros para I&D.

Si la industria mexicana va a competir con éxito en el nuevo entorno económico, debe realizar un esfuerzo para desarrollar su propia capacidad tecnológica y disminuir su dependencia del exterior. Casi todas las grandes empresas del ramo, y un importante número de las medianas y pequeñas, se han dado cuenta de esto y están instalando o fortaleciendo sus grupos de I&D y de ingeniería de procesos.

Si bien una empresa química debe destinar a investigación y desarrollo al menos entre 4 y 6% sobre ventas para desarrollar nuevos procesos y productos que le aseguren una ventaja en el mercado (las industrias farmacéuticas destinan 12%), se requiere un esfuerzo mucho menor, entre 1 y 2% sobre ventas, para mantener una competitividad en líneas tradicionales de producción, y desarrollar una capacidad propia para incorporar avances tecnológicos.

	1990	1995	2000
Ingeniería química:			
Ingreso	5	15	25
Matrícula total	10	35	100
Egreso	—	5	15
Química:			
Ingreso	10	30	50
Matrícula total	35	125	200
Egreso	5	10	30

Fuente para datos de 1990: Anuarios ANUIES 1990 y 1991.

tros en ciencias y 65 doctores en ingeniería química, y 750 maestros y 175 doctores en química. Sin embargo, como veremos a continuación, la oferta de trabajo por parte del sector productivo superará la capacidad de respuesta de nuestras universidades.

Mercado de trabajo

Es posible obtener un estimado de la demanda de graduados del campo de la química y la ingeniería química en función del esfuerzo que la industria química realice para fortalecer su propia capacidad de investigación y desarrollo.

De acuerdo a un muestreo realizado por la Comisión Petroquímica Mexicana, la industria química destinaba en 1985 poco más de 1.5% sobre ventas al año al pago de regalías y servicios técnicos, mientras que destinaba a investigación y desarrollo (I&D) alrededor del 0.3% sobre ventas, poco más de 30 millones de dólares. Si bien las principales empresas han incrementado considerablemente el esfuerzo realizado en I&D, se estima que en la actualidad el gasto destinado a este rubro no excede de 60 millones de dólares, lo que equivale a un gasto anual de 0.45% sobre ventas netas.

Como comparación, la industria química norteamericana destinó en 1990 un total de

	1985	1990	1995	2000
Ventas netas (*)	10 900	13 500	18 400	25 000
Pago de regalías (*)	187	96	140	100
Gasto en I&D	30	60	110	250

(*) Fuente para los años 1985 y 1990: Anuarios ANIQ.

De seguir la tendencia actual, es factible esperar que para el año 2000 la industria química mexicana destine a I&D el equivalente al 1% sobre ventas, lo que equivale a un gasto anual de 250 millones de dólares (36 % de lo que hoy destina todo el país).

De alcanzarse esta meta, estimamos que se requiere de un científico o ingeniero por cada 100 o 120 mil dólares de gasto en I&D (en Estados Unidos la cifra es de 150 mil), por lo que la industria química requerirá contratar en los próximos años entre 2 100 y 2 500 especialistas con maestría o doctorado. Si el sistema educativo nacional logra hacer el esfuerzo del que habíamos antes, tan sólo podrá satisfacer el 70%

de la demanda esperada.

Hay que tomar en cuenta además que para ello, el propio sistema educativo debe reforzar su plantel docente, incrementándolo al menos en un 50%, lo que equivale a una demanda adicional de 200 a 250 graduados, de preferencia con doctorado.

El desbalance previsto puede afectar seriamente la estabilidad del sector educativo, si éste no se encuentra en condiciones de retener a su personal docente de mayor nivel, con lo que se agravaría aún más la situación. Como punto de referencia basta mencionar que todo el personal académico de los programas de posgrado de química e ingeniería química del país no pasa de 200 maestros en ciencias y 250 doctores, y que actualmente forman parte del SNI tan sólo 250 químicos y 150 ingenieros químicos, y la mayoría de ellos se encuentran en el sector educativo.

Dado el bajo ritmo de formación de maestros y doctores en las universidades del país, no sólo se requiere ampliar y apoyar prioritariamente los programas de posgrado en estos campos, sino también reforzar los programas de becarios al extranjero, poniendo particular cuidado en la política que se siga para asegurar su retorno al país.

Este último comentario viene a colación ya que, como consecuencia de la drástica reducción que ha habido en los últimos años en la matrícula de ingeniería química en los Estados Unidos, se ha incrementado considerablemente el porcentaje de estudiantes extranjeros en el posgrado. Actualmente el 29% de los estudiantes de maestría en ingeniería química y el 49% de los estudiantes de doctorado son extranjeros. Al concluir sus estudios, sólo regresan a su país de origen el 25% de los estudiantes de maestría y el 10% de los estudiantes de doctorado (cifras calculadas con datos de AIChE, 1990).

Vale la pena comentar aquí que en los Estados Unidos, con una industria química 20 veces mayor que la nuestra, a nivel licenciatura se forman al año 3 700 ingenieros químicos (1.5 veces más que en México) y 8 600 químicos (40 veces más que en México). Se gradúan al año 1 100 maestros en ingeniería química, 1 800 en química, 600 doctores en ingeniería química y 2 000 en química, que son los finalmente responsables del alto nivel técnico de sus empresas. La situación de Canadá es aún más favorable, ya que con una industria química del 60% de la nuestra y 35 veces menor que la de Estados Unidos, forma tres veces más maestros en ciencias que nosotros, y 12 veces menos doctores que los Estados Unidos.

CUADRO No. 10
FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS EN QUÍMICA E
INGENIERÍA QUÍMICA EN MÉXICO, EUA Y CANADÁ
(cifras de ventas en miles de millones de dólares)

	México	EEUU	Canadá
Ventas industria química	13.5	280	8.0
INGENIERÍA QUÍMICA:			
Licenciatura	2 300	3 700	600
Maestría	50	1 100	165
Doctorado	—	600	50
QUÍMICA:			
Licenciatura	200	8 700	ND
Maestría	40	1 800	ND
Doctorado	5	2 000	ND

Fuentes: C&E News, 1991; AIChE, 1990; ANUIES, 1991.

En la industria norteamericana, solamente 15% de los ingenieros químicos se dedican a producción y 25% a labores administrativas, mientras que 45% se dedica a labores de investigación, de desarrollo o de administración de I&D. El 5% del total de ingenieros químicos contratados por la industria tiene un doctorado. Éste es, con mucho, el porcentaje más alto en el campo de la ingeniería. El segundo lugar lo ocupan los ingenieros aeronáuticos, con 3.5% (NSF, 1989)

Como una reflexión final antes de abandonar este tema, cabe el comentario que, si bien la industria química mexicana ha mostrado ser competitiva en el corto plazo, en el nuevo entorno económico podrá seguir manteniendo su competitividad únicamente si cuenta con personal creativo, comprometido y técnicamente bien preparado, y para lograrlo, debe empezar a invertir en ello desde ahora.

Perfil del egresado

En relación con posibles modificaciones en la temática y en la orientación de la carrera en el nivel de estudios profesionales, es conveniente revisar nuevamente las conclusiones del Reporte Amundson, *Fronteras en la Ingeniería Química*, publicado en 1987 por el Consejo Nacional para la Investigación de los Estados Unidos.

El informe identifica siete grandes temas donde se están generando las nuevas fronteras de la ingeniería química:

- Ingeniería y procesamiento de recursos naturales
- Ingeniería bioquímica y biomédica

- Aspectos de ingeniería química de los materiales estructurales avanzados
- Procesamiento para accesorios electrónicos y fotónicos
- Protección ambiental, seguridad y materiales peligrosos
- Ingeniería de control y diseño de procesos asistido por computadora
- Química de superficies y de interfases.

Las conclusiones del Reporte Amundson, que considero válidas para nuestro país, pueden ser clasificadas en las siguientes cuatro categorías:

Desarrollo de nuevas tecnologías. Los ingenieros químicos tienen una importante contribución que realizar al desarrollo de la biotecnología, aditamentos y accesorios biomédicos que incorporen la química y la bioquímica en sus funciones, materiales y accesorios para almacenamiento de información, y otros materiales avanzados, incluyendo polímeros, cerámicas y materiales compuestos.

Consolidación de tecnologías establecidas. Los ingenieros químicos han tenido una larga y fructífera historia de aportaciones tecnológicas para el desarrollo y uso de fuentes de energía y recursos minerales. Sin embargo, quedan importantes problemas tecnológicos por resolver. Las nuevas herramientas que permiten al ingeniero químico trabajar más productivamente, tanto al nivel molecular como en problemas macroscópicos, abre la puerta a nuevos enfoques para reducir nuestra dependencia en materiales y energía.

Protección del ambiente. La sociedad moderna no tolerará que sigan ocurriendo percances como los de Bophal, ni permitirá que las actividades industriales continúen contaminando el ambiente. Los ingenieros químicos deben asumir la responsabilidad de diseñar y establecer procedimientos que permitan predecir, manejar, utilizar y disponer los diversos productos químicos de manera segura para la salud y el ambiente.

Desarrollo de conocimiento sistemático y herramientas genéricas. Las aplicaciones previsibles de las herramientas y métodos computacionales avanzados y la ingeniería de superficies, interfases y microestructuras en general son sumamente promisorias.

En todos estos aspectos el ingeniero químico tiene ventajas claras sobre otras profesiones, ya que en su formación se conjugan elementos de química, fisicoquímica e ingeniería que ninguna otra profesión integra, como lo hace la nuestra.

El conocimiento generado en algunas de las áreas, como protección ambiental, seguridad y manejo de materiales peligrosos, control y dise-

ño de procesos asistido por computadoras, química y fisicoquímica de superficies, es aplicable a toda la industria química y de procesos, y debe pasar tarde o temprano a formar parte de los planes de estudio. Si bien en muchos casos estos temas se han incorporado paulatinamente en los planes vigentes, hay instituciones educativas que aún no lo han hecho y corren el riesgo de quedarse rezagadas.

Otras áreas, como procesamiento para accesorios electrónicos y fotónicos, ingeniería biomédica y materiales avanzados, presentan importantes retos para abrir un tema de investigación en el posgrado, e incluso abren nuevas oportunidades de negocio, pero difícilmente pasarán en el corto plazo a formar parte de un programa de estudio de licenciatura.

Sin embargo, el reto principal no está en modificar la temática de los programas, sino en modificar la actitud del profesor y los métodos de enseñanza que emplea, para que, sin necesidad de extender cada vez más el tiempo dedicado a cubrir el programa ni tener que eliminar temas esenciales, el profesor pueda incluir algunas de las nuevas aplicaciones en el campo de la ingeniería química para ejemplificar los fundamentos que maneja en su curso, de manera que el alumno adquiera cierta familiaridad con ellas y refuerce su interés por llegar a dominar los fundamentos de la ingeniería química que sirvieron de base a estos desarrollos.

CARACTERÍSTICAS DE LOS PROGRAMAS

El primer punto de preocupación respecto a la formación actual del ingeniero químico en nuestras instituciones educativas es de tipo más bien general y está relacionado con la orientación de la enseñanza en México.

A lo largo de todo el proceso educativo el estudiante está acostumbrado a una enseñanza pasiva, basada en programas sobrecargados, con un elevado número de horas de clase, poca participación en proyectos individuales o de grupo, y muy pocas horas dedicadas al estudio. Poco hemos hecho en el nivel de enseñanza superior para modificar esta situación. En realidad un observador imparcial diría que la reforzamos.

El alumno de ingeniería química que cursa sus estudios en México tiene que llevar 60% más horas de clase que su futuro colega que realiza sus estudios en una universidad norteamericana o canadiense, además de requerir un semestre adicional para acabar su carrera y tener que realizar, en la mayoría de las universidades, una tesis de licenciatura.

Esto puede ser corroborado al comparar los planes vigentes de la Facultad y de una muestra

CUADRO No. 11
COMPARACIÓN DE PLANES DE ESTUDIO DE
INGENIERÍA QUÍMICA
(número de créditos)

	F.Q. UNAM	Promedio Nacional	Promedio EUA
CIENCIAS BÁSICAS			
Matemáticas y comp.	52	65	34
Física	24	40	21
Química	81	80	38
Fisicoquímica	71	50	21
	228	235	114
INGENIERÍAS Y MAT. APL.			
Ingeniería química	134	130	80
Otras ingenierías		20	12
	146	150	92
C. SOCIALES Y HUMANIDADES			
Ing. económ. y admin.	23	25	—
Ciencias sociales	—	—	15
Humanidades	—	—	17
	23	25	32
Optativas	16	30	28
Total	431	440	266

Fuente: Facultad de Química, UNAM; Rugarcía (1990); Coulman (1990) en García Barajas (1991).

representativa de 14 instituciones educativas del país, con lo que ocurre en las universidades norteamericanas.

Es cierto que parte de esto es el costo que debemos pagar por la mala preparación que, en términos generales, reciben los estudiantes en el bachillerato, pero, a final de cuentas, todo es parte del mismo problema: el estudiante no está acostumbrado a estudiar sino a asistir a clases.

Independientemente de lo que se haga para mejorar la preparación en el bachillerato, se requiere reducir el número de horas destinadas a la enseñanza pasiva y dedicar un mayor tiempo al trabajo individual y a actividades de análisis y discusión de problemas.

Los estudiantes deben poder participar en proyectos de investigación y de diseño con crédito curricular. Si esto se logra, ya no existirá justificación para seguir exigiendo una tesis de licenciatura para recibirse.

Por otra parte, salvo rara excepción, los planes de estudio en México son excesivamente rígidos. El programa está perfectamente determinado por alguien, que no es el alumno, y son muy pocas las materias optativas que puede seleccio-

nar una vez que decide que carrera seguir.

Debemos dar a nuestros programas una mayor flexibilidad para que cada estudiante pueda dar, si así lo desea, una orientación particular a sus estudios, dentro de las posibilidades de cada institución, y sin que esto ponga en riesgo la formación básica requerida en la carrera.

Otro aspecto que requiere una profunda revisión es el de la enseñanza experimental. Durante el proceso de revisión de planes y programas de estudio, es poco el esfuerzo que se suele dedicar al diseño del programa de prácticas. Este aspecto de la formación del estudiante es el que demanda mayores recursos, tanto materiales, como en tiempo de profesores y alumnos, y sin embargo, son pobres los resultados que usualmente se logran.

Por lo general, se pone un excesivo énfasis en la repetición rutinaria de procedimientos cuya importancia el estudiante no logra apreciar, y rara vez se logra que durante el transcurso de la práctica el estudiante quede satisfecho por haber redescubierto algo que resulta novedoso para él. En esta misma crítica, aunque con diferentes matices, podríamos incluir a los talleres de diseño o de proyectos que algunas universidades han empezado a incluir en sus programas de estudio.

Al revisar los programas de enseñanza experimental se deben definir claramente los objetivos de aprendizaje para cada nivel, y adecuar los métodos y procedimientos de trabajo a los objetivos planteados, y no al revés, como a veces solemos hacer. En particular, sería conveniente utilizar el programa de prácticas para familiarizar al estudiante con nuestros recursos naturales, así como con posibles formas de darles un uso más adecuado, sin olvidar la oportunidad que el laboratorio brinda para desarrollar en el estudiante una conciencia ecológica.

CONCLUSIONES

En resumen, consideramos que la oferta de estudios de licenciatura está debidamente cubierta por los 63 planteles que ofrecen en México la carrera, y que, si bien en los próximos diez años el énfasis en este nivel debe ser en la calidad más que en la cantidad, podemos prever un crecimiento del 50% en la matrícula de primer ingreso, similar al crecimiento esperado en la oferta de trabajo por parte del sector productivo.

En el posgrado la situación es radicalmente diferente. El acelerado crecimiento en la demanda de personal altamente capacitado para hacerse cargo de los emergentes programas de investigación y desarrollo de la industria química mexicana no podrá ser cubierto más que en

CUADRO No. 1.1
MÉXICO: POBLACIÓN POR GRUPOS DE EDADES
(millones de personas)

Edad	1950	1960	1970	1980	1990
4-5	1.29	1.96	2.87	3.77	4.30
6-12	4.95	7.13	10.25	14.07	14.70
13-15	1.85	2.43	2.17	3.75	6.16
16-18	1.70	2.17	3.25	4.59	5.99
19-24	2.81	3.75	5.18	7.77	9.48
4-24	12.61	17.43	25.21	35.31	40.63

Fuente: Domínguez, 1989; XI Censo Nacional de Población y Vivienda, 1990.

un 70% por los egresados de las instituciones de educación superior, y esto sólo si se hace un considerable esfuerzo por expandir la matrícula actual y se logran generar las condiciones necesarias para retener al personal académico de excelencia.

El déficit podrá ser cubierto parcialmente si se refuerzan los programas de becarios en el extranjero, pero se deben establecer las condiciones que aseguren su retorno al país, ya que de lo contrario, el riesgo de perderlos es muy elevado.

En cuanto a la orientación de nuestros programas, no prevemos una necesidad de introducir cambios adicionales en orientación y contenido, más allá de lo que hemos venido haciendo la mayoría de las instituciones educativas.

Consideramos en cambio que se requiere una revisión sustancial en los métodos de enseñanza, para liberar al estudiante de la excesiva carga de horas de clase dedicadas a una enseñanza excesivamente pasiva, y pueda dedicar mayor tiempo al estudio individual, a la resolución y discusión de problemas y a la participación en proyectos de diseño y de investigación. Al mismo tiempo, pensamos que se debe dar una mayor flexibilidad a los programas para compartir con el estudiante la responsabilidad de diseñar su propio futuro.

APÉNDICE I EVOLUCIÓN DE LA EDUCACIÓN SUPERIOR EN MÉXICO

a) Población en edad escolar

La población objeto del sistema educativo nacional es la que se encuentra entre los 4 y los 24 años de edad. Esta población ha crecido en forma importante, pasando de 12.6 millones de personas en 1950 a 41.2 millones en 1990, pero

manteniendo su participación relativa dentro de la población total nacional más o menos constante, alrededor del 50%.

El explosivo crecimiento de la población en edad escolar ha sido uno de los retos más grandes que ha tenido que enfrentar el sistema educativo. Como producto de la dinámica demográfica, se espera que la participación de este grupo de edad en la población total empiece a disminuir en esta década. El conjunto de población en edad escolar se espera se establezca alrededor del año 2010 en poco más de 50 millones de niños y jóvenes.

b) Matrícula escolar

La matrícula total fue en 1950 de 3.25 millones de personas (26% de la población en edad escolar), mientras que para 1990 se había elevado a 25.3 millones de personas (62% de la población en edad escolar). El crecimiento mayor se alcanzó en la década de los setenta y fue frenado por los efectos de la crisis económica. La participación máxima (67% de la población en edad escolar) se alcanzó a principios de la década de 1980.

La educación primaria pasó de 3 millones de estudiantes en 1950 (60% de los niños entre 6 y 12 años) a 9.1 millones en 1970 (89% de los niños entre 6 y 12 años) y a 14.6 millones en 1990 (99% de los niños entre 6 y 12 años registrados en el Censo General de Población de 1990). En ese mismo lapso, la matrícula de licenciatura pasó de 30 mil estudiantes en 1950 (uno de cada 100 jóvenes entre 18 y 24 años de edad) a 271 mil en 1970 (uno de cada 20 jóvenes entre 19 y 24 años

CUADRO No. 1.2
MATRÍCULA ESCOLAR EN MÉXICO
(miles de alumnos)

Nivel	1950	1960	1970	1980	1990
Preescolar	115.4	230.2	400.1	1071.6	2865.0
Primaria	2997.0	5342.0	9146.4	14666.3	14622.1
Secundaria	69.5	235.0	1082.4	3033.9	4268.5
Media terminal	—	—	33.9	122.4	444.3
Bachillerato	23.6	58.1	279.5	1057.7	1765.4
Normal	13.7	49.1	55.9	16.1	120.5
Licenciatura	29.9	78.6	271.3	811.3	1185.4
Posgrado	—	—	—	26.3	50.7
Total	3249.2	5993.0	11269.5	21005.1	25321.9

Fuente: Domínguez (1989); Segundo Informe de Gobierno (1990).

**CUADRO No. I.3
PARTICIPACIÓN RELATIVA DE LA MATRÍCULA DE
CADA NIVEL EDUCATIVO**

Nivel	1950	1960	1970	1980	1990
Preescolar	3.6	3.8	3.6	5.1	11.3
Primaria	92.2	89.1	81.1	69.8	57.7
Secundaria	2.1	3.9	9.6	14.4	16.9
Media terminal	—	—	0.3	0.6	1.8
Bachillerato	0.7	1.0	2.5	5.0	7.0
Normal	0.4	0.8	0.5	1.0	0.5
Licenciatura	0.9	1.3	2.4	3.9	4.7
Posgrado	—	—	—	0.1	0.2

de edad) y a 1 millón 185 mil en 1990 (uno de cada ocho jóvenes entre 19 y 24 años de edad). (Cuadro I.2)

Mientras que en 1950 el 96% de los estudiantes cursaba preescolar o primaria, y tan sólo el 1% cursaba estudios superiores, en 1970 la participación de preescolar y primaria se había reducido a 85%, y la de estudios superiores se había incrementado a 2.4%. Para 1990 la proporción fue de 69% para los estudios de preescolar y primaria, mientras que aumentó a 4.9% para educación superior. (Cuadro I.3)

Para 1990 la eficiencia terminal en los niveles de primaria, secundaria, media terminal y bachillerato fue de 57.4%, 74.5%, 38.6% y 54.9% respectivamente. Mientras que la eficiencia terminal de primaria se ha venido incrementando

**CUADRO No. I.4
MATRÍCULA TOTAL NACIONAL EN EL NIVEL
LICENCIATURA POR ÁREA DE CONOCIMIENTO
(miles de alumnos)**

Área	1970	1980	1990
C. agropecuarias	7.52	66.6	73.2
C. naturales y exactas	9.25	21.9	30.5
C. de la salud	35.35	157.2	129.9
Ingeniería y tecnología	68.36	192.7	363.5
C. sociales y admin.	84.90	272.9	549.9
Educación y humanidades	6.44	20.0	38.4
Total	211.82	731.3	1 185.4

Fuente: Domínguez (1989); Segundo Informe de Gobierno (1990).

gradualmente, la de secundaria se ha mantenido prácticamente estable en los últimos diez años, y la de nivel medio terminal y bachillerato han descendido últimamente después de pasar por un máximo (64% para media terminal en 1982 y 68.5% para bachillerato en 1981), lo que no es más que otro reflejo de la crisis económica.

c) Estudios de licenciatura

La distribución de la matrícula nacional en el nivel licenciatura por área de conocimiento se presenta en el cuadro I.4.

Mientras que la participación relativa del área de ciencias naturales y exactas se ha reducido de 4.4% a 2.6% entre 1970 y 1990, y la del área de ingeniería y tecnología de 32.2% a 30.7%, la del área de ciencias sociales y administrativas se ha incrementado de 40.1% a 46.3%.

Para estimar el comportamiento del ingreso a las carreras de ingeniería y tecnología, se considera que la relación del ingreso a estas carreras respecto al ingreso total se incrementará gradualmente de un 30% en la actualidad a un 34% en el año 2000. La eficiencia terminal para este conjunto, que actualmente es del 45%, se supone se incrementará gradualmente hasta un 50%.

Por último, para estimar el comportamiento de la carrera de ingeniería química, se considera que la relación del ingreso a esta carrera respecto al total se reduce gradualmente de un valor de 2.0% que tiene en la actualidad, hasta un 1.7%, siguiendo la tendencia actual. La eficiencia terminal, actualmente de un 50%, suponemos se eleva gradualmente a un 55%.

De esta manera podemos predecir que para el año 2000 el ingreso anual a la carrera de ingeniería química se incrementará de 4 900 alumnos a 7 400, mientras que el egreso se incrementará de 2 300 a 3 600.

De acuerdo a los estimados anteriores, en el transcurso de la presente década egresarán 26 500 ingenieros químicos (a un promedio de 2 400 por año los primeros cinco años y de 2 900 por año los siguientes cinco).

d) Estudios de posgrado

En cuanto al nivel de estudios de posgrado, la matrícula creció de manera rápida hasta 1981. A partir de esa fecha, la matrícula de especialidades siguió creciendo de manera más pausada, pero las matrículas de maestría y doctorado sufrieron una contracción de la cual apenas se están recuperando.

La distribución de la matrícula por área de conocimiento es aún más dispareja que en el

CUADRO No. 1.5 MATRÍCULA DE POSGRADO EN MÉXICO (miles de alumnos)				
Nivel	1975	1980	1985	1990
Especialidad	3.95	6.93	12.14	15.68
Maestría	9.43	18.06	23.59	26.95
Doctorado	0.49	1.31	1.32	1.34
Total	13.87	26.30	37.04	43.97

Fuente: Domínguez (1989); Segundo Informe de Gobierno (1990).

caso de licenciatura. A nivel de especialidad, la participación del área de ciencias naturales y exactas es de tan sólo 0.8%, mientras que la de ingeniería y tecnología es de 3.8%. A nivel maestría la relación es de 9.3% para ciencias naturales y exactas y de 17.2% para ingeniería y tecnología, y para el nivel de doctorado, para ciencias naturales y exactas, 26.3%, y para ingeniería y tecnología, el 10.6% de la matrícula total.

Para el análisis del crecimiento esperado, suponemos que el ingreso a las maestrías del área de ingeniería y tecnología crecerá a una tasa media de incremento anual cercana al 7% anual, y que la eficiencia terminal que se logra

CUADRO No. 1.6 GASTO FEDERAL DESTINADO A EDUCACIÓN (cifras en millones de pesos de 1980)					
Año	Preesc.	Primaria	Secund.	Media	Superior
1980	2.70	40.4	20.1	15.4	27.1
1981	4.68	55.3	23.8	23.2	31.2
1982	5.37	55.3	23.8	23.2	33.0
1983	4.30	31.6	16.1	17.1	26.0
1984	4.57	30.2	16.6	14.5	21.2
1985	5.22	30.5	18.9	17.9	21.7
1986	4.83	28.5	16.3	21.0	21.3
1987	5.53	30.2	18.8	16.5	23.1
1988	5.67	29.0	18.8	18.0	22.8
1989	5.56	26.9	19.3	18.8	18.8

Fuente: Salinas. Segundo Informe de Gobierno (1990).

será del 75%. Sin embargo, el ingreso a la maestría en ingeniería química requiere crecer a una tasa aún mayor, si se quiere poder hacer frente a la creciente demanda del sector productivo. Se estima que será posible crecer al 8.5% anual, lo que permitirá que para el año 2000 se estén formando 120 maestros en ciencias por año. Una situación similar se prevee ocurra para el caso de las maestrías en química.

CUADRO NO. 1.7 GASTO FEDERAL POR ESTUDIANTE (cifras en miles de pesos de 1980)					
Año	Preesc.	Primaria	Secund.	Media	Sup.(*)
1980	2.52	2.75	6.62	13.05	37.23
1981	3.40	3.69	7.52	14.31	35.65
1982	3.18	3.63	6.65	15.10	35.90
1983	2.27	2.05	4.19	10.51	26.50
1984	2.13	1.98	4.18	8.30	20.74
1985	2.19	2.02	4.52	9.44	20.22
1986	1.90	1.90	3.84	10.85	20.80
1987	2.11	2.04	4.32	8.20	21.56
1988	2.12	1.98	4.31	8.70	21.00
1989	2.09	1.86	4.52	9.00	17.20

(*) No incluye el gasto en escuelas normales.

Fuente: Salinas. Segundo Informe de Gobierno (1990).

e) Financiamiento

El efecto más significativo de la reciente crisis económica ha sido la reducción en el gasto federal destinado a educación, que en términos reales se contrajo en 15% entre 1980 y 1990, mientras que la matrícula total se incrementó en 20% en el mismo periodo. El porcentaje del producto interno bruto asignado a la educación en México se redujo de 3.8 en 1982 a 2.6 en 1990. El caso de la educación superior es aún más dramático. El porcentaje del producto interno bruto asignado se redujo de 0.74 en 1982 a 0.43 en 1990, mientras que el porcentaje del gasto federal se redujo de 4.0 en 1978 a 2.06 en 1990.

El efecto es mucho más dramático cuando se analiza la evolución del gasto por estudiante en este mismo periodo. En el periodo de 1980 a 1989 el gasto por estudiante de primaria tuvo una reducción del 50% en relación a su nivel máximo, mientras que a nivel de enseñanza superior la reducción fue del 55%. El impacto de

esta reducción se reflejó fundamentalmente en los salarios del personal académico, aunque también se contrajeron los presupuestos para inversiones y para gastos de operación.

Esta reducción resulta aún más significativa cuando se considera que el peso se encontraba sobrevaluado en 1980, por lo que la pérdida de poder adquisitivo para artículos de importación ha sido aún mayor, lo que afecta todavía más al presupuesto destinado a la educación superior.

f) Becas

El número de becas otorgadas por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología también se ha visto fuertemente afectado por la situación económica. En 1990 se otorgaron 50% menos becas que en 1980. La reducción es aún más significativa para las becas al extranjero. En 1991 se tuvo un importante repunte, ya que se duplicaron las becas otorgadas, tanto al país como al extranjero. Se ha favorecido cada vez más a las becas para doctorado y para maestría sobre los otros tipos de becas que otorga CONACyT.

	1975	1980	1985	1990
a) Por lugar de estudio				
Becas nacionales	1 418	3 049	2 032	1 660
Becas al extranjero	917	1 569	576	475
b) Por nivel de estudio				
Postdoctorado	3	9	14	17
Doctorado	125	311	364	453
Maestría	903	2 138	156	1 142
Otros	1 299	2 160	974	523
Total	2 335	4 618	2 608	2 065

Fuente: CONACyT (1991).

APÉNDICE II

INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN MÉXICO

La situación económica del país no sólo afectó al sector educativo, sino también tuvo un fuerte impacto en el sistema nacional de investigación y desarrollo. Hasta 1991, después de una década de restricciones, se regresa al mismo nivel de gasto que se tenía en 1980.

El 41% del presupuesto se canaliza a través

de la Secretaría de Educación Pública a los centros educativos y de investigación que dependen de ella, 16% es canalizado por la Secretaría de Programación y Presupuesto al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, y 5% a los centros que tiene sectorizados, 21% se destina a los institutos de investigación que dependen de la Secretaría de Energía Minas e Industria Paraestatal, 10% lo canaliza la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, 4% la Secretaría de Salud, y el resto otras dependencias del gobierno.

Actualmente, el 16% del presupuesto es ejercido por la administración central, el 31% por los centros de enseñanza superior y el 53% por entidades públicas de servicio

La participación del gasto federal en ciencia y tecnología en el PIB se redujo del 0.46% en 1981 a 0.34% en 1991, después de haber pasado por un nivel mínimo de 0.27% entre 1987 y 1989. Estas cifras se encuentran muy por debajo de lo

	1980	1987	1989	1991
Educación Pública	2 125	4 590	3 612	7 874
Programación y Presup.	2 227	124	2 137	4 043
Energía y Minas	2 727	2 911	2 949	3 974
Agricultura	4 335	2 429	3 441	1 820
Salud	90	849	480	787
Pesca	535	151	133	174
Comunicaciones	20	125	818	154
Comercio y Fomento Ind.	ND	130	33	105
Desarrollo Urb. y Ecol.	ND	33	ND	71
Otros sectores	ND	74	15	100
Total	19 193	13 416	13 618	19 102

Fuente: CONACyT (1991).

que destinan otros países, tanto desarrollados como en vías de desarrollo.

Mientras que en los países industrializados el esfuerzo mayor de investigación y desarrollo lo realiza la industria, en México casi la totali-

CUADRO No. II.2 GASTO NACIONAL EN INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO POR PAÍS (millones de dólares de 1982)		
	Gasto	%PIB
E.U.A. (1989)	111,130	2.7
Japón (1989)	45,900	3.0
Alemania (1989)	21,900	2.9
Francia (1989)	15,100	2.3
Gran Bretaña (1989)	13,200	2.2
Italia (1989)	8,200	1.3
Canadá (1990)	5,500	1.3
Holanda	3,630	2.2
Suecia (1989)	2,890	3.1
Suiza (1989)	2,690	2.9
India (1989)	2,515	1.0
España (1989)	2,260	0.7
Bélgica (1988)	1,730	1.6
Corea (1988)	1,610	1.9
Taiwan (1988)	1,555	1.2
Argentina (1988)	1,325	0.5
Brasil (1987)	1,275	0.7
México (1991)	690	0.4

Fuente: C&E News (1991).

dad lo realiza el gobierno.

El número de investigadores que forma parte del Sistema Nacional de Investigadores ha venido creciendo a un ritmo de cerca del 20% anual. Actualmente, el 44% se encuentra en la categoría de candidato, el 43% en el nivel I, el 12% en el nivel II y tan sólo el 5% en el nivel III.

Con relación a la clasificación por áreas del conocimiento, el 14% se encuentra en el área de ciencias físico-matemáticas, el 27% en el área de ciencias biológicas, biomédicas y químicas, el 20% en ciencias sociales y humanidades y el 39% en ingeniería y tecnología.

Uno de los indicadores que miden el grado de desarrollo de un pueblo, así como su capacidad para competir en el mundo de hoy, dominado por la información y por el conocimiento, es el del número de científicos e ingenieros en investigación y desarrollo. En México este indicador es 15 veces menor que en los Estados Unidos y nueve veces menor que en Francia e Inglaterra.

El número de trabajos publicados por cien-

CUADRO No. II.3 PRINCIPALES FUENTES DE FINANCIAMIENTO DEL GASTO NACIONAL EN INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO POR PAÍS (porcentaje)		
	Gobierno	Industria
Japón	21.5	63.6
Alemania	34.7	63.6
Suecia	36.9	60.0
Gran Bretaña	38.7	49.7
Canadá	45.2	41.7
España	46.0	51.4
E.U.A.	49.0	49.1
Francia	51.7	41.8
Italia	54.0	41.7
Brasil	66.9	19.8
Chile	70.4	18.2
Grecia	74.4	23.2
México	84.0	7.2
Argentina	85.0	8.0

Nota: La diferencia a 100% corresponde a contribuciones externas. Fuente: CONACyT (1991).

CUADRO No. II.4 INTEGRANTES DEL SISTEMA NACIONAL DE INVESTIGADORES POR CATEGORÍA Y NIVEL				
	1985	1987	1989	1991
Candidatos	651	1 499	1 859	2 823
Nivel I	1 127	1 338	2 010	2 759
Nivel II	339	413	550	749
Nivel III	159	208	247	311
Total	2 276	3 458	4 666	6 442

Fuente: CONACyT (1991).

CUADRO No. II.5 INTEGRANTES DEL SISTEMA NACIONAL DE INVESTIGADORES POR ÁREA DE CONOCIMIENTO				
	1985	1987	1989	1991
C. Físico-matemáticas	859	757	718	873
C. Biológ., Bioméd. y Quím.	970	1 100	1 237	1 736
C. Sociales y Humanidades	447	699	855	1 320
Ingeniería y Tecnología	—	90	1 856	2 513
Total	2 276	3 458	4 666	6 442

Fuente: CONACyT (1991).

tíficos mexicanos y registrados por el *Science Citation Index* no se ha incrementado con la misma velocidad. En 1980 se registraron 1 329 trabajos, mientras que en 1989 se registraron 1 639 trabajos (0.25 por cada investigador nacional). De éstos, el 88% son de ciencias y tecnologías y el resto de ciencias sociales, artes y humanidades. Como punto de comparación, el *Chemical Abstracts* registra en 1990, tan sólo en química, 110 mil publicaciones de Estados Unidos, 24 mil publicaciones provenientes de Alemania y 6 mil de España (*C&E News*, 1991).

El número de patentes y certificados de invención concedidas en México también se ha mantenido relativamente constante en un promedio de 2 000 patentes por año y 400 certificados de invención. La inmensa mayoría de ellas están registradas por titulares extranjeros. Únicamente el 8% son obtenidas por nacionales. En contraste, en los Estados Unidos en 1990 se otorgaron 13 000 patentes de origen nacional y 12 800 provenientes del exterior.

CUADRO No. II.6 CIENTÍFICOS E INGENIEROS EN INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO		
	Número (miles)	Por cada 10 000 trabajadores
E.U.A. (1988)	949	89.0
Japón (1989)	458	77.0
Alemania (1987)	166	60.0
Francia (1988)	115	48.0
Gran Bretaña (1987)	127	46.0
México (84)	12	5.5

Fuente: CONACyT(1991); *C&E News* (1991).

APÉNDICE III EVOLUCIÓN Y PERSPECTIVAS DE LA INDUSTRIA QUÍMICA EN MÉXICO

La industria química ha sido uno de los sectores industriales que estuvieron mejor preparados para hacer frente a la crisis económica de la década anterior. Al principio de la década la industria se encontraba en pleno proceso de expansión, pensando no sólo en el incremento esperado del mercado interno, sino también en cumplir con los compromisos de exportación concertados con el gobierno federal (al menos 25% de la producción en los tres primeros años de operación de las nuevas plantas).

Al no darse el aumento esperado del merca-

do interno, la industria química se encontró al principio de la crisis con un importante excedente en la capacidad instalada, y no tuvo más remedio que salir a colocar sus excedentes en los mercados de exportación, al principio en condiciones ciertamente desventajosas, por no conocer bien los mercados y por no contar con una infraestructura adecuada, aunque pronto logró vencer estos obstáculos y empezó a operar en condiciones más favorables.

En el poco tiempo transcurrido, la industria química ha cambiado su mentalidad, considerando su participación en los mercados internacionales ya no como una actividad temporal, para colocar excedentes de manera ocasional, sino como una actividad indispensable para competir y crecer en el nuevo entorno económico. Además ha tomado la iniciativa de promover entre sus clientes nacionales un espíritu similar, con lo que ha logrado una expansión de su mercado interno por encima de lo que el crecimiento de la economía hubiera permitido.

Los resultados se pueden apreciar en los indicadores de la participación por rama industrial en la economía nacional. La rama industrial que agrupa a la química, derivados del petróleo y productos de caucho y plástico ocupó un primer lugar en los primeros cinco años de la década anterior, y conserva un segundo lugar al concluir la década, con una tasa media de crecimiento anual dos veces superior a la de toda la industria manufacturera, y 60% por encima del crecimiento de toda la economía. Esta rama industrial es precisamente donde se concentra la actividad profesional del ingeniero químico.

Si analizamos la contribución de cada actividad al crecimiento de la rama de la industria química podemos observar que precisamente aquéllas donde más participa el ingeniero químico son las que han mostrado un crecimiento mayor en la última década.

CUADRO No. III.1 CRECIMIENTO DE LA INDUSTRIA QUÍMICA (cifras en millones de dólares)				
	1975	1980	1985	1990
Producción	3.18	6.14	10.9	13.5
Exportaciones	0.25	2.52	0.62	0.95
Importaciones	0.88	2.20	0.95	2.65
Consumo interno	3.81	7.83	11.22	14.25
Inversiones	0.41	1.44	2.92	0.95

Fuente: Anuarios, ANIQ.

La participación de la industria química ha incrementado su participación en el PIB del 1.1% al 4.1% en tan sólo 20 años. Mientras que el PIB de la rama química se multiplicó por 3.5 en los últimos 20 años, el del resto de la industria manufacturera se multiplicó tan sólo dos veces.

CUADRO No. III.2 ÍNDICE DEL VOLUMEN DE LA PRODUCCIÓN INDUSTRIAL (1980 = base 100)				
	1980	1985	1990	TMCA
Alimentos y bebidas	100	115	142	3.6%
Química, caucho y plást.	100	119	138	3.3%
Papel, imprenta y edit.	100	117	125	2.3%
Prod. metál. y maquinaria	100	101	118	1.7%
Metálicas básicas	100	97	116	1.5%
Minerales no metálicos	100	106	110	1.0%
Ind. de la madera	100	111	99	—
Textiles y prendas	100	98	97	—
Índice de prod. indust.	100	108	117	1.6%
Índice general	100	108	123	2.1%

Fuente: Segundo informe de gobierno (1990).

Aun considerando la posible firma en fecha próxima del Tratado de Libre Comercio, para la próxima década podemos esperar un crecimiento de la rama de la química 1.6 veces superior al del crecimiento global de la economía, comportamiento similar al que se tuvo en la década anterior. Si la economía crece a un ritmo promedio de 4% anual en los próximos años, podemos esperar un crecimiento del 6.4% anual para la industria química.

Si los precios no se elevan (en estos momentos los precios de los productos químicos en el mercado internacional se encuentran deprimidos), podríamos esperar para el año 2000 un valor total de la producción de la industria química de 25 mil millones de dólares, 85% superior al nivel actual.

El valor del PIB, con un crecimiento del 4% anual, se incrementará 1.5 veces, a 7 450 miles de millones de pesos de 1980. La contribución del conjunto de la rama de química, derivados de petróleo y productos de caucho y plástico crecerá en un 85% para alcanzar 390 mil millones de pesos de 1980, alcanzando una participación del 5.2% en el PIB nacional.

CUADRO No. III.3 ÍNDICE DEL VOLUMEN DE LA PRODUCCIÓN DE LA RAMA QUÍMICA (1980 = base 100)				
	1980	1985	1990	TMCA
Petroquímica básica	100	165	313	12.1%
Fertilizantes	100	192	180	6.1%
Jabones y cosméticos	100	122	152	4.2%
Resinas sint. y fibras	100	133	148	4.0%
Productos de hule	100	125	144	3.7%
Otros prod. químicos	100	123	143	3.6%
Petróleo y derivados	100	107	138	3.3%
Química básica	100	116	123	2.1%
Prod. farmacéuticos	100	115	101	0.0%
Art. de plástico	100	76	72	(3.3%)

Fuente: Segundo informe de gobierno (1990).

CUADRO No. III.4 CONTRIBUCIÓN DE LA INDUSTRIA MANUFACTURERA AL PRODUCTO INTERNO BRUTO (miles de millones de pesos de 1980)				
	1970	1980	1989	% PIB
Alimentos y bebidas	150.1	243.1	297.8	5.9%
Prod. metál. y maquinaria	93.0	210.6	222.4	4.4%
Química, caucho y plást.	60.5	147.3	208.9	4.1%
Textiles y prendas	85.1	136.1	126.0	2.5%
Minerales no metálicos	38.9	69.1	76.8	1.5%
Metálicas básicas	30.3	60.8	68.3	1.4%
Papel, imprenta y edit.	30.2	54.1	66.7	1.3%
Ind. de la madera	22.2	42.2	39.9	0.8%
Otras ind. manuf.	26.6	25.6	26.9	0.5%
PIB industria manuf.	539.1	988.9	1 133.6	22.5%
PIB nacional	2340.8	4470.1	5037.8	100.0%

Fuente: Segundo informe de gobierno (1990).

APÉNDICE IV
Instituciones educativas con estudios de
licenciatura en ingeniería química

CUADRO NO. IV-1 INSTITUCIONES EDUCATIVAS EN CADA SUBSISTEMA				
a) UNIVERSIDADES PÚBLICAS				
	Matrícula	Ingreso	Egreso	Titul.
U.A. Puebla	2 792	414	279	140
IPN/ESIQIE	2 654	845	352	207
U. de Guadalajara	1 679	158	142	ND
UNAM/FQ	1 585	275	210	130
UAM-Azcapotzalco	787	86	62	55
U. Veracruzana/ Orizaba	671	100	40	ND
UNAM/ENEP Z	637	180	36	21
U. Veracruzana/ Xalapa	564	91	41	ND
U. Michoacana SMH	553	158	53	34
U.A. Nuevo León	501	117	74	63
UNAM/FES C	497	96	54	18
U.A. San Luis Potosí	474	101	56	39
UAM-Iztapalapa	474	91	17	17
U. Veracruzana/ Veracruz	466	80	23	ND
U. Veracruzana/ Poza Rica	465	80	45	ND
U. Veracruzana/ Coatzacoalcos	311	50	30	ND
U. Guanajuato	286	36	54	36
U.A. Coahuila	256	82	54	ND
U.A. Morelos	205	40	7	7
U.A. Tlaxcala	198	48	7	16
U.A. Edo. México	179	67	12	2
U.A. Zacatecas	176	36	14	24
U. Juárez A. de Tabasco	175	40	10	0
I. Tec. Sonora	171	14	15	5
U.A. de Sinaloa	155	52	30	ND
U.A. Nayarit	155	31	23	4
U.A. Yucatán	99	29	17	16
U. Tamaulipas	71	21	0	0
U. Sonora	59	10	11	4
Subtotal	17 295	3 428	1 768	838

CUADRO NO. IV-1 INSTITUCIONES EDUCATIVAS EN CADA SUBSISTEMA Continuación...				
b) SISTEMA DE INSTITUTOS TECNOLÓGICOS				
	Matrícula	Ingreso	Egreso	Titul.
I. Tec. Cd.Madero	676	104	ND	ND
I. Tec. Orizaba	416	109	ND	ND
I. Tec. Minatitlán	391	86	33	13
I. Tec. Villahermosa	325	78	26	18
I. Tec. Celaya	303	46	45	43
I. Tec. Toluca	285	64	6	8
I. Tec. Veracruz	256	69	16	1
I. Tec. Los Mochis	254	62	31	6
I. Tec. Chihuahua	236	28	26	43
I. Tec. Oaxaca	206	57	16	0
I. Tec. Pachuca	199	58	16	9
I. Tec. la Laguna	183	28	11	12
I. Tec. Zacatepec	162	52	4	4
I. Tec. Durango	149	18	21	16
I. Tec. Aguascalientes	124	25	19	4
I. Tec. Mérida	84	14	13	10
I. Tec. Tapachula	79	13	13	2
I. Tec. Matamoros	71	22	ND	ND
I. Tec. Tuxtla Gutiérrez	70	16	4	0
I. Tec. Hidalgo del Parral	67	11	6	6
I. Tec. Lázaro Cárdenas	62	24	0	0
I. Tec. Jiquilpan	54	14	1	0
I. Tec. Tepic	43	13	0	0
I. Tec. Campeche	35	13	0	0
I. Tec. Tijuana	12	4	0	0
Subtotal	4 742	1 028	307	195
c) UNIVERSIDADES PRIVADAS				
	Matrícula	Ingreso	Egreso	Titul.
ITESM	520	124	76	74
U. Iberoamericana	375	53	33	33
U. la Salle	235	80	44	13
UPAEP	119	49	13	3
U. de las Américas	116	24	15	15
ITESO	104	37	14	2
U.A. Guadalajara	99	25	13	11
U. Regiomontana	86	33	5	3
U. Monterrey	36	10	4	4
Subtotal	1 690	435	217	158
Total	23 727	4 891	2 292	1 191

Fuente: Anuario ANUIES 1991.

CUADRO No. IV-2 EVOLUCIÓN DE LA MATRÍCULA EN INGENIERÍA QUÍMICA			
a) UNIVERSIDADES PÚBLICAS			
	1978	1981	1991
U.A. Puebla	875	1 348	2 792
IPN/ESIQIE	4 186	3 443	2 654
U. de Guadalajara	1 525	1 969	1 679
UNAM/FQ	1 446	1 306	1 585
UAM-Azcapotzalco	47	493	787
U. Veracruzana/Orizaba	602	475	671
UNAM/ENEP Z	380	615	637
U. Veracruzana/Xalapa	—	364	564
U. Michoacana SMH	886	992	553
U.A. Nuevo Leon	807	908	501
UNAM/FES C.	36	691	497
U.A. San Luis Potosí	398	444	474
UAM-Iztapalapa	20	286	474
U. Veracruzana/Veracruz	—	277	466
U. Veracruzana/Poza Rica	—	263	465
U. Veracruzana/Coatza.	—	368	311
U. Guanajuato	163	229	286
U.A. Coahuila	317	290	256
U.A. Morelos	155	199	205
U.A. Tlaxcala	—	69	198
U.A. Edo. México	—	—	179
U.A. Zacatecas	224	206	176
U. Juárez A. de Tabasco	—	313	175
I. Tec. Sonora	70	119	171
U.A. de Sinaloa	307	389	155
U.A. Nayarit	191	131	155
U.A. Yucatán	119	114	99
U. Tamaulipas	—	—	71
U. Sonora	272	146	59
Subtotal univ. públicas	13 026	16 447	17 295
b) SISTEMA DE INSTITUTOS TECNOLÓGICOS			
I. Tec. Cd. Madero	261	666	676
I. Tec. Orizaba	53	339	416
I. Tec. Minatitlán	129	317	391
I. Tec. Villahermosa	8	313	325
I. Tec. Celaya	147	165	303
I. Tec. Toluca	45	166	285
I. Tec. Veracruz	146	345	256
I. Tec. Los Mochis	10	166	254
I. Tec. Chihuahua	73	435	236
I. Tec. Oaxaca	13	170	206
I. Tec. Pachuca	—	67	199
I. Tec. la Laguna	86	426	183
I. Tec. Zacatepec	62	92	162
I. Tec. Durango	80	155	149
I. Tec. Aguascalientes	—	110	124
I. Tec. Mérida	121	123	84
I. Tec. Tapachula	—	—	79
I. Tec. Matamoros	43	83	71
I. Tec. Tuxtla Gutiérrez	—	30	70
I. Tec. Hidalgo del Parral	—	51	67
I. Tec. Lázaro Cárdenas	—	—	62
I. Tec. Jiquilpan	—	35	54

I. Tec. Tepic	—	—	43
I. Tec. Campeche	—	—	35
I. Tec. Tijuana	—	—	12
Subtotal inst. tec.	1 277	4 254	4 742
c) UNIVERSIDADES PRIVADAS			
ITESM	612	615	520
U. Iberoamericana	325	334	375
U. la Salle	147	177	235
UPAEP	342	98	119
U. de las Américas	34	113	116
ITESO	53	59	104
U.A. Guadalajara	108	199	99
U. Regiomontana	204	285	86
U. Monterrey	117	73	36
Subtotal univ. privadas	1 942	1 953	1 690
Total	16 245	22 654	23 727

Fuente: Anuario ANUIES (1991).

EVOLUCIÓN DE LA MATRÍCULA POR ESTADO DE LA REPÚBLICA			
Zona y Estado	1971	1981	1991
Zona Norte:			
Coahuila	258	786	439
Nuevo León	997	1 881	1 143
Tamaulipas	266	759	818
1 521	3 426	2 400	
Zona Noroeste:			
Baja California	—	—	12
Chihuahua	29	486	303
Durango	36	155	149
Sinaloa	—	555	409
Sonora	152	265	230
217	1 461	1 103	
Zona Occidente:			
Jalisco	875	2 227	1 882
Michoacán	350	1 022	669
Nayarit	—	131	198
1 225	3 380	2 749	
Zona Centro:			
Aguascalientes	—	110	124
Guanajuato	216	394	589
Hidalgo	—	67	199
Edo. de México	—	857	961
Morelos	33	291	367
San Luis Potosí	170	444	474
Zacatecas	60	206	176
479	2 369	2 890	
Zona Centro-Golfo:			
Puebla	791	1 559	3 027
Tlaxcala	—	69	198
Tabasco	—	313	500
Veracruz	445	2 748	3 540
1 235	4 689	7 265	
Zona Sur-Sureste:			
Campeche	—	—	35
Chiapas	—	30	149
Oaxaca	—	170	207
Yucatán	111	237	183
111	437	574	
Distrito Federal:	7 452	6 659	6 747
TOTAL	12 241	22 421	23 728

CUADRO No.IV- 4 EVOLUCIÓN DEL EGRESO POR ESTADO DE LA REPÚBLICA			
Zona y Estado	1971	1981	1991
Zona Norte	182	317	224
Coahuila	31	76	65
Nuevo León	81	171	159
Tamaulipas	64	70	ND
Zona Noroeste	24	129	140
Baja California	—	—	—
Chihuahua	8	42	32
Durango	7	19	21
Sinaloa	—	47	61
Sonora	9	21	26
Zona Occidente	1 225	255	256
Jalisco	54	131	179
Michoacán	19	93	54
Nayarit	—	31	23
Zona Centro	56	194	287
Aguascalientes	—	—	19
Guanajuato	38	59	99
Hidalgo	—	—	16
Edo. de México	—	30	72
Morelos	—	26	11
San Luis Potosí	10	50	56
Zacatecas	8	29	14
Zona Centro-Golfo	200	368	578
Puebla	133	103	307
Tlaxcala	—	36	36
Tabasco	—	—	7
Veracruz	67	29	228
Zona Sur-Sureste	15	48	63
Campeche	—	—	—
Chiapas	—	—	17
Oaxaca	—	10	16
Yucatán	15	38	30
Distrito Federal	555	573	754
Total	1 005	1 884	2 302

CUADRO NO. IV-5 INSTITUCIONES EDUCATIVAS POR ESTADO DE LA REPUBLICA (MATRÍCULA)	
Aguascalientes	124
Inst. Tecnol. de Aguascalientes	124
Baja California	12
Inst. Tecnol. de Tijuana	12
Campeche	35
Inst. Tecnol. de Campeche	35
Coahuila	439
Universidad Autónoma de Coahuila	256
Inst. Tecnol. de la Laguna	183
Chiapas	149
Inst. Tecnol. de Tapachula	79
Inst. Tecnol. de Tuxtla Gutiérrez	70
Chihuahua	303
Inst. Tecnol. de Chihuahua	236
Inst. Tecnol. de Hidalgo del Parral	67
Distrito Federal	6747
IPN/ESIQIE	2654
UNAM/FQ	1585
UNAM/ENEP Z	637
UAM/Azcapozalco	787
UAM/Iztapalapa	474
Universidad Iberoamericana	375
Universidad la Salle	235
Durango	149
Inst. Tecnol. de Durango	149
Guanajuato	589
Universidad de Guanajuato	286
Inst. Tecnol. de Celaya	303
Hidalgo	199
Inst. Tecnol. de Pachuca	199
Jalisco	1882
Universidad de Guadalajara	1 679
ITESO	104
Univ. Autónoma de Guadalajara	99
México	961
UNAM/FES C	497
Univ. Autónoma del Edo. de México	179
Inst. Tecnol. de Toluca	285
Michoacán	669
Univ. Michoacana San Miguel Hidalgo	553
Inst. Tecnol. de Lázaro Cárdenas	62
Inst. Tecnol. de Jiquilpan	54
Morelos	367
Universidad Autónoma de Morelos	205
Inst. Tecnol. de Zacatepec	162
Nayarit	198
Universidad Autónoma de Nayarit	155
Inst. Tecnol. de Tepic	43
Nuevo León	1 143
Universidad Autónoma de Nuevo León	501
ITESM Universidad Regiomontana	520
Universidad de Monterrey	86
	36
Oaxaca	206
Inst. Tecnol. de Oaxaca	206
Puebla	3 027
Universidad Autónoma de Puebla	2792
UPAEP	119
Universidad de las Américas	116
San Luis Potosí	474
Univ. Autónoma de San Luis Potosí	474
Sinaloa	409
Universidad Autónoma de Sinaloa	155
Inst. Tecnol. de Los Mochis	254

CUADRO NO. IV-5
Continuación...

Sonora	77
Inst. Tecnol. de Sonora	18
Universidad de Sonora	59
Tabasco	500
Univ. Juárez Autónoma de Tabasco	175
Inst. Tecnol. de Villahermosa	325
Tamaulipas	818
Universidad Autónoma de Tamaulipas	71
Inst. Tecnol. de Cd. Madero	676
Inst. Tecnol. de Matamoros	71
Tlaxcala	198
Universidad Autónoma de Tlaxcala	198
Veracruz	3540
Universidad Veracruzana/Orizaba	671
Universidad Veracruzana/Xalapa	564
Universidad Veracruzana/Veracruz	466
Universidad Veracruzana/Poza Rica	465
Universidad Veracruzana/Coatzacoahuila	311
Inst. Tecnol. de Orizaba	416
Inst. Tecnol. de Minatitlán	391
Inst. Tecnol. Veracruz	256
Yucatán	183
Universidad Autónoma de Yucatán	99
Inst. Tecnol. de Mérida	84
Zacatecas	176
Universidad Autónoma de Zacatecas	176

Fuente: Anuario ANUIES (1991).

BIBLIOGRAFÍA

- AIChE, "Chemical Engineering enrollment and initial post-baccalaureate placement", *AIChE Extra*, pág.2 (Sept 1990)
- ANIQ. Anuarios 1980-1990.
- ANUIES. Anuarios Estadísticos de licenciatura y posgrado.
- Álvarez, C., "Origen y desarrollo de la ingeniería química en México", *Revista IMIQ*, pág. 21, (sep-oct. 1991).
- Amundson, N. "Chemical Engineering Frontiers", Informe del National Research Council; National Academy Press, Washington D.C. (1987).
- Anaya, A., "Ingeniería Química al futuro", *Revista IMIQ*, pág. 43 (sep-oct 1988).
- Anaya, A. *Revista IMIQ* (1991).
- Barnés, F.; "Los recursos humanos en la industria química de los ochenta", *Revista IMIQ*, pág. 3 (ago-nov 1981).
- Chemical & Engineering News* "Facts & Figures for Chemical R&D", pág. 32 (Aug. 19, 1991).
- CONACyT, "Indicadores de actividades científicas y tecnológicas", (1991).
- Domínguez, H. y D. Ponce. "Sistema educativo nacional. Evolución cuantitativa reciente y perspectivas" *Ciencia* **40**, 137 (1989).
- Domínguez, H. "Reflexiones sobre la descentralización de la educación superior en México", *Ciencia* **42**, 61 (1991).
- Garriz, A., "El papel de la investigación y el desarrollo en México ante la globalización de mercados" en Memorias del simposio "La problemática de la enseñanza de la ingeniería química", Colegio Nal.

- de Ingenieros Químicos y Químicos, México, pág. 59, (julio 1991).
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, XI Censo Nacional de Población y Vivienda (1990).
- Lomelín, J., "De las aulas a la práctica profesional" en Memorias del simposio "La problemática de la enseñanza de la ingeniería química", Colegio Nal. de Ingenieros Químicos y Químicos, México, pág. 95 (julio 1991).
- Mateos, J.L., "Visión de la industria ante los nuevos retos comerciales" en Memorias del simposio "La problemática de la enseñanza de la ingeniería química", Colegio Nal. de Ingenieros Químicos y Químicos, México, pág. 89 (julio 1991).
- National Science Foundation, "Profiles—chemical engineering: human resources and funding", *Special report NSF 89-31*; Washington, D.C. (1989).
- Peña, R. de la, "Modernización de la educación", *Revista IMIQ*, pág. 17, No. especial (1990).
- Pimentel, G. "Oportunities in Chemistry". Informe del National Research Council; National Academy Press, Washington D.C. (1985).
- Ponencia IMIQ 1987, "Perfil del ingeniero químico en el siglo XXI", *Revista IMIQ*, pág. 22, No. especial (1987).
- Rugarcía, A., "De la comparación de planes de estudio a la educación de la ingeniería química en México", *Revista IMIQ*, pág. 14 (julio-ago. 1986).
- Rugarcía, A., "Sobre las habilidades y su desarrollo en la educación de ingenieros", *Revista IMIQ*, pág. 27 (sep-oct. 1989).
- Rugarcía, A., "Análisis comparativo de planes de estudio; un ejemplo: ingeniería química", *Revista IMIQ*, pág. 21, (julio-agosto 1990).
- Rugarcía, A., "Avances de la enseñanza de la ingeniería química en México", *Revista IMIQ*, pág. 13 (sep-oct. 1990).
- Rugarcía, A., "Mitos y creencias en la docencia de la ingeniería", *Revista IMIQ*, pág. 42 (mayo-junio 1991).
- Rugarcía, A., "El profesional de la ingeniería química ante los retos del futuro", *Revista IMIQ*, pág. 37 (nov-dic. 1991).
- Salinas, C, *Segundo informe de gobierno* (Anexo estadístico), México D.F. (1990).
- Salinas, C, *Tercer informe de gobierno* (Anexo estadístico), México D.F. (1991).
- Villagómez, B. et al., "El ingeniero químico y la sociedad del futuro", *Revista IMIQ*, pág.42, No. especial (1987).
- Urbina, A., "Evolución histórica de la ingeniería química en México" en Memorias del simposio "La problemática de la enseñanza de la ingeniería química", Colegio Nacional de Ingenieros Químicos y Químicos, México, pág. 9 (julio 1991).

PROXIMO A PUBLICARSE:
QUÍMICA INORGÁNICA (518487)
IAN S. BUTLER y JOHN F.
HARROD, McGill University

QUÍMICA

ORGÁNICA

En Addison-Wesley Iberoamericana conocemos el importante papel que tienen los textos universitarios en la enseñanza de las ciencias químicas. Basándonos fundamentalmente en las valiosas contribuciones de los catedráticos de habla hispana, nos hemos empeñado en reflejar en nuestro fondo editorial el dinamismo de las técnicas pedagógicas actuales y los grandes avances de la ciencia. Las nuevas ediciones de *Química Orgánica* de Morrison y Boyd, *Química* de Mahan y Myers, y *Fisicoquímica* de Atkins, por su actualización y probado éxito seguirán siendo el valioso instrumento de apoyo a la docencia que los ha convertido en textos clásicos para el ámbito universitario.

Addison Wesley
Iberoamericana

Nuestros representantes estarán atentos para darle a conocer nuestras próximas publicaciones en el área de Química y para proporcionarle la información que necesite sobre los títulos de nuestro catálogo.

MORRISON y BOYD:

Química Orgánica, quinta edición (62932)

ROBERT THORNTON MORRISON
y ROBERT NEILSON BOYD,
New York University

La quinta edición tiene por objetivo reflejar las actuales tendencias en la investigación y enseñanza de la química orgánica.

Se ha actualizado la exposición de los temas y se ha ampliado el alcance del texto en general. En esta obra se presenta la química orgánica de modo que resulte más accesible para los estudiantes, y se introducen temas de gran interés que destacan la importancia de este campo.



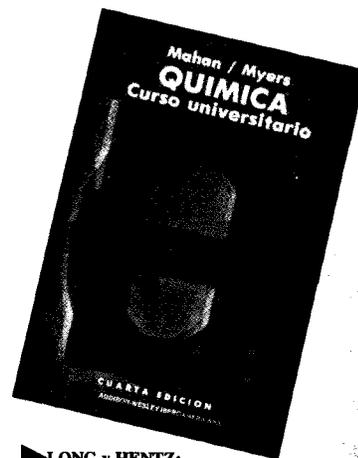
MORRISON y BOYD:

Problemas resueltos de la química orgánica (62933)

WILBRAHAM y MATTA:

Introducción a la química orgánica y biológica (64056)
ANTHONY C. WILBRAHAM
y MICHAEL S. MATTA, Southern Illinois University, Edwardsville

Introducción a la química orgánica y biológica es un texto dirigido a estudiantes de ciencias de la salud, veterinaria, biología, zootecnia, agronomía y áreas afines. La obra permite al estudiante adquirir fundamentos sólidos de los principios y conceptos de la química orgánica y biológica. Básicamente, este libro ofrece al lector una exposición completa del funcionamiento de los sistemas biológicos en el nivel molecular.



CASTELLAN:

Fisicoquímica, segunda edición (64029)

En esta obra se cubren los fundamentos y algunas aplicaciones de la fisicoquímica. Se sigue dando un tratamiento unificador a áreas como la termodinámica, la estructura y la cinética para que el sistema fisicoquímico pueda describirse en términos de los principios fundamentales de la física. La termodinámica, por ser parte medular de la fisicoquímica, recibe un tratamiento especialmente riguroso y claro, característica pedagógica que siempre ha distinguido a la obra de Castellan.

ATKINS y CLUGSTON:

Principios de fisicoquímica (64016)
P. WILLIAM ATKINS, Lincoln College, Oxford y M.J. CLUGSTON, Tonbridge School

El propósito general de la obra es presentar la fisicoquímica dentro del marco del comportamiento atómico y molecular, utilizando las matemáticas estrictamente necesarias para que dicho comportamiento pueda comprobarse en forma experimental.

HANNA:

Mecánica cuántica para químicos (10519) MELVIN HANNA, University of Colorado

Esta obra se ha publicado con el objeto de presentar a los estudiantes de licenciatura los principales aspectos de la mecánica cuántica, como espectroscopia y estructura electrónica. Los temas tratados en la obra son el resultado de una cuidadosa selección realizada por el autor, con el fin de dotar al estudiante de nivel medio de los fundamentos fisicoquímicos que le faciliten la adquisición de un criterio científico.

Química General

MAHAN y MYERS

Química. Curso Universitario, cuarta edición (64419)

BRUCE M. MAHAN y ROLLIE J. MYERS. University of California, Berkeley

La *Química universitaria* de Mahan y Myers es ya una obra clásica, y esta cuarta edición, como las anteriores, constituye todo un desafío intelectual para los estudiantes de ciencias, incluidos los de química, biología, ingeniería, física, medicina, etc. Una de las características que distinguen a esta obra de sus congéneres es su enfoque matemático, por lo que los estudiantes requerirán una buena preparación en esta disciplina.

PETRUCCI

Química General (05813)
RALPH H. PETRUCCI
California State College,
San Bernardino

FONTANA y NORBIS

Química general universitaria. Teoría y problemas (03067)
SANDRO FONTANA
y MARIO NORBIS, Universidad Central de Venezuela

CRUZ, CHAMIZO y GARRITZ:

Estructura atómica. Un enfoque químico (64018)
DIANA CRUZ V.,
JOSE A. CHAMIZO
y ANDONI GARRITZ. Universidad Nacional Autónoma de México

LONG y HENTZ:

Problemas y ejercicios de la química general (62951)

G. GILBERT LONG y FORREST G. HENTZ, North Carolina State University-Raleigh

Esta obra consiste en una valiosa colección de más de 1000 problemas y ejercicios de química general. Estos están clasificados por temas para que el instructor pueda asignarlos fácilmente para su desarrollo, una vez expuesto el tema correspondiente y después aplicar exámenes para evaluar el aprendizaje. Al final de cada capítulo se incluyen las respuestas.

GARCIA, RAMON, CARRASCAL, BAÑÓN y PEREZ :

Química general en cuestiones (62950)
CARMEN GARCIA GOMEZ,
VICTORIA RAMON BARZANO,
ISABEL CARRASCAL NIETO,
MARIA LUISA BAÑÓN LEON,
Universidad Autónoma de Madrid
y MARGARITA PEREZ DIAZ,
doctora en ciencias químicas.

El propósito de esta obra es presentar en forma didáctica los principios básicos de la química general para que el alumno pueda emprender, con conocimientos bien consolidados, un estudio más profundo de las ciencias químicas.

Fisicoquímica

ATKINS:

Fisicoquímica, tercera edición (62900)
P. WILLIAM ATKINS

La *Fisicoquímica* de Atkins sigue siendo el texto básico para los primeros cursos universitarios de esta área. Está dividido en tres partes, *Equilibrio*, *Estructura* y *Cambio*, cada una de las cuales empieza en un nivel elemental y se va volviendo más compleja hasta que los tres temas se superponen, pues en conjunto forman una unidad. Como en las ediciones anteriores la claridad en la exposición de los conceptos sigue siendo la característica más destacada de esta obra.

