

Los libros de Química en la enseñanza de la Ingeniería Química en México

*Antonio Valiente-Barderas y Patricia Ramírez-Rivero**

Abstract (Chemistry Books in Chemical Engineering Studies in Mexico)

The teaching of Chemical Engineering has had from the beginning a strong load of chemistry, science that is considered fundamental for chemical engineers and which makes the difference with the other kind of engineers. Chemistry has evolved throughout the years and with it the textbooks in which the future professionals study. In this paper we present a revision of the textbooks found in the library of the College of Chemistry at the UNAM. We also present the results of some inquiries made among the professors and students of the same school. In them, they express their opinions about the use of textbooks and the most used titles in the teaching of chemistry.

Resumen

La enseñanza de la Ingeniería Química desde sus orígenes ha tenido una fuerte carga de Química, ciencia a la que se considera fundamental y con la que se diferencia el Ingeniero Químico de los demás profesionales. A través de los años la Química ha evolucionado y con ella los libros de texto en la que estudian los futuros profesionales. En este trabajo, se presenta un examen de los títulos sobre química que se encuentran en la Facultad de Química de la UNAM. También se presenta el resultado de unos cuestionarios efectuados entre profesores y alumnos de la misma Facultad en los que expresan sus opiniones sobre el uso de estos libros, y los títulos más empleados en la enseñanza de esa ciencia en nuestro país.

Introducción

La química es la ciencia que estudia la materia, su estructura, sus cambios o transformaciones, sus relaciones con la energía y las leyes que rigen esos cambios y esas transformaciones (Battle, 1985). Esta ciencia, que empezó a enseñarse formal-

mente en el siglo XVIII, ha dado origen a numerosas profesiones entre las que pueden citarse las de químico, metalurgista, farmacéutico, ingeniero químico, ingeniero o químico en alimentos, farmacobiólogo, ingeniero o químico ambiental, químico analista, químico nuclear, etcétera.

Cada una de estas profesiones tiene su campo de acción específico, aunque todas tienen a la química como ciencia central. En este trabajo se presenta la importancia que han tenido los libros de texto de la química en la enseñanza de la ingeniería química. Para empezar, comenzamos por definir lo que es la ingeniería química.

Una de las definiciones más en boga es la del Instituto Norteamericano de Ingenieros Químicos (AIChE):

La ingeniería química es la profesión en la que el conocimiento de las matemáticas, la química y otras ciencias naturales adquirido por el estudio, la experiencia y la práctica, se aplica con el adecuado criterio para desarrollar métodos económicos para el aprovechamiento de los materiales y la energía en beneficio de la humanidad.

Como complemento, se podría añadir que el ingeniero químico es aquel profesional que se encarga de la planeación, diseño, construcción, operación y administración de las plantas químicas o más ampliamente de las plantas de procesamiento de materiales.

La ingeniería química es en la actualidad una profesión madura, con más de 100 años de existencia, que ha producido conocimientos y procedimientos que se han exportado a otras profesiones y ramas del saber.

La ingeniería química no es una ciencia, es una técnica, o sea el estudio sistemático de procedimientos para innovar, modificar y fabricar conscientemente productos químicos.

Aunque en la actualidad se habla del dúo ciencia-tecnología, los alcances y finalidades de una y otra son diferentes. Hoy, los ingenieros químicos se apoyan mucho en la ciencia, pero los problemas que tienen que resolver requieren de procedimientos que también se apoyen en la experiencia, el sentido común y en la llamada heurística, es decir el procedimiento para resolver problemas que tienen múltiples soluciones.

La tecnología química y en especial la relacionada con el diseño, construcción y operación de plantas químicas es

Edificio E, Laboratorio 224, Departamento de Ingeniería Química, Facultad de Química, UNAM. México D.F. 04510
Teléfono 3 60 6454; Fax 5 15 3051

Recibido: 16 de diciembre de 1997;

Aceptado: 17 de marzo de 1998.

uno de los *know-how* más caros del mundo; entendiéndose por *know-how*, el conjunto de conocimientos técnicos, científicos y administrativos que permiten fabricar y ofrecer bienes y servicios.

La industria química es una industria estratégica, pues contribuye en forma notable al desarrollo de los países, además de que los productos que de ella emanan son vitales para el funcionamiento de la economía: como ejemplo basta citar a las gasolinas y sus derivados, a los fertilizantes, a las medicinas y a los productos plásticos.

Por esa razón, en casi todos los países se forman profesionales en las diferentes ramas de la química y, entre ellos, ingenieros químicos. Éstos no pueden trabajar en forma aislada, sino que requieren de otros profesionales, notablemente de los químicos, que son los científicos que generan las nuevas sustancias. Algunos otros profesionales afines son los ingenieros mecánicos, eléctricos, civiles, petroleros, metalúrgicos y electrónicos, los que junto con los ingenieros químicos forman el equipo indispensable para la creación de nuevas plantas.

El ingeniero químico no nace, sino que se forma a través del estudio y de la práctica diaria. Hoy existen muchas universidades y tecnológicos en los que el estudiante recibe las bases teóricas y prácticas de la profesión, pero no siempre fue así (Valiente, 1980).

A partir del Renacimiento se empezaron a aplicar los principios de la observación y la experimentación en la matemáticas, la astronomía, la física y aun en las artes que requerían de química, por ello comenzaron a aparecer los primeros libros de texto, entre los que podemos mencionar (Ramírez, 1997):

Chymia de A. Libavius, 1597.

De re metallica de Agricola, 1522.

Buch Paragranum de Paracelso, 1530.

El químico escéptico de Robert Boyle, 1661.

Traité Elementaire de Chimie de Lavoisier, 1789.

New System of Chemical Philosophy, de Dalton, 1804.

Essai de Statique Chimique de Berthollet, 1803.

Traité de Chimie Organique de Gerhardt, 1853.

La enseñanza de la Química se inicia en Europa a fines del siglo XVIII y consistió sobre todo de la exposición de las leyes fundamentales, siendo el libro más importante de la época el *Traité Elementaire de Chimie* de A. Lavoisier (1743-1794), considerado por muchos como el primer libro moderno de química; libro que destruyó la teoría del flogisto. La obra de Lavoisier (Trevor, 1973) fue traducida inmediatamente al inglés, al alemán, al español y al italiano. Con ello la química pudo ser enseñada en las escuelas. Así, en Francia, la nueva ciencia, que había sido enseñada en el Jardín del Rey antes

de la Revolución, es luego explicada en todas las grandes instituciones de estudios superiores; en la Sorbona, en el Colegio de Francia, (en México en la Facultad de Medicina, en la Escuela Politécnica, en la Escuela Normal Superior, lo mismo que en las facultades de Ciencias de las universidades de provincia), por los más eminentes químicos de la época: Frocoy, Berthelot, Gay-Lussac, Thenard, Laurent, Dumas, Bernard y muchos otros maestros cuyas enseñanzas eran especialmente teóricas, con base en conferencias y con pocas experiencias de cátedra.

De las universidades esta enseñanza pasó a los colegios, a las escuelas secundarias o profesionales en donde toma una modalidad más práctica. En aquellas escuelas, por primera vez se comenzaron a estudiar las técnicas manufactureras en boga y a enseñarlas a aquellos muchachos deseosos de aprenderlas. Además en esos centros se comenzó a aplicar el conocimiento de la física y las matemáticas (Valiente, 1980). Por primera vez la ciencia empezaba a mejorar las técnicas y no al revés. Eso se debió a que los dirigentes de las industrias se dieron cuenta de que tratar de mejorar las técnicas basándose en los conocimientos científicos sería más redituable que seguirlo haciendo al azar como hasta entonces.

En aquellas escuelas técnicas se comenzó a estudiar la mecánica aplicada, las matemáticas aplicadas y algo novedoso, la química, que empezaba a perfilarse como una ciencia digna de tomarse en cuenta. Los egresados de esas escuelas modificaron, con ayuda de los inventores y científicos, la faz del mundo. Las técnicas de fabricación cambiaron radicalmente pasándose de la producción artesanal a la producción en serie.

Antes del siglo XVIII la industria química se había desarrollado sin la ayuda de los químicos o de la ciencia química de la época. Con el desarrollo de la química en los siglos XVIII y XIX aparecieron cada vez más sustancias, descubiertas o sintetizadas por los químicos, algunas de las cuales prometían superar con creces las propiedades de los productos naturales o al menos mejorarlas. La superficie del norte de Europa se llenó de pronto de fábricas malolientes que producían productos desconocidos hasta entonces.

Para la construcción y operación de esas plantas no se podía contar con la tradición, así que se tuvo que empezar desde cero utilizando los conocimientos del químico industrial y del ingeniero mecánico para el diseño y operación de las mismas.

Pero como el ingeniero mecánico no tiene conocimientos de química y los químicos no los tienen de mecánica ni de los procesos a gran escala, el método resultaba oneroso por los tanteos y el entrenamiento que se debía dar a esas personas para que trabajaran juntas. Desde luego no lo era tanto que impidiera el gran desarrollo de la industria química alemana, inglesa y francesa.

En las universidades se preparaban cada vez más químicos que con sus estudios ampliaban el ya vasto mundo de la química y en los tecnológicos se preparaba a los químicos industriales que irían a manejar las nacientes fábricas. A aquellos profesionales se les enseñaba, además de la química de su época, los procesos químicos más comunes, así como la maquinaria de más amplio uso. El perfeccionamiento de aquella maquinaria se había debido al ingenio de los inventores, generalmente operarios o al progreso de la ingeniería mecánica o eléctrica.

Hacia 1880, algunas personas se dieron cuenta de que el diseño y la creación de las plantas químicas se estaba convirtiendo en una actividad especializada y que podía ser una disciplina de estudio completamente nueva.

En 1884, Henry Edward Armstrong (Trevor, 1973), en Londres, planeó un curso de cuatro años que incluía química, ingeniería mecánica, matemáticas, física, dibujo, tecnología química, talleres y lenguas modernas. Como el curso era en realidad una mezcla de química con ingeniería no prosperó.

En 1887 Georges Edwards Davis (Hardie, 1969), quien era consultor e inspector de la industria de los álcalis, dictó una serie de conferencias en la Escuela Técnica de Manchester en Inglaterra sobre la tecnología química. En vez de describir los procesos de la química industrial contemporánea, Davis analizaba el comportamiento de ellos como una serie de sencillas operaciones. De hecho, fue el primero en considerar los procesos de manufactura química como la secuencia y combinación de un pequeño número de operaciones. Aunque hay que aclarar que él nunca usó el término de operaciones unitarias. Después de la publicación de varias de sus ponencias de 1887 en la revista *Chemical Trade Journal* (Davis, 1988) que él fundó, Davis abandonó sus publicaciones hasta 1901, año en que salió a la luz su *Manual de Ingeniería Química*, en el cual se daba un curso completo sobre el tema. Posteriormente apareció una segunda edición ampliada en 1904, la cual tenía más de mil páginas. El libro de Davis con el que se inició la enseñanza de la ingeniería química es un clásico empírico del tema.

Pero pese a los esfuerzos de Davis y otros hombres, el concepto de ingeniería química no tuvo buena acogida en Europa, pero sí en los Estados Unidos. Los primeros cursos de ingeniería química se impartieron en el Instituto Tecnológico de Massachussets (MIT), en 1888, en Penn en 1892, en Tulane en 1894 y en la Universidad de Michigan en 1898 (Hougen, 1979).

A esos cursos asistió una serie de jovencitos que soñaban ser lo que nadie había sido antes: *ingenieros químicos*.

El plan de estudios de los primeros ingenieros químicos incluía el estudio de la química, la física, las matemáticas, la ingeniería mecánica, la electricidad, el dibujo, etcétera, pero

no había ninguna materia que tratara sobre ingeniería química (Hougen, 1977). Se impartían, sí, algunos cursos relacionados con los procesos químicos en boga y cursos en los que se describía el tipo de equipos más usados (Hougen, 1977). La ingeniería química comenzó dando un gran énfasis a la formación científica de sus egresados y así ha continuado hasta nuestros días. La consolidación de la profesión se vio apoyada por la formación del American Institute of Chemical Engineers (AIChE) en 1908, apoyada por varios profesores y por el editor de una revista llamada *The Chemical Engineer*, Richard K. Meade, graduado en química. Esa agrupación de cuarenta socios iniciales dio el enlace definitivo a las actividades profesionales y docentes de sus miembros con el mundo de la industria y los negocios.

Los textos más populares de aquellos tiempos estaban relacionados con la química industrial e incluían los libros de F.H. Thorp *Outlines of Industrial Chemistry* (1898), Allan Rogers (1902), H.K. Benson (1913), E.R. Riegel (1928), W.T. Reed (1937) y R. Norris Shreve (1950).

La enseñanza de la ingeniería química en México

La enseñanza de la Ingeniería Química comienza en México con la fundación de la primera escuela de química: la Escuela Nacional de Química Industrial.

Bajo la dirección de don Salvador Agraz, la Escuela de Química de Tacuba, D.F. prosperó y agrupó a las carreras de Químico, Farmacéutico y Metalurgista.

Entre los primeros libros de química escritos en nuestro país destacan los siguientes (Ramirez, 1977): *Tratado de Química Orgánica*, 1941 de Marcelino Gracia-Junco; *Introducción al estudio de la Química*, 1943 de Eugenio Muñoz Mena; *Análisis Químico Cuantitativo*, 1956 de Fernando Orozco; *Tratado elemental de Química Orgánica*, 1963 de Héctor Murillo.

Fue en 1925 cuando, por intervención de don Estanislao Ramirez, se introdujo el estudio de la ingeniería Química.

En un principio, el plan de estudio de la carrera se centraba en el estudio de la química, la física, la mecánica y los procesos químicos industriales existente 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.

Al comenzar la carrera de Ingeniería Química en el país en 1925, el plan de estudios llevaba una gran carga de materias relacionadas con la Química, ocupando éstas el 31% del tiempo del estudio. Conforme se desarrollaban las operaciones unitarias, los balances de materia y energía, el diseño de reactores y la simulación y optimización de procesos el papel de la química se fue reduciendo. Para 1985 con el nuevo plan de estudio las horas dedicadas a la química sólo eran el 13% del tiempo (ver tabla 1). Sin embargo, este

porcentaje es elevado, comparado con el promedio que llevan los estudiantes de ingeniería química de los Estados Unidos que es de sólo el 8%.

Tabla 1. Comparación de la carga de Química en los planes de estudio de la carrera de Ingeniería Química de la Facultad de Química de la UNAM. Horas semanales de teoría (Barnés, 1996)

	Plan 1925-37	Plan 1937-58	Plan 1958-66	Plan 1966-87	Plan 1987 a la fecha
Química inorgánica	18	6	6	3	3
Química orgánica	12	12	12	15	9
Química analítica	30	30	24	15	6
Sub total de químicas	60	48	42	33	23
% del total	31	23	20	18	13

La pregunta que surge de inmediato es: ¿hasta dónde se podrá reducir la cantidad de horas de Química que lleva un estudiante de Ingeniería Química sin quitarle la esencia de lo que es un ingeniero químico? La tendencia en las universidades norteamericanas es la de suprimir la química analítica y reducir aún más la carga de química, y hay quien aún piensa que se debería suprimir totalmente la química.

Es posible que como algunos autores sugieren se deba cambiar el nombre de la carrera de Ingeniería Química por el de Ingeniería de los Procesos de Transformación Fisico-químicos (IPTFQ) (Couret, 1994), pero presupongo que algún otro profesional tomará el lugar de estos ingenieros químicos desconocedores de la química.

En la actualidad, en la Facultad de Química de la UNAM para la carrera de Ingeniero Químico se ofrecen las siguientes materias relacionadas con la Química:

- Química general
- Estructura de la materia
- Química orgánica
- Química inorgánica
- Química de los procesos industriales

Los libros de texto de química en México

Para analizar el uso de los libros de texto relacionados con la Química se procedió a hacer el inventario de los títulos

que se encuentran en las bibliotecas de la Facultad de Química de la UNAM, encontrándose que hay 469 títulos diferentes repartidos de la siguiente manera:

Química general

103 títulos originales en inglés
 13 títulos originales en español
 47 traducciones al español
 Total: 163 títulos diferentes

Química inorgánica

38 títulos diferentes en inglés
 2 títulos originales en español
 20 traducciones
 Total: 60 títulos

Química orgánica

68 títulos originales en inglés
 9 títulos originales en español
 36 traducciones
 Total: 113 títulos

Química analítica

76 títulos originales en inglés
 6 títulos originales en español
 26 traducciones
 Total: 108 títulos

Química industrial

10 títulos originales en inglés
 3 títulos originales en español
 6 traducciones
 Total: 19 títulos

De esos libros, 135 estaban escritos en español, siendo la mayoría traducciones y sólo 33 producto de algún autor de habla española.

Esta pequeña cantidad de libros nacionales contrasta con la producción de libros a nivel secundario y de preparatoria, pues allí el porcentaje de libros nacionales es de cerca del 90%.

La escasa producción de libros de texto a nivel universitario escritos por autores nacionales muestra que los profesores nacionales no están interesados en escribir textos sobre las materias que se han estado impartiendo por casi 80 años en nuestro país, lo que puede deberse al escaso público al que van dirigidos (40,000 estudiantes matriculados en las carreras de la Química según la ANUIES) contra cerca de un millón a nivel bachillerato.

A pesar de la gran cantidad de títulos disponibles, en la práctica son sólo unos cuantos los que se utilizan preferente-

mente para el estudio de la química durante la carrera de Ingeniero Químico. Para averiguar cuáles son los libros más empleados por los estudiantes y maestros de la Facultad se hizo un sondeo entre los alumnos de los últimos semestres de la carrera de ingeniero químico. Los resultados de ese sondeo son los siguientes:

Tabla 2. Los libros más utilizados por los alumnos en cada una de las materias fueron los siguientes:

Química general	%
Brown (<i>Química. La ciencia central</i>) Prentice Hall, 1987	38.23
Mortimer (<i>Chemistry</i>) Wadsworth Publishing, 1983	29.41
Benson	8.82
Keenan	5.88
Masterton	5.88
Química orgánica	%
Morrison (<i>Química orgánica</i>) Addison-Wesley -1987	35.18
Solomons (<i>Fundamentos de química orgánica</i>), Limusa, 1979	33.36
Mc. Murry	16.66
Fieser	5.55
Pine	5.55
Estructura de la materia	%
Garritz (<i>Estructura de la materia</i>), Addison-Wesley, 1987	94.4
Sonessa	5.56
Química de los procesos industriales	%
Morrison	20
Groggins	20
Austin	20
Ullman	10
Química analítica	%
Skroog (<i>Fundamentos de química analítica</i>), Reverté, 1972	31.25
Charlot (<i>Química analítica general</i>), Toray-Masson, 1972	21.87
Sandoval	12.5
Voguel	9.37
Willard	6.25

Química inorgánica	%
Huheey (<i>Inorganic Chemistry</i>), Harper&Row, 1978	64.86
Cotton (<i>Química inorgánica básica</i>), Limusa, 1980	23.54
Manuales	%
Lange	73.33
Merck	20.0
Ullman	6.67

A la pregunta sobre si el profesor utilizó apuntes o libros para impartir su materia los alumnos respondieron:

Materia	Libros	Apuntes	Libros y apuntes
Q. General	31.43%	51.43%	17.14%
Estructura de la materia	62.86%	5.71%	31.43%
Q. Orgánica	71.43%	14.28%	14.28%
Q. Inorgánica	38.57%	31.43%	8.82%
Q. de los procesos industriales	12.5%	62.5%	25.0%

De los alumnos encuestados el 78% prefiere llevar un libro de texto el cual debería tener lo siguiente para ser bueno:

Problemas resueltos paso a paso	24.4%
Que sea teórico-práctico	19.26%
Que tenga tablas y gráficas	15.56%
Que tenga problemas de fin de capítulo	14.82%
Que sea práctico	11.1%
Que sea teórico	5.8%

Los autores mexicanos mencionados en relación con los libros de texto fueron: Diana Cruz, José Antonio Chamizo, Raúl Cetina, Andoni Garritz, Joan Genesca, Antonio Chumacero, José Giral, Rebeca Sandoval y Uribe.

Conclusiones

A pesar de la tendencia a la baja en la carga de Química que llevan los ingenieros químicos es razonable suponer que ya no seguirá reduciéndose ésta, so pena de dejar al futuro profesional sin los conocimientos y herramientas necesarias para operar en la industria de la transformación de los materiales, en donde el conocimiento de las propiedades de los materiales a manejarse y de la química es fundamental para la comprensión de los procesos que se llevan a cabo.

En los años venideros si se quiere seguir entrenando a los nuevos estudiantes de manera efectiva para que puedan hacer frente al reto del cambio se debe contar con libros que estén al día. Como Thomas Carlyle (escritor escocés 1795-1881) dijo: "La verdadera universidad de hoy en día es una buena colección de libros" inscripción que llevan muchas bibliotecas universitarias norteamericanas. Pero no sólo los estudiantes, sino también los profesionales requieren de libros buenos y modernos, es necesario por ello que haya más libros con datos técnicos y datos provenientes de la industria. El alcance de la ingeniería química y su importancia mundial será inevitablemente medida por el número de libros y revistas que sobre ella se publiquen.

"Si bien la ciencia es universal —dice el doctor Jorge Flores Valdés (Lemus-Olvera, 1980)— y tiene un carácter internacional, siempre los ejemplos que manejan los textos, tienen en alguna forma que ver con una cultura local y nosotros no estamos reflejando en nuestros libros de texto nuestra cultura. Pero hay otra cosa muy importante y de carácter metodológico que tiene que ver con nuestros programas, los tiempos que les dedicamos, la duración de los semestres, la organización de los programas de estudio, son particulares y diferentes a los de otras naciones. Estamos pues forzando libros de texto hechos en otras latitudes a la condición mexicana y eso a veces funciona y a veces no. Por ejemplo, con mucha frecuencia el libro de texto que estamos manejando es demasiado amplio, y claro, en el curso semestral no se puede cubrir todo el material, y eso como se sabe, deja cierto sentido de incumplimiento, algo que no se completó en el espíritu del estudiante. En ese sentido sería muy necesario que nuestros libros de texto estuvieran más cerca de los tiempos, de las habilidades, de los niveles que tienen los estudiantes mexicanos. Hay un verdadero hoyo, una verdadera carencia en la producción de libros de texto."

Por ello como profesionales debemos animar a los maestros responsables y animosos y mejorar las condiciones bajo las cuales éstos producen los libros tal y como se desprende del Plan Barnés (Barnés de Castro, 1997) de desarrollo de la UNAM.

Como dice R. Byron Bird (Bird, 1983) "Deberían de establecerse becas universitarias y de las sociedades de ingeniería para ayudar a que se escribieran aquellos libros que podrían influir notablemente en la dirección y la velocidad a la cual crece la profesión de la ingeniería química".

Los vientos de cambio están soplando en las universidades, las cuales están considerando la sustitución de algunas materias pasadas de moda por aquellas en las que se enseñen

las tecnologías emergentes entre las que se cuentan la Biotecnología, la ingeniería genética, la microelectrónica, la ingeniería espacial, la robótica, la especialidades químicas, los agroquímicos, la seguridad industrial y ambiental, la cinética, los equilibrios químicos y la termodinámica. Sin embargo, un buen plan de estudios debe proporcionar al estudiante las herramientas básicas para su carrera: no debe especializar, porque esta función la cubren tanto las empresas en donde trabaja como los estudios de posgrado que efectúe. Por otro lado debe contener materias que orienten al futuro ingeniero sobre la realidad económica del país, sus recursos y la posible industrialización de éstos.

Durante la carrera se debe hacer hincapié en la experimentación como fuente de todo conocimiento: por eso son muy importantes los laboratorios tanto de química, fisicoquímica y física como de ingeniería química. ▣

Bibliografía

- Barnés de Castro, F., Enseñanza de la ingeniería química en México, *Rev. IMIQ*, enero-febrero 1996, p. 11.
- Barnés de Castro, F., Proyecto de Plan de Desarrollo, *Gaceta UNAM*, 13 de noviembre 1997, México.
- Battle, J. y Gamuzzio, J., *La química, ciencia de la materia y el cambio*, Salvat, Madrid, 1985.
- Byrd, B., Book writing and chemical engineering education, *Chemical engineering education*, 1983, pág. 184.
- Couret, F., *L'ingénieur Chimiste et les bases de l'ingenierie des procédés*, Ouest editions, Paris, 1994.
- Davis, G., *The chemical trade journal* 306, (mayo 19, 1888), Inglaterra.
- Davis, George, *The chemical trade journal* 190 (mayo 12, 1888), Inglaterra.
- Hardie, D. W. y Pratt, J. D., *A History of the Modern British Chemical Industry*, Pergamon Press, Glasgow, 1969.
- Hougen, O., Seven Decades of Chemical Engineering, *Chemical Engineering Progress*, enero 1977.
- Hougen, O., Los ingenieros químicos y cómo crecieron, *Chemtech*, enero 1979.
- Lemus-Olvera, R., *Autores universitarios. El libro y las vocaciones*, Biblioteca del editor, UNAM, México, 1980.
- Ramírez-Rivero, P., *Los libros de texto de química en la enseñanza de la Ingeniería Química*, Tesis, Facultad de Química, UNAM, México, 1997.
- Trevor, I. W., *The Chemical Industry*, Open University, Londres, 1973.
- Valiente-Barderas, A.; Stivalet, R. P., *El ingeniero químico ¿qué hace?*, Alhambra, México, 1980.