

La educación de la química en México en el siglo XX

Andoni Garritz Ruiz

Facultad de Química de la Universidad Nacional Autónoma de México. Circuito Escolar, Ciudad Universitaria. Coyoacán, México 04510, D. F. E-mail: andoni@servidor.unam.mx

Recibido el 10 de abril del 2001; aceptado el 18 de abril del 2001

Resumen. Se revisa la situación de la educación química en México durante el siglo XX, a partir de las recomendaciones del artículo "Diagnóstico y análisis de la química en México" elaborado por Lena Ruiz *et al.* en 1986. Se concluye que en el último diseño curricular de la secundaria en 1993 se logró un enfoque adecuado de la enseñanza de la química que debe evaluarse rigurosamente en un par de años más. En relación con la enseñanza media superior permanece toda una serie de problemas de coordinación, de eficiencia y de calidad del profesorado, entre otros. Finalmente, en la educación superior, la recomendación de dotar a las carreras de una fundamentación esencialmente científica sólo podrá llevarse a cabo en pocos lugares, en donde existe personal reconocido como líder académico.

Palabras clave: Educación química siglo XX, secundaria, bachillerato, universidad, química, ingeniería química y farmacia.

Abstract. The chemical education status in Mexico during the twentieth century is revised from the recommendations given in the paper "Diagnosis and analysis of chemistry in Mexico" elaborated by Lena Ruiz *et al.* in 1986. It is concluded that in the curricular design of junior high school in 1993, an adequate focus was achieved in chemistry teaching and learning, an assessment of which should be made in a couple of years. With respect to high school education, a series of problems remains as those of coordination, efficiency and quality of teachers, among others. Finally, in higher education, the recommendation of giving to the professional careers a foundation essentially scientific will only occur in few places, where there is enough personnel recognized as academic leaders.

Keywords: Chemical education XX century, secondary school, high school, university, chemistry, chemical engineering and pharmacy.

En 1986, Lena Ruiz y coautores [1] hicieron un diagnóstico de la química en México en el que dedicaron todo un apartado a la educación en química. Allí recomendaron seis medidas para remediar la situación que prevalecía en la educación química nacional:

1. Crear o reformar las carreras de química e ingeniería química para dotarlas de una orientación fundamentalmente científica; esto sólo será viable en aquellos lugares en donde exista personal calificado y reconocido como líder académico. Se deberá también distinguir a esas carreras de aquellas que presentan un enfoque marcadamente técnico, las cuales deberán reconocerse como tales.
2. Encomendar a los centros de excelencia, la formación del personal docente con posgrado que propicie la investigación científica y sustituya, en la medida de lo posible, a los profesores poco calificados.
3. Apoyar fuertemente los pocos programas de maestría y doctorado que cuentan con un nivel académico excelente y con tutores científicos productivos.
4. Estimular la elaboración de libros de texto por especialistas.
5. Estimular la creación de bibliotecas y laboratorios en escuelas de enseñanza media.
6. Fomentar el mejoramiento sustancial del nivel académico en relación con la química en todas las áreas preuniversi-

tarias del sector educativo. La única forma de hacerlo es llevando a cabo cursos de capacitación que estén coordinados por algunos de los pocos químicos preparados que tenemos, así como promover el posgrado nacional.

En este artículo revisaremos cómo ha cambiado la educación química en el sentido propuesto por estos autores. Lo haremos separando la educación secundaria y de bachillerato de la educación superior, y a partir de la obra compilada por Garritz [2], que resume acertadamente el desarrollo histórico de la química en México.

Secundaria y bachillerato

Es muy escasa la información impresa sobre la enseñanza de la química en la secundaria y el bachillerato.

Desde 1975, y sin sufrir cambio alguno hasta 1993, la enseñanza de las ciencias en la mayoría de las escuelas secundarias se desarrolló siguiendo un programa de ciencia integrada [3]. Sin embargo, la falta de capacitación de los maestros, poco preparados para cubrir todas las ciencias en su labor, su distanciamiento con un plan de estudios en cuya elaboración participaron muy poco y la falta de apoyo y recursos, hicieron difícil la aplicación del plan en el aula.

Hasta 1993 tiene lugar el cambio de planes de estudio en la educación secundaria, en el que la química pasa de presentarse como parte de los cursos de ciencias naturales a ofrecerse como una asignatura en sí misma. En el primer grado de la secundaria se brinda la "Introducción a la física y la química"; en el segundo grado la "Química I" y en el tercer grado la "Química II". En la revista *Educación Química* [4] apareció un debate respecto a este cambio de planes de estudios, donde la mayor parte de las opiniones fueron favorables a la transformación.

Fueron José Antonio Chamizo y sus coautores [5] los responsables de elaborar la guía de estudio, el libro para el maestro y las lecturas para los dos cursos de química de la enseñanza secundaria, materiales que fueron repartidos por decenas de miles a todo el profesorado nacional que se enfrentaba al cambio curricular.

La reforma de los planes y programas de estudio de 1993 marcó el propósito central de estimular las habilidades que son necesarias para el aprendizaje permanente. Se pretende que el estudiante desarrolle las habilidades, actitudes y valores que le permitan adquirir, organizar y aplicar sus conocimientos en la vida cotidiana y en su comunidad. En el terreno de la enseñanza de las ciencias se desarrolló una propuesta que fomentase la curiosidad, la capacidad de observación, la soltura para imaginar explicaciones y el amor por la naturaleza en los jóvenes y, por el otro, estimular sus posibilidades de entender cuestiones de especial significado para la calidad de vida: la preservación de la salud, el desarrollo personal equilibrado, la protección de los recursos y la preservación del medio ambiente.

Los cursos de química tratan tópicos como: química y vida cotidiana; propiedades de elementos, compuestos y mezclas; discontinuidad de la materia; reacciones químicas en fase acuosa; reacciones de oxidación; principios de química orgánica y de electroquímica.

La conclusión respecto al impacto de esa transformación curricular que sacan Garritz y Talanquer [6] es que con la reforma, la enseñanza se separa por asignaturas (biología, química, física y geografía) pero se establece un enfoque educativo que plantea objetivos y estrategias didácticas comunes:

- Vincular la adquisición de conocimientos sobre el mundo natural con la formación y la práctica de actitudes y habilidades científicas.
- Relacionar el conocimiento científico con sus aplicaciones técnicas.
- Promover una visión integrada de la ciencia.
- Fomentar el aprendizaje mediante la experimentación.
- Establecer relaciones constantes entre los conocimientos científicos, la vida diaria y los fenómenos sociales.
- Hacer énfasis en el carácter de la ciencia como actividad humana.
- Mantener una línea de educación ambiental, de preservación de la salud y de comprensión de los procesos de cambio que caracterizan a la adolescencia.

- Reconocer la importancia de la experiencia de los alumnos y de sus concepciones de los fenómenos en el proceso de aprendizaje.
- Utilizar preguntas como elementos iniciadores o disparadores de la discusión.

Garritz y Talanquer [6] también mencionan, como un problema importante, que aproximadamente la mitad de los docentes se formó en las escuelas para maestros (Escuelas Normales), aunque en un plan de estudios acorde con la filosofía educativa vigente antes de la reforma. El otro grupo realizó estudios profesionales universitarios, por lo cual su formación pedagógica tiende a ser deficiente. Por lo tanto, un alto porcentaje de ambos grupos requiere poner al día y consolidar sus conocimientos científicos y las estrategias pedagógicas modernas requeridas para desarrollar una enseñanza más centrada en el alumno, como la que se desea.

A partir de 1995 se ha iniciado un esfuerzo importante por remediar esta situación, que se conoce como Proyecto Nacional de Actualización Permanente (PRONAP), y tiene como propósito, según Sánchez [7], crear las condiciones para atender las necesidades de actualización docente a nivel nacional. La tarea a la que se enfrenta el PRONAP es monumental si se considera el enorme rezago de actualización de los docentes mexicanos.

El PRONAP ha instalado cerca de 300 centros para maestros en todo el país, en los que se cuenta con biblioteca, videoteca, sala de educación a distancia y computadoras con recursos multimedia e internet. Entre sus metas se encuentra favorecer la vida académica en su región de influencia. Debido a la juventud del programa, hoy un gran número de maestros desconoce el apoyo que los centros pueden ofrecerle y, en general, su utilidad está condicionada por las características peculiares de la comunidad académica a la que sirven.

Concluimos que, al menos en la enseñanza secundaria, se ha dado un cambio de enfoque muy importante para hacer caso de la recomendación de Lena Ruiz y colaboradores: fomentar el mejoramiento sustancial del nivel académico en relación con la química en todas las áreas preuniversitarias del sector educativo.

Con relación al bachillerato, Garritz y Chamizo [8] apuntan, antes que nada, la diversidad de planes de estudios existentes en el país (véase en Castañón y Seco [9] la multitud de los subsistemas de bachillerato existentes en México). Añaden inmediatamente la influencia que tuvieron los proyectos sobre "principios de química" *Chemical Bonding Approach*, *Chem Study*, y *Nuffield Foundation*, en la estructura de los planes de estudios del bachillerato mexicano, y a los cuales achacan la reducción porcentual de los estudiantes que eligen una carrera del área química, del 10.1 % en 1971 al 6 % en 1983.

Garritz y Chamizo [10] han realizado una propuesta curricular tendiente a reconocer la importancia de transmitir un enfoque aplicado de la ciencia y la tecnología hacia la sociedad, que ha empezado a tener una influencia sustancial en gran diversidad de planteles de bachillerato.

Finalmente, Garritz y Talanquer [6] apuntan los siguientes problemas de la educación de las ciencias en el bachillerato mexicano, los que constituyen un resumen extraordinario de la situación en este nivel de estudios:

i. Falta de coordinación

Este nivel educativo carece de mecanismos efectivos de coordinación. Estamos hablando de un sistema fragmentado en el que no existe una política central para que la educación media superior tenga un valor en sí misma. Por una parte, las escuelas que dependen de las universidades gozan de la autonomía de éstas, por lo que ha resultado difícil que las autoridades educativas se inmiscuyan en sus desarrollos curriculares o sus programas de capacitación. Por la otra, en la SEP existen dos grandes Subsecretarías, con bastante poder e independencia, que se encargan de la operación de la educación media superior: la de Investigación Superior e Investigación Científica, SESIC, y la de Educación e Investigación Tecnológica, SEIT.

ii. Eficiencia en entredicho

Preocupa a las autoridades educativas que el ciclo no muestre una eficiencia terminal adecuada. Todos los documentos que se refieren a la educación, incluidos los informes presidenciales, hacen mención de la eficiencia terminal del nivel como motivo de inquietud. En las estadísticas oficiales este dato se calcula como el cociente de los egresados de un año entre los que ingresaron tres años antes y varía para cada modalidad (es 43 % para la educación profesional técnica y 57 % para el bachillerato general y tecnológico, en el ciclo 1996-1997). Se habla de una deserción de 27 % y 17 % en ambas modalidades [11].

iii. Diversidad, el patrón generalizado

Existe una gran dispersión en los objetivos y la estructura curricular en las modalidades, y aún dentro de éstas. Las hay con un fuerte carácter de especialización técnica, otras que comparten un tronco común con áreas finales de especialización, y las del bachillerato general, exclusivamente propedéuticas. Existen estructuras de planes anuales y semestrales. Los planes de estudios duran tres años, pero existen aún algunos de sólo dos. Unos programas exageran la carga de trabajo frente a grupo de los alumnos, mientras que otros descansan más en tareas extraescolares. Coexisten condiciones muy desiguales de calidad de instalaciones y recursos, al igual que de conformación de las características socioeconómicas de la población estudiantil.

iv. Flexibilidad y valoración social

Se enfrenta el reto de generar mecanismos que permitan mayor flexibilidad de tránsito entre las diversas opciones y la conformación de un perfil del educando que contribuya a lograr una valoración social análoga de los estudios, indepen-

dientemente de la modalidad que se haya cursado. Ahora que se ha establecido en la ciudad de México un mecanismo único de ingreso a este nivel, ha salido a relucir de manera dramática la preferencia social hacia los esquemas de bachillerato general. De esta manera, la educación media superior se concibe mayoritariamente como una plataforma de despegue hacia el nivel superior. Por lo tanto, son las necesidades de ésta las que han influido en el diseño curricular de la educación media superior y no en todos los casos las exigencias sociales, excepto si acaso en las modalidades tecnológica y de formación de profesionales técnicos.

v. Calidad del profesorado

No existen mecanismos de formación y de evaluación de profesores. Los docentes en ejercicio son egresados de una licenciatura que, en una proporción preocupante de los casos, no concluyeron en su totalidad. Su formación en aspectos de pedagogía o didáctica es también deficiente.

Juaristi *et al.* [12] apuntan adicionalmente dos problemas graves de los profesores a este nivel:

- 1) El desconocimiento de la asignatura y del quehacer científico. Dada la reducida matrícula universitaria en las carreras científicas como química, una encuesta reveló que únicamente 5 % del profesorado de química del nivel de bachillerato ha estudiado la carrera de química. Sucede con frecuencia que los profesores de esta asignatura sean ingenieros, odontólogos, médicos, veterinarios, etcétera, y cuentan con una nula experiencia de investigación. Lo anterior afecta la visión que de la química y la ciencia logran tener sus alumnos.
- 2) El desconocimiento de las nuevas estrategias de aprendizaje y su evaluación. En México los profesores desconocen el nuevo currículo y, más aún, la manera como ese currículo debe abordarse, que implica estrategias pedagógicas también nuevas, basadas principalmente en el constructivismo, el cual desconoce el grueso de los profesores.

Sólo con la aprobación de unos estándares nacionales para la educación científica del bachillerato se podrá establecer un esquema de evaluación apropiado para el profesorado (véase una opción dada por Garritz [13]). Sólo con una revolución como la apuntada por Chamizo [14] y con un funcionamiento adecuado del Centro Nacional de Educación Química (véase Castillejos [15]) podremos contar con un futuro venturoso en la preparación adecuada de los profesores de química de la educación media superior.

vi. Estado de la infraestructura

Entre una tercera y una cuarta parte de los planteles no cuentan con instalaciones de laboratorio o taller para la enseñanza de las ciencias naturales (queda siempre la duda acerca de la intensidad real del uso de las mismas en los que sí cuentan con ellas). Una tercera parte tampoco cuenta con equipos rela-

cionados con la televisión y, lo que es más grave, poco menos de la décima parte no tiene una biblioteca escolar o, simplemente, servicio telefónico. Existe también un gran rezago en el mantenimiento general de las instalaciones educativas en una buena parte de los casos.

vii. Actualización de planes de estudios

Los planes de estudio no se actualizan con la regularidad debida y, cuando se hace, ello ocurre en períodos muy prolongados. Sólo conocemos el caso de una institución privada, en la que su reglamentación interna norma la actualización de los programas de estudios cada cinco años.

Concluimos que, salvo casos aislados, no se ha fomentado el mejoramiento sustancial del nivel académico en relación con la química en el bachillerato, como era la propuesta de Lena Ruiz y colaboradores [1].

Educación superior

Dicen Lena Ruiz y colaboradores [1] que el subdesarrollo científico y tecnológico mexicano radica principalmente en la falta de personal calificado para llevar a cabo una enseñanza efectiva de las ciencias experimentales, como lo es la química.

El problema se inicia con una concepción técnica de las carreras de la química primigenias en el país. El nacimiento de la Escuela Nacional de Industrias Químicas en 1916, como la denominó su fundador Juan Salvador Agraz, promovió la formación de *químicos industriales*, con cuatro años de estudios, *perito en industrias*, con dos años; y *práctico en industrias*, con un solo año de estudios [16]. La formación de *ingenieros químicos* y *doctores en química* hubo de ser suspendida por falta de medios.

Ingeniería química

La enseñanza de la ingeniería química se inició en México en 1925 [17], en la Facultad de Química y Farmacia y Escuela Práctica de Industrias Químicas, como ya se denominó por aquel entonces la escuela fundada en 1916, que ofrecía cursos y talleres sobre cerámica, vidrio, perfumería, jabonería, curtiduría, hule, etcétera. Nos dice Urbina [17] que la idea de preparar técnicos a través de la práctica en pequeñas industrias mostró ser desgraciadamente un lamentable fracaso, porque ni los maestros, con poca o ninguna preparación académica, ni los alumnos, recién egresados de la escuela primaria, tenían la preparación o la capacidad necesarias para la formación de verdaderos técnicos. Según Garrido [18], fue en 1927 cuando gracias a la participación del ilustre maestro Estanislao Ramírez, quien había seguido el desarrollo de la ingeniería química en el Instituto Tecnológico de Massachusetts, y se había mantenido en contacto con algunos de sus más distinguidos maestros, se estructuró un nuevo plan de estudios para la carrera de ingeniero químico. En Garrido [18] aparece la siguiente frase de Alberto Urbina:

No es posible hablar de enseñanza de la ingeniería química sin hacer referencia al ingeniero Estanislao Ramírez, considerado como el padre de la ingeniería química en México, ya que fue el fundador de la carrera en la Universidad Nacional y en el Instituto Politécnico Nacional; el primer profesor y el formador de los primeros maestros de ingeniería química.

En efecto, es el mismo Estanislao Ramírez el fundador de la carrera de ingeniero químico en la Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas (ESIQIE), creada oficialmente en mayo de 1948, aunque funcionaba como tal desde tiempo atrás (véase Ávila Galinzoga [19] y Valiente [20]).

El ingeniero Ramírez diseñó con una actualidad tal las carreras de ingeniería química en la UNAM y el IPN, que fueron consideradas durante muchos años como las mejores en el país. Su actualización fue, no obstante, algo tardía e incompleta, pues no se introdujo un curso de fenómenos de transporte en la UNAM hasta el año de 1987, lo cual se hizo demasiado pronto (tercer semestre), antes de que los alumnos hubieran desarrollado las aptitudes matemáticas necesarias. En forma adicional, hacen falta actualmente cursos avanzados de matemática y una formación más científica, sobre todo en el terreno de la fisicoquímica.

Entre tanto, una multitud de carreras de ingeniería química se crearon a lo largo y ancho del país, pero con la misma falta de actualidad y de rigor científico. Muchas de ellas se orientaron a formar ingenieros químicos administradores, haciendo caso a la recomendación de Lena Ruiz y colaboradores [1] de reconocerse como tal tipo de carreras. Algunas de ellas han tenido éxito y reconocimiento industrial, sobre todo las de universidades privadas, como el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey o la Universidad Iberoamericana. Actualmente, según la ANUIES [21] hay 21,470 estudiantes en carreras de ingeniería química y en 1998 hubo 2,729 egresados y 2,096 titulados en México.

Química

Hacia el final del siglo XX (ANUIES [21]) la proporción de alumnos estudiando una carrera del área de ciencias naturales y exactas era solamente un 2 % de la población escolar. El dato que viene allí como matrícula para la carrera de química es únicamente de 2,057 estudiantes, con 183 egresados y 130 titulados en el año de 1998. Es una verdadera tragedia que la carrera más científica del área tenga tan reducido número de alumnos. En la mayor parte de los pocos planteles en los que se ofrece la carrera de química, los cursos de esta licenciatura están a cargo de científicos activos, como lo recomendaron Lena Ruiz y colaboradores [1]. Pero 130 titulados anualmente no es un número apropiado ni siquiera para nutrir de profesores la enseñanza secundaria y de bachillerato de la química en el país. La universidad privada no apoya para nada el incremento de estos números, pues muy pocos planteles ofrecen esta carrera actualmente, no les resulta económicamente facti-

ble. Esta actitud actual contrasta con la del pasado, cuando hay que recordar el apoyo otorgado a Xorge A. Domínguez, insigne investigador en química de productos naturales, por el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey.

Química farmacéutico biológica

Actualmente (ANUIES [21]) hay 17,732 estudiantes en carreras de química de la salud y en 1998 hubo 2,156 egresados y 1,604 titulados en todo México.

De acuerdo con Espejo [22], la época actual de la farmacia se inició en 1919, cuando los profesores Víctor Lucio, Castañares, Lisci y Caturegli, con el apoyo de Roberto Medellín, pasaron a formar parte de la Facultad de Química y Farmacia, que resultó de la transformación de la Escuela de Industrias Químicas creada en 1916. El nuevo plan de tres años comprendía cursos de química inorgánica y orgánica, análisis cualitativo y cuantitativo, análisis bromatológicos, clínicos y toxicológicos, farmacognoscia, microbiología, química legal, farmacia galénica e industria farmacéutica. Luego, en 1935, se amplió la carrera a cuatro años y, a partir de 1937, se empezó a ofrecer con el nombre de químico farmacéutico biólogo. Es notable la labor de Rafael Illescas al frente de la Escuela y de don Francisco Giral, exilado republicano español, como maestro de tiempo completo encargado del laboratorio de fitoquímica.

En 1990, cita Ofelia Espejo [21], existían en la República 29 escuelas de farmacia, otorgando todas ellas el título de QFB o variantes del mismo. Muchas de ellas se crearon en la década de 1950, bajo el modelo de la Universidad Nacional. De esas carreras ha derivado recientemente la de química en alimentos, la de bioquímica, la de química clínica y otras más.

Conclusión

Carlos Topete [23] ya nos había alertado sobre la gran diversidad de carreras del área química que se ofrecen en el país. Cita un total de 47 diferentes licenciaturas, con 47 diferentes nombres, como el marco diverso de alternativas existentes.

Es innegable la influencia que reciben las carreras del campo de la química del paradigma tecnológico actual constituido por la biotecnología, la microelectrónica, la informática y los nuevos materiales, que las hace reestructurarse y al mismo tiempo modernizarse. De esta forma, en muchos currícula actuales ya son comunes la computación, el control de procesos, la ecología, los procesos biotecnológicos, etcétera.

El problema es la falta del número requerido de expertos en estas áreas y de investigadores consolidados en el área más química, como líderes de la formación de egresados del área de la química en nuestras universidades públicas y privadas.

Ese resulta ser el diagnóstico de final del siglo XX, no podemos crear o reformar las carreras de química, química para la salud e ingeniería química para dotarlas de una orientación fundamentalmente científica; porque ello sólo es viable en aquellos pocos lugares en donde existe personal calificado

y reconocido como líder académico. Sigue haciendo falta, igualmente, la elaboración de libros de texto por especialistas, los cuales se dedican exclusivamente, y con muy pocas excepciones, a publicar sus investigaciones.

Bibliografía

1. Ruiz, L.; Garriz, A.; Robledo, A.; García-Colín, L.; Gómez, J.; García, F.; Soriano, M.; Contreras, R.; Aceves, J.M. Diagnóstico y análisis de la química en México, *Ciencia y Desarrollo* **1986**, *11*, 35-42. (Apareció también en *ContactoS* **1985**, *2*, 76-82.
2. Garriz, A., compilador, *Química en México. Ayer, hoy y mañana*, Facultad de Química, UNAM, México, **1991**. 520 pp.
3. SEP, Programas maestros para la educación secundaria. México, **1977**.
4. Educación Química. "DEBATE: La enseñanza de la química en la secundaria" *Educ. Quím.* **1993**, *4*, 134-159.
5. (a) Chamizo, J.A.; Petrich, M.; Guevara, M.; Ortiz, J.; Sánchez, A. *La enseñanza de la química en la escuela secundaria. Lecturas*, Secretaría de Educación Pública, México, **1995**. (b) Chamizo, J.A.; Petrich, M.; Guevara, M.; Sánchez, A. *La enseñanza de la química en la escuela secundaria Guía de estudio*, Secretaría de Educación Pública, México, **1995**. (c) Chamizo, J.A.; Petrich, M.; Vilar, R. *El libro para el maestro. Educación Secundaria. Química*. Secretaría de Educación Pública, México, **1995**.
6. Garriz, A.; Talanquer, V. "Advances and Obstacles to the Reform of Science Education in Secondary Schools in Mexico", in *Science and Environment Education. Views from Developing Countries* pp. 75-92, Editor Sylvia Ware, Secondary Education Series, The World Bank, **1999**.
7. Sánchez, A. "La formación y actualización de maestros de ciencias naturales y matemáticas en México", Presentación en el Seminario Internacional sobre Innovaciones Educativas en Ciencias Naturales y Matemáticas. OCDE. México, **1997**.
8. Garriz, A.; Chamizo, J. A., "Una panorámica de la educación química en el bachillerato", *Perfiles educativos*, 41-42, 3-17, **1988**.
9. Castañón, R.; Seco, R.M. *La educación media superior en México. Una invitación a la reflexión*, Noriega editores, México, **2000**. ISBN 968-18-6043-8. pp. 74-82
10. Garriz, A.; Chamizo, J.A. *Química*. Addison Wesley, Wilmington, **1994**.
11. SEP. *Prontuario estadístico, cultural y presupuestario 1997*. México, **1997**.
12. Juaristi, E.; Castillo, C.; Chamizo, J. A.; Delgado, G.; Guzmán, A.; Medina, S. G.; Morales, H.L.; Pisanty, A.; Rodríguez-Hahn, L.; Rosales, M. J. *Prospección de la química en México en Retos y Perspectivas de la Ciencia en México*, Fortes, M y Gómez-Wulschner, C., Eds. Academia de la Investigación Científica, A.C., México, **1995**.
13. Garriz, A. Una propuesta de estándares nacionales para la educación científica en el bachillerato. La corriente educativa Ciencia-Tecnología-Sociedad, *Ciencia* **1998**, *49*, 27-34.
14. Chamizo, J.A. "Hacia una revolución en la educación científica", *Ciencia* **1994**, *45*, 67.
15. Castillejos, A. "El centro nacional de educación química", *Educ. Quím.* **2001**, *12*, 71-74.
16. García Fernández, H. "El nacimiento de la Facultad", en *Química en México. Ayer, hoy y mañana*, Garriz, A., compilador, pp. 73-101, Facultad de Química, UNAM, México, **1991**.
17. Urbina del Raso, A. "La ingeniería química y su enseñanza en la UNAM", en *Química en México. Ayer, hoy y mañana*, Garriz, A., compilador, pp. 209-217, Facultad de Química, UNAM, México, **1991**.

18. Garrido Asperó, M. J. *Alberto Urbina del Raso. Historia de la enseñanza de la ingeniería química en México*, Facultad de Química, UNAM, México, **1998**.
19. Ávila Galinzoga, J. "La carrera de ingeniería química en la ESQIE", en *Química en México. Ayer, hoy y mañana*, Garritz, A., compilador, pp. 103-108, Facultad de Química, UNAM, México, **1991**.
20. Valiente, A. "La enseñanza de la ingeniería química en México", *Educ. Quím.* **1996**, 7, 16-24.
21. ANUIES, Estadísticas de la Educación Superior 1999, México, 1999. Documento licenciatura.pdf obtenido de internet de <http://www.anui.es.org/>.
22. Espejo González, O. "La profesión farmacéutica" en *Química en México. Ayer, hoy y mañana*, Garritz, A., compilador, pp. 235-245, Facultad de Química, UNAM, México, **1991**.
23. Topete, C. "Currícula y matrícula en las carreras de química" en *Química en México. Ayer, hoy y mañana*, Garritz, A., compilador, pp. 487-506, Facultad de Química, UNAM, México, **1991**.