

# Las carreras de Química en América Latina. Dos agendas que enfrentar

JOSÉ ANTONIO CHAMIZO  
Universidad Nacional Autónoma de México, México

---

## Introducción

Luis Leloir, estudiante y profesor de la Universidad de Buenos Aires, obtuvo en 1970 el premio Nobel por sus estudios sobre el metabolismo de los azúcares y Mario Molina, estudiante de la Universidad Nacional Autónoma de México y profesor del MIT en Estados Unidos lo logra en 1995 por sus investigaciones sobre el agujero en la capa de ozono. De todas las universidades latinoamericanas sólo alumnos de las de Argentina y México se han hecho acreedoras de este galardón en la disciplina de la Química. Estos reconocimientos, que como veremos muestran más aciertos personales que proyectos institucionales, enmarcan el desarrollo de la Química en América Latina (Chamizo, 2004).

Hace poco más de veinte años apareció publicado el primer estudio sobre la investigación científica en América Latina a partir de las citas y referencias en revistas internacionales (Science Citation Index, SCI). A pesar de ser ésta una manera parcial de abordar el impacto de la ciencia regional<sup>1</sup> sí permite detectar algunos de los asuntos relevantes hoy (Garfield, 1984):

- **IMPACTO.** En promedio, los artículos publicados por investigadores latinoamericanos recibieron tres citas de 1978 a 1982 contra un promedio de cinco para cada artículo en el SCI.
- **LUGAR.** Con respecto al origen de los artículos, el 92% de los artículos investigados provenían de Brasil, Argentina, México, Chile y Venezuela. De acuerdo a lo anterior se podría pensar que ningún otro país latinoamericano “produce” ciencia.
- **ASLAMIENTO.** Las citas de los artículos latinoamericanos refieren a otros artículos norteamericanos, europeos, asiáticos y a los de su propio país. Los argentinos citan trabajos argentinos, los venezolanos, venezolanos. Con respecto a los otros países latinoamericanos existe un olvido, que se traduce en un inequívoco aislamiento.

---

<sup>1</sup> El *Science Citation Index* (SCI) es una base multidisciplinaria que reúne aproximadamente unas 5.300 revistas de tecnología, medicina, ciencias de la vida y medio ambiente. En el caso de América Latina, a las limitaciones generales se suma una más puntual: en el presente no existe una base de datos que cubra la mayor parte de la producción científica de la región. Si bien una solución parcial a esta dificultad consiste en recurrir a bases de datos internacionales, los indicadores bibliométricos elaborados a partir del SCI, no tienen para los países latinoamericanos la legitimidad deseable, debido fundamentalmente al sesgo, tanto temático como de idioma, de esta base. A este sesgo, se suma el hecho de que menos del 1% de las revistas científicas de los países de Iberoamérica son recogidas por el Institute of Scientific Information, institución que en Estados Unidos produce el SCI.

**Revista Iberoamericana de Educación**

**ISSN: 1681-5653**

n.º 46/4 – 10 de junio de 2008

EDITA: Organización de Estados Iberoamericanos  
para la Educación, la Ciencia y la Cultura (OEI)



- DIVERSIDAD. Sobre qué ciencia se investiga: la mayoría de los artículos se centran en ciencias de la vida (biología) mientras que la Física y la Química tienen escasa presencia, y esta última representa menos del 10% del total.

Considerando los incisos anteriores la ciencia latinoamericana aparecía a los ojos de sus pares internacionales como de bajo impacto, concentrada en unos pocos países, incomunicada entre sí y abocada sobre todo a resolver asuntos relacionados con las ciencias de la vida. La investigación y publicación referente a la Química estaba por debajo de los promedios internacionales.

Por otro lado, en un estudio internacional reciente sobre la enseñanza de la Química se reconoció una posición dominante respecto al currículo en Química, que es la prevaleciente en todo el mundo (van Berkel, 2000):

Todo el currículum químico escolar actual tiene una estructura dominante basada en la teoría corpuscular, la cual es rígidamente combinada con una estructura filosófica, el positivismo educativo y una estructura pedagógica en la preparación del futuro químico profesional... La educación química normal está aislada del sentido común, de la vida cotidiana, de la sociedad, de la historia y la filosofía de la ciencia, de la tecnología, de la física escolar y de la investigación química actual.

Dura y pesimista como es, la anterior conclusión, refleja semejanzas con otras posiciones obtenidas de diversas investigaciones educativas, centradas en la pedagogía y la didáctica (Treagust, 2000; Hodson, 2003; Izquierdo, 2003; van Aalsvoort, 2004). Para enfrentar la situación anterior una revolución en la enseñanza de la Química se acerca y para ello es pertinente saber qué se está haciendo en América Latina.

Para esta investigación se identificaron universidades públicas (y privadas en contadas ocasiones) de la mayoría de los países de América Latina (Tabla 1). Por medio de Internet se realizó una búsqueda, dado que la consulta a través de la Unión Nacional de Universidades de América Latina (UDUAL), cuya sede central se ubica en la ciudad de México, resultó infructuosa. En la USUAL, además, no se han establecido criterios para clasificar a las universidades (ya sea por tamaño, importancia de la investigación realizada, cantidad de libros y/o artículos publicados, planta docente, etc.). Por las razones anteriores, para este trabajo de investigación la elección de las universidades y de los departamentos o escuelas o facultades de Química quedó a cargo del autor de acuerdo con lineamientos establecidos en investigación cualitativa (Creswell, 2000). A pesar de no ser exhaustiva las instituciones investigadas representan, razonablemente, las condiciones educativas de la región: desde universidades pequeñas y jóvenes hasta las más antiguas y mayores del continente.

Así, cuatro instituciones latinoamericanas de educación superior manifiestan:

La Universidad de Buenos Aires es una entidad de derecho público que tiene como fines la promoción, la difusión y la preservación de la cultura. Cumple este propósito en contacto directo permanente con el pensamiento universal y presta particular atención a los problemas argentinos.

Como institución autónoma de cultura superior, la Universidad de Costa Rica está constituida por una comunidad de profesores, estudiantes y funcionarios administrativos, dedicada a la enseñanza, la investigación, la acción social, el estudio, la meditación, la creación artística y la difusión del conocimiento.

La Universidad Católica es una institución católica de enseñanza superior. Tiene un encargo de la iglesia, a beneficio del pueblo de Chile en el terreno de la educación, la ciencia y la cultura.

El Instituto Politécnico Nacional es la institución educativa del Estado creada para consolidar, a través de la educación, la independencia económica, científica, tecnológica, cultural y política para alcanzar el progreso social de la nación, de acuerdo con los objetivos históricos de la Revolución Mexicana contenidos en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.

De acuerdo a lo anterior, ya sea bajo el mandato de la Iglesia Católica, o de la Revolución Mexicana, el propósito: la meditación, la creación artística, el contacto con el pensamiento universal o la independencia económica y muchos otros puntos, los caminos construidos son variados y diversos. Sin embargo, en esta investigación nos abocamos a los que tienen en común acerca de la enseñanza de la Química.

Por otro lado Brunner (2001) en su estudio sobre Globalización y el futuro de la educación en América Latina indica:

Al final, en una sección conclusiva, se señala que la educación latinoamericana enfrenta dos desafíos de enorme magnitud. Por un lado, debe cumplir las asignaturas pendientes del siglo XX, tales como universalizar la cobertura preescolar, básica y media; incorporar las poblaciones indígenas al sistema escolar; mejorar la calidad y resultados de la enseñanza de competencias básicas, particularmente entre los sectores más pobres de la población infantil, juvenil y adulta; modernizar la educación técnica de nivel medio y superior; masificar la enseñanza de nivel terciario. Por otro lado, debe dar el salto hacia el siglo XXI y emprender las nuevas tareas de las cuales dependen el crecimiento económico, la equidad social y la integración cultural, adaptando para ello sus estructuras, procesos y resultados y las políticas educacionales, a las transformaciones que –por efecto de la globalización– experimentan los contextos de información, conocimiento, laboral, tecnológico y de significados culturales en que se desenvuelven los procesos de enseñanza y aprendizaje. Ambas agendas –del siglo XX y del siglo XXI– son tremendamente exigentes y costosas. Aplicarlas al mismo tiempo es una faena que requerirá un formidable esfuerzo. Compatibilizar sus fines y ritmos de implementación será, de aquí en adelante, la clave de las políticas educacionales. Los riesgos que surgen en estas circunstancias son conmensurables con la magnitud de los desafíos.

## 1. Las carreras de Química

Desde hace varios años se viene discutiendo el problema de la identidad de la Química (Bensaude-Vincent, 1997; Jensen, 1998; Scerri, 2000). El mismo se manifiesta en las carreras de Química, no sólo en América Latina, sino prácticamente en todo el mundo.

Al analizar carreras que se imparten en al menos universidades de tres países diferentes podemos reconocer que hay cuatro grandes orientaciones como se indica en la Tabla 2. Estas orientaciones pueden a su vez agruparse en dos grandes áreas:

- 1) Química pura (científica).
- 2) Química aplicada (ingeniería, farmacia y educación).

Para continuar con esta caracterización es preciso reconocer la diversidad de Escuelas y Facultades en las que se imparten las carreras de Química. Éstas van desde la integración casi total de la mayoría de las carreras en escuelas y facultades de Química, hasta la presencia de una carrera relacionada con la Química en una facultad de ingeniería, de ciencias o de farmacia. Así tenemos:

- Escuelas y facultades con varias carreras de Química como la Facultad de Química de la UNAM (con las carreras de Química, Químico Farmacéutico Biólogo, Químico de Alimentos,

Ingeniería Química e Ingeniería Química Metalúrgica, faltaría la orientación que ofrecen otras universidades latinoamericanas relacionada con la docencia de la Química); la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas de la Universidad de Chile (con las carreras de Química, Bioquímica y Farmacia, donde faltarían las orientaciones de ingeniería y de educación).

- Facultades de Ciencias. Por ejemplo en la Universidad Central de Venezuela o en la Universidad de La Habana donde la carrera de Química es una de las varias que se imparten en las Facultades de Ciencias.
- Escuelas y facultades de Ingeniería. Como es el caso de la carrera de Ingeniería Química en la Universidad de la República en Uruguay, o en la Universidad Nacional de Colombia. UNICAMP en Brasil tiene inclusive una Facultad de Ingeniería Química.
- Escuelas y facultades de Farmacia en facultades con ese nombre (por ejemplo en la Universidad de Buenos Aires o la Universidad Nacional Mayor de San Marcos en Perú).

Las razones para esa dispersión, única entre las diversas disciplinas científicas es seguramente específica de cada universidad, sin embargo se puede aventurar una primera explicación de lo anterior en la propia historia de la Química. Como lo indica Bensaude-Vincent (1997):

La creación de instituciones docentes y de investigación de nuevo tipo garantiza el estatuto y el reconocimiento social de la disciplina, permite la difusión de los conocimientos y la formación de un ejército de químicos... El que la Química, dentro del proceso global de profesionalización de las ciencias que durante la primera mitad del siglo XIX afecta a todos los campos del saber, estuviera a menudo a la vanguardia, se debe también a que este proceso se alimentaba de una transformación efectiva y no solamente formal de las prácticas químicas (...) pero, sobre todo, es su promoción en la enseñanza superior la que transforma el estatuto de la Química. En España, en Alemania, en Francia, en Gran Bretaña, en los Estados Unidos..., en todas partes donde se desarrolla la enseñanza de las ciencias experimentales, se multiplican las cátedras de Química. La Química se impone poco a poco en los distintos estudios, no sólo farmacéuticos y médicos, sino también de ingeniería y agricultura. El fenómeno es internacional y sus efectos son numerosos e importantes (...) la Química se ejerce como una profesión. Una actividad a tiempo completo, remunerada, que exige una formación previa y estudios sancionados por diplomas.

En este ir y venir entre Química pura y Química aplicada hay que precisar que en América Latina estamos muy retrasados. Recientemente hemos estado compitiendo con economías en constante innovación que invierten, investigan y aplican lo así descubierto en la industria y en nuevos productos, lo cual prácticamente no ocurre en nuestra región. Al menos en el caso de México, y que sirva este como ejemplo: se han hecho aportaciones importantes a la Química internacional (por ejemplo el descubrimiento de un nuevo elemento, o el desarrollo de hormonas esteroidales a través de una transnacional mexicana, Syntex), cuando las condiciones han sido propicias para ello, tiempo, dedicación y compromiso con la resolución de problemas específicos (Chamizo, 2003). Ante el retraso la primera solución es educativa, pero debe ser pertinentemente educativa, es decir, acorde con la situación específica de América Latina.

Ante la amplitud del problema, en el presente artículo solo se va a discutir el área de Química pura dejándose para una ocasión posterior la correspondiente a la Química aplicada.

## 2. Las carreras de Química pura

La carrera de Química es la principal representante del área de la Química pura, es también la primera y más antigua. Las universidades latinoamericanas la caracterizan a través de diversos perfiles profesionales:

En la Universidad de Panamá éste es general e "internacional":

El químico estudia la materia, su composición, propiedades y transformaciones en la estructura. Asesora técnicamente o trabaja en el diseño y modificación de procesos químicos, solución de problemas industriales, innovación tecnológica, evaluación del impacto ambiental, mejoramiento y síntesis de productos, control de calidad, análisis de productos diversos.

Mientras que en la Universidad Mayor de San Marcos en Perú:

El Químico es un profesional integral que conoce la realidad nacional y sus recursos; que con los conocimientos básicos de los procesos químicos está capacitado para investigar los fenómenos químicos mediante ensayos o análisis con el fin de elaborar o perfeccionar los materiales y producto. Aplica los principios, métodos y técnicas conocidas de la Química, efectúa análisis y controla la calidad de los productos y procedimientos de fabricación, de acuerdo a las normas nacionales e internacionales. Los químicos deben tener destreza en la búsqueda de información técnica, conocimientos cabales de las ciencias químicas: inorgánica, orgánica, análisis cuantitativos y cualitativos por métodos clásicos e instrumentales modernos.

A partir de la secuencia de materias indicadas por cada institución se pueden establecer, en una primera aproximación tres modelos para la carrera de Química, en donde la duración de la carrera va desde nueve a doce semestres (Tabla 3) y en donde se reconocen de manera velada las dos agendas indicadas por Brunner (2001).

La revisión de los planes de estudio de once carreras de Química muestra que todas ellas tienen en común (en semestres):

- Cuatro semestres de matemáticas (hasta 10 en BA).
- Dos de física (hasta 6 BA).
- Tres de fisicoquímica (hasta 9 en FQ-UNAM).
- Uno de biología (hasta 6 en BA).
- Tres de Química orgánica (hasta 5 en UNAM).
- Dos de Química inorgánica (hasta 5 en FQ UNAM).
- Tres de Química analítica (hasta 6 en BA, UH, UNAM).

Lo anterior nos daría un "núcleo" compartido de asignaturas semejantes y que representaría (asumiendo diez asignaturas por año escolar) cerca de dos años. Sólo un poco más de la tercera parte de las asignaturas de la carrera de Química en América Latina son semejantes. Acerca de esto, los profesores colombianos Romero y Blanco (Romero, 2002) indican:

Puesto que no existe ningún acuerdo acerca de lo que es lo esencial, la enseñanza de la Química en Colombia, lo mismo que en el resto de América Latina enfrenta varias dificultades a saber:

En la medida en que no se han identificado por parte de la comunidad académica cuáles son los aspectos esenciales que debería cubrir la formación básica a nivel posgrado en Química, todo parece tener la misma importancia y no se profundiza o desarrollan plenamente las fortalezas de cada institución.

Aunque en muchos casos se encuentran instituciones con programas de Química actualizados, éstos por lo general son bastante rígidos; es decir, prácticamente todas las asignaturas son obligatorias y el estudiante sólo tiene la posibilidad de programar muy pocas electivas (ver Modelo 1). Lo anterior no sólo constituye un grave freno a la posibilidad de manejar programas flexibles en los que el estudiante pueda profundizar en las áreas de su interés, sino que es un obstáculo enorme a la movilidad de estudiantes entre universidades y al desarrollo de proyectos de cooperación entre instituciones.

Atender a estas dificultades sería una línea inequívoca de trabajo entre los encargados de las carreras de Química de la región, una vez que ya hay un núcleo temático que comparten muchas universidades. Así mismo habría que considerar cómo se relacionan los currículos con la "posición dominante" prevaleciente en todo el mundo y ya discutida en la introducción de este trabajo (Chamizo, 2001).

Finalmente el perfil del egresado del químico latinoamericano es, de acuerdo con tres universidades:

El químico estudia la materia su composición, propiedades y transformaciones en la estructura. Asesora técnicamente o trabaja en el diseño y modificación de procesos químicos, solución de problemas industriales, innovación tecnológica, evaluación del impacto ambiental, mejoramiento y síntesis de productos, control de calidad, análisis de productos diversos. (Universidad Central de Venezuela).

Esta carrera te prepara y da el criterio para usar, adaptar, modificar, diseñar o bien crear métodos y tecnología en el desarrollo de procesos y productos químicos. Además te habilita para participar en la organización y gestión tanto en centros de investigación como en el sector industrial. (Universidad de Chile).

Nuestros químicos son profesionales con preparación teórica y práctica orientada a llevar a cabo las muchas funciones inherentes a la industria química, la administración, la investigación y el desarrollo, así como en las ventas y la consultoría de las industrias que participan en la transformación química, farmacéutica, extracción de materias primas, normalización, etc. (Universidad de Costa Rica).

Lamentablemente, ante la enorme carencia de información que caracteriza a la región, no hay manera de contrastar este discurso con los hechos.

### 3. Las agendas del siglo XX y del siglo XXI

Las funciones sustantivas de muchas de las universidades investigadas se resumen en la generación del conocimiento, su enseñanza y en la difusión de la cultura. A pesar de ello solo el 15% de todos los alumnos inscritos de la región, tienen el privilegio de estarlo en instituciones que cumplen lo anteriormente dicho (Rodríguez, 2001) y que con ello se ubican en la agenda del siglo XXI. Además no deja de ser preocupante que a lo largo de su historia reciente, la evaluación de la primera de dichas funciones se ha hecho de manera por demás exitosa (Martínez, 1998) y no las otras dos. Así, aunque incompletos, podemos contar ya con indicadores que muestran la situación de la ciencia y de la Química en la región y con ellos reconocer de mejor manera el tamaño de los retos a enfrentar. Para la presente discusión consideraremos únicamente dos de ellos: las publicaciones contenidas en el *Chemical Abstracts*. y las publicaciones reportadas en el *Science Citation Index*.

1) Las publicaciones reportadas en el *Chemical Abstracts*.

La Química es la ciencia más productiva (Tague, 1981). Considerando únicamente los resúmenes del *Chemical Abstracts*<sup>2</sup> los químicos académicos profesionales escriben más artículos que todas las demás ciencias juntas, incluidas las sociales. Se ha calculado que para saber de toda la Química hay que leer 2.000 revistas por día o si sólo se leen los resúmenes del *Chemical Abstracts* se necesita leer 200 páginas al día (hasta un total de 70.000 páginas al año). Todavía más: como el número de revistas relacionadas con la Química se está incrementando habría que duplicar nuestra capacidad de lectura para el año 2015.

En la Tabla 4 se muestran las publicaciones incluidas en esta base de datos provenientes de algunos países de América Latina (únicamente aquellos que en el año 2005 reportaban más de cien publicaciones), mostrándose además la relación que dichas publicaciones tienen con el total de la Química publicada en el mundo. Hay que resaltar el hecho de que Brasil, Argentina y México representan en 1990 el 79%, en 1999 el 81% y en el 2005 el 83% de la Química publicada por América Latina. La concentración del saber en unos pocos países de la región no solo se mantiene, sino que se incrementa. Brasil por si solo representa cerca de la mitad de las publicaciones latinoamericanas y ya desde 1990 España publica casi tanto como toda América Latina junta. En términos globales la Química latinoamericana impacta muy poco en la Química mundial.

Por otro lado ante el tremendo crecimiento de la información relacionada con la Química cuando un estudiante, de cualquier universidad latinoamericana inicie su carrera hoy, accederá, en el mejor de los casos, a la mitad de todo lo que se sepa de esta disciplina al terminar su carrera universitaria, por ello es indispensable percatarse de lo anterior para construir programas de Química, que no se anclen únicamente en el conocimiento, sino que también consideren las competencias. (Chamizo, 2007). Lo anterior sin olvidar el proveer de educación de calidad a los que hoy no la tienen. Hay una importante discusión internacional sobre la enseñanza de la Química en la secundaria y en el bachillerato en la que América Latina está al margen, por no mencionar las discusiones acerca del espacio de convergencia europeo a nivel universitario. Como ya se mencionó hay dos agendas que cumplir y es tarea de las universidades latinoamericanas buscar que se cumplan.

2) Las publicaciones reportadas en el *Science Citation Index*.

A pesar de las limitaciones del Science Citation Index, es una de las bases de datos internacionales más utilizada y con las precauciones mencionadas, permite reconocer el estado de la ciencia en la región (ver Cetto, 1995). En el año 2004 la producción científica

---

<sup>2</sup> El *Chemical Abstract* es una base de datos que comprende alrededor de 8.000 publicaciones de química, bioquímica e ingeniería química, elaborado por Chemical Abstracts Service de Estados Unidos y es la fuente de información más utilizada en química. Esta base de datos tiene importantes limitaciones ya que depende (como todas las otras) de las características metodológicas de los programas para recuperar información; de los criterios de selección de los documentos para ser incluidos; y de la representatividad de su contenido sobre el conjunto del universo definido previamente.

latinoamericana representaba un 3.3% del total mundial. De esa pequeña fracción los cinco países que contribuyen de manera sobresaliente son los mismos que lo hacían dos décadas atrás: Brasil (47%), México (19%), Argentina (15%), Chile (8%) y Venezuela (3%).

En la Introducción de este estudio informamos sobre la percepción que de la ciencia latinoamericana se desprende del *Science Citation Index* en 1984. A dos décadas de distancia, el bajo impacto, el reducido número de países en los que se origina la investigación y el aislamiento a pesar de lo hecho, parecen seguir presentes.

Sobre esta situación habría que considerar las palabras de Muñoz en el *Primer Foro de Análisis de la Política Científica en México* (Muñoz, 2001):

Quizá sería mejor concebir a los investigadores como prestadores de servicios y no como productores con pocos usuarios, y el mayor servicio que podemos prestarle al país, repito, es en la educación sin dejar de ser investigadores... Aclaro desde ahora que el participar en tareas educativas no se refiere únicamente a dar clases. Me refiero a un ejemplo que conozco bien: la publicación de textos científicos para los estudiantes de educación media-superior, superior y de posgrado. Hay otras muchas tareas que son académica, social y económicamente necesarias, para las que el investigador es indispensable aunque la tarea no traiga como resultado la publicación de un artículo en una revista de corte internacional pero que considera interesante la investigación y posible solución de problemas locales, o el desarrollo de técnicas que sin ser de punta si son adecuadas y útiles en nuestro medio.

A nivel de México (y no hay evidencia latinoamericana que muestre lo contrario, por lo que con las limitaciones del caso lo que aquí se expresa puede extenderse al resto de la región) el 80% de los cursos universitarios son impartidos por profesores que solamente han concluido su licenciatura y que no están en condiciones de alcanzar la frontera del conocimiento en su especialidad, por lo que se dedican a repetir conocimientos derivados de textos importados y traducidos del extranjero. Sus cursos son más bien repetitivos y no tienen la frescura del conocimiento impartido después de haber reflexionado profundamente sobre una rama específica del saber.

## 4. Conclusiones

Es fundamental que los profesionistas mejor preparados, de preferencia con cursos de posgrado, participen activamente en los procesos de enseñanza a nivel licenciatura una vez que solo ellos estarán en la posibilidad de transitar sólidamente hacia la agenda del siglo XXI. Es urgente reconocer lo que compartimos (no solo curricularmente) para que, ante la carencia de recursos, lo potenciemos al máximo. De manera semejante a lo hecho en Europa los latinoamericanos debemos sumar esfuerzos en lugar de cavar zanjas. Hay que volver a pensar la finalidad de hacer ciencia (que finalmente comparada con la del resto del mundo era, en 1984, y es hoy, marginal (ver por ejemplo Waast, 1999) para que no se aplique (desvinculación con sector productivo) ni se entienda (ausencia de divulgación de la Química) en América Latina (Chamizo, 2000).

## Bibliografía

- BENSAUDE-VINCENT, B., y STENGERS, I. (1997): *Historia de la Química*. Madrid: Addison-Wesley/Universidad Autónoma de Madrid.
- BRUNNER, J. J. (2001): *Globalización y el futuro de la educación: tendencias, desafíos, estrategias*. Documento de apoyo, Séptima Reunión del Comité Regional Intergubernamental del Proyecto Principal de Educación en América Latina y el Caribe, UNESCO.
- CETTO, A. M., y HILLERUD, K. I. (Comps.) (1995): *Publicaciones científicas en América Latina*. México: ICSU-UNESCO-UNAM-AMC-FCE.
- CHAMIZO, J. A. (Coord.) (2000): *Encuentros con la ciencia: el impacto social de los museos y centros de ciencia*. México: CONACYT-AMMCCYT.
- CHAMIZO, J. A. (2001): "El currículum oculto en la enseñanza de la Química", en: *Educación Química*, 12, pp. 194-198.
- (2003): *Química mexicana*. México: CONACULTA, Tercer Milenio.
- (2004): "Apuntes sobre la historia de la Química en América Latina", en: *Revista de la Sociedad Química de México*, 48, pp. 165-171.
- CHAMIZO, J. A., e IZQUIERDO, M. (2007): "Evaluación de las competencias de pensamiento científico", en: *Alambique. Enseñanza de las ciencias: perspectiva iberoamericana*, 51, pp. 9-19.
- CRESWELL, J. (2000): *Research Design: Quantitative, Qualitative and Mixed Meted Approaches*. Thousand Oaks, CA, Sage Publications.
- GARFIELD, E. (1984): "Essays of an Information Scientist, Latin American Research. Part 2", en : *Current Contents*, 20, pp. 3-10.
- HODSON, D. (2003): "Time for Action: Science Education for an Alternative Future", en: *International Journal of Science Education*, 25, pp. 645-670.
- IZQUIERDO, M., y ADURIZ, A. (2003): "Epistemological Foundations of School Science", en: *Science&Education*, 12, pp. 27-43.
- JENSEN, W. B. (1998): "Does Chemistry have a Logical Structure?" en: *J.Chem. Ed.* 75, pp. 679-687; "Can we Unmuddle the Chemistry Textbook?", en: *J.Chem.Ed.*, 75, pp. 817-828; "One Chemical Revolution or Three?", en: *J.Chem. Ed.* 75, pp. 961-969.
- MARTÍNEZ E., y ALBORNOZ, M. (1998): *Indicadores de ciencia y tecnología: estado del arte y perspectivas. Red Iberoamericana de indicadores de Ciencia y Tecnología*. Caracas, UNESCO, Nueva Sociedad.
- MUÑOZ, J. (2000): "Evaluación y gratificación", en: *Memorias del Primer Foro de Análisis de la Política Científica en México*. México, Universidad Autónoma de Tlaxcala.
- ROMERO, C., y BLANCO, L. H. (2002): "Un currículum básico para las carreras de Química en Latinoamérica", en: *Educación Química*, 13, pp. 129-132.
- RODRÍGUEZ, R. (2001): "Educación, desarrollo y democracia en América Latina", en: *Perfiles Educativos*, 94, pp. 6-42.
- SCERRI, E. R. (2000): "Philosophy of Chemistry. A New Interdisciplinary Field?", en: *J.Chem.Ed.*, 77, pp. 522-525.
- TAGUE, J.; BEHESHTI J., y REES-PORTER, L. (1981): "The Law of Exponential Growth: Evidence Implications and Forecast", en: *Library Trends*, 30, pp. 125-150.
- TREAGUST, D.; DUIT, R., y NIESWAND, M. (2000): "Sources of Students Difficulties in Learning Chemistry", en: *Educación Química*, 11, pp. 228-235.
- VAN AALSVORST, J. (2004): "Logical Positivism as a Tool to Analyse the Problem of Chemistry's Lack of Relevance in Secondary School Chemical Education", en: *International Journal of Science Education*, 26, pp. 1.151-1.168.
- VAN BERKEL; DE VOS, W.; VERDONK, A. H., y PILOT, A. (2000): "Normal Science Education and its Dangers: The Case of School Chemistry", en: *Science & Education*, 9, pp. 123-159.
- WAAST, R., y BOUKHARI, S. (1999): "¿Quién posee la ciencia?", en: *El Correo de la UNESCO*, mayo.

## ANEXO

TABLA 1  
Carreras de Química en América Latina

INSTITUCIÓN DE EDUCACIÓN SUPERIOR		CARRERAS IMPARTIDAS
Universidad Católica de Córdoba, UCC (Argentina)	Facultad de Ciencias Químicas	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bioquímica</li> <li>Farmacía</li> </ul>
Universidad de Buenos Aires, UBA (Argentina)	Facultad de Ciencias Exactas y Naturales Facultad de Farmacia y Bioquímica Facultad de Ingeniería	<ul style="list-style-type: none"> <li>Licenciatura en Ciencias Químicas</li> <li>Profesorado de Enseñanza Media y Superior en Química</li> <li>Bioquímica</li> <li>Ingeniería Química</li> </ul>
Universidad Mayor San Simón, UMSS (Bolivia)	Facultad de Ciencias y Tecnología Facultad de Ciencias Farmacéuticas y Bioquímica	<ul style="list-style-type: none"> <li>Química</li> <li>Ingeniería Química</li> </ul>
Universidad de Brasilia, UB (Brasil)	Instituto de Química	<ul style="list-style-type: none"> <li>Química</li> </ul>
UNICAMP (Brasil)	Instituto de Química	<ul style="list-style-type: none"> <li>Química</li> <li>Química Tecnológica</li> <li>Ingeniería Química</li> <li>Química y Física (educación)</li> </ul>
Universidad Federal de Río de Janeiro, UFRJ (Brasil)	Instituto de Química Escola de Química	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ingeniería Química</li> <li>Química Industrial</li> <li>Farmacía</li> </ul>
Universidad Nacional de Colombia, UNC (Colombia)	Facultad de Ingeniería (Bogotá) Facultad de Ciencias (Bogotá) Facultad de Ingeniería y Arquitectura (Manizales) Facultad de Minas (Medellín)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Química (Bogotá)</li> <li>Ingeniería Química (Bogotá)</li> <li>Farmacía (Bogotá)</li> <li>Ingeniería Química (Manizales)</li> <li>Ingeniería Química (Medellín)</li> </ul>
Universidad de Costa Rica, UCR (Costa Rica)	Sede Rodrigo Facio	<ul style="list-style-type: none"> <li>Licenciatura en Ciencias Química</li> <li>Licenciatura en Microbiología y Química Clínica</li> <li>Enseñanza de las Ciencias Naturales con énfasis en Química</li> <li>Ingeniería Química</li> </ul>
Universidad de La Habana, UH (Cuba)	Facultad de Ciencias Exactas y Naturales	<ul style="list-style-type: none"> <li>Licenciatura en Química</li> <li>Licenciatura en Bioquímica</li> <li>Licenciatura en Ciencias Farmacéuticas</li> </ul>

<p>Universidad de Chile, UC (Chile)</p>	<p>Facultad de Ciencias Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Licenciatura en Química</li> <li>• Licenciatura en Bioquímica</li> <li>• Licenciatura en Farmacia</li> <li>• Licenciatura en Ciencias con mención en Química</li> <li>• Licenciatura en Ciencias Ambientales con mención en Química</li> <li>• Licenciatura en Ciencias de la Ingeniería con mención en Química</li> </ul>
<p>Pontificia Universidad Católica de Chile, PUCC (Chile)</p>	<p>Facultad de Ciencias Biológicas Facultad de Química</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Química</li> <li>• Química y Farmacia</li> <li>• Licenciatura en Bioquímica</li> </ul>
<p>Universidad Central del Ecuador, UCE (Ecuador)</p>	<p>Facultad de Ciencias Químicas Escuela de Bioquímica y Farmacia Escuela de Química</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Química</li> <li>• Ingeniería Química</li> <li>• Bioquímica Clínica</li> <li>• Bioquímica en Alimentos</li> <li>• Farmacia y Tecnología Farmacéutica</li> </ul>
<p>Universidad de San Carlos de Guatemala, USCG (Guatemala)</p>	<p>Facultad de Ingeniería</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ingeniería Química</li> </ul>
<p>Instituto Politécnico Nacional, IPN (México)</p>	<p>Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas Escuela Nacional de Ciencias Biológicas</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ingeniería Química</li> <li>• Ingeniería Bioquímica</li> <li>• Químico Farmacéutico Industrial</li> <li>• Químico Bacteriólogo Parasitólogo</li> </ul>
<p>Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM (México)</p>	<p>Facultad de Estudios Superiores Zaragoza Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán Facultad de Química, Ciudad Universitaria</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Química (Ciudad Universitaria)</li> <li>• Química (Cuautitlán)</li> <li>• Ingeniería Química (Ciudad Universitaria)</li> <li>• Ingeniería Química (Cuautitlán)</li> <li>• Ingeniería Química (Zaragoza)</li> <li>• Ingeniería Química Metalúrgica (Ciudad Universitaria)</li> <li>• Químico de Alimentos (Ciudad Universitaria)</li> <li>• Químico Farmacéutico Biólogo (Ciudad Universitaria)</li> <li>• Químico Farmacéutico Biólogo (Zaragoza)</li> <li>• Químico Farmacéutico Biólogo con orientación en Farmacia (Cuautitlán)</li> <li>• Químico Farmacéutico Biólogo con orientación en Bioquímica Clínica (Cuautitán)</li> <li>• Licenciatura en Química Industrial (Cuautitán)</li> </ul>

Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, UNAN (Nicaragua)	Facultad de Ciencias Químicas Facultad de Ciencias	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Química</li> <li>• Ingeniería Química</li> <li>• Farmacia</li> </ul>
Universidad de Panamá, UP (Panamá)	Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Licenciatura en Ciencias Químicas</li> <li>• Licenciatura en Tecnología Química Industrial</li> <li>• Licenciatura en Farmacia</li> <li>• Licenciatura en Docencia de Química</li> </ul>
Universidad Nacional de Asunción, UNA (Paraguay)	Facultad de Ciencias Químicas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ingeniería Química</li> <li>• Química Industrial</li> <li>• Farmacia Asistencial</li> <li>• Farmacia Industrial</li> <li>• Bioquímica</li> <li>• Bioquímica Clínica</li> </ul>
Universidad Nacional Mayor de San Marcos, UNMSM (Perú)	Facultad de Farmacia y Bioquímica Facultad de Química e Ingeniería Química	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Química</li> <li>• Ingeniería Química</li> <li>• Químico Farmacéutico</li> </ul>
Universidad Nacional "Pedro Henríquez Ureña", UNPHU (República Dominicana)	Facultad de Ciencias	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Licenciatura en Química</li> <li>• Licenciatura en Ingeniería Química</li> </ul>
Universidad de El Salvador, UES (El Salvador)	Facultad de Química	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Licenciatura en Química</li> <li>• Licenciatura en Farmacia</li> </ul>
Universidad de la República, URU (Uruguay)	Facultad de Ciencias Facultad de Ingeniería Facultad de Química	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Química</li> <li>• Químico Farmacéutico Biólogo</li> <li>• Bioquímico Clínico</li> <li>• Ingeniería Química</li> <li>• Bioquímica</li> </ul>
Universidad Central de Venezuela, UCV (Venezuela)	Facultad de Ciencias Facultad de Farmacia	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Química</li> <li>• Farmacia</li> <li>• Ingeniería Química</li> </ul>

TABLA 2

## Orientaciones de las carreras de Química en América Latina

ORIENTACIÓN	CARRERAS
Científica	Química, bioquímica o licenciatura en ciencias ambientales con mención en química.
Ingeniería	Ingeniero químico, químico industrial, ingeniería industrial, ingeniero químico metalúrgico.
Farmacia	Farmacia, químico farmacéutico biólogo, bioquímica clínica, químico bacteriólogo parasitólogo, bioquímico en alimentos.
Educación	Profesorado de enseñanza media y superior, docencia en química, química con orientación para formar profesores y química y física.

TABLA 3  
Modelos de las carreras de Química en América Latina

MODELO	CARACTERÍSTICAS Y UNIVERSIDADES DONDE SE IMPARTE
1	Carreras "químicamente puras" en las cuales más del 95% (menos de un semestre) de las asignaturas obligatorias son de naturaleza científica (matemáticas, química, biología, física); UBA, UNAM (FES, FQ), UCC, UMSS.
2	Carreras con ligera orientación hacia la química aplicada, tecnológica y/o industrial (más de 5% de sus materias obligatorias); UCR, UC, UNMSM, UCE, URU, UNICAMP, UES.
3	Carreras que incorporan otras disciplinas en una proporción mayor al 5% del total; UH (inglés educación física y marxismo), UNPHU (ética, inglés, historia, economía), UB (educación, psicología), UNAN (uso sostenible de los recursos naturales, inglés, comunicación y lenguaje).

TABLA 4  
Publicaciones indexadas en *Chemical Abstracts* (RICYT)

PAÍS O REGIÓN	1990	1999	2005
Argentina	1.273	2.171	2.521
Brasil	1.870	6.172	10.797
Chile	417	766	1.137
Colombia	67	194	499
Cuba	99	533	528
España	6.002	12.091	16.125
México	511	1.340	2.028
Portugal	656	1.887	3.026
Uruguay	37	103	152
Venezuela	258	497	548
América Latina y el Caribe	4.642	11.954	18.523
Iberoamérica	11.298	25.923	37.666
TOTAL	513.886	705.352	967.103
%ALC	0.9	1.7	1.9