

DOCUMENTO DE TRABAJO
AREA TEMÁTICA: QUIMICA.

Manuel Martínez M.; Eduardo J. Delgado; Renato Sarriego B.
Sociedad Chilena de Química.

Resumen.

En este artículo se describe muy brevemente la evolución que ha experimentado la disciplina en Chile, se da a conocer aspectos generales actuales tales como líneas de investigación con recursos del FONDECYT, recursos humanos existentes en las distintas instituciones que fueron consultadas y respondieron, algunas características de ellos, programas de postgrado existentes, líneas de investigación en desarrollo y proyecciones de la disciplina hacia el futuro.

Breve historia.

En el Chile colonial, la ciencia no tuvo un rol significativo, y la química en particular alcanzó escaso desarrollo limitándose su actividad al ensayo de minerales y análisis de la calidad del agua. La enseñanza de la química y algunos estudios básicos, en forma algo sistemática, se inician con la llegada al país del naturalista Ignacio Domeyko, nacido en Polonia, y contratado por el gobierno chileno como profesor de Química y Mineralogía. En el año 1838 Domeyko constituyó el primer laboratorio químico y de análisis de minerales, en el Instituto de Coquimbo. Domeyko, consciente de la importancia que el conocimiento científico tenía para el desarrollo de los países, se destacó por su aporte a la formación de recursos humanos en Chile.

También a mediados del siglo XIX, se inician los estudios relacionados con el área farmacéutica, y a fines de ese siglo, llega un grupo de profesores alemanes cuyo impacto en la formación de profesores ha sido ampliamente reconocida. Pero la química seguía siendo considerada, hasta inicios del siglo XX, como una disciplina inserta en la formación profesional de ingenieros, médicos y farmacéuticos. Una nueva llegada de destacados

profesionales provenientes de Europa, le da mayor presencia a la química, la cual a fines del siglo XX ha alcanzado un nivel de desarrollo apreciable.

En la década de los 40s, el crecimiento de la disciplina en las universidades chilenas, había alcanzado un grado tal de desarrollo, que ya el año 1944, con motivo de la celebración del vigésimo quinto aniversario de la Universidad de Concepción, se realiza el Primer Congreso de Química. Posteriormente, se impulsa la creación de la Sociedad Chilena de Química, la cual es fundada el 12 de diciembre de 1946, y ya en marzo de 1950, aparece la primera edición del “*Boletín de la Sociedad Chilena de Química*”. Hoy en día, está indexado en Current Contents y en el ISI (Institute for Scientific Information), y es una de las revistas iberoamericanas con mayor factor de impacto.

Actualmente, alrededor de 400 personas integran esta sociedad, la cual consta de seis divisiones, que son: Macromoléculas, Catálisis, Productos Naturales, Química Inorgánica, Química Analítica y Medioambiental, y Educación Química, y cinco sedes regionales, en las ciudades de La Serena, Valparaíso, Santiago, Concepción y Valdivia. La Sociedad tiene una página Web en la siguiente URL: <http://www.schq.cl>.

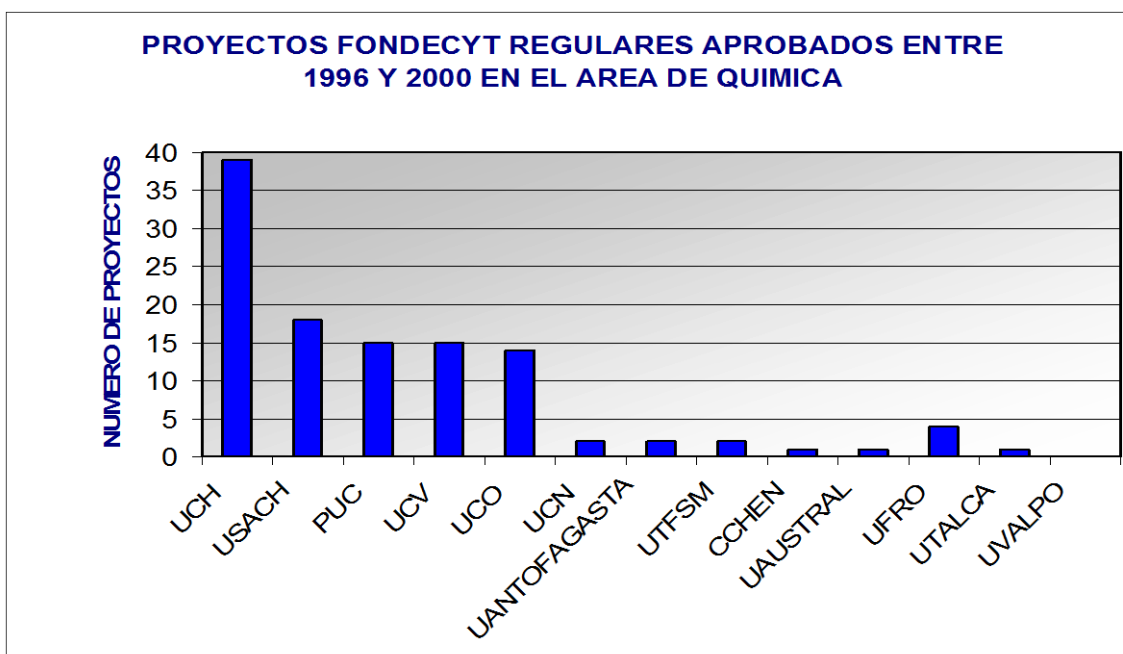
En este estudio, que la Sociedad Chilena de Química tiene la responsabilidad de presentar, se ha incluido los datos de las distintas instituciones que han enviado la información, más aquellos que se obtuvieron desde la base de CONICYT (URL: <http://www.conicyt.cl>), de modo de analizar el estado de la química en el país. Posteriormente, se espera completar algunos datos de las instituciones faltantes, de modo de tener una visión global.

Investigación

Desde que fuese establecido FONDECYT en 1982, aproximadamente el 7% de los recursos totales ha sido destinado al financiamiento de proyectos de investigación en química, dando un total de 4500 millones de pesos para el período comprendido entre 1982

y 1997. Estos recursos fueron asignados a un total de 356 proyectos de química. Resulta interesante destacar que en el año 1997, esta suma fue de 421 millones de pesos y correspondió a 18 proyectos y un 6,5% de los recursos asignados, mientras que en el año 1999, la suma fue de 476 millones de pesos y correspondió a 29 proyectos y un 8,0% de los recursos asignados. No se ha efectuado corrección monetaria, por lo que se puede deducir que se asignó menor cantidad de recursos por proyecto.

En el siguiente gráfico, se puede apreciar el número de proyectos aprobados en la disciplina, para el período 1996-2000, según la institución. Esta información ha sido obtenida desde la base de datos de CONICYT, en función de la institución a la que pertenece el investigador principal. Debe señalarse, que en la Universidad de la Frontera, los proyectos de investigación en el área de Química de Suelos, incluidos en este informe, son considerados como de Agronomía, y no de Química. Esto deja abierta la discusión sobre áreas interdisciplinarias, como medioambiente, ingeniería química, bioquímica, química farmacéutica, química biológica, educación química, por mencionar algunas, donde la química desempeña un rol importante y que debiera evaluarse a futuro para cuantificar tanto los recursos humanos que trabajan en áreas interdisciplinarias como los recursos materiales utilizados.



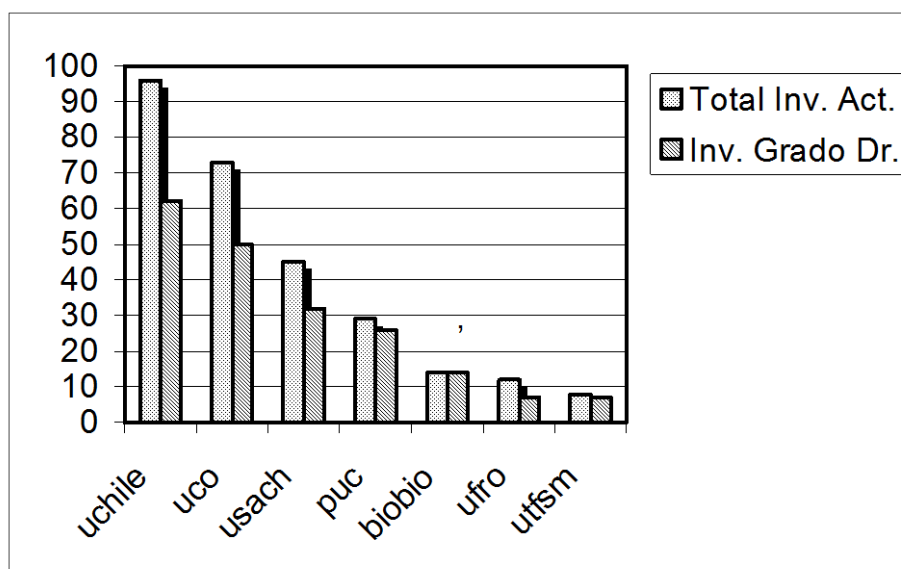
El número de artículos publicados por año, por autores chilenos en revistas mencionadas en ISI ha pasado de aproximadamente 50 en 1981 a más de 300 en 1999, aumento que puede ser atribuido al programa FONDECYT, con un índice de impacto relativo para el período considerado de aproximadamente 0.5.

Recursos humanos.

Los recursos humanos junto a los financieros constituyen la base para el desarrollo científico-tecnológico de un país. Una forma de medir el grado de avance en esta área consiste en cuantificar la cantidad de científicos e ingenieros, y sus características.

En Chile el número de investigadores, científicos e ingenieros, es bajo, ya sea que se exprese como número absoluto, o como fracción de la población total. Este número es de 1,2 por cada 1000 de población activa, cifra que se puede comparar con los países desarrollados donde esta cifra varía entre 4 y 9 por mil, aun considerando países con tan escasa población como Dinamarca. En Chile, un número significativo de los investigadores trabaja en el sector universitario (más de un 70%), otro grupo en institutos (casi un 20%) y en las industrias, menos de un 10%. De los casi 4500 científicos que se desempeñan en el sector universitario, aproximadamente un 10% está dedicado a la química.

La preparación de los académicos del área de química, en el sector universitario, corresponde en forma significativa al grado de doctor, con distintas menciones. Para una muestra de 8 universidades, que incluyó a 277 académicos, el 71,5% tiene este grado. El porcentaje restante, corresponde en gran medida a académicos con el grado de Magíster o Master of Science en la disciplina, de donde se infiere que la preparación académica es muy apropiada en el sector universitario tradicional.



Debe destacarse una característica preocupante, y es la escasa cantidad de académicos menores de 35 años, que integran los actuales equipos de investigación. De esa misma muestra, de 277 académicos, sólo un 8,3% es menor de 35 años, siendo el 76,5% mayor de 45 años.

Programas de postgrado.

Actualmente en Chile, hay 5 programas de postgrado conducentes al grado de Doctor en Química, o equivalente, que se imparten en la Universidad de Chile y en la Pontificia Universidad Católica de Chile desde 1973, en la Universidad de Concepción desde 1975, en la Universidad de Santiago de Chile y en la Universidad Católica de Valparaíso desde 1983. Estos programas tienen requisitos de admisión similares, que incluyen poseer el grado de Licenciado en Química o equivalente, cartas de recomendación y una entrevista por una comisión ad hoc. Como requisito para la obtención del grado de doctor, se debe aprobar un determinado número de asignaturas, y la presentación de una tesis de doctorado, siendo esta tesis la actividad preponderante, que debe ser una contribución original al desarrollo del área. El tiempo requerido para completar la tesis

varía entre dos y cuatro años. Actualmente, los programas de doctorado en química han sido acreditados por la Comisión Nacional de Ciencia y Tecnología (CONICYT).

El apoyo financiero a través de becas, proviene de distintas instituciones, como CONICYT, Ministerio de Educación (Programa MECESUP), Fundación Andes, y las propias universidades que ofrecen los programas. Sin embargo creemos, como lo establece la Comisión II, que el número de becas y programas de doctorado ofrecidos, es muy insuficiente para cubrir las necesidades de un mayor desarrollo científico-tecnológico.

Desde 1973, alrededor de 150 licenciados han recibido el grado de Doctor en Química, la mayoría de los cuales continúa desempeñándose en el sector universitario y un sector muy pequeño se integra a empresas. Ello requiere fomentar la incorporación de ciencia y tecnología en la actividad productiva, de modo de lograr que las nuevas promociones se integren de preferencia al sector productivo nacional.

Proyecciones de la química.

Predecir el crecimiento que debiera experimentar la disciplina en Chile, así como establecer áreas emergentes y prioritarias, requiere de un análisis específico, en función de indicadores pre-establecidos (ver Comisión II: Investigación y Universidad). Por lo tanto, los autores de este trabajo se limitan a mencionar una lista de líneas de investigación, de amplio crecimiento a nivel internacional, sobre las cuales en el futuro debiera haber una definición. Para mencionar estas líneas se ha tomado en cuenta la experiencia española, francesa y americana, pero en ningún caso es exhaustiva y su orden de presentación, tampoco implica una jerarquización.

Los grandes polos de desarrollo de la química aparecen con una gran interacción entre las áreas tradicionales de la química y con una notable interpenetración en áreas vecinas (materiales/física, fármacos/medicina, por mencionar dos casos). El notable efecto que la química ha tenido sobre la economía a nivel global, obliga a unir parcialmente lo que

se pretende hacer en esta ciencia al proyecto de desarrollo industrial del país. Otra fracción menor de los proyectos correspondería a la **investigación básica no-orientada**, tal como lo han establecido los planes de desarrollo de las grandes potencias mundiales en esta materia.

Cuando se observan los sectores de impacto de la investigación en química, es posible descubrir algunas grandes áreas multidisciplinarias. Entre ellas están:

- **Química del medio ambiente** El deterioro del medio ambiente es un problema a escala global, del cual Chile no es una excepción. Las actividades que deben ser priorizadas en este sentido son muy pluridisciplinarias, pero sin embargo desde el punto de vista de la química pueden destacarse las siguientes:
 - Química del agua: eliminación de contaminantes orgánicos y minerales, métodos de análisis de trazas y catastro de contaminantes en los recursos hídricos chilenos.
 - Catálisis para procesos menos agresivos : desulfuración, reacciones químicas en condiciones menos exigentes energéticamente, combustiones limpias.
 - Tratamiento de desechos: disminución de volumen, reciclaje.

- **Química biológica** Esta enorme área corresponde a las intersecciones de la química y la biología
 - Productos naturales: reconocimiento de propiedades fisiológicas de extractos de plantas, su separación y aislamiento de principios activos.
 - Nuevos materiales con acción fisiológica: síntesis de nuevos fármacos y estudio de su acción, aprovechamiento de procesos catalíticos de enriquecimiento enantiomérico.
 - Tecnología de alimentos: estudio de los procesos de degradación y conservación, estudio del efecto de colorantes y aditivos.

- **Química de materiales** Este campo cubre todos los nuevos materiales que se están diseñando para cumplir nuevas exigencias de la tecnología, desde su preparación hasta el estudio de sus propiedades. Estas últimas pueden ser de distintos tipos, que permiten clasificarlos como sigue:
 - Materiales para almacenar y para la transformación electroquímica de energía: baterías de litio, baterías de combustible, corrosión y protección.
 - Materiales estructurales: preparación de copolímeros de estructuras ordenadas, polímeros cristalinos, cerámicas estructurales o termoestructurales, revestimientos de óxidos o cerámica.
 - Nanomateriales: nuevos materiales de propiedades conductoras a nivel molecular.
 - Sistemas moleculares complejos: estructuras y reacciones en medios complejos (materiales composito, geles de alimentación, emulsiones de cosméticos, cristales líquidos, drogas de liberación retardada, etc)

- **Química de procesos industriales** Este campo corresponde a los procesos de aplicación de los conocimientos en química a la solución directa de problemas de la sociedad.
 - Energía (combustibles fósiles; biomasa; combustión; gasificación; control de impacto ambiental, pilas de combustible).
 - Medio Ambiente (minimización, reciclado, tratamiento de residuos y efluentes, medida y control de emisiones).
 - Diseño y Producción Industrial (seguridad y análisis de riesgo; automatización, instrumentación y control de procesos químicos; análisis de la calidad).
 - Materiales (nuevos materiales, catalizadores, polímeros, etc.; análisis del ciclo de vida).
 - Recursos y Tecnologías Agroalimentarias (tecnologías químicas aplicadas a la producción de alimentos; procesos agroindustriales; control de impacto ambiental de la agroindustria).

Conclusiones

La comunidad científica dedicada a la química, es pequeña, bien preparada, con buena productividad en las áreas actuales en desarrollo, pero enfrenta problemas para el futuro, los cuales se incluyen en los análisis hechos por la Comisión II, “Investigación y Universidad”, que plantea los problemas transversales, que aquejan a toda la comunidad científica, y que fuese integrada por el autor principal de este informe.

Por ello, no es necesario repetir aquí las recomendaciones, y sólo cabe esperar que el logro de los objetivos de este encuentro “Chile: Ciencia2000”, permitan impulsar efectivamente el desarrollo del sistema científico-tecnológico nacional, de acuerdo a las metas y objetivos del modelo de país que la comunidad nacional desea construir con su aporte.

Si bien es cierto que algunos indicadores muestran el rápido crecimiento de los recursos dedicados a la investigación en nuestro país y de sus resultados científicos y tecnológicos es, a nuestro juicio, la institucionalización del Sistema lo que debe permitir que en el futuro la inversión pública y privada en capital científico y tecnológico rinda los frutos deseados, es decir, alcance el grado de eficiencia exigible a cualquier actividad en las sociedades más avanzadas. Por otra parte, el examen de la evolución prevista del sistema internacional de ciencia y tecnología sugiere que es necesario dotar de gran flexibilidad a la política científica y tecnológica para afrontar las nuevas condiciones.

A partir de los datos cabe deducir que nuestro país cuenta con recursos cuyo elemento esencial es el sector público, tanto en lo relativo a la financiación de las actividades de investigación y desarrollo, como en cuanto a su ejecución. En este sentido, la promoción y apoyo de la innovación tecnológica en las empresas debiera servir como guía principal de la política científica y tecnológica en los próximos años, estimulándose su desarrollo hacia

áreas más aplicadas y de mayor beneficio para la sociedad chilena, pero sin descuidar aquellos grupos que desarrollan su creatividad y contribuyen definitivamente a mantener un sistema crítico y pensante en la disciplina.

Bibliografía general.

- 1) T. González A. *Sociedad Chilena de Química. 50 Años al Servicio de la Ciencia 1946-1996*. Sociedad Chilena de Química. 1996.
- 2) *Análisis y Proyecciones de la Ciencia Chilena*. Editores: J. Allende y T. Ureta. Academia Chilena de Ciencias. 1993.
- 3) C. Macilwain, *Nature*, Supplement to Vol. 398, N^o 6726, 1 April 1999.
- 4) *Indicadores Científicos y Tecnológicos*, Ed. Enrique Dellacasa, CONICYT(1998).
- 5) *Science in Latin America in Science* **267**, 808-827 (1995).
- 6) *Programas de Postgrado en Química de las Universidades Chilenas*, Ed. Guillermo González, Sociedad Chilena de Química (1994).

Nota:

Este es un documento de trabajo, que ha sido enviado a los integrantes del Directorio de la Sociedad Chilena de Química, y a los Presidentes de Regionales, para su difusión y análisis, previo al encuentro “Chile: Ciencia2000”, a tener lugar los días 14, 15 y 16 de junio del año 2000.

Se le ha solicitado a los socios, que se le dé la más amplia difusión a este documento de trabajo, en sus instituciones, tanto entre quienes lo son como entre quienes no lo son, pero forman parte de la comunidad científica nacional dedicada a la disciplina. En el encuentro participarán todos los químicos que se hayan inscrito previamente, y se espera enriquecer este trabajo.