

## Situación actual de la química superior y su enseñanza

*José A. López Cancio  
Fructuoso Polo Conde  
Antonio Vera Castellano*

---

Arbor CXLI, 556 (Abril 1992) 115-122 pp.

*La enseñanza de la Química en cualquier nivel, y muy especialmente en el superior, tiene una vinculación directa con los contenidos y orientaciones del desarrollo de la Ciencia Química, en un momento determinado.*

*En los años que siguen a la Segunda Guerra Mundial se produce un desarrollo tecnológico sin precedentes que ha ejercido una notable influencia sobre muchas ciencias, y en particular sobre la Química, concretándose en esta última por una nueva orientación que persigue los siguientes objetivos generales:*

*— La Química debe contribuir al desarrollo y por tanto, sus investigaciones y su enseñanza deben encaminarse al mismo.*

*— La Química no es un conocimiento estanco, sino interdisciplinar, lo que exige un desarrollo cooperativo con otras ciencias.*

*Para estudiar el grado de penetración de estos objetivos en diferentes países, incluida España, hemos realizado un estudio de la producción mundial química en cuanto a trabajos de investigación respecto de una línea de trabajo en Química Analítica.*

*Del estudio realizado se concluye que existe una falta de equilibrio entre los trabajos de carácter teórico, teórico-práctico y práctico.*

*También son analizadas estas nuevas orientaciones en relación a las programaciones universitarias en nuestro país.*

---

La enseñanza de cualquier disciplina guarda una relación directa con la situación general de la Ciencia que la soporta.

La enseñanza de la Química, por tanto, tiene una estrecha vinculación con el estado actual de sus contenidos y de las orientaciones que, cara al futuro, se da a los mismos.

¿Cuál es el estado de la Ciencia Química? Existe un hecho básico: en las últimas décadas se ha producido un incremento espectacular de los conocimientos químicos, así como de las teorías que explican dichos comportamientos, y ello en todas las ramas de la Química.

Por otra parte, los desarrollos no se han limitado al campo concreto de cada rama, sino que se han producido repetidos solapamientos entre áreas fronterizas que han llevado a una pérdida de definición del contenido incluido en cada una de las ramas clásicas en que se ha dividido la ciencia Química. Esta situación la encontramos adecuadamente expresada en la frase de Hammond (*J. Chem. Ed.*, 51, 558, 1974) «A medida que conocemos más acerca de la Química Biológica comprobamos que la naturaleza no ha discriminado entre Química Orgánica y Química Inorgánica en la evolución de los seres vivos». Actualmente, por ejemplo, los compuestos organometálicos establecen un puente entre estas dos ramas de la Química sin que se pueda señalar una línea divisoria neta entre ambas.

Con ello se toma nota de la dificultad de diferenciar las diferentes ramas, cuando los nuevos conocimientos nos dirigen más hacia una integración de todas ellas. Este sentido de integración de las ciencias queda recogido en la frase de Nyholm, R. S. (*J. Chem. Ed.*, 34, 166, 1957) «El químico inorgánico moderno considera superadas las distinciones entre Química Inorgánica, Química Orgánica y Química Física, no duda en unir grupos orgánicos a un metal si las propiedades del compuesto resultante lo hacen más adecuado para la investigación; de igual manera está preparado para utilizar cualquiera de las técnicas disponibles de la Química Física en cuanto sean necesarias para resolver sus problemas».

### **Orientaciones actuales de la Química**

Las tendencias actuales en el desarrollo de la Química hay que establecerlas sobre la consideración de la situación

européa y norteamericana después de la Segunda Guerra Mundial. Es evidente que después de esta guerra se ha producido un desarrollo tecnológico sin precedente y que el mismo ha sido llevado principalmente por los Estados Unidos de América. Este «tirón» tecnológico ha sido, en parte, inducido por la Ciencia, si bien sus consecuencias han afectado la evolución científica e incluso los presupuestos doctrinales de algunas ciencias como es el caso de la Química.

En esta nueva situación la Química debe contribuir al desarrollo, así que sus investigaciones y su enseñanza deben orientarse a las necesidades del mismo. La Química no es un conocimiento estanco, sino que tiene múltiples relaciones con otras ciencias, por lo que se le debe exigir un desarrollo cooperativo. Pero aún más, no basta con que ambas, ciencia y enseñanza, tengan una orientación, sino que se les pide igualmente una rentabilidad, en términos económicos casi una productividad, llegando ambas a ser consideradas elementos integrantes del fenómeno económico.

Así vemos que la Química avanza en áreas que poseen contenidos y finalidad eminentemente prácticos y de aplicaciones tecnológicas. Ejemplos de ello son: el descubrimiento de la fijación del nitrógeno molecular y la búsqueda del esclarecimiento de la fijación del nitrógeno natural, con las consecuencias que ello podría tener en el futuro de la alimentación humana; los complejos de oxígeno molecular o de las metal porfirinas que han conducido a la propuesta de modelos que duplican algunas de las propiedades de las oxígeno-homoproteínas; el estudio de nuevos materiales que puedan sustituir con ventaja los actualmente fabricados; o la síntesis de moléculas con actividad farmacológica.

La Química se orienta hoy asimismo a la resolución, en forma cooperativa con otras ciencias, de multitud de problemas que la sociedad tiene planteados. Hoy interviene dicha ciencia, aportando soluciones, en temas como la lucha contra la droga, la calidad de los productos industriales, la contaminación del aire o la de las aguas de ríos y puertos, el análisis agrícola, la química clínica, la búsqueda de nuevas energías, etc. Problemas todos ellos que por su entidad requieren para la búsqueda de soluciones del concurso integrado de varias ciencias.

Una consecuencia importante del desarrollo tecnológico

es la introducción de ordenadores en la investigación química. Los ordenadores han permitido, por ejemplo, el diseño de moléculas complejas con propiedades específicas. Esta tecnología posibilita el desarrollo de nuevas drogas y catalizadores mucho más rápidamente y a un costo más reducido que con los métodos tradicionales. El reconocimiento de la actualidad de esta orientación es patente en la concesión del Nobel de Química 1990 al profesor de Harvard E. J. Corey, principalmente por sus trabajos sobre «Retrosíntesis y síntesis asistida por ordenador».

### **Análisis de la investigación mundial en el campo de los tiazolilazoderivados**

Con el fin de ejemplarizar en base a consideraciones cuantitativas algunas de las orientaciones de la Ciencia Química en los tiempos que comentamos, vamos a presentar la producción química mundial durante la década 1974-1984, en cuanto a investigación se refiere, en un área de la Química Analítica: los tiazolilazoderivados.

En la Tabla 1, se puede observar la producción en este campo distribuida en tres grupos: patentes, aplicaciones industriales y estudios teóricos, en los quinquenios 1974-78 y 1979-83.

TABLA 1. PRODUCCION MUNDIAL EN TIAZOLILAZODERIVADOS

	<i>Total</i>	<i>1974-78</i>	<i>1979-83</i>
Patentes .....	37	16	21
Aplic. Industriales .....	46	10	36
Estudios teóricos .....	120	44	76
Totales .....	203	70	133

*(Datos elaboración propia).*

Se puede apreciar que, en conjunto, las patentes y las aplicaciones industriales representan un 40 % del total siendo

esta proporción más alta en el último de los períodos considerados.

La distribución por países aparece en la Tabla 2. Del análisis de dicha Tabla se puede concluir.

TABLA 2. DISTRIBUCION POR PAISES

	<i>P</i>	<i>AI</i>	<i>ET</i>	<i>P+ AI</i>
Japón .....	13	12	16	25
URSS .....	2	13	28	15
España .....	-	8	20	8
Alem. Occ. ....	10	-	-	10
G. Bretaña .....	7	-	-	7
Otros .....	5	13	56	18

(*P* = patentes; *AI* = aplicaciones; *ET* = estudios teóricos).  
(*Datos elaboración propia*).

— En la gran mayoría de los países la producción no es aún equilibrada (salvo Japón).

— Hay países, caso de Alemania Occidental e Inglaterra, que sólo se ocupan de las patentes olvidando completamente el resto de las actividades.

— En el caso de la URSS los artículos teóricos representan un 65 % del total.

— Finalmente, el caso japonés con una distribución similar en los tres sectores, puede considerarse como a imitar.

— El caso español puede considerarse como intermedio.

## La enseñanza de la Química

En relación con la enseñanza de la Química distinguiremos entre lo que se enseña, es decir, el contenido de los programas docentes, y cómo se enseñan los anteriores contenidos, o sea los aspectos didácticos de la cuestión.

Con relación a lo primero, es decir a lo que se enseña, el notable incremento de conocimientos ha permitido un mejor conocimiento de los principios básicos de la ciencia, y ello ha significado a nivel docente una presión para incluir los mismos en los programas docentes de todos los niveles; esta

inclusión supuso que los programas debían ser reestructurados en orden a ser operativos. Se imponía pues la necesidad práctica de un recorte de los contenidos que se fue solucionando por eliminación creciente de los temas descriptivos. Esta tendencia ha llevado en algunos casos al extremo de no incluir temas descriptivos en los programas de Química General; este es el caso de programas como el CBA con un 100 % de Química Física, o el CHEM y el Pauling, L. con un 80 %, generándose con ello importantes lagunas en la formación de los estudiantes. Este problema se puede generalizar a cualquiera rama de la Química.

Se puede observar la inclusión en las programaciones de contenidos interáreas sin temor a rebasar los límites de cada asignatura, con un sentido más universal y complementario entre los distintos saberes.

Asimismo los programas, de carácter más abierto, incluyen cuestiones de tipo práctico y de interés más cercano a los problemas que a diario preocupan al ciudadano. Así vemos programas de Química Ecológica, Contaminación Ambiental, Química Clínica, etc.

En lo que al laboratorio se refiere se observa una preocupación por incluir aquellas prácticas de tipo más utilitario: «Antioxidantes en plásticos: un proyecto de análisis instrumental», «Titulación conductimétrica, en medio no acuoso, para el análisis en cigarrillos», «Fluoruro en pasta de dientes usando un electrodo ión-selectivo», etc., son algunos títulos sacados al azar de las revistas.

Es de destacar asimismo la gran atención que se está prestando a la seguridad en los laboratorios químicos. Se considera que es esencial una buena formación de los químicos en el manejo de los reactivos y evitar así riesgos innecesarios. Se están así impartiendo cursos teóricos de seguridad en el laboratorio químico.

Una tendencia que no debemos dejar pasar es la introducción de la Historia de la Química en la enseñanza. Tanto en lo que se refiere a la vida de científicos, sus relaciones personales e incluso políticas, como a la historia de los descubrimientos, poniendo al lector en la situación de las dificultades que tuvieron que ser vencidas para llegar a la solución adecuada. En el *American Chemical Education* y

otras revistas especializadas aparecen frecuentemente artículos de los dos tipos que comentamos.

Finalmente, ¿cómo se enseña? Uno de los factores que ha ejercido su influencia en la enseñanza de la Química de los últimos tiempos ha sido el crecimiento generalizado del número de alumnos que cursan estudios superiores, sin que al mismo tiempo se incremente en similar proporción el número de profesores. Ello ha supuesto una masificación de las aulas y, al menos en principio, una menor atención del profesor a cada alumno. En el caso de los países más avanzados, caso de Estados Unidos de América, el problema se complicó además con el abandono de las aulas de muchos profesores que marcharon a empresas privadas de investigación, las cuales les ofrecían mejores perspectivas personales y profesionales.

En buena medida las nuevas tecnologías están contribuyendo a reducir el problema e incluso mejorar el nivel general de enseñanza. Este es el caso de la enseñanza mediante ordenadores, principalmente con la introducción de los ordenadores personales está posibilitando la impartición de una enseñanza individualizada. La introducción del ordenador personal podemos considerarla como la primera mejora de los métodos educacionales.

La enseñanza práctica de laboratorio está sufriendo asimismo una transformación importante. Junto a las tradicionales prácticas se están introduciendo cada vez más prácticas a través de ordenador, simulando procesos de difícil y costosa realización en el laboratorio.

El vídeo es un importante recurso didáctico, tanto para el aprendizaje teórico como para las clases de laboratorio. Su uso se está extendiendo cada vez más y es innegable que mejora el aprendizaje ya que utiliza conjuntamente los dos sentidos, vista y oído, para acercarse al estudiante.

### **El caso español**

Después de lo visto en los datos de investigación es innegable que si bien las tendencias apuntadas existen, no es menos cierto que el grado de introducción en cada uno de los países no es el mismo, dependiendo ello de su historia,

y su nivel de desarrollo. En el caso español las nuevas orientaciones se manifiestan, en cuanto a la enseñanza de la Química superior se refiere, en los programas de Tercer Ciclo principalmente. En ellos se observan los siguientes síntomas:

— Una preocupación cada vez mayor por el estudio de los problemas reales del entorno social: contaminación del medio ambiente, química clínica, etc.

— Una flexibilización de los programas que se traduce en la aparición con cada vez mayor frecuencia de programas abiertos.

— Una mayor relación interdisciplinar entre las distintas ramas de la Química e incluso con distintas disciplinas no químicas.

— Una mayor comunicación internacional que pretende conocer de primera mano las realizaciones de interés de otros colegas.

## Bibliografía

- BARMAN, S. A.: «New directions in analytical Chemistry». *Anal. Chem.*, 53, 703A, 1981.
- BRAUN, T., BUDJOSO, E. y LYON, W. S.: «An analytical look at chemical publications». *Anal. Chem.*, 52, 617A, 1980.
- BROOKS, R. R. y SMYTHE, L. E.: «The progress of Analytical Chemistry 1910-1970». *Talanta*, 22, 495, 1975.
- LECTURES IN CHEMISTRY: «Technological thrust vs. instructional inertia». Crosby, G. A.
- «Images, imagination, and chemical reality». Smith, S. G., Jones, L. L.
- «Reformatting the laboratory». Lagowsky, J. J.
- «Tooling up for the 21st Century». Moore, J. U., *J. Chem. Ed.*, 66, 4, 1989.
- HUNTER, T. U., SINNAMON, J. T. y HIEFTJE, G. M.: «Evaluation of unique directly digital computer controlled and hardware, controlled automatic titrators». *Anal. Chem.*, 47, 497, 1975.
- INFORME DE LA 10.<sup>a</sup> CONFERENCIA BIENAL SOBRE EDUCACION QUÍMICA: Julio-Agosto, 1988. *J. Chem. Ed.*, 66, 94, 1989.
- HAUGEN, G. y HIEFTJE, G.: «An interdisciplinary approach to microinstrumentation». *Anal. Chem.*, 60, 23A, 1987.
- LAITINEN, H. A.: «Microprocessor come on age». *Anal. Chem.*, 49, 897, 1977.
- LÓPEZ CANCIO, J. y POLO CONDE, F.: «Los tiazolilazofenoles y sus aplicaciones en Química Analítica. Revisión Científica». *Quim. Anal.*, 8, 1, 1989.
- TALANTA, ED.: «Microprocessor-Macroapplications». *Talanta*, 28, 1981.