

EL PAPEL DE LA QUÍMICA EN LA INVESTIGACIÓN MULTIDISCIPLINAR: EL CASO DEL ISQCH

José M^a Fraile Dolado

Director del Instituto de Síntesis Química y Catálisis Homogénea (ISQCH)

CSIC-Universidad de Zaragoza

RESUMEN

Entre las disciplinas científicas, la Química se ha venido considerando tradicionalmente como la *ciencia central*, en base a la conexión existente, por ejemplo, entre la Química con otras disciplinas como las Matemáticas y la Física por un lado, la Biología y la Medicina por otro, así como con la Geología y las Ciencias Ambientales, sirviendo de nexo de unión entre ellas. De esta forma, y a un nivel más aplicado, la Química bien constituyendo una herramienta muy útil para estudios multidisciplinarios de campos de investigación muy diferentes, algunos más cercanos a esta disciplina, como son los de energía, medio ambiente, agricultura, sanidad o alimentación, y en otros que podrían considerarse inicialmente más alejados, como la conservación y recuperación del Patrimonio histórico y artístico. En este artículo se abordan aspectos diversos de esta disciplina, y ello esencialmente bajo la perspectiva del Instituto de Síntesis Química y Catálisis Homogénea (ISQCH).

1. INTRODUCCIÓN

En el contexto actual nadie duda de que los retos importantes, ya sean científicos, técnicos, sanitarios, medioambientales o de cualquier otra índole, requieren aproximaciones multidisciplinarias. Esta evidencia contrasta con la cierta rigidez de gran parte de los estudios universitarios y de la estructura de muchos centros de investigación, que siguen orientados a una disciplina científica concreta, según una clasificación que podemos considerar clásica. Este ambiente poco favorable lleva a que, en muchos casos la aproximación multidisciplinaria sea una aventura personal del investigador, surgida de su iniciativa individual y de sus propios contactos científicos con compañeros de otras disciplinas, más que de una política científica innovadora que la alimente.

Los problemas asociados a la financiación de proyectos verdaderamente multidisciplinarios, a la publicación de los resultados o a la evaluación de la actividad investigadora multidisciplinaria son temas abiertos de debate que exceden los objetivos de este artículo. Sin embargo, sí que parece pertinente resaltar cómo las temáticas de las tesis doctorales en programas de doctorado de estructura unidisciplinaria están cada vez más alejadas de esas mismas disciplinas, enmarcándose en los límites difusos con otras disciplinas, con las dificultades inherentes para su evaluación. Esto es un indicio claro de que la investigación tiende cada vez más a temas en la frontera entre disciplinas y, por tanto, cada vez más a un enfoque inter- o multidisciplinario.

Entre las disciplinas científicas, la Química se ha venido considerando tradicionalmente como la "ciencia central", término acuñado por T. L. Brown y H. E. LeMay en su libro de 1977.¹ Esta consideración se basaba en la conexión existente entre la Química con las Matemáticas y la Física por un lado, la Biología y la Medicina por otro, y la Geología y las Ciencias Ambientales por otro,

sirviendo de nexo de unión entre ellas. Estudios bibliométricos y cuantitativos algo más recientes² colocan a la Bioquímica como una disciplina más interconectada con el resto, pudiendo entonces ser considerada como una ciencia “más central”, pero mantienen a la Química en una posición de privilegio en el origen de las ramificaciones de la estructura jerárquica del nuevo mapa de las ciencias propuesto.

Esta posición privilegiada de la Química la convierte en una herramienta muy útil para estudios multidisciplinares de campos de investigación muy diferentes, algunos de los cuales poseen una relación directa con la Química, como pueden ser los de energía, medio ambiente, agricultura, sanidad o alimentación. Dicho esto, encontramos que la Química también juega un papel importante en estudios multidisciplinares relacionados con campos que podrían, en principio, considerarse más alejados, como la conservación y recuperación del patrimonio histórico y artístico. Como curiosidad, me gustaría citar el intento de emplear conceptos químicos en el análisis literario.³

2. EL INSTITUTO DE SÍNTESIS QUÍMICA Y CATÁLISIS HOMOGÉNEA (ISQCH)

Se trata de un Instituto Universitario de Investigación mixto del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) y la Universidad de Zaragoza (UNIZAR), creado en 2011 a partir del área de química del anterior Instituto de Ciencia de Materiales de Aragón (CSIC-UNIZAR), creado en 1985, y del Instituto Universitario de Catálisis Homogénea (UNIZAR). Lleva por tanto una actividad efectiva de más de 35 años. Los miembros del instituto son, por un lado, profesores de la Universidad de Zaragoza de los departamentos de Química Orgánica y de Química Inorgánica, y por otro, investigadores del CSIC, que se organizan en grupos de investigación mixtos reconocidos por el Gobierno de Aragón.

Tradicionalmente, y dado su carácter marcadamente unidisciplinario, la investigación realizada en el ISQCH ha estado dirigida a la ciencia básica, con colaboraciones con grupos de investigación españoles y extranjeros, pero siempre dentro del ámbito de la Química. El ISQCH ha contado y cuenta con algunos de los químicos más influyentes y citados de Aragón, que han recibido premios nacionales e internacionales a su labor científica. Los tres temas principales de investigación que podemos destacar son:

- a) Síntesis y reactividad de compuestos organometálicos, una temática de gran tradición en el departamento de Química Inorgánica de la Universidad de Zaragoza, y que se ha continuado a gran nivel en el ISQCH, siendo una de las señas de identidad del instituto.
- b) Metodologías de síntesis orgánica, principalmente aplicadas a la síntesis de análogos de biomoléculas.
- c) Catálisis homogénea con compuestos metálicos, otro de los temas tradicionales que se ha seguido desarrollando en el ISQCH y que más recientemente se ha extendido a campos como la catálisis heterogénea y la organocatálisis.

Es preciso valorar el conocimiento en profundidad de la propia disciplina como un bagaje fundamental de los investigadores a la hora de poder abordar temáticas de investigación multidisciplinares y aportar visiones y metodologías propias de la disciplina que complementen las aportadas por los especialistas del resto de disciplinas.

3. INVESTIGACIÓN MULTIDISCIPLINAR EN EL ÁREA DE SALUD

El desarrollo de nuevos fármacos, o de nuevos métodos de administración o liberación, que los hagan más eficaces y con menores efectos secundarios, son temáticas en el área de la salud en las que la Química juega un papel fundamental. Es cierto que en muchos casos la investigación básica se limita al desarrollo de metodologías sintéticas de moléculas con potencial actividad, avalada con estudios computacionales o estudios *in vitro* sencillos y muy limitados.

Sin embargo, en los últimos años varios grupos del ISQCH se han embarcado en proyectos multidisciplinares, colaborando con bioquímicos, microbiólogos, farmacólogos, fisiólogos, oftalmólogos, y anatomopatólogos, entre otros, llevando a cabo estudios *in vitro* con microorganismos o líneas celulares de diferentes tipos de tumores, así como estudios *in vivo* con experimentación animal, y por tanto mucho más próximos a posibles aplicaciones médicas. Como ejemplos significativos podemos citar:

- El desarrollo de un sistema de liberación controlada de fármacos de uso oftálmico para inyecciones intravítreas que prolongue la presencia de dichos fármacos en el humor vítreo del ojo, sin perjudicar la visión, y con ello reduzca significativamente la frecuencia en la repetición de las inyecciones.⁴
- El diseño y desarrollo de complejos organometálicos con metales del grupo 11 (oro, plata y cobre) con diferentes tipos de moléculas orgánicas, que presentan interesantes propiedades como antitumorales y antibacterianos.^{5,6}
- La integración permanente de investigadores del ISQCH en un grupo de investigación multidisciplinar que se dedica desde hace años al desarrollo de nuevos fármacos para diferentes enfermedades vasculares, estomacales o hepáticas.⁷ Dicha integración y el trabajo conjunto del grupo, aunando experiencias en diferentes disciplinas, podría considerarse como una aproximación más cercana a la interdisciplinariedad.

Estos ejemplos, escogidos entre otros muchos trabajos desarrollados en el ISQCH, muestran claramente cómo el papel de los químicos puede ser fundamental en el trabajo de grupos de investigación multidisciplinar en el área de la salud.

4. COLABORACIÓN CON EMPRESAS: MEDIO AMBIENTE, SOSTENIBILIDAD Y SALUD

En muchos casos, el planteamiento de una investigación multidisciplinar proviene de empresas, que quieren solucionar problemas concretos o encontrar mejoras tecnológicas que les proporcionen ventajas sobre sus competidores comerciales, y en ellas el papel de la Química puede ser fundamental, colaborando con los expertos en otras disciplinas que trabajan en dichas empresas. Estos proyectos multidisciplinares suelen tener un elevado grado de confidencialidad y resulta difícil exponerlos en un artículo de estas características. Sin embargo, he escogido tres ejemplos que me parecen paradigmáticos e ilustrativos de lo que pueden aportar los químicos en estos retos de origen empresarial.

El primer caso es una colaboración de un grupo del ISQCH con la empresa Ariño Duglass, dedicada a la fabricación de vidrios de altas prestaciones y por tanto basada en desarrollos tecnológicos para diferentes tipos de aplicaciones. En concreto, en este proyecto se viene trabajando en vidrios capaces de combatir la contaminación, mediante la incorporación de fotocatalizadores que promuevan la degradación de contaminantes del aire, como los óxidos de nitrógeno, por acción de la luz solar.⁸ Se trata por tanto de un trabajo multidisciplinar entre químicos expertos en catálisis y expertos en la fabricación y control de calidad de vidrios, para ser capaces de incluir la fase catalítica sin merma del resto de sus propiedades.

El segundo ejemplo está conformado por una serie de proyectos que tiene el grupo Tervalis con la Universidad de Zaragoza, en algunos de los cuales participan investigadores del ISQCH, y con participación también de otras universidades, como la Politécnica de Valencia o la Autónoma de Madrid. Estos proyectos están dirigidos a la mejora de la circularidad e interconexión de los sectores de producción porcina y fertilizantes, así como la posible implicación de otros como la generación de energías renovables o la industria papelera. El grupo del ISQCH va a participar en diferentes aspectos, desde análisis de extractos de fermentaciones hasta la síntesis de moléculas orgánicas de interés, pasando por la transformación química de diferentes tipos de residuos. En el conjunto de los proyectos

participan biotecnólogos para la optimización de procesos de fermentación y ensayos de inhibición enzimática, ingenieros químicos para el escalado de procesos, veterinarios para el estudio del bienestar animal y la calidad de la carne, agrónomos para los ensayos de eficiencia de los nuevos fertilizantes desarrollados, edafólogos para el estudio del efecto de dichos fertilizantes en el suelo, y economistas para el estudio del impacto económico en la zona, en una aproximación claramente multidisciplinar.

Por último, un tercer ejemplo lo constituye la colaboración del ISQCH con la empresa de Biotecnología CerTest Biotec SL, que aúna la investigación en el área de la salud con la colaboración con empresas. En este caso hay varios proyectos en marcha, de los que se pueden destacar brevemente dos por su impacto en la sociedad. El primero de ellos está centrado en la mejora de la sensibilidad de test de diagnóstico (por ejemplo, los conocidos qPCR) mediante el diseño de nuevos fluoróforos y de nuevos apantalladores. Poder disminuir la cantidad de muestra necesaria y, al mismo tiempo, acortar el plazo de entrega de resultados aumentando la fiabilidad son los objetivos. La relevancia que han tenido, y tienen, estos sistemas de diagnóstico rápido llevan a una intensa investigación cuya base, por supuesto, es la química. El segundo de los proyectos se centra en la búsqueda de procesos eficientes para la síntesis de componentes de vacunas. En ambos casos la química ha de ir de la mano de la biología y la medicina para conseguir los efectos deseados, lo que implica necesariamente una colaboración multidisciplinar.

5. CONCLUSIONES

Se puede decir que la Química tiene un papel clave en muchos retos científicos multidisciplinarios, y que el conocimiento en profundidad de esta disciplina, sus metodologías de trabajo y sus limitaciones, permite aportar una visión complementaria a la de otras disciplinas, como la biología, la medicina o la ingeniería, en los enfoques y soluciones a dichos retos.

Los miembros del ISQCH, tanto del CSIC como de la Universidad de Zaragoza, poseen dicho conocimiento, gracias a la dilatada experiencia y excelencia investigadora de los grupos de investigación en Química básica, lo que les permite integrarse e incluso liderar equipos multidisciplinarios como ha quedado patente en los ejemplos mostrados. El buen funcionamiento de equipos de investigación multidisciplinarios resulta cada vez más necesario, dado que la comunidad científica ha de abordar problemas de complejidad creciente con cierta inmediatez, cuya solución pasa, de manera necesaria, por el empleo de aproximaciones multidisciplinarias.

¹ Theodore L. Brown. *Química. La ciencia central* (ebook). Ed. Pearson. ISBN: 9786073222358

² Alexandru T. Balaban & Douglas J. Klein. Is chemistry “The Central Science”? How are different sciences related? Co-citations, reductionism, emergence, and posets. *Scientometrics* 69, 615-637 (2006). <https://doi.org/10.1007/s11192-006-0173-2>

³ Mario de los Santos. Lo siniestro como estado energético: hacia una teoría de análisis termoliterario. *Tropelías. Revista de Teoría de la Literatura y Literatura Comparada* 34, 241-271 (2020). <https://papiro.unizar.es/ojs/index.php/tropelias/article/view/4363>

⁴ María J. Rodrigo *et al.* Brimonidine-Laponite intravitreal formulation has an ocular hypotensive and neuroprotective effect throughout 6 months on follow-up in a glaucoma animal model. *Biomaterials Science* 8, 6246-6260 (2020). <https://doi.org/10.1039/d0bm01013h>

⁵ Lourdes Ortego *et al.* Group 11 complexes with amino acid derivatives: synthesis and antitumoral studies. *Journal of Inorganic Biochemistry* 156, 133-144 (2016). <http://dx.doi.org/10.1016/j.jinorgbio.2015.12.018>

⁶ Elena Gascón *et al.* (Amino)cyclophosphazenes as multisite ligands for the synthesis of antitumoral and antibacterial silver (I) complexes. *Inorganic Chemistry* 59, 2464-2483 (2020). <https://dx.doi.org/10.1021/acs.inorgchem.9b03334>

⁷ Aida Oliván-Viguera *et al.* A novel pan-negative-gating modulator of $K_{Ca2/3}$ channels, fluoro-di-benzoate, RA-2, inhibits endothelium-derived hyperpolarization-type relaxation in coronary artery and produces bradycardia in vivo. *Molecular Pharmacology* 87, 338-348 (2015). <http://dx.doi.org/10.1124/mol.114.095745>

⁸ Ramón Azpiroz *et al.* Photocatalytic activity in the in-flow degradation of NO on porous TiO₂-coated glasses from hybrid inorganic-organic thin films prepared by a combined ALD/MLD deposition strategy. *Coatings* 12, 488 (2022). <https://doi.org/10.3390/coatings12040488>