



# La química y las ciencias de la vida

Bernardo Herradón-G.

*Las relaciones entre la química y la biología siempre han sido estrechas. En los orígenes de la química como ciencia moderna, las moléculas de la naturaleza, las que se aislaban de los seres vivos, fueron un motor de progreso. Posteriormente, con el desarrollo de la química sintética, se han suministrado muchas moléculas de interés biológico que han permitido avanzar en la descripción molecular de procesos vitales. De esta sinergia de intereses han surgido áreas interdisciplinares. En este dossier científico, que he sido invitado a editar, se abordan estas relaciones, desde el pasado (con una perspectiva histórica) a investigaciones presentes que van a tener repercusiones en el futuro.*

**2011** Año Internacional de la Química. Un motivo para la celebración, reconocimiento y reflexión. El lema (*Nuestra vida, nuestro futuro*) escogido por la IUPAC y la UNESCO para el Año Internacional de la química 2011 (AIQ-2011) sirve para destacar el papel beneficioso que la química ha tenido para la humanidad y predice el papel que tendrá en el futuro.

## ► La ciencia de lo cotidiano

La química es la ciencia de las moléculas. Puesto que estas son la base de la materia que nos rodea, a los químicos nos gusta decir que *todo es química*. Sin embargo, colegas de otras áreas científicas se sienten molestos cuando «los químicos queremos abarcarlo todo». Tienen razón, hay aspectos de la naturaleza, como los que tienen que ver con las estructuras más pequeñas (el interior de los núcleos), con las más grandes (las superestructuras galácticas) o con las altísimas energías (las que se usan en los aceleradores que crean partículas de vida corta) que no son química. Por eso, la química se puede redefinir como *la ciencia de lo cotidiano*.

Todos nosotros interactuamos cada día con miles de sustancias químicas desde los

componentes del aire que respiramos al artilugio tecnológico más sofisticado que usamos; pasando, por supuesto, por el agua, los alimentos, artículos de limpieza, higiene, belleza, la ropa que llevamos, o la gasolina. La inmensa mayoría de estas interacciones con sustancias químicas nos proporcionan bienestar y muchos de estos materiales cotidianos han sido obtenidos por diseño, usando las reglas que rigen en la química: la conectividad de átomos que forman las moléculas (es decir, la estructura química) y la relación que hay entre la estructura y la función.

Este aspecto «práctico» de la química está reflejado en la parte del lema *La química: nuestra vida*. ¿Podemos imaginar una vida sin química? El que podamos beneficiarnos de estos avances es un logro de la ciencia y, especialmente, de la química. De ahí, el reconocimiento del papel de la química en el bienestar de la humanidad.

## ► La ciencia que crea su propio objeto

La obtención de moléculas por diseño (*síntesis* en la terminología química) es una de las características de la química, que se ha definido como *«la ciencia que crea su propio objeto»*. En esta frase, acu-

ñada por Marcellin Berthelot (1827-1907), se recoge el carácter creativo de la química, que le hace parecer al arte, pues en palabras del premio Nobel de Química, Jean-Marie Lehn (nacido en 1937, Nobel en 1987): «La química es como el arte. Por ambos caminos obtienes cosas. Con la química puedes cambiar el orden de los átomos y crear realidades que no existían». De esta capacidad de preparar sustancias químicas se ha beneficiado la biología.

## ► La ciencia central

Las moléculas son preponderantes en la naturaleza, siendo la base y el objeto de estudio de otras ciencias. Por esta razón, a los químicos nos gusta definir la química como *«la ciencia central»*. La química interactúa con otras ciencias, que usan conceptos y métodos de la química (basados en el empleo y manipulación de moléculas) para estudiar fenómenos y/o generar productos de consumo. Por poner algunos ejemplos, todo lo que comemos es una mezcla de sustancias químicas (ya sean naturales o artificiales) y de esta sinergia entre la ciencia de los alimentos y la química está naciendo una nueva disciplina científica, la gastronomía molecular.

Actualmente, las ciencias médicas y la toxicología deben racionalizar el resultado de un efecto beneficioso o tóxico de una sustancia química en un organismo, y para ello deben recurrir a la explicación a través de interacción entre biomoléculas y la sustancia exógena, que son tema de estudio de la medicina molecular y toxicología molecular, respectivamente.

La figura 1 muestra la relación de la química con otras ciencias. Se observa que la flecha que une la química con el resto de ciencias tiene su origen en la química. Con esto se quiere destacar la aportación (conceptual y metodológica) de la química a la otra ciencia. La flecha que une la física con la química es de doble punta, indicando la contribución mutua que ambas ciencias tienen: la química aportando moléculas para realizar experimentos y verificar teorías, y la física aportando base conceptual a la química. Finalmente, las aportaciones de la química a las matemáticas son escasas, siendo más importantes las de esta a aquella, proporcionando base teórica y métodos numéricos.

Esta centralidad de la química también se ve reflejada en el trabajo de los químicos. Recientemente se ha cambiado la *visión* de ciencia central a la de la química como «*ciencia universal*». Yo he cambiado ligeramente esta frase y lo que afirmo es que el *químico es el científico universal*. Tenemos muchos ejemplos de científicos im-

portantes que empezaron su trabajo como químicos y luego derivaron hacia otras áreas, incluso creando nuevas disciplinas científicas. Sin duda, los casos más importantes fueron los de Michael Faraday (1791-1867) y Louis Pasteur (1822-1895), que empezaron su carrera científica como químicos sobresalientes, y que luego derivaron a otros temas creando las disciplinas científicas del electromagnetismo (Faraday) y microbiología (Pasteur). Actualmente hay muchos químicos de formación trabajando en una diversidad de áreas científicas. También los encontramos trabajando en disciplinas no científicas, siendo la política una de las principales actividades, aunque también hay cineastas, escritores o músicos con formación química.

### ► Los orígenes de la química. Su relación con la bioquímica

La madurez de la química como ciencia moderna se alcanzó más tarde que la de las matemáticas o la física. No fue hasta los trabajos de Robert Boyle (1627-1691) cuando se empezó a aplicar el método científico a los experimentos en química (realmente a la alquimia, el ancestro de la química), siendo la publicación de su libro *El químico escéptico* (1661) la que marca este origen. Sin embargo, el progreso posterior fue lento e hicieron falta más de cien años, para que se produjese el naci-

miento de la química moderna. Esto fue debido, principalmente, a los experimentos de Antoine Lavoisier (1743-1794) quien demostró la naturaleza de las reacciones químicas y la conservación de la masa en las mismas.

Desde sus comienzos como ciencia, la relación entre la química y la biología ha sido especial. Se ha dicho que la química es el origen de la bioquímica, primero, y de la biología molecular, después. En los comienzos de la química, las sustancias se clasificaban en dos tipos, según su procedencia: inorgánicas y orgánicas. Se pensaba que las leyes que regían la formación de las sustancias eran distintas y que las sustancias orgánicas necesitaban una *fuera vital* para ser producidas. Esta hipótesis se empezó a derrumbar con la síntesis de la urea en 1828 (Friedrich Wöhler, 1800-1882) y, definitivamente, con la síntesis del ácido acético en 1843 (Hermann Kolbe, 1818-1884). Sin embargo, aún existían diferencias en las propiedades de los compuestos inorgánicos y los orgánicos. Estos últimos se aislaban mayoritariamente de fuentes naturales y eran producto de lo que se conocía, primero, como química fisiológica y, posteriormente, como química biológica; es decir, lo que ahora se denomina *bioquímica*. Por lo tanto, podemos considerar que la química orgánica surgió a partir de la bioquímica; y, a partir de esta, surge la biología molecular a mediados del siglo

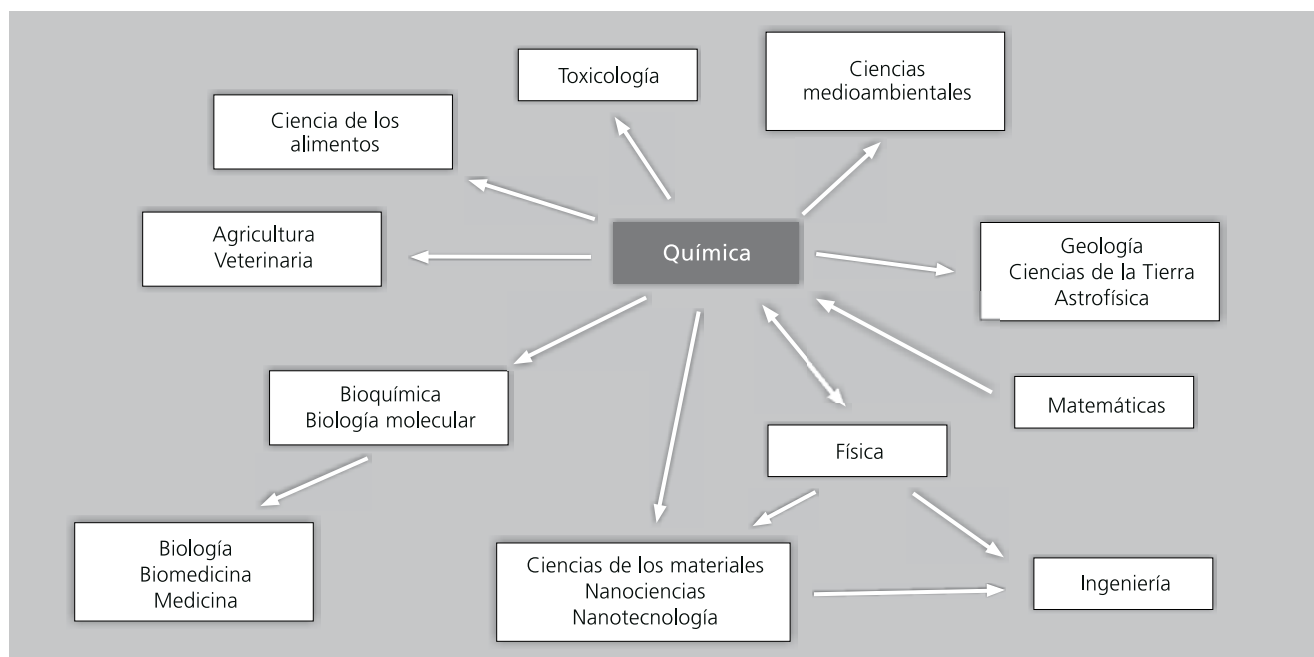


Figura 1. La relación de la química con otras ciencias

XX; como describe con detalle José María Valpuesta en un artículo de este dossier de la revista (pág. 7).

Los trabajos de Kolbe dieron lugar al nacimiento de la síntesis orgánica. Originalmente, y con el objeto de imitar a la naturaleza, los químicos empezaron a preguntarse si se podrían generar sustancias naturales en un tubo de ensayo y, posteriormente, obtener sustancias no naturales que pudiesen mejorar las propiedades de las sustancias naturales.

Cuando los químicos se dieron cuenta de que podían crear nuevas sustancias, empezaron a buscar aplicaciones. Ya en el siglo XIX, la química era una ciencia de moda en la sociedad pues proporcionaba muchas sustancias que facilitaban la vida de las personas.

### ► Algunos hitos en las relaciones de la química y las ciencias biológicas y su situación actual

Linus Pauling (1901-1994) fue un científico excepcional. La única persona galardonada con dos premios Nobel individuales (Química en 1954 y Paz en 1962). Pauling realizó aportaciones fundamentales en las relaciones entre la química y las ciencias biológicas. En 1949 demostró que la anemia falciforme era una enfermedad molecular, dando lugar al nacimiento de la medicina molecular y, con la perspectiva del tiempo, también creó la biomedicina. Además, en 1951, propuso las estructuras secundarias (hélice  $\alpha$  y lámina  $\beta$ ) de las cadenas peptídicas, estableciendo la importancia del enlace de hidrógeno en las biomacromoléculas, la base de la propuesta de estructura del DNA por Watson y Crick poco tiempo después.

Otros hitos importantes en química que han permitido el avance de las ciencias biológicas han sido los métodos de secuenciación de proteínas y de ácidos nucleicos, en los que Frederick Sanger (nacido en 1918, dos veces galardonado con el premio Nobel de Química, en 1958 y 1980) jugó un papel importante, al desarrollar procesos para conocer la secuencia de aminoácidos de proteínas y

nucleótidos de ácidos nucleicos. Este último método ha sido fundamental para elucidar el genoma humano y de otras especies: uno de los hitos científicos de comienzos del siglo XXI.

El interés de los químicos por los productos naturales (metabolitos secundarios) hizo que estos se estudiaran desde el punto de vista de su relevancia biológica; lo que dio lugar a la química bioorgánica. Dentro de esta disciplina se realizaron avances espectaculares sobre el papel de las moléculas orgánicas en procesos fisiológicos importantes, como el mecanismo de acción de fármacos (antibióticos o vitaminas, entre otros) o el papel regulador de las hormonas (esteroídicas o peptídicas). Un avance significativo de la química bioorgánica se produjo al estudiar con detalle molecular las reacciones enzimáticas (Pauling ya había hecho propuestas en 1946). A partir de este conocimiento se desarrollaron modelos enzimáticos (más sencillos estructuralmente que los enzimas naturales), que supusieron un avance considerable en química orgánica y química física. Una consecuencia de la profundización del conocimiento en este área fue la posibilidad de obtener biocatalizadores capaces de promover reacciones químicas «no naturales» o transformaciones selectivas de sustratos «no naturales», un avance considerable para la síntesis orgánica.

Del estudio de procesos fisiológicos moleculares se pasó a procesos celulares e incluso a estudiar procesos de comunicación intercelular en organismos. Para ello, se requirió la interacción de biólogos celulares, bioquímicos, biólogos moleculares y químicos. Un hito en este desarrollo fue encontrar que algunos productos naturales, las inmunofilinas, eran agentes inmunomoduladores. Disponer de estas moléculas fue básico para avanzar en la inmunología molecular. Dicho avance facilitó el nacimiento de una disciplina científica, la química biológica (también denominada biología química, del término inglés, *chemical biology*, para distinguirla de la antecesora de la bioquímica). El desarrollo de esta disciplina científica se describe en el artículo de Sonsoles Martín Santamaría en la página 23 del dossier.

Debido al carácter orgánico de la mayor parte de los compuestos responsables de la vida (proteínas, ácidos nucleicos, carbohidratos y lípidos), la interacción más intensa se produjo entre la bioquímica y la química orgánica. Aunque desde los orígenes de la bioquímica como ciencia establecida se reconocía el papel que ciertos metales tenían en los procesos vitales (por ejemplo, transporte de oxígeno o la necesidad de metales para el desarrollo del individuo), no ha sido hasta hace unas décadas que los químicos inorgánicos se han interesado por la química de la vida, creándose la química bioinorgánica, que estudia el papel de los metales, cationes y aniones inorgánicos en los procesos biológicos. Es un área de rápido desarrollo y una de las consecuencias del conocimiento adquirido es que se pueden diseñar y fabricar materiales basados en sustancias inorgánicas que sirven para reparar y sustituir partes de nuestro cuerpo. La investigación en el área de biomateriales es explicada por María Vallet Regí, una de las máximas autoridades mundiales, en esta revista (pág. 17).

Históricamente, la química ha sido una herramienta poderosa al servicio de la bioquímica, la biología molecular y la biomedicina. Aún desde la química se están desarrollando métodos muy adecuados para su uso en estas disciplinas. Este aspecto es descrito por Enrique Mann en esta edición (pág. 12).

### ► Química, nuestro futuro

El lema del AIQ-11 lanza un mensaje sobre el futuro. Con esta conmemoración, la química y los químicos queremos mirar al futuro. Tenemos que seguir preparando materiales que nos faciliten la vida; para ello necesitaremos una aproximación multidisciplinar y la relación de la química con las ciencias biológicas será fundamental. Aunque no sabemos cómo será el futuro, lo que podemos anticipar es que *no habrá futuro sin la química.* #

.....  
**Bernardo Herradón-G.**  
 INSTITUTO DE QUÍMICA ORGÁNICA  
 GENERAL, CSIC  
 MADRID