

Los avances de la química y su impacto en la sociedad

Els avenços de la química i el seu impacte en la societat

Advances in chemistry and its impact on society

Luis Moreno-Martínez y Bernardo Herradón / Instituto de Química Orgánica General (IQOG-CSIC)



resumen

En el año académico 2013-2014 se ha celebrado la cuarta edición del curso de divulgación Los avances de la química y su impacto en la sociedad. En las cuatro ediciones, se han impartido un total de un centenar de conferencias de temas muy diversos, en las que se ha puesto de manifiesto el papel que la química juega en el bienestar de la humanidad. En este artículo se presentan brevemente algunos de los temas tratados en los cursos, que demuestran cómo los avances de la química en diversas áreas proporcionan numerosos beneficios al ser humano.

palabras clave

Química y sociedad, energía, salud, alimentos, medio ambiente.

resum

L'any acadèmic 2013-2014 s'ha celebrat la quarta edició del curs de divulgació Els avenços de la química i el seu impacte en la societat. En les quatre edicions, s'han impartit un total d'un centenar de conferències de temes molt diversos, en què s'ha posat de manifest el paper que la química desenvolupa en el benestar de la humanitat. En aquest article es presenten breument alguns dels temes tractats en els cursos, que demostren com els avenços de la química en diverses àrees proporcionen nombrosos beneficis a l'ésser humà.

paraules clau

Química i societat, energia, salut, aliments, medi ambient.

abstract

The fourth edition of The advances in chemistry and its impact on society outreach course was held in the 2013-2014 academic year. In the four editions, a total of about one hundred lectures were given on very diverse subjects, which have highlighted the role that chemistry plays in human welfare. This article briefly discusses some of the topics covered in the courses, which demonstrates how advances in chemistry provides numerous benefits to humans in several diverse areas.

keywords

Chemistry and society, energy, health, food, environment.

El ser humano y las sustancias químicas

La química es la ciencia que conecta la realidad de la materia con su composición íntima. Todos interaccionamos cada día con miles de sustancias químicas. La inmensa mayoría, para nuestro

beneficio, aunque no seamos conscientes de ello.

Por ejemplo, el aire que respiramos es una mezcla homogénea de sustancias químicas en estado gaseoso: el nitrógeno, el oxígeno, el dióxido de carbono, el argón, el agua, etc. Todos los alimentos que

ingerimos son mezclas de sustancias químicas: proteínas, carbohidratos, grasas, sales minerales, vitaminas, etc. El agua (H₂O) que bebemos es una sustancia molecular, posiblemente la sustancia molecular más importante, pero el agua potable no es agua pura,

sino una disolución acuosa con multitud de iones, que es lo que la hace potable. Si ingiriésemos agua pura en gran cantidad, podríamos tener problemas de salud, pues el agua podría provocar un desequilibrio en el balance de electrolitos del organismo, lo que produciría cambios en la presión osmótica en el interior de las células y alteraciones en la concentración de algunos iones (por ejemplo, sodio o potasio) fundamentales para el equilibrio homeostático celular.

También podemos mencionar que los medicamentos que usamos para curar o paliar los síntomas de alguna enfermedad son una mezcla de sustancias químicas en las que el principio activo (lo que cura) se encuentra, generalmente, en una pequeña cantidad y el resto del medicamento son aditivos que facilitan su manejo, absorción, etc. Pero pensemos en un día cualquiera de nuestra vida, en el que en todas las cosas cotidianas manejamos sustancias químicas: en los productos de higiene y cosmética, en las tareas de limpieza, en el transporte, en el trabajo, etc. (fig. 1).

Incluso nosotros mismos somos una mezcla de sustancias químicas que realizan diversas funciones: suministrar y almacenar energía, ser el soporte físico del cuerpo, mover nuestros mús-

culos, hacer que funcione el sistema nervioso, facilitar la respiración, etc. De hecho, aunque puede definirse de muchas maneras, para un químico, la vida es «un conjunto de sustancias y procesos químicos que son capaces de organizarse y reproducirse».

Una definición de química y su relación con las ciencias naturales

La química es una de las cuatro ciencias naturales clásicas. Las otras son la física, la geología y la biología. Las ciencias naturales estudian la energía, la materia y la interacción entre ambas. Dependiendo del objeto y de los métodos de estudio, tenemos las diferentes ciencias naturales. A partir de las interacciones de estas cuatro ciencias, surgen nuevas áreas científicas interdisciplinares, como la bioquímica, la geofísica, la biofísica, la fisicoquímica, la biología molecular, las ciencias medioambientales, la paleontología, la toxicología, etc. Con el desarrollo de las ciencias, sus fronteras y áreas de estudio se van haciendo cada vez más difusas, llegando a una situación donde no es fácil definir precisamente una ciencia determinada.

Una definición amplia de la química es la siguiente: «La ciencia que estudia la composición,

estructura, propiedades y transformaciones de la materia, especialmente a nivel atómico y molecular».

En esta definición hay dos aspectos que hay que resaltar. Por un lado, la materia ordinaria (cotidiana) que nos rodea está formada por átomos y moléculas, que son el objeto de estudio de la química, lo que nos lleva a concluir que la química es «la ciencia de las cosas cotidianas». Por otra parte, tenemos que destacar que la química es la ciencia del cambio, la ciencia que estudia las transformaciones de la materia a través de reacciones químicas, que son los procesos en los que una especie química se convierte en otra.

Los constituyentes fundamentales de la materia son los átomos. Un átomo está constituido por un núcleo con carga positiva (debida a los protones) rodeado de electrones, que son partículas muy pequeñas con carga eléctrica negativa. En un átomo eléctricamente neutro, el número de protones es igual al número de electrones. Cuando un átomo (o agrupación de átomos) gana o pierde electrones, se forma un ión, que puede ser negativo o anión, si gana electrones, o positivo o catión, si pierde electrones.

Las sustancias químicas (y, por lo tanto, la materia que se forma a partir de ellas) deben su existencia a que son estables desde un punto de vista energético. Esta estabilidad se debe a la presencia de enlaces químicos, que se producen cuando dos o más átomos interaccionan entre sí, compartiendo electrones o intercambiándolos. Los enlaces pueden ser principalmente de tres tipos: iónicos (interacción entre aniones y cationes), metálicos (la interacción electrostática entre una nube de electrones de los átomos metálicos participantes y los respectivos iones positivos) o covalentes

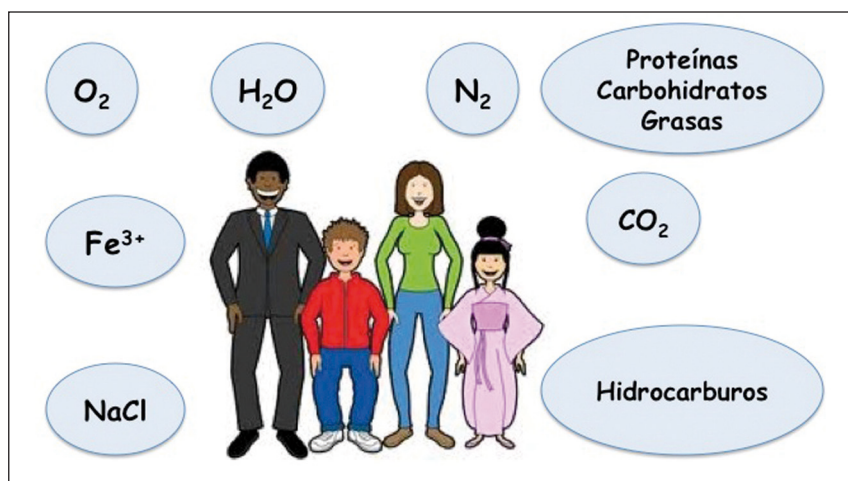


Figura 1. El ser humano y las sustancias químicas.

(en los que cada uno de los átomos que forman el enlace comparte electrones), dando lugar a estructuras gigantes iónicas, metálicas y covalentes o a estructuras moleculares, en las que intervienen también las fuerzas intermoleculares.

La capacidad que tiene la química de transformar la materia se basa en las reacciones químicas que sufren las especies químicas, que transcurren a través de la formación, la ruptura y el reordenamiento de enlaces, lo que implica el movimiento de electrones entre las partículas que constituyen las especies químicas. El hecho de que los químicos podamos realizar estas transformaciones a voluntad (tras un diseño basado en el conocimiento científico) es uno de los grandes potenciales de la química y su impacto en la sociedad.

Otras «visiones» sobre la química

La definición anterior, aunque académicamente correcta, no recoge la esencia de lo que la química es hoy en día. Otras «visiones» de la química son las siguientes:

- a) La química es la ciencia central, útil y creativa.
- b) La química es la ciencia que está entre la física y la biología.
- c) La química es la ciencia que está entre la biomedicina y la ciencia de los materiales.
- d) La química es la ciencia que crea su propio objeto.
- e) La química es la ciencia de las cosas cotidianas.

A continuación se discutirán estos aspectos.

La química, la ciencia central

Las sustancias químicas son herramientas útiles para estudiar procesos y desarrollar teorías en otras áreas científicas, contribuyendo al progreso de otras ciencias. Por esta razón, se considera

que la química es la ciencia central. La química interacciona con otras ciencias, como las ciencias biológicas, las ciencias agrarias, la ciencia de los alimentos, la toxicología, las ciencias medioambientales, las ciencias de la Tierra, la ciencia de los materiales, etc.

La relación de la química con las otras ciencias queda reflejada en la fig. 2.

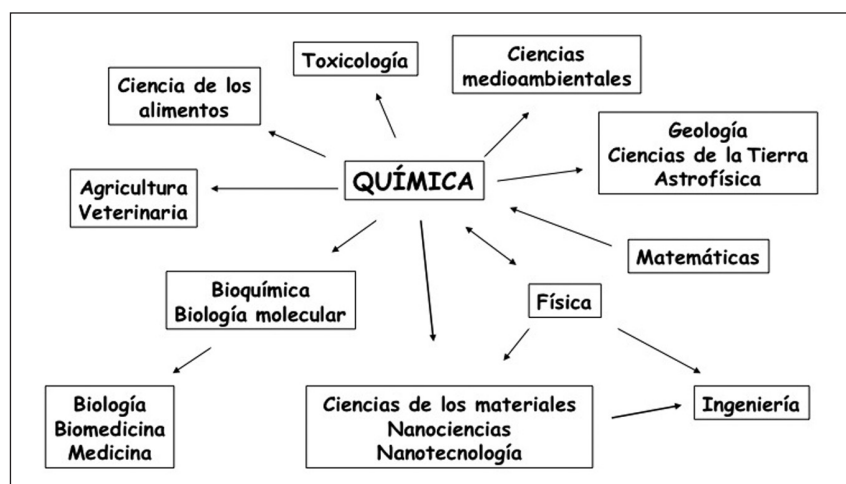


Figura 2. La centralidad de la química y su relación con las otras ciencias.

Como se indica, en la mayoría de los casos, la flecha que une la química con la otra ciencia está orientada de la química a la otra ciencia. Esto quiere decir que la química aporta objetos de estudio (sustancias químicas), conceptos y métodos para que las otras ciencias estudien fenómenos y/o generen productos de consumo, contribuyendo a su avance. Además, cuando dos de las ciencias no unidas directamente lo hacen, lo deben hacer a nivel íntimo de la materia, generalmente a nivel molecular, y, en este caso, estamos hablando de química.

En la fig. 2, la relación de la química con las matemáticas y la física se indica por una flecha de sentido contrario (las matemáticas) y de doble punta (la física). En el primer caso, se pone de manifiesto que, de momento, la química apenas ha aportado nada a las matemáticas (excepto algún objeto de estudio para matemáti-

cos interesados en teoría de grafos, topología y teoría de grupos), aunque ello sí ha sucedido al contrario: las matemáticas, como ocurre en su relación con otras ciencias, aportan métodos de cálculo, modelización de resultados y base teórica a la química.

Por otro lado, la relación con la física se indica con una flecha de doble punta, lo que indica que la

física proporciona la mayoría de los fundamentos de la química, pero que el progreso en ciertas áreas de la física se puede realizar cuando se usan sustancias químicas para realizar experimentos.

También hay que destacar que la química siempre ha mantenido una relación especial con la física y la biología. A veces se ha definido la química como «la ciencia entre la física y la biología».

En comparación con la física y la biología, que tienen como objetivos respectivos descifrar las leyes que gobiernan el universo y desentrañar las razones de la vida, la química, aparentemente, tiene objetos de estudio y objetivos más modestos. Aunque los objetivos de la química son modestos en comparación con los de la física o la biología, es la ciencia que proporciona todas las comodidades de nuestra vida diaria, como se expondrá más adelante.

También hay que mencionar que la relación entre la biología, la química y la física tiene connotaciones filosóficas, siendo un tema de interés en la filosofía de la ciencia. Brevemente, se puede decir que existen dos posiciones extremas: el reduccionismo y el autonomismo. El reduccionismo implica que una ciencia puede explicarse usando las leyes de otra ciencia, mientras que el autonomismo defiende que cada ciencia tiene sus propias leyes, independientes unas de otras. Así, las preguntas que se pueden hacer son: ¿puede la física explicar la química?, o bien ¿puede la química explicar la biología? El espacio y el carácter de este artículo no permiten profundizar en las respuestas a estas preguntas.

La química entre la biomedicina y la ciencia de los materiales: el futuro de la humanidad

Actualmente, la química ha ido cambiando su relación especial con la física y la biología por las relaciones con la biomedicina y la ciencia de los materiales. Estas dos áreas del conocimiento serán fundamentales en el progreso de la humanidad en las próximas décadas, contribuyendo a mejorar nuestra salud y proporcionando los utensilios necesarios para nuestro bienestar (fig. 3).

La biomedicina es un área multidisciplinar que tiene por objetivo mejorar la salud humana. En el desarrollo de la biomedicina participan otros numerosos campos científicos, desde actividades prácticas, como la medicina, hasta ciencias básicas, como las matemáticas, como se indica en la fig. 3. Las aportaciones de la química a esta disciplina están relacionadas con el suministro de moléculas y se pueden concretar en tres áreas amplias e importantes.

Por un lado, los fármacos, que sirven para curar enfermedades o

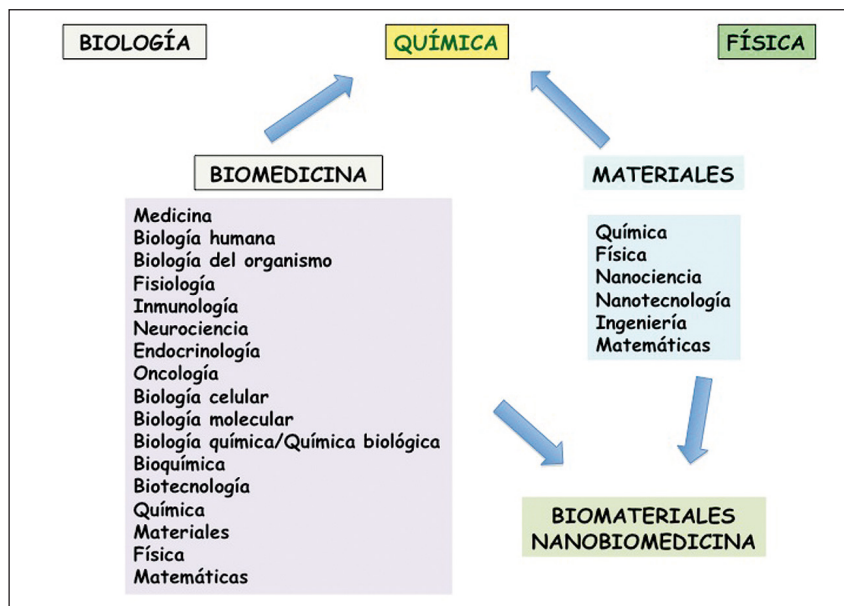


Figura 3. La relación de la química con la biomedicina y las ciencias de los materiales y las naturalezas de estas áreas científicas.

paliar sus efectos, son sustancias químicas que los químicos diseñamos, sintetizamos y determinamos su estructura.

Además, estas moléculas con actividad biológica (incluso aunque posteriormente no se desarrollen como fármacos) son herramientas útiles en biología. Gracias a la disponibilidad de moléculas adecuadas, se están estudiando con detalle molecular numerosos procesos biológicos. Este conocimiento tiene dos vertientes: por un lado, se incrementa el conocimiento en biología y, por otro, permite un mejor tratamiento médico-farmacológico en caso de mal funcionamiento.

Un área de rápido desarrollo en los últimos años es la preparación de biomateriales capaces de reparar o reemplazar órganos y tejidos de nuestro cuerpo. En esta investigación, la química proporciona los componentes básicos (las moléculas con las que se preparan los biomateriales) y, por otro lado, el conocimiento químico sobre interacciones entre moléculas permite diseñar los biomateriales y racionalizar los resultados. En los avances en esta última área, son importantes los

progresos en biomedicina y en ciencia de los materiales.

La ciencia de los materiales es un área multidisciplinar con objetivos prácticos: crear materiales con propiedades definidas y múltiples aplicaciones, desde la producción y el almacenamiento de energía hasta dispositivos electrónicos, pasando por materiales de protección medioambiental, artilugios deportivos, etc. Al desarrollo de esta área contribuyen diversas ciencias, como se muestra en la fig. 3. Las propiedades de los materiales dependen de las sustancias químicas que los forman y de sus interacciones. La química es fundamental para proporcionar las sustancias químicas y la comprensión de sus interacciones, que son fundamentales para el diseño de los materiales.

Algunas aportaciones de la química a la ciencia de los materiales son:

- Máquinas moleculares que, a nivel molecular, realicen trabajo mecánico (fig. 4).
- Nanomateriales (fig. 5).
- Equipos pequeños para monitorización (ambiental, salud, etc.).
- Electrónica molecular.

- Interruptores moleculares (en electrónica o en computación).
- Ordenadores moleculares.
- Nanocápsulas para el transporte de fármacos.
- Biomateriales inertes biológicamente o que se integren en el tejido (funcionales).
- Equipos portátiles para la purificación y potabilización de agua.
- Antenas de luz (conversión de energía lumínica en química, centros fotosintéticos artificiales).
- Materiales con óptica no lineal.
- Materiales quimioluminiscentes.
- Almacenamiento y transporte de hidrógeno.
- Materiales para el almacenamiento de electricidad (baterías y supercondensadores).
- Diodos emisores de luz.
- Materiales para la generación, la conversión y el almacenamiento de energía (con el menor impacto medioambiental).

En las últimas décadas, estamos asistiendo a un desarrollo espectacular de la nanociencia y sus aplicaciones: la nanotecnología. En esta área científica, se busca el diseño, la preparación y las aplicaciones de materiales nanoestructurados, es decir, en la escala del nanómetro (10^{-9} m). En esta escala, la materia puede presentar un comportamiento muy diferente respecto de la escala macroscópica, lo que puede servir para múltiples aplicaciones muy valiosas.

En definitiva, el futuro de la humanidad dependerá del desarrollo en biomedicina y en ciencia de los materiales. Los retos que la ciencia tiene por delante están basados en satisfacer las necesidades del ser humano (fig. 6), que podemos clasificar en cinco grandes áreas: energía, medio ambiente, salud, alimentación (incluyendo el suministro de agua potable a todo el planeta; la estructura

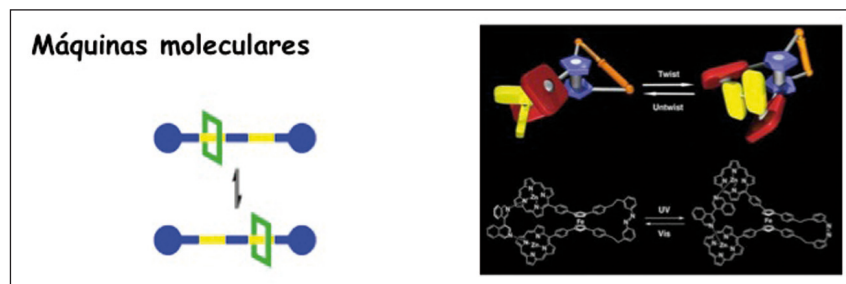


Figura 4. Ejemplos de máquinas moleculares en que las moléculas (el catenano, a la izquierda, y el azo compuesto, a la derecha) realizan trabajo mecánico al ser irradiadas con luz.

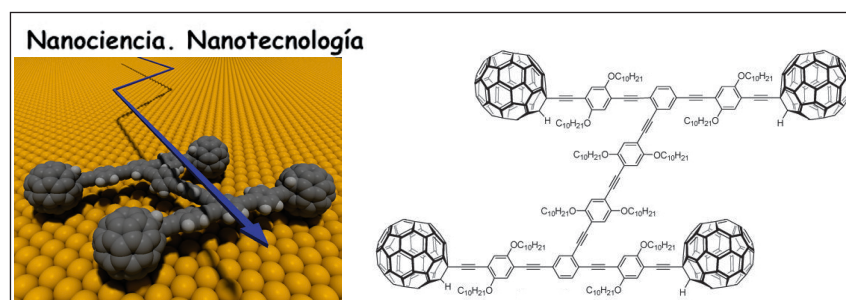


Figura 5. Nanoestructura basada en el fullereno.

del agua se representa en la fig. 6) y tecnología (en la que el grafeno, representado también en la fig. 6, puede ser un material clave). Además, la ciencia debe tener connotaciones sociales, contribuyendo a acortar las brechas (sanitaria, social, económica) existentes entre seres humanos. La química será una ciencia fundamental para resolver estos retos científicos.

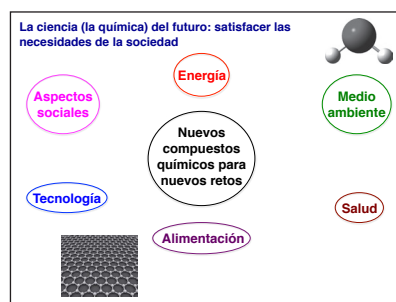


Figura 6. El papel de la química en el bienestar futuro de la humanidad.

La química crea su propio objeto

Desde la década de 1830, cuando ya se tenía suficiente conocimiento de la estructura de las sustancias químicas, los químicos se convencieron de que en sus manos tenían herramientas poderosas para obtener sustancias

(naturales o no) en los laboratorios. De estas investigaciones surgió el área de la síntesis química, que dio lugar a una de las definiciones más sugestivas de la química como «la ciencia que crea su propio objeto» (Berthelot, 1827-1907). En esta frase está recogido el carácter creativo de la química, que la asemeja al arte, pues, en palabras del premio Nobel de Química Jean-Marie Lehn (nacido en 1937, premio 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».

Cuando los químicos se dieron cuenta de que podían crear nuevas sustancias químicas, empezaron a buscar aplicaciones. Ya en el siglo XIX, la química era una ciencia de moda en la sociedad, pues proporcionaba muchas sustancias (mejoras en la producción de alimentos, tejidos, colorantes, jabones, metales, medicamentos) que facilitaban la vida de las personas. Actualmente, esta capacidad de la química de obtener sustancias y materiales es fundamental para el

bienestar del ser humano, como se discute en el siguiente apartado.

Los beneficios de la química

En el curso de divulgación Los avances de la química y su impacto en la sociedad (fig. 7), hemos tratado aspectos relacionados con los beneficios que la ciencia aporta al ser humano en diversas facetas. Hemos insistido mucho en aspectos de nuestra vida cotidiana en los que la química aporta beneficios, lo que se muestra de manera esquemática en la fig. 8.



Figura 7. Logo de la cuarta edición del curso de divulgación Los avances de la química y su impacto en la sociedad.

Actualmente, gracias a las sustancias químicas, nuestra vida se beneficia en los siguientes aspectos:

— *Salud humana.* Con la química, tenemos principios activos para medicinas, materiales de diagnóstico, prótesis y muchos más materiales para cuidar nuestra salud. Además, la química también permite el progreso en biomedicina, proporcionando sustancias químicas para estudiar procesos biológicos que pueden estar relacionados con alguna enfermedad. Esta investigación ha dado lugar a un área científica de la biomedicina (la medicina molecular) que intenta entender las causas a nivel molecular de las enfermedades; este conocimiento permite diseñar principios activos más eficientes para tratar enfermedades.

— *Veterinaria.* Antiguamente, la enfermedad de un solo miembro de una cabaña ganadera podía suponer el sacrificio de todo el rebaño; actualmente, cada individuo puede ser tratado con medicamentos veterinarios. Por supuesto, con sustancias químicas,

también cuidamos a nuestras mascotas y animales de compañía.

— *Agricultura.* Antes de plantar, es necesario conocer las características del suelo. Para ello se usan los métodos desarrollados por la química analítica que permiten analizar los componentes químicos del suelo, lo que facilita la elección del vegetal que se va a plantar, así como el tipo de nutrientes que se deben suministrar; por ejemplo, decidir qué concentración de nitrógeno, potasio y fósforo en el fertilizante debe usarse o si el vegetal necesitará sales metálicas, como calcio o magnesio, o oligoelementos, como hierro o molibdeno, que se suministran en muy pequeñas cantidades. Con sustancias químicas (pesticidas, herbicidas, insecticidas), tenemos agentes que protegen nuestras cosechas, evitando que las plagas puedan destruirlas o que las malas hierbas hagan más ineficaces los campos de cultivo. Estos son más productivos gracias a los fertilizantes, abonos, micronutrientes y sustancias relacionadas. Hay que recordar que todos estos agentes fitosanitarios deben usarse en la cantidad apropiada, no abusando de ellos, pues su exceso suele ser perjudicial para el medio ambiente. Por último, una vez recogida la cosecha, por métodos químicos podemos analizarla y determinar su conveniencia para el consumo.

— *Alimentación.* Una consecuencia de tener campos de cultivo más productivos es que tenemos más alimentos, bien porque directamente los consume el ser humano o porque sirven para alimentar el ganado que posteriormente consumiremos. De hecho, actualmente se dispone de suficientes alimentos para alimentar a todos los seres humanos de nuestra (superpoblada) Tierra. Si existe hambre en nuestro planeta, es un problema de distribución causado por razones políticas, económicas,



Figura 8. La química en nuestra vida cotidiana.

sociales, etc., fuera del alcance de la ciencia. También hay que destacar que, una vez producido el alimento, no es necesario consumirlo inmediatamente, pues disponemos de sustancias químicas que evitan que las sustancias se contaminen con microorganismos (conservantes) o que se rancien (anti-oxidantes). Estos son dos de los distintos tipos de aditivos alimentarios que se usan actualmente en la industria alimentaria. Existen otros aditivos que permiten modificar el sabor de los alimentos (por ejemplo, endulzándolos sin aporte calórico), darles color (hay que recordar que la primera impresión de un alimento es a través de la vista), estabilizantes, correctores de la acidez, etc. Hay que mencionar que todos los aditivos alimentarios comercializados en la Unión Europea son catalogados por la letra E seguida de tres cifras (que los caracteriza según el grupo y la composición química), y también que este etiquetado garantiza que han pasado los controles de seguridad necesarios. La fig. 9 muestra esquemáticamente las diferentes aportaciones que la química hace en la producción y mejora de los alimentos.



Figura 9. La química y los alimentos.

— *Potabilización y purificación de agua.* Posiblemente la mayor aportación de la química al bienestar de la humanidad sea la purificación y potabilización de agua, aunque probablemente la opinión pública no es consciente del papel que la química tiene en este proceso. La purificación de agua de-

pende de sustancias químicas como el ozono o el dióxido de cloro, que son agentes oxidantes y bactericidas que eliminan las impurezas y los microorganismos en el agua. El proceso se completa con una serie de tratamientos químico-físicos, como floculaciones o filtraciones a través de membranas también fabricadas con moléculas. Disponer de agua potable para beber o para nuestra higiene o de agua pura para regar las plantas marca diferencias entre los seres humanos, entre los países ricos y los países pobres. Un aspecto importante es que tenemos que conseguir métodos de purificación de agua que sean transportables a cualquier lugar del planeta.

— *Energía.* ¿Nos podemos imaginar un planeta con problemas de suministro de energía? De ella dependemos para movernos, calentarnos, iluminarnos, refrigerarnos, conservar alimentos, hacer funcionar equipamientos, etc. Actualmente, nuestra sociedad es consumidora en exceso de energía. Esto es consecuencia de nuestro progreso. Nuestra principal fuente de energía es la combustión de carbón, de derivados del petróleo y de gas natural. La energía procede de reacciones de oxidación de carbono e hidrocarburos que son exotérmicas (generadoras de energía, generalmente en forma de calor). Los inconvenientes de usar esta fuente de energía son importantes: recursos limitados, no renovables y contaminantes, especialmente con generación de CO_2 . Además, desde el punto de vista químico, quemar derivados del petróleo supone que estamos gastando miles de compuestos químicos que son las materias primas con las que fabricamos bienes de consumo (principalmente, plásticos y polímeros de infinidad de aplicaciones).

Otra fuente de energía es la electroquímica, donde la energía química de los iones es convertida

en electricidad por medio de reacciones de oxidación-reducción (redox). Este es el fundamento de las pilas y las baterías, que desde hace doscientos años han facilitado nuestras vidas (la primera aplicación tecnológica fue el telégrafo) y que actualmente permiten que muchos dispositivos electrónicos (por ejemplo, los móviles) sean muy pequeños. El futuro de la energía depende del uso de fuentes renovables de energía (por ejemplo, la solar) que convirtamos en electricidad. La química está desarrollando procesos y materiales con lo que se puede aprovechar más eficientemente la energía solar y almacenar de manera adecuada energía eléctrica (pilas, baterías, supercondensadores, células de combustible, etc.).

— *Protección ambiental y toxicológica.* El deterioro medioambiental está estrechamente relacionado con nuestro consumo excesivo de energía. Si conseguimos los objetivos indicados en el apartado anterior, contribuiremos a resolver el problema medioambiental. También es indudable que parte de la culpa de la alta contaminación ambiental se debe al uso excesivo y no adecuado de sustancias químicas. Tristemente, este es el peaje que tiene que pagar una sociedad tecnológicamente avanzada. La contaminación química es un tema frecuente en los medios de comunicación. Hace unos años, no éramos tan conscientes de los peligros medioambientales de muchos compuestos químicos, y este conocimiento lo hemos adquirido por investigaciones realizadas por químicos. Muchos compuestos químicos de amplio uso (por ejemplo, pesticidas o detergentes) son beneficiosos en nuestra vida cotidiana, pero el uso de este tipo de sustancias debe hacerse de manera racional y controlada, lo que no siempre ocurre. Si se ponen los medios adecuados, la química

puede contribuir a mejorar la situación medioambiental.

Algunas aportaciones de la química en esta faceta son: a) cuantificación de sustancias químicas en el ambiente; b) contribución a determinar la toxicidad de compuestos químicos y a descubrir el mecanismo de acción biológica (en colaboración con biólogos); c) diseño y síntesis de compuestos químicos con actividad biológica beneficiosa (en la dosis adecuada) que puedan paliar los efectos de otros agentes tóxicos; d) desarrollo de procesos industriales que sean más benignos con el medio ambiente (química verde); e) diseño e implantación de rutas químicas para el tratamiento de residuos (en el caso ideal, el producto final de este tratamiento sería la transformación en compuestos no tóxicos, pero, como esto es difícil de lograr, lo que hacemos es transformar compuestos químicos en otros con la mínima toxicidad); f) investigación de procesos físicos y químico-físicos de separación selectiva de sustancias tóxicas (por ejemplo, desarrollo de membranas y adsorbentes con alta afinidad por compuestos químicos tóxicos que podrían servir para «atraparlos»); g) investigación en procesos de generación de «energía limpia» (por ejemplo, en el diseño de pilas de combustible donde la energía proceda de la combustión del hidrógeno, cuyo producto es solo agua).

Es importante tener en cuenta que todo lo que nos rodea en nuestra vida diaria es química, que los seres humanos estamos contaminando continuamente y que la única solución es que los residuos sean separados de manera adecuada para su tratamiento posterior y, cuando sea posible, reciclar. El tratamiento medioambiental empieza en el individuo: tenemos que minimizar el gasto energético, no tirar basura en la calle (en el campo, en el monte, etc.) y las basuras que generemos

en nuestra casa deben ser separadas según las normas de reciclaje y tratamiento. Aunque la situación medioambiental es bastante preocupante, confiamos en revertir la situación y, entre todos (ciudadanos, empresas, gobiernos), tener un planeta más saludable.

— *Deportes y ocio*. La química juega un papel importante en el avance deportivo, tanto a nivel profesional como aficionado. Gracias a la química, tenemos métodos y productos para controlar y mejorar la salud del deportista, para la lucha antidopaje, materiales para la práctica deportiva, instalaciones deportivas, etc. Por otro lado, otras actividades relacionadas con el ocio también dependen de la existencia de sustancias químicas.

— *Productos para nuestro cuidado personal*. Todos los productos relacionados con nuestra higiene o con el cuidado de nuestra imagen se deben a la existencia de sustancias químicas. Las industrias químicas de cosmética son de las más potentes del mundo y de las que más invierten en investigación.

— *Materiales cotidianos*. Todos los objetos cotidianos (tejidos, velcro, colorantes, celofán, tintas, piezas de vehículos, electrónica, automóviles, etc.) relacionados con el trabajo, el estudio, el transporte, etc., están fabricados con sustancias químicas.

— *Tecnología*. La química está sintetizando moléculas con propiedades eléctricas, magnéticas, ópticas o mecánicas extraordinarias, con las que se están produciendo materiales para aplicaciones de tecnología muy sofisticada, desde materiales para aeronáutica hasta grandes obras de ingeniería, electrónica, computación, etc.

— *Soporte científico para explicar fenómenos naturales*. La química, como ciencia madura, permite explicar fenómenos como la vida (un conjunto de reacciones químicas) o apoyar las investigaciones en astrofísica.

Conclusiones

En este artículo hemos presentado un breve resumen de los temas tratados en las cuatro ediciones del curso Los avances de la química y su impacto en la sociedad, en que hemos tratado aspectos relacionados con la influencia que los avances en química tienen en la salud humana y animal, en el suministro de alimentos y agua pura, en la agricultura, la energía, el medio ambiente, materiales cotidianos y dispositivos tecnológicos, entre otros. Sin duda, la química es la ciencia que proporciona la mayoría de los materiales cotidianos, siendo imprescindible para nuestro bienestar.

Agradecimientos

Agradecemos la financiación del Plan Nacional de Investigación Científica y Técnica a través del proyecto CTQ2010-19295/BQU.

Bibliografía recomendada

Libros

- ATKINS, P. W. (2008). *Las moléculas*. Madrid: Akal.
- EMSLEY, J. (1998). *Molecules at an exhibition*. Oxford: Oxford University Press.
- (2003). *Nature's building blocks: An A-Z guide to the elements*. Oxford: Oxford University Press.
- (2010). *A healthy, wealthy, sustainable world*. Oxford: Oxford University Press.
- HERRADÓN, B. (2011). «La (mala) imagen de la química: una benefactora de la humanidad». En: *La imatge de la química: Destapa-la!* Valencia: Col·legi Major Doctor Peset, p. 19-26.
- (2012). *Los avances de la química*. Madrid: Libros de la Catarata; CSIC.
- LÓPEZ NIETO, J. M. (2011). *Química verde*. Madrid: Libros de la Catarata; CSIC.
- MARTÍN-GAGO, J. A.; BRIONES, C.; CASTRO, E.; SERENA, P. A. (2014). *El nanomundo en tus manos: Las*

claves de la nanociencia y la nanotecnología. Barcelona: Crítica.

NICOLAOU, K. C.; MONTAGNON, T. (2008). *Molecules that changed the world*. Weinheim: Wiley-VCH.

VALLET REGÍ, M. (2013). *Biomateriales*. Madrid: Libros de la Catarata; CSIC.

Artículos

HERRADÓN, B. (2011). «La química: situación actual y perspectivas de futuro». *Alkaid: Revista Multitemática*, n.º 13, p. 16-27.

— (2011). «La química y las ciencias de la vida». *SEBBM*, n.º 169, p. 4-6.

— (2011). «La química y su relación con otras ciencias». *Journal of Feelsynopsis*, n.º 1, p. 81-86.

— (2011). «La química: la ciencia central en el siglo XXI». *Boletín de la Fundación BBVA*, n.º 26, p. 32.

HERRADÓN, B.; PÉREZ, Y. (2014). «La química y la alimentación». *Alkaid: Revista Multitemática*, n.º 18, p. 32-43.

HERRADÓN, B.; PÉREZ, Y.; MANN, E. (2012). «La química como herramienta en nanotoxicología». *Seguridad y Medio Ambiente*, n.º 127, p. 56-67.

Sitios web de interés¹

<http://www.losavancesdelaquimica.com/>. Sitio web donde se aloja la información y el material del curso de divulgación Los avances de la química y su impacto en la sociedad.

<http://www.madrimasd.org/blogs/quimicaysociedad/>. Blog con material didáctico útil e información sobre la relación entre química y sociedad.

<http://educacionquimica.wordpress.com/>. Blog dedicado a temas relacionados con la enseñanza de la química.

<http://mascienciapf.blogspot.de/>. Especialmente involucrado en

aspectos relacionados con la enseñanza, la divulgación y la investigación química.

<http://web.educastur.princast.es/proyectos/fisquiweb/index.htm>.

Sitio dedicado a la enseñanza de la física y la química.

<http://flagellum.wordpress.com/>.

Blog de ciencia con especial interés en la frontera entre la química y la biología.

<http://blogs.nature.com/thesceptical-chymist/>. Blog de la revista *Nature Chemistry* con artículos muy variados e interesantes.

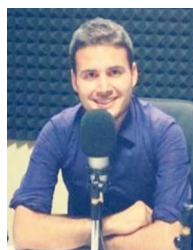
<http://elblogdeuhogris.blogspot.com.es/>. El subtítulo del blog es *Un alegato contra la quimifobia*. Blog contra todas las falsas creencias sobre el uso de sustancias químicas.

<http://www.esepuntoazulpalido.com/>.

El blog publica artículos científicos de todas las áreas, pero la química es uno de sus temas preferidos. Frecuentemente, los artículos invitan a la reflexión. Destacan especialmente las recomendaciones de lecturas científicas y de historia de la ciencia.

<http://isqch.wordpress.com/>. Blog del Instituto de Síntesis Química y Catálisis Homogénea (ISQCH-UZ-CSIC). Artículos con un alto valor científico.

<http://www.facebook.com/todoesquimica2012>. Grupo de Facebook donde se enlazan y se comentan artículos de divulgación, historia de la química, biografías de químicos y avances científicos.



Luis Moreno-Martínez

Es licenciado en Química y EU en Divulgación y Cultura Científica. Es

profesor de Física y química de ESO y bachillerato en el colegio Tres Olivos de Madrid. Ha participado en varios proyectos de comunicación social de la ciencia, evaluación educativa y editoriales. Ha colaborado en educación (didáctica e historia de la química) con Bernardo Herradón, en el Instituto de Química Orgánica General del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (IQOG-CSIC).



Bernardo Herradón

Es doctor en Ciencias Químicas por la Universidad Complutense de Madrid (1986). Actualmente es investigador científico en el Instituto de Química Orgánica General del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (IQOG-CSIC), del que fue director entre 2006 y 2010. Ha investigado en la Universidad de Alcalá, el ETH-Zürich y la Universidad de Stanford. Sus temas de investigación abarcan un amplio rango de la química orgánica, incluyendo síntesis orgánica, compuestos bioactivos, estructura e interacciones de compuestos aromáticos y péptidos y toxicología computacional. Entre sus objetivos, está la difusión de la cultura científica, especialmente entre estudiantes de ESO y bachillerato, participando en ferias científicas, visitas guiadas, mesas redondas, charlas y cursos de divulgación. Dirige el curso de divulgación Los avances de la química y su impacto en la sociedad y es el comisario científico de la exposición «Entre moléculas», elaborada por el CSIC. Es autor del libro *Los avances de la química* (2011) y ha sido editor de *Anales de Química de la RSEQ* entre 2012 y 2014. En julio de 2014 fundó la empresa Gnanomat.

C. e.: b.herradon@csic.es.

1. Todos los sitios web fueron consultados el 16 de junio de 2014.