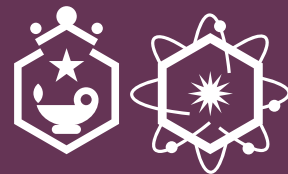




enlace

de los químicos de Madrid

REVISTA DEL COLEGIO Y ASOCIACIÓN DE QUÍMICOS DE MADRID




N.º 40 | JUNIO 2016

Petróleo ¿ocaso o amanecer?



Entrevista a Margarita del Val:
“Las vacunas salvan tres millones de vidas cada año”

**Soluciones emergentes para la eliminación
de contaminantes peligrosos de las aguas**



**La mejor energía
obtiene el máximo
rendimiento
con los menores
recursos**

Como la que desarrollamos en el **Centro de Tecnología Repsol**, un centro a la vanguardia de la investigación en Europa donde ponemos todo el talento de nuestros científicos al servicio de la eficiencia y la sostenibilidad energética. Porque en Repsol estamos comprometidos con crear una energía **más eficiente**.

Conoce todo sobre la energía de Repsol en
mejoremoslaenergia.com



REPSOL

Inventemos el futuro

El regreso



Queridos compañeros, después de un largo lapso de tiempo en el que no hemos publicado el boletín ENLACE, volvemos con su reedición para renovar el contacto con vosotros. Queremos suplir así el hueco que ha dejado, como importante canal de comunicación entre todos nosotros, la revista *Química e Industria (QeI)*, que ha suspendido su publicación y no sabemos por cuánto tiempo. Durante más de sesenta años, *QeI* ha servido de canal para dar a conocer las actividades de los colegios y asociaciones, recoger los avances de la química, dar voz a los más ilustres representantes de nuestra disciplina y servir de tarjeta de presentación ante la sociedad de la importancia de la química en el mundo actual. El esfuerzo realizado por ANQUE y el Consejo Superior de Colegios de Químicos de España, que la editaban, se ha visto truncado por una cuestión recurrente en estos tiempos: los problemas económicos que sufren algunos colegios no permitían sufragar el coste de la edición.

Por todo ello, iniciamos esta nueva etapa de ENLACE, con la idea de que continúe siendo el vínculo de comunicación con vosotros, nuestros colegiados y asociados, y al mismo tiempo suplir de alguna manera el papel que desempeñaba *QeI*. En su interior incluiremos noticias, artículos e información de interés para vosotros, así como información sobre actividades del Colegio y la Asociación, que nos mantenga en contacto y que sea al tiempo una tribuna en la que podáis exponer vuestras ideas, consejos y recomendaciones que penséis sean de interés para nosotros y nuestras instituciones.

ENLACE regresa con la pretensión de hacer una revista que sea de lectura interesante para nuestros profesionales y que sirva también de escaparate de la química ante la sociedad. Inicialmente estamos pensando en editar dos revistas por año, una en junio-julio y otra en diciembre-enero y, según su aceptación por vosotros, incluso incrementar su edición a tres o cuatro revistas por año. Trataremos un tema central de actualidad, incluiremos una entrevista con una persona con actividades ligadas a

«ENLACE regresa con la pretensión de hacer una revista interesante para nuestros profesionales y que sirva también de escaparate de la química ante la sociedad.»


nuestra profesión, noticias del ámbito de la química, un artículo técnico y tres secciones dedicadas a la química y la industria, la química y la educación y la química y la sociedad. Además, claro está de noticias relacionadas con nuestras instituciones, Colegio y Asociación de Químicos de Madrid, y una agenda de eventos de interés.

Este número lo iniciamos con un amplio reportaje, al estilo de los que en *Química e Industria* se incluían en la sección Claves, sobre la situación del petró-

leo y los retos que plantea su coyuntura actual, con la competencia entre productores convencionales y los derivados de nuevas tecnologías, en las que la química desempeña un papel esencial. Tras unos años de costes muy elevados, este auge de la competencia de petróleos no convencionales ha llevado a una moderación de los costes. Esto, que inicialmente haría pensar que impulsaría el desarrollo económico, parece ser, paradójicamente, un problema económico también. En cualquier caso, se trata de un mundo en plena transformación.

Traemos también una entrevista con Margarita del Val, que nos habla sobre el siempre interesante mundo de las vacunas y su importante función en la lucha contra las enfermedades infecciosas humanas, en un tiempo en el que crecen los movimientos que se oponen a ellas. Según Del Val, salvan cada año tres millones de vidas, y aún podrían salvar muchas más si llegaran adecuadamente a los países más necesitados.

Hay, además, noticias y novedades del mundo de la química, así como información sobre las actividades de nuestras instituciones, que completan la revista. Esperamos que sea de vuestro agrado y que nos hagáis llegar vuestros comentarios, tanto para confirmar que vamos por el buen camino como para señalar aquellas cosas que consideréis mejorables.

Os mandamos un saludo y os deseamos unas felices vacaciones. 

Valentín González
Presidente de la Asociación
de Químicos de Madrid

índice

3 presentación

5 el núcleo

Petróleo ¿ocaso o amanecer? El papel de la química en el nuevo panorama del recurso energético más importante de nuestro tiempo. *Ignacio F. Bayo*

13 entrevista

Margarita del Val: “Las vacunas salvan tres millones de vidas cada año”. *Eugenia Angulo*

17 materia

Soluciones emergentes para la eliminación de contaminantes peligrosos de las aguas.

Juan J. Rodríguez

22 sociedad Q

La historia de la química como herramienta didáctica. *Bernardo Herradón*

24 educación Q

Olimpiadas con mucha ‘química’. *Elvira del Pozo*

26 industria Q

La industria química, motor de crecimiento y empleo. *Juan A. Labat*

28 noticias

31 iones

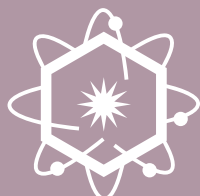
34 agenda

35 arte Q

Inventos. *Abraham Tamir y Francisco Ruiz Beviá*



**Ilustre
Colegio Oficial
de Químicos
de Madrid**



**Asociación
de Químicos
de Madrid**

Enlace

Número 40. Junio 2016

Edita: Ilustre Colegio Oficial de Químicos de Madrid y Asociación de Químicos de Madrid.

C/ Lagasca 27, 1.º E
28001 Madrid
Tel. 91 4 35 50 22
Fax 91 5 77 51 37
colquim@quimicosmadrid.org
www.quimicosmadrid.org

Dirección: Lourdes Campanero Campanero

Comité editorial: Ricardo Díaz Martín y Valentín González García

Consejo de redacción:
Lourdes Campanero Campanero
Ricardo Díaz Martín
Donato Herrera Muñoz
Valentín González García
Antonio Gutiérrez Maroto
Félix García-Ochoa Soria
Emilio Gómez Castro
Belén Monercillo Delgado

Producción: Divulga S.L.

Coordinación:

Ignacio Fernández Bayo

Diseño y maquetación:
José María Cerezo

Impresión: Gráficas Jomagar, S.L.
Polígono Industrial Nº1, D16
Móstoles / Madrid

ISSN: 2174-4653

Depósito Legal: M-26296-2011

Enlace no se hace responsable de los artículos firmados ni comparte necesariamente la opinión de los colaboradores.

el núcleo

Muchas veces dado por muerto, o al menos diagnosticado como enfermo terminal, el petróleo sigue siendo la fuente energética más viva del mundo. Algunos vieron en la escalada de precios que sufrió hace pocos años el cumplimiento del presagio sobre el inminente agotamiento del recurso, que durante décadas se había ido repitiendo como una letanía, pero la situación ha cambiado y los precios han regresado a una zona más moderada. La tecnología, esencialmente química, ha multiplicado las reservas explotables y el horizonte del agotamiento del petróleo parece ahora alejarse hasta perderse de vista. Solo las cuestiones medioambientales arrojan sombras amenazantes sobre su futuro, pero incluso estas podrían aminorarse con la ayuda de la química.

El papel de la química en el nuevo panorama del recurso energético más importante de nuestro tiempo

Petróleo ¿ocaso o amanecer?

Ignacio Fernández Bayo / Divulga

“Inundados de petróleo” titulaba *The Economist* una de sus portadas de marzo de 1999. Menos de un lustro más tarde, en octubre de 2003, enviaba un mensaje diametralmente opuesto en otra: “El fin de la era del petróleo”. La aparente contradicción no es más que una muestra de la imprevisible evolución que tradicionalmente ha mostrado el mercado de la materia prima más importante del último siglo y probablemente de este. No fueron aquellos años una época excepcional, sino una muestra más de la volubilidad que ha marcado su cotización a partir de la crisis de 1973, cuando los países árabes decidieron tomar las riendas del mercado.

Aquella decisión estaba marcada por la guerra del Yom Kipur entre Israel y sus vecinos árabes, pero más allá de las represalias por la ayuda occidental a Israel, era la confirmación del poder de los países productores, la mayor parte de ellos integrados en la OPEP, para manejar a su antojo el precio del petróleo en función de sus intereses. Un desequilibrio entre la capacidad de la oferta y la de la demanda para gestionar la

producción y el precio del petróleo que se ha perpetuado desde entonces hasta hace poco, muy poco, tiempo.

Hoy, ese poder se está diluyendo al emerger fuentes alternativas de oro negro en otras zonas del mundo, nuevos yacimientos y otros conocidos pero que no se contabilizaban hasta ahora por las dificultades de su extracción, que han pasado a formar parte de las reservas explotables. De forma notoria, el desarrollo de la tecnología de la fracturación hidráulica, o *fracking*, en EE. UU., ha cambiado las reglas de juego. Además

de extender ampliamente hacia el futuro ese supuesto punto final del recurso, ha complicado el tablero y multiplicado el número de jugadores. Hoy es más imprevisible que nunca la evolución del mercado incluso a corto plazo.

Evidentemente, el petróleo es un recurso limitado, pero es difícil poder poner fecha a su agotamiento. Tradicionalmente se han sugerido plazos de unas pocas décadas que se han ido rectificando a medida que pasaba el tiempo, desplazando el horizonte al avanzar hacia él. En teoría, el declive debería hacerse patente en el momento en que la curva del consumo superase la de los nuevos descubrimientos de crudo.

En 1956, Marion King Hubbert, un geofísico que trabajaba para la petrolera Shell, formalizó esta idea y afirmó que la curva de las reservas de crudo tendría forma de campana de Gauss, con una fuerte subida inicial de los descubrimientos, un máximo y un decrecimiento, igual-



Portadas de la revista *The Economist* de 1999 y 2003.

mente acusado, de las reservas. Incluso vaticinó que la producción de petróleo de EE. UU. empezaría a descender a partir de los años setenta, y su teoría alcanzó una enorme notoriedad entre los expertos cuando su profecía se cumplió casi con exactitud. Hoy asistiría asombrado al renacer de la producción estadounidense, que se coloca en los primeros puestos del mundo y le permite no solo autoabastecerse, sino incluso exportar crudo, merced al uso del *fracking*.

La aplicación a otros productores de la curva de Hubbert ha tenido también otros aciertos, pero también grandes errores. En cómputo global, a principios de los años ochenta se produjo una disminución rápida de los recursos disponibles que llevó a pensar que se había iniciado el declive previsto por el geofísico estadounidense, pero luego se produjo una nueva remontada que llevó a máximos de producción a finales del pasado siglo e inicios del actual.

Pero nuevamente, como reflejaban los titulares de *The Economist*, esa euforia petrolera del cambio de siglo se trocó en pesimismo. A mediados de la pasada década los datos parecían indicar que el momento de la cuesta abajo había llegado ya, los nuevos descubrimientos eran cada vez menos y quedaban cada vez más por debajo de la curva de consumo. Los informes de la Agencia Internacional de la Energía eran rotundos y casi todos los expertos los avalaban, especialmente los miembros de la Asociación para el Estudio del Pico del Petróleo y el Gas (ASPO en sus siglas en inglés), fervientes creyentes en la idea de Hubbert. Sin embargo, de nuevo era un espejismo. “En 2007 se decía que estábamos bajando ya la pendiente, pero desde entonces se han descubierto muchos nuevos yacimientos y se están explotando recursos no convencionales que han cambiado la curva. Hoy se puede decir que las reservas probadas son mucho más cuantiosas que hace 10 o 15 años”, dice José Luis García Fierro, químico y profesor de investigación del Instituto de Catálisis y Petroleoquímica del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC).

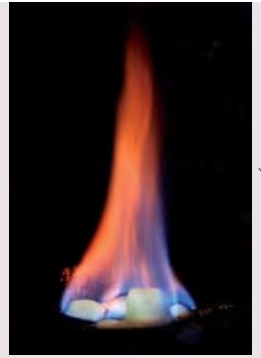
La curva no parece ahora tan sencilla como la imaginó Hubbert. No dibuja una montaña sino una cordillera, con sus picos y valles. Y observado a grandes rasgos casi podría verse como una meseta de duración indefinida. “No vamos a ver la escasez de petróleo. No solo porque hay más reservas de las que se pensaba, y se siguen encontrando nuevos

La energía del hielo

En el fondo del mar pueden estar las fuentes energéticas de un futuro cercano. Grandes depósitos de metano en el lecho marino a profundidades en las que la temperatura y la presión lo mantienen en una peculiar forma helada de enrevesado nombre: clatrato o hidrato de metano. “Son estructuras con forma de jaula, hechas con moléculas de agua helada en cuyo interior se acumula, atrapado, el metano. Tiene aspecto de polvo blanco, como nieve, y si lo prendes va fundiendo el hielo y puede tener una llama en la mano. Al final solo queda un poco de agua”, dice José Luis García Fierro.

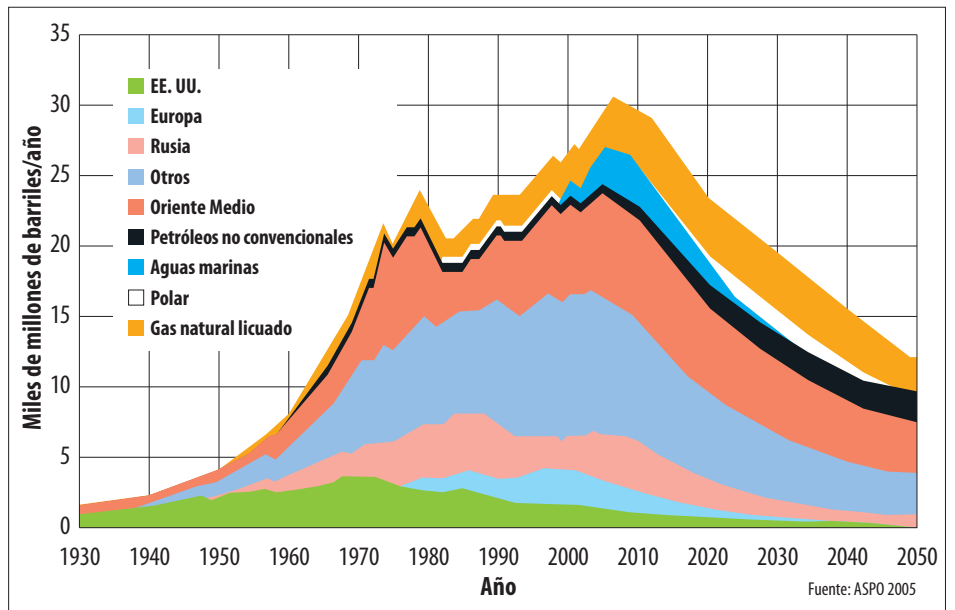
Los codiciosos ojos de la industria energética ya se han fijado en los clatratos con vistas a su explotación como fuente de combustible. Según numerosos estudios, entre ellos del Servicio Geológico de EE. UU. (USGS), las reservas de este metano congelado superarían las de petróleo, gas natural y carbón juntas y podrían ser la nueva revolución energética del futuro, muy por encima de las formas no convencionales de petróleo y gas. Incluso los cálculos más optimistas apuntan a que podrían llegar a ¡duplicar! esta suma.

Con estas perspectivas, el congreso estadounidense aprobó en el año 2000 la Ley de Investigación y Desarrollo de Hidratos de Metano, y Japón lanzó un programa de investigación para perforar en una gran reserva de hidratos de metano en la fosa de Nankai. India, China, Corea del Sur o Canadá también han seguido este camino, así que en los últimos años ha aumentado muchísimo el conocimiento que se tiene

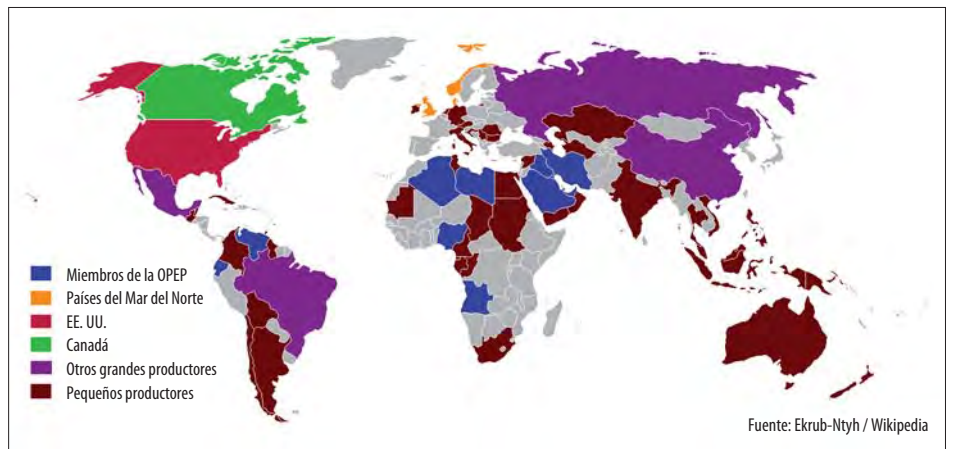


Clatrato de metano en plena combustión.

SERVICIO GEOLÓGICO DE EE. UU.



Evolución de la producción de petróleo por años, según un informe que situaba el pico de Hubbert en 2007.



Mapa de países productores de petróleo en 2013.

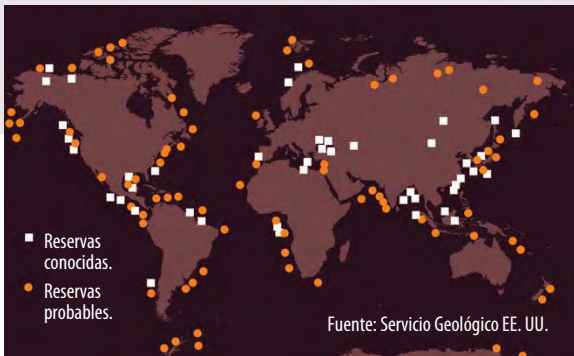
sobre este nuevo maná energético. Para empezar, su origen. Los hidratos o clatratos de metano se formaron al quedar atrapadas moléculas de gas en el interior de moléculas de agua congelada, bajo estas condiciones de bajas temperaturas y altas presiones. También su abundancia: los estudios sugieren que se encuentran repartidos en los fondos marinos de medio mundo, donde se estima que representan el 98% del total —normalmente a profundidades de unos 500 metros— frente al 2% que se ha hallado en tierra firme, concretamente en zonas cercanas al Ártico. En España, el Golfo de Cádiz, el mar de Alborán y las costas de Galicia podrían albergar reservas aunque aún no existe ningún para su evaluación.

Su extracción, sin embargo, es complejísima y de momento Japón, cuya dependencia energética con el exterior ronda el 90%, ha sido el único país del mundo en completar con relativo éxito un experimento de perforación de hidratos de metano. Fue en marzo de 2013 en la fosa de Nankai, y la extracción tuvo que reducirse de las seis semanas inicialmente programadas a seis días, debido, entre otros problemas, a la contaminación

de la arena. Aun así, los científicos japoneses consiguieron extraer 120.000 metros cúbicos de gas metano. Para otoño de este año planean un nuevo ensayo en las costas de las prefecturas de Aichi y Mie, en el centro de Japón, que durará un mes. Su ambicioso objetivo, según el Ministerio de Economía, Comercio e Industria, es que puedan comenzar la producción comercial de esta fuente de energía a partir de 2023.

Sin embargo, los hidratos de metano representan a la vez un reto científico y técnico y aún hay que evaluar su papel como fuente de energía. Por una parte, su uso como combustible es menos contaminante que la quema de petróleo o de carbón, pero durante la extracción existe el riesgo de que se desestabilice el lecho marino, provocando corrimientos y facilitando la liberación del metano a la atmósfera. Y este es mucho más contaminante que el temido gas de efecto invernadero, el CO₂. Además de este riesgo geológico, algunos científicos alertan de su relación con el cambio climático. Los peores pronósticos apuntan a que el aumento de la temperatura de los océanos podría descongelar el suelo ártico hasta el punto de descomponer los hidratos y liberar el metano a la atmósfera, lo que a su vez agravaría el ciclo climático, la elevación de la temperatura y una nueva liberación natural de metano a la atmósfera.

Eugenia Angulo



Ubicación de los depósitos de hidratos de metano en el mundo.

yacimiento, sino también porque hay otras muchas no convencionales que se pueden activar en el futuro. La tecnología ha avanzado mucho y permite ya explotar recursos que se consideraban no extraíbles”, asevera Juan Sancho Rof, vicepresidente de Técnicas Reunidas y ex decano-presidente del Consejo General de Colegios de Químicos de España.

Guerra contra el fracking

En este proceso ha desempeñado un papel importante el precio del petróleo. Si hasta ahora lo marcaban los países productores regulando la oferta, ahora la situación se ha dado la vuelta y es el precio el que determina la producción. Si sube aquel, se incrementa la oferta para sujetar el precio. Y es que los productores le han visto las orejas al lobo: si el precio supera ciertos límites resulta rentable el aprovechamiento de reservas no convencionales (es decir, esencialmente, el fracking). Los años en los que se disparó por encima de los 100 dólares por barril y rozó los 150 (en 2008), aquellos en los que parecía cumplirse la profecía de Hubbert, impulsaron el desarrollo de las tecnologías nece-

sarias para explotar los recursos no convencionales y permitieron que dichas tecnologías realizaran la travesía de su maduración y se abarataran los costes de extracción. Hoy, el fracking, al menos en EE. UU. y en algunos otros países, es lo bastante competitivo como para seguir formando parte del panorama.

“Estados Unidos ha conseguido ser casi autosuficiente y de hecho en los últimos años se ha colocado entre los principales productores”, dice García Fierro. La respuesta de los productores tradicionales ha sido forzar la bajada del precio del crudo manteniendo o incluso aumentando la producción hasta hacer menos atractiva la explotación no convencional. Según Sancho Rof, “hay una estrategia declarada por Arabia Saudí para no perder cuota de mercado y mantiene su producción independientemente de que el precio esté más arriba o más abajo, porque su coste de producción es muy bajo; reduce su margen pero sigue ganando mucho dinero”. Y los demás productores se ven obligados a seguir su estrategia. Los objetivos de esta guerra iniciada por Arabia Saudí son hundir el fracking (y en esto coinciden coyunturalmente con los ecologistas) y también entorpecer el desarrollo de las energías renovables (en esto, no), porque con un precio por encima de los 100 dólares se acelera su desarrollo; incluso, según los

expertos, es un arma estratégica en su lucha contra Irán por el liderazgo del islam, para dinamitar su retorno a los mercados internacionales.

Pero esta guerra produce también otros daños colaterales. Según Javier Criado, ingeniero químico y experto de Cepsa, hay tres grupos principales de países en función de su coste de extracción: “el primero es el de los que operan en el entorno de 10-15 dólares el barril, e incluso menos, como Arabia Saudí, Kuwait, Irán y un poquito por encima los demás países de la zona; el segundo es el de los que lo hacen en el entorno de los 30-40 dólares, como México, Venezuela y Rusia; y el tercero, el de los que están por encima de 40, como los que utilizan el fracking y otros crudos muy pesados”. Para algunos la actual situación resulta catastrófica, como ocurre con Rusia y Venezuela, que ven estrechados sus márgenes al máximo. En el caso de los que extraen a mayor precio la situación es más complicada, pero no trágica porque no dependen tanto del petróleo. En enero de este año el precio bajaba de los 30 dólares por primera vez desde 2004. Como consecuencia de la caída, Canadá ha paralizado su producción y en EE. UU. se están cerrando muchas instalaciones de fracking, por lo que la Organización de Países Exportadores de Petróleo (OPEP) prevé una reducción de la oferta de los nuevos productores durante este

año, aunque en mayo, se rozaban otra vez los 50 dólares.

Pero, aunque sujeta a altibajos, la explotación de crudos no convencionales ha venido para quedarse. La tendencia a reducir el coste de su extracción continúa y es probable que consiga ser cada vez más competitivo. Y, además, es una cuestión geoestratégica para EE. UU., que no quiere depender de terceros países en esta materia. “Su objetivo es garantizar el autoabastecimiento”, dice Sancho Rof, y Javier Criado concuerda: “sus reservas estratégicas son las mayores de los últimos 80 años, hasta tal punto que desde diciembre han autorizado su exportación de forma controlada, algo que hasta ahora estaba prohibido”.

La química entra en juego

El incremento del crudo disponible y explotable ha venido de la mano de los llamados yacimientos no convencionales, aquellos cuya explotación es difícil por diferentes motivos, como que el crudo sea muy denso, incluso solidificado, como ocurre en Canadá, o que se encuentre en reservorios pequeños y muy diseminados por el terreno, sin conexión entre ellos. Es en este último caso cuando se emplea la fracturación hidráulica (*fracking*), que consiste en inyectar agua a mucha presión, junto con arena y algunos componentes tensioactivos. La presión provoca la rotura de la roca, favoreciendo que los reservorios se comuniquen, y las sustancias químicas que el crudo se desprenda de la roca y que pueda fluir hacia la superficie. “Es una tecnología muy cara, porque hay que perforar no solo la capa sedimentaria (entre uno y dos kilómetros de profundidad), que es donde se encuentra el petróleo convencional, sino mucho más profundo, hasta llegar a areniscas o esquistos, y luego hay que perforar en horizontal túneles en diferentes direcciones”, dice García Fierro. A principios de esta década, EE. UU. empezó a promover la explotación de estos yacimientos. “El coste de extracción estaba entre 60 y 80 dólares por barril, pero a esos niveles ya les salía rentable. Desde entonces, el desarrollo tecnológico que han realizado las empresas, mediante sistemas de bombeo mejorados y nuevas cabezas de taladro, por ejemplo, ha conseguido reducir el coste hasta 40-50 dólares”, dice Criado.

Cada yacimiento tiene sus complicaciones y en cada caso la tecnología va desarrollando soluciones. En el caso de

Canadá, que dispone de grandes yacimientos de arenas bituminosas empaçadas en crudo, la cuestión es compleja. “Es un crudo muy pesado y se encuentra en yacimientos superficiales, a unos 500 metros de profundidad, y allí la temperatura es muy baja, unos 15 °C, y se encuentra en forma sólida”, explica José Guitián López, consultor en exploración y producción de Repsol. La estrategia que desde hace dos décadas se ha estado desarrollando allí es la de calentar el crudo para que adquiera fluidez. “Lo que se ha hecho hasta ahora es inyectar vapor, pero ahora se trabaja también en lo que se denomina combustión *in situ*, que consiste en inyectar aire con oxígeno, lo que hace que el crudo prenda. Además de calentar el crudo también calienta el agua de la roca y se produce vapor, lo que a su vez aumenta la presión y empuja al crudo hacia la superficie. Nosotros hemos participado en experimentos realizados en Canadá para estudiar esta tecnología”, añade Guitián.

En Venezuela las circunstancias son otras. La faja del Orinoco es probablemente, con sus 55.000 km², el mayor reservorio de petróleo del mundo. Al igual que el de Canadá, se trata de un crudo muy pesado, pero al encontrarse a mucha mayor profundidad su temperatura es más alta, unos 55 °C, lo que hace que sea fluido. Tiene una viscosidad alta, pero fluye y se puede extraer. Sin embargo, el porcentaje de crudo obtenido por cada pozo es pequeño. “En estos crudos pesados la recuperación primaria es muy baja, del orden del 10

al 15%, y por eso se aplican tecnologías de *Enhanced Oil Recovery* (EOR). Una de ellas es la inyección de vapor, pero también se utiliza el EOR químico, que emplea polímeros y surfactantes, consiguiendo recuperar entre un 10 y un 20% más”, dice Guitián, quien posee 17 patentes en EE. UU. sobre procesos de conversión de crudos pesados y recibió el premio Ciencias de la UNESCO en 1991 por sus trabajos.

“Los polímeros se añaden al agua que se inyecta, lo que aumenta su viscosidad y hace que empuje al petróleo más fácilmente. Los surfactantes hacen que se desprenda el petróleo, que es una sustancia grasa, de la roca y facilita su movilización”, explica este experto, que con el principal problema de estas técnicas, denominadas de recuperación secundaria, es que las sustancias químicas empleadas son relativamente costosas, a pesar de que se usan en cantidades minúsculas, del orden de ppm.

Estos sistemas no solo se emplean para tratar crudos pesados. Según Guitián, incluso en los pozos de crudo más ligero, como los de Arabia Saudí, la producción primaria no pasa del 50%, y la media mundial es del 30%. “El petróleo ligero sale solo porque el yacimiento tiene energía para empujarlo hacia el exterior. A medida que la presión disminuye se va reduciendo esa energía y es necesario empujarlo añadiendo energía al yacimiento —dice Guitián—. Con la recuperación secundaria y terciaria se puede subir hasta el 70%”, añade, aunque cree que nunca será posible llegar al 100%.



Laboratorio de investigación de recuperación mejorada de petróleo del Centro de Tecnología Repsol.

Las tecnologías de recuperación terciaria son las que suponen el mejoramiento *in situ* del propio crudo, y que consisten en provocar directamente reacciones con hidrógeno y catalizadores para romper las moléculas mayores de crudo y hacerlo más ligero, aumentando su fluidez. Es un proceso semejante al que se lleva a cabo en las refinerías, pero utilizado en el propio yacimiento, convertido así en una especie de reactor. “De este modo, conviertes petróleo muy pesado en petróleo normal, ligero. Se trata de introducir hidrógeno y quitar carbono, con lo que lo aligeras y las refinerías lo pueden tratar fácilmente”, explica Sancho Rof.



Instalación de extracción de petróleo por *fracking* en EE. UU.

Todas estas técnicas se están aplicando ya, pero también están sujetas a continuas mejoras. “Las grandes empresas hacen inversiones tremendas y generan muchas patentes, nuevos catalizadores, procesos, métodos de descarbonización e hidrogenización, que permiten aprovechar al máximo la extracción. A veces son pequeñas mejoras, pero aparecen de forma continua”, dice García Fierro. Y se trabaja también en nuevas ideas; según Guitián, “ya hay bibliografía sobre otros procesos para mejoramiento, como el uso de microondas, pero aún están en etapas muy incipientes de desarrollo, son ensayos de laboratorio”.

También se estudia el uso combinado de todas estas tecnologías y de otras relacionadas con aspectos geológicos. Según Guitián, “se están estudiando procesos en los que se usan varias técnicas combinadas; por ejemplo, combustión *in situ*, que aumenta la temperatura, y mejoramiento *in situ*, con el uso de catalizadores, que aligeran el crudo al romper sus moléculas grandes”. El uso de unas u otras depende de las características de cada emplazamiento, porque no hay normas universales. Varía el tipo de crudo y las

características geológicas, por lo que cada caso requiere su propia receta.

Con tantas mejoras ya introducidas o en proceso, cada vez es más difícil evaluar las reservas disponibles en los yacimientos ya conocidos, sin contar con el hallazgo de nuevos yacimientos. A ello se suma el hecho de que los principales países productores, especialmente los de Oriente Medio, hace mucho tiempo que mantienen como materia reservada los datos de sus reservas, que probablemente son mucho mayores que los que se consideran confirmados. “En Arabia Saudí tienen reservas de gran calidad que no están explotando aún para garantizar su futuro. Son datos que se mantienen en secreto por sus connotaciones económicas”, dice García Fierro. Y si gracias al uso de tecnologías como las descritas la recuperación de estos yacimientos se amplía hasta superar quizás el 70%, las reservas siguen aumentando y el horizonte de la escasez se difumina en un futuro cada vez más lejano.

Nuevos yacimientos

La idea del pico de Hubbert era que el descubrimiento de nuevos yacimientos petrolíferos iría descendiendo con el tiempo y así parecía ser hace una década, pero el uso de nuevas tecnologías también ha rendido frutos en este aspecto. Las reservas acumuladas por los nuevos descubrimientos superan con creces lo que hasta hace pocos años era previsible. En esta línea, en el Centro Tecnológico de Repsol (CTR), en Móstoles (Madrid), han desarrollado herramientas que mejoran la capacidad de detectar



TECNICAS REUNIDAS

PATROCINADOR DE LA
VENTANILLA ÚNICA QUÍMICA



Arapiles 13 28015 Madrid (España)
Tel. +34 91 592 03 00 Fax +34 91 592 03 97 tr@tecnicasreunidas.es

www.tecnicasreunidas.es

nuevos yacimientos, como el sistema Caleidoscopio, que ha recibido algunos premios por sus resultados. “Nació en 2007 y es el origen de todas las operaciones que tenemos actualmente en Brasil en aguas profundas. Sin Caleidoscopio habríamos descartado Brasil y buscado en otro lugar”, explica Santos Suárez-Gago, portavoz del CTR. Y añade que también se ha utilizado en Tarragona y, aunque las cifras son modestas, ha permitido pasar de una producción de 2.500 a 8.000 barriles diarios.

Ahora Repsol dispone de una nueva herramienta, denominada Sherlock, porque permite hacer una labor detectivesca, en la que se intenta obtener la máxima información posible interrogando a los testigos, que en este caso son las muestras rocosas que se extraen de las zonas estudiadas. “Consiste en definir una serie de diferentes niveles analíticos para extraer la información y contestar preguntas como ¿por qué este pozo tiene hidrocarburos y otro un poco más allá está seco?”, dice Miguel Ángel Caja, coordinador del Laboratorio de Geología del CTR. Las técnicas que emplean ya estaban disponibles antes, lo que ellos han desarrollado es el proceso y el modo en que se utilizan. “Se trata de entender el comportamiento del reservorio a lo largo

del tiempo y con ello modificar el modelo geológico inicial para poder hacer una predicción sobre lo que puede haber y dónde”, añade.

Así, el proceso se inicia con el análisis sísmico, que es un procedimiento clásico, pero mejorado, que permite discriminar con mayor detalle diferentes estructuras. Con ello se decide dónde perforar para obtener muestras de roca, que se analizan mediante microscopía para obtener la mayor cantidad posible de información y responder a las preguntas que en cada caso se plantean y que intentan resolver mediante técnicas en buena parte geoquímicas. Según Caja, “queremos saber, por ejemplo, cuándo se forma allí el hidrocarburo, si luego por cambios de presión o temperatura se hizo más líquido y migró por las fracturas hacia el exterior y por eso el reservorio está seco, y saber hacia dónde migró. Todo esto ordenado en el tiempo, lo que permite mejorar el modelo geológico original”.

Para empezar el análisis trabajan con láminas delgadas obtenidas de la muestra. Se corta, se impregna con resina y se colorea de azul para que se vea bien la porosidad, luego se pule para que tenga la mayor calidad óptica. Luego se inicia el procedimiento Sherlock, de niveles

sucesivos: “primero de caracterización, como porosidad, origen, edad; luego si se ha precipitado calcita, o dolomita, que taponan la porosidad; si tiene burbujas de gas, que indica que alguna vez pasó por ahí... Según el color sabemos si es un hidrocarburo más ligero o más pesado, porque depende de los aromáticos que lleve. Calentamos la muestra para ver qué pasa con la burbuja de gas, porque nos permite calibrar la temperatura de la cuenca...”, explica Caja. Y también utilizan técnicas geoquímicas para hacer mapas de elementos, según colores, el calcio, la sílice, etc. El conjunto de instrumentos que emplean para todo ello incluye microscopio confocal, de barrido, fluorescencia de rayos X, difracción de rayos X... La clave es cómo combinar todos estos elementos y cómo interpretar los datos de las diferentes muestras recogidas. “Esa información hay que escalarla hacia arriba hasta entender el pozo, el reservorio, la cuenca”.

El objetivo final es perforar el menor número de pozos posible y aumentar el porcentaje de éxitos, que según Suárez-Gago alcanzó el 32% en 2014 y el 38% en 2013, uno de los más altos de la historia, “porque la media del sector está entre el 12 y el 15%”. Y añade que “entre 2010 y 2014 participamos en cuatro de los

Biorrefinerías: el futuro es orgánico

Además de crudos minerales no convencionales, las refinerías están empezando a recibir otros de origen orgánico, procedente de biomasa, lo que exige una adecuación no siempre sencilla. Las instalaciones que están bien preparadas para ello se denominan biorrefinerías y su objetivo es el mismo que las refinerías tradicionales producir sustancias de valor energético, y otros productos, a partir de una materia prima que ya no es exclusivamente fósil, como el petróleo, sino una mezcla de este con hidrocarburos producidos a partir de materia vegetal orgánica. En un plazo indeterminado, se trata de sustituir de forma progresiva el petróleo por esta nueva fuente, que al tener un ciclo cerrado de CO₂ no incrementa su presencia en la atmósfera.

Existen varios tipos de biorrefinerías en función del tipo de biomasa que consuman —se habla así de biorrefinería verde, de cultivo completo, lignocelulósica, marina...— o del tipo de tecnología que utilicen; por ejemplo, biorrefinería termoquímica o biorrefinería biológica. Un tercer criterio interesante las clasifica en función de la madurez de la tecnología: surge así el concepto de biorrefinerías de primera o segunda generación. Es decir, entre el presente y el futuro.

Los de primera generación están ya entre nosotros. Según explica Rafael Roldán, doctor en química y jefe de proceso de refino en Repsol, “hemos desarrollado procesos para conseguir aceites que pueden añadirse al combustible en proporciones variables; por ejemplo queroseno con un 20% de aceite de palma. Lo curioso es que una molécula de aceite cuando la hidrogenas

se convierte en una molécula de gasoil, igual a la de origen mineral, aunque de tipo parafínico. Además de reducir las emisiones de CO₂, tiene propiedades mejoradas en índice de cetano y de densidad. También hemos desarrollado un sistema de biogasolina mediante ETBE (*etil terbutil éter*), producido a partir de etanol e isobuteno, un gas procedente del craqueo catalítico”.

Todas las compañías dedicadas al *downstream* han desarrollado sus propios procesos para incorporar sustancias semejantes a sus refinerías, dado que las legislaciones obligan a que el combustible que sale de las refinerías incorpore ya un determinado porcentaje de fuentes orgánicas. Pero estos combustibles líquidos de primera generación, obtenidos a partir de semillas oleaginosas y cereales, como maíz y trigo, plantean problemas en cuanto al uso de tierra para el crecimiento de plantas de consumo humano que no van destinados a ese uso, por lo que entran en competencia con él. Y también problemas ambientales: “no tiene sentido deforestar la selva para cultivar palma con objeto de producir biodiesel alternativo a los combustibles fósiles, puesto que el ciclo neto de carbono no sería neutro, y por eso se han frenado las subvenciones a los biodiesel de palma en EEUU y Europa”, dice Javier Criado, ingeniero químico y *product manager* de alcoholes grasos y derivados de Cepsa para el sur de Europa. Tampoco los combustibles gaseosos de primera generación, como el biogás, parece que estén desempeñando un papel importante en el transporte y no se espera que lo hagan en un futuro.

La obligación de incorporar fuentes de biomasa a la producción de combustibles irá incrementándose progresivamente.

mayores descubrimientos del mundo en esos años: uno en Venezuela, otro en el Golfo de México, en Argelia y en Brasil, y eso ha sido gracias a Caleidoscopio y Sherlock”.

La tecnología ha demostrado que los tiempos de los grandes descubrimientos de nuevos yacimientos no ha terminado, y no está claro cuándo empezará de nuevo a menguar, si bien el coste de su localización es cada vez más elevado. No obstante, con los actuales precios del petróleo y con la oferta por encima de la demanda (en 2015 fueron de 96,5 y 94,7 millones de barriles diarios, respectivamente), las actividades de prospección de la mayor parte de las compañías petroleras se han paralizado. Lo evidente es que cuando las circunstancias lo aconsejen la maquinaria de búsqueda se pondrá de nuevo en marcha.



Proyecto de biorrefinería.

Por eso la investigación para facilitarlos y evitar los problemas de los biocombustibles actuales tiende a crecer. “Ahora hablamos de biocombustibles de segunda generación. Los de primera son los que compiten con la alimentación y los de segunda proceden de residuos agrícolas, forestales, agroindustriales y urbanos, e incluso de otros cultivos no alimentarios. Estamos investigando cómo procesar esas cargas; por ejemplo, la opción de convertir la biomasa en líquido mediante pirólisis, aunque en origen sea sólida y a veces con una composición química más compleja, porque tienen oxígeno que hay que eliminar y otras sustancias: alcoholes, aldehídos, cetonas, ácidos, que en el petróleo prácticamente no están. Por eso, hay que hacer una conversión por hidrogenación y craqueo catalítico para llegar a un componente que se pueda mezclar”, dice Roldán.

Desde hace décadas se intenta tratar los materiales celulósicos para obtener biocombustibles, pero ello presenta problemas que ya se han empezado a solventar. “Ya se está haciendo en Estados Unidos, donde la conversión de biomasa ha alcanzado un grado de desarrollo importante y ya se están fabricando combustibles sintéticos, bioetanol, hidrocarburos convencionales, fracción diésel, mediante procesos de tipo biológico y catalítico”, dice José Luis García Fierro, del Instituto de Catálisis y Petroleoquímica del CSIC. Junto con investigadores de la Universidad Rey Juan Carlos, el Ciemat, el IMDEA Energía y la Universidad Autónoma de Madrid, él trabaja también en esta línea: “tenemos un proyecto

El fondo del barril

De alguna manera, los recursos petrolíferos también crecen fuera de los yacimientos geológicos, mediante el mejor aprovechamiento del crudo que se extrae. Todo lo repasado hasta ahora pertenece a lo que en el argot petrolero se denomina *upstream*, mientras que el proceso al que se somete en las refinerías y en su distribución se denomina *downstream*. Entre medias, el transporte y el almacenamiento, está el proceso de *midstream*. Básicamente, en las refinerías se destila el crudo separando las fracciones más ligeras, que dan lugar a la gasolina, el queroseno y el diésel, de las más pesadas, que se aprovechan para generar productos de mucho menor valor añadido, como fueloil, alquitrán y otros.

“Hasta los años ochenta se hacía un desnatado del petróleo y se aprovechaba una parte muy pequeña del crudo; en torno a un tercio del barril, unos 50 litros (el barril tiene 159) era una fracción muy pesada, que se denomina fondo de barril”, dice García Fierro. Pero tras la crisis de los setenta, las refinerías empezaron a incorporar nuevos

procesos para romper las moléculas más grandes y poder seguir produciendo fracciones ligeras, más gasolina, más queroseno, más diésel. El proceso es semejante al que ya se ha explicado para el mejoramiento *in situ*: “se trata de inyectar hidrógeno y catalizadores. El crudo tiene moléculas de base aromática, micelas con heteroátomos de azufre, nitrógeno y metales y hay que quitárselas y añadir hidrógeno. Es lo que se denomina *hidrocracking*”, explica.

Su grupo del Instituto de Catálisis y Petroleoquímica investiga precisamente en este campo. “trabajamos en hidrogenación de fracciones pesadas, también en transformación de gas en metanol de forma más sencilla y rápida que la convencional y en fabricación de hidrocarburos sintéticos”, explica.

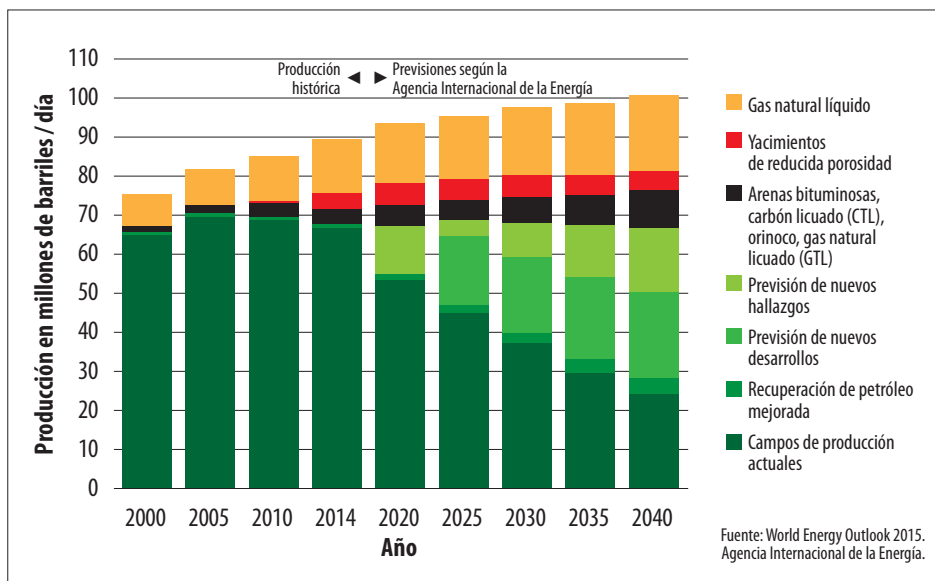
Aunque estos procesos se vienen utilizando desde hace tiempo, no se han dejado de introducir mejoras continuas. No se trata solo de aprovechar mejor cada barril, es que además el flujo de crudo ha cambiado. “Las refinerías han tenido que adaptarse a una materia prima mucho más variable, con crudos más pesados y tienen que procesarlos mediante tratamiento químico o térmico. Nuestra planta de Huelva (Cepsa) ha

para sintetizar hidrocarburos sintéticos a partir de celulosa y residuos de las plantas, de las podas, del bálago del cereal... Se trata de una materia prima que no tiene ningún valor y con ella fabricamos hidrocarburos sintéticos limpios, sin nitrógeno, sin aromáticos, sin azufre...”, explica.

Según el investigador del CSIC, “se trata de usar el carbono de la celulosa no para quemarlo y mandar CO₂ a la atmósfera, sino para que químicamente, mediante catálisis, convertirlo en compuestos con enlace carbono-carbono y carbono-hidrógeno y usarlos en el *pull* de hidrocarburos convencionales. Esa es la nueva dirección: llevar ese producto a las refinerías en un porcentaje cada vez mayor”. El grupo ha descubierto un procedimiento para tratar los materiales celulósicos “mediante líquidos iónicos, que son unos compuestos orgánicos que disuelven parcialmente la celulosa y la hacen muy reactiva. Es un paso importante, pero aún muy básico y estamos desarrollándolo”. Se trata del proyecto ResToEne, que empezó en 2008 y actualmente se encuentra en su segunda etapa (ResToEne-2).

Y mirando a un futuro algo más lejano, Criado habla incluso de la tercera generación, “como el uso de algas y derivados del sebo, de restos de residuos de procesos cárnicos no comestibles. Parecen muy prometedores, pero algunos problemas. El premio IMDEA (Comunidad de Madrid) 2015 se ha concedido a un estudio que demuestra que el equilibrio del ciclo de vida del carbono en el caso de las algas no es neutro”. Pero, como siempre, habrá que esperar a que la química resuelva los problemas. El futuro, sin duda, será orgánico.

E. A. @



Producción mundial de petróleo convencional y no convencional (2015).

hecho una reconversión para poder tratar crudos pesados y generar mayor cantidad de productos de alto valor añadido”, dice Javier Criado.

“Las expectativas son cada vez más complejas —dice Rafael Roldán, químico y jefe de proceso de refino en el Centro Tecnológico Repsol—. Los crudos fáciles están disminuyendo y tenemos otros mucho más pesados y con más contaminantes. Nuestra refinería de Cartagena se modernizó en 2011 para incorporar *hidrocracking* y ha duplicado su capacidad. Ahora es la más moderna de Europa”. En su opinión, la tendencia, en consonancia con la revolución que se ha producido en el *upstream*, es que cada vez llegarán crudos más pesados y difíciles de tratar y eso exige “investigar teniendo en cuenta las cambiantes condiciones de operación, en procesos y nuevos catalizadores”. Entre esas cambiantes condiciones se encuentra el hecho de que, junto a hidrocarburos fósiles, cada vez más se reciben más procedentes de cultivos o de biomasa, que se mezclan con el crudo mineral (ver apoyo sobre biorrefinerías).

Horizontes lejanos

Por prometedor que parezca el futuro del petróleo, tal como ha quedado expuesto, no dejan de vislumbrarse nubarrones. Pero no vienen del lado de la escasez sino del de las preocupaciones medioambientales. La combustión de petróleo y sus derivados genera numerosos contaminantes, perjudiciales para la salud, y también la emisión de dióxido de carbono (CO₂), implicado en el incremento del efecto invernadero y el consiguiente cambio

climático de la Tierra. “El petróleo contiene cantidades importantes de azufre, nitrógeno y metales, como níquel, hierro y vanadio, en proporciones variables según el yacimiento”, explica García Fierro. La buena noticia es que desde hace décadas se vienen implantando medidas que han conseguido reducir de manera sustancial la presencia de estas sustancias en el combustible. “En las refinerías lo primero que se hace es quitarle estos heteroátomos, porque luego si no envenenan los catalizadores de los coches. Se emplean sistemas de hidrodesulfuración, hidrodesnitrógenización e hidrodesmetalización que son previos a los tratamientos de destilación y de hidrogenación. Además, pueden tener cantidades altas de aromáticos, como benceno, tolueno y otras moléculas precursoras de partículas contaminantes, y hay que hidrogenarlas”. Según el investigador, “en los últimos 20 años se han reducido más del 90% de las emisiones contaminantes, tanto en origen, las refinerías, como en los vehículos, por los catalizadores. Por ejemplo, en azufre actualmente hay un límite de 10 ppm y hace no muchos años era del orden de 5.000”.

El problema más amenazante procede de las emisiones de CO₂, difíciles de evitar. “Es un problema muy serio porque los niveles de ppm que se están alcanzando en la atmósfera son muy altos, y aunque hay sistemas naturales de captura, las velocidades son extremadamente lentas y las de emisión muy altas”, dice García Fierro. Cuando el consumo de combustibles fósiles (no solo petróleo sino también gas natural



Láminas preparadas a partir de muestras rocosas.

y carbón) está concentrado, en industrias o centrales eléctricas, es posible intentar capturar el CO₂ y reciclarlo o enterrarlo, pero las tecnologías necesarias, que una vez más tienen un elevado contenido químico, están aún en etapas tempranas. Sin embargo, el principal problema es la combustión en el transporte, que produce emisiones muy diluidas y dispersas.

Las cuestiones ambientales harán que poco a poco los combustibles fósiles vayan reduciendo su participación en el mix de energía primaria de todo el mundo. Según Juan Sancho Rof, “en los próximos 30 o 50 años se desarrollarán tal cantidad de energías alternativas que la posición del petróleo ya no será la misma. Habrá otras alternativas para ir sustituyéndolo porque va a haber cada vez más incentivos para desarrollar tecnologías limpias”.

De manera más inmediata, a corto plazo, el vicepresidente de Técnicas Reunidas no cree que se vayan a producir cambios significativos. “Hemos llegado a un equilibrio de precios que creo que será más estable que hasta ahora. Probablemente seguirá en los entornos actuales durante varios años. La demanda mundial no va a crecer mucho, las curvas se achatán y las tecnologías nuevas avanzan muy rápido, tanto en eficiencia como en crear nuevas fuentes, así que difícilmente se va a entrar en una fase de ajuste excesivo entre oferta y demanda”. Pero también es cierto que, como él mismo señala, “cuando se hacen profecías rara vez se acierta, porque este es quizás el mercado más volátil, que se mueve por decisiones difíciles de anticipar”.

entrevista

Margarita del Val (Madrid, 1959) es investigadora científica en Inmunología Viral en el Centro de Biología Molecular Severo Ochoa (Consejo Superior de Investigaciones Científicas-Universidad Autónoma de Madrid). Licenciada y doctora en Química por la Universidad Autónoma de Madrid, Del Val se formó en Inmunología en la Universidad de Ulm y en el Federal Research Centre for Virus Diseases of Animals de Tübingen y en la Universidad de Ulm, ambos en Alemania. A su vuelta a España, estableció un grupo de investigación en el Centro Nacional de Microbiología del Instituto de Salud Carlos III. Su investigación se centra en el estudio de la respuesta inmune celular frente a infecciones virales para el diseño de vacunas.



“Las vacunas salvan tres millones de vidas cada año”

Texto: Eugenia Angulo, periodista científica
Fotografías: Andrew Macfarlane

Eladio Viñuela, uno de los padres de la bioquímica en España, dirigió la tesis de Margarita del Val. “Me dijo: vamos a hacer algo concreto, una vacuna frente al virus de la peste porcina africana que infecta a todos los cerdos de España y no nos deja exportar jamón. Y tú te encargarás de ello. Bueno, fallo total, hoy todavía no hay vacuna. Así que tampoco hice tan mal la tesis”, recuerda Del Val con tanto sentido del humor como amabilidad. Llegó a la virología por casualidad: “Decidí hacer Química porque mis padres eran químicos. En primero descubrí la Bioquímica y dije esto es lo mío, la química de la vida, así que me especialicé en esta

disciplina que estaba naciendo”. A día de hoy, aún no se ha obtenido una vacuna frente al virus que la investigadora intentó acorralar en su tesis, pero la lucha frente a las enfermedades infecciosas nunca se para a descansar.

Pregunta. Preparando esta entrevista me encontré esta frase: “No nos engañemos, la verdadera fuerza impulsora detrás de las enfermedades emergentes causadas por nuevos virus es nuestra propia especie”. La frase es de los investigadores Joseph B. McCormick y Susan Fisher-Hoch del CDC de Atlanta.

Respuesta. Está clarísimo. Por ejemplo, aquí en Madrid, sin ir más lejos, se han urbanizado zonas rurales de los

alrededores como Majadahonda y Fuenlabrada y una enfermedad que antes no había, como es la leishmaniasis, ha empezado a pasar a las personas desde los perros y liebres. Madrid se ha convertido así en uno de los focos más grandes de leishmaniasis de España. Y ya no hablemos de entrar en el trópico o en bosques en los que nunca antes había llegado el ser humano.

P. El año pasado fue el ébola, el anterior fiebres hemorrágicas, como MERS o SARS, y ahora el zika. ¿Tenemos que aprender a

nismos que causan enfermedades humanas graves surgen alrededor de uno cada año. Y eso es mucho. Se suelen controlar y estar restringidos a un ámbito geográfico, pero desde luego son mucho más frecuentes los brotes que van surgiendo que las vacunas que somos capaces de preparar. Vacunas nuevas sale a lo mejor una cada cinco años.

P. ¿Siguen siendo estas las principales armas para combatir las?

R. Son la mejor arma, desde luego. Cuando no se pueden hacer vacunas se

haber erradicado la viruela, que se cobraba unos cinco millones de vidas anuales en el siglo XX. Las vacunas no llegan a todos los países del mundo, sobre todo a los países en desarrollo; y se calcula que entre dos y tres millones de personas, sobre todo niños, se podrían salvar con las vacunas actuales. Y además se lograrían hitos adicionales, como el de la viruela, que es la única enfermedad humana que se ha erradicado. Lograríamos erradicar la polio y quizás el sarampión.

“La vacunación obligatoria solo causaría más rebeldes”

A medida que la vacunación ha logrado acorralar a muchas de las enfermedades infecciosas que hacían estragos hace solo unos años como la difteria, el sarampión o la tosferina, en el mundo desarrollado ha surgido un movimiento que promueve justo lo contrario. Son los antivacunas, especialmente fuertes en EE. UU. y curiosamente, entre la clase social más alta, aquella con acceso a educación y sanidad, que vive en zonas limpias y seguras. “¿Y qué les ocurrió? En California tuvieron un brote de sarampión hace poco tiempo, en un parque Disney. Cuando éramos pequeños el sarampión no era muy temido porque es que estaba ahí, tampoco puedes vivir en un miedo permanente, pero el sarampión mata a una de cada mil personas. ¿Mucho menos que el ébola? Sí, pero lo hace y para una infección que mata para la que hay una vacuna que permite erradicar la enfermedad, erradiquémosla y pasemos a preocuparnos de otra contra la que no tengamos armas”, explica Del Val.

La tasa de contagio del sarampión es de alrededor de 17 lo que quiere decir que alguien infectado, por término medio, se lo puede transmitir a 17 personas susceptibles. En comparación, la tasa de la gripe o del ébola es de alrededor de dos. “En el caso del ébola, hubo situaciones puntuales como entierros con cientos de asistentes, en que se pudo transmitir a unas cien personas, en el peor caso, pero por término medio se calcula que solo se transmite a dos personas”. Al ser tan contagioso, el sarampión es el primero

que da la cara en caso de que ocurra un brote como los recientemente ocurridos en California, pero el problema es que en general los movimientos antivacunas inducen a no vacunar frente a casi nada. “Si lo primero que saltase por dejar de vacunar fuera la difteria o el tétanos la gente ya vacunaría, tendría más miedo que, desde luego, se ha perdido. Los antivacunas son gente de un alto nivel cultural y razonan mucho, pero no consideran todas las variables, por ejemplo, no se dan cuenta de que cuando viajan van desprotegidos”, añade.

Hace unos meses, en España murió un niño de seis años al que no se le había vacunado de difteria, pero el movi-

« Los antivacunas son gente de un alto nivel cultural, pero no consideran todas las variables; por ejemplo, no se dan cuenta de que cuando viajan van desprotegidos. »

miento antivacunas aquí no es muy fuerte, hay una gran confianza en el magnífico sistema sanitario español. “Muy poca gente no vacuna a sus hijos y cuando ocurre es, sobre todo, en zonas marginales, sin acceso a la cobertura de la seguridad social, inmigrantes recientes o sin papeles que no pueden acceder a los sistemas sanitarios. Tanto desde

vivir a la espera de un nuevo brote, un nuevo enigma?”

R. Sí, pero sin dramatizar. No tiene por qué ser más grave, será otro. Cada año, de media, surge una enfermedad nueva de la que no conocíamos nada en absoluto y que además es patógena. No es que descubramos una especie de virus o bacteria que puede ser interesante y no habíamos visto nunca, aunque eso también —por ejemplo, en los últimos años se han descubierto unos virus que son más grandes que algunas bacterias, eso es 5 veces mayor que el virus más grande que conocíamos—. Microorga-

nos hacen antivirales o antibióticos, que también son importantes, pero las vacunas son mucho mejores porque vacunar es prevenir; suponen menos sufrimiento para las personas y menos gasto económico para los sistemas sanitarios. Siempre que hay una infección nueva se intenta hacer vacunas a la vez que se trabaja con otros fármacos curativos.

P. ¿Cuántas vidas han salvado desde que se descubrió la primera, la de viruela?

R. Se calcula que las vacunas ahora mismo están salvando tres millones de vidas al año. Eso es mucho. Y no se incluyen las que se siguen salvando por

P. En el caso de la polio, recientemente han surgido nuevos casos en Nigeria, Irak y Siria.

R. La polio está a punto de ser erradicada. Su horizonte de erradicación se fijó en el año 2000. Bajaron mucho los casos, pero la OMS se quedó sin financiación para llegar hasta el último rincón porque, aunque se limite ya a nichos muy pequeños, con resistencia a la vacunación por causas diversas —hubo incluso personal sanitario asesinado por llevar la vacuna de la polio—, con la globalización los casos vuelven a aumentar rápidamente. Intervino la Fundación

Bill y Melinda Gates, se sumaron otras instituciones públicas y privadas como el Rotary International, los Centros de Control de Enfermedades de EE. UU. y UNICEF, y pusieron dinero y empuje. Por fin en los dos últimos años ha vuelto a haber una bajada fuerte del número de casos y se ha conseguido erradicar la polio de África, lo cual es fantástico. En América está erradicada y en Europa también, aunque con las guerras de Siria y de Ucrania ha vuelto a haber brotes, que en seguida se han contenido con

en Filipinas, en África... Cuando ha llegado a Brasil y a las zonas vecinas, el problema es que allí y solo allí se ha asociado a malformaciones congénitas muy graves durante el embarazo: la microcefalia. Y eso es mucho más grave que pasar una enfermedad que cursa con fiebre alta y tiene una cierta mortalidad, pero que es menos severa que por ejemplo el dengue, que es endémico en las mismas zonas tropicales. Desde hace pocas semanas la evidencia científica confirma que la microcefalia está

sitos, la variante del mosquito que lo transmite...

P. Frente a la epidemia de ébola del año pasado, sin embargo, se tiene la impresión de que se tardó mucho en reaccionar...

R. Para el ébola estábamos muy preparados, desde fuera puede parecer que se tardase en reaccionar pero es que implementar algo en una sociedad humana, en una zona de epidemia, es muy difícil. El ébola es un virus que se conoce desde hace unos 40 años, pero los brotes hasta ahora habían sido



el punto de vista humanitario como desde el punto de vista de las enfermedades infecciosas me parece mal. Casi todos los brotes de enfermedades infecciosas vacunables que hay en España son porque no les llega la vacunación. Lo que en realidad yo detecto es España es que hay gente que se preocupa mucho, gente formada que quiere saber por qué se vacuna, por qué se vacuna en diferentes comunidades autónomas; es decir, gente que lo que quiere es más informa-

ción. Antes te vacunabas y ya está, no preguntabas".

Frente a esta situación, Del Val lo tiene claro: información. La investigadora imparte numerosas conferencias y hasta da su correo electrónico para aquellos que tienen dudas, pero no es partidaria de la vacunación obligatoria que a veces se sugiere. Los datos parecen darle la razón: el sarampión se ha erradicado de todo el norte de Europa sin ser obligatoria y en algunos países de nuestro continente en los que algunas vacunas son obligatorias no parece tener menor incidencia, a veces, por casualidad, incluso tienen más brotes. "La vacunación obligatoria creo que solo causaría más rebeldes, no le veo realmente beneficios. En algunos casos, como por ejemplo, si hubiese tres casos de polio en una ciudad, creo que debería ser obligatorio que todos los cercanos se vacunasen porque el bien que se logra erradicando la enfermedad de un país es infinitamente mayor. O si hay un brote de meningitis en un colegio, creo que es altísimamente recomendado cuando no obligatorio, que todos los contactos se traten con antibióticos y se vacunen si existe vacuna. En esos casos se logra un bien mayor que es evitar que se propague", concluye.

vacunación. Ahora solo quedan unos cien casos en Afganistán y Pakistán.

P. Y a principios de este año aprendíamos un nuevo nombre: zika. Los primeros ensayos clínicos de la vacuna parece que comenzarán pronto mientras en Europa se acerca el verano...

R. El virus zika se parece a otros para los cuales ya hay vacunas como la fiebre amarilla y el dengue. Así que se piensa que contra el zika, siguiendo estrategias similares, se podría conseguir hacer una vacuna. Pero este tampoco es un virus nuevo, lleva décadas dando vueltas por el mundo y ha habido epidemias

causada por el virus del zika, pero tiene que haber un factor adicional en esas zonas de Brasil que no lo hay en los otros sitios.

P. ¿Se tiene alguna idea sobre cuál puede ser ese factor?

R. No se sabe. En las primeras etapas, la OMS pidió cautela, pero ahora la evidencia muestra que lo más probable es que la microcefalia esté asociada a la infección por zika, aunque falta otro factor: la cepa del virus, la constitución genética de la población de la zona, el momento de exposición durante el embarazo, la coexistencia de otros pará-

pequeños frente a este, que ha sido espectacularmente grande. Se sabía que tenía un potencial alto para causar el caos, así que después del 11 de septiembre de 2001 se incluyó en la lista de infecciones que alguien podía intentar utilizar como herramienta de bioterrorismo, y se dotó con mucha financiación para investigar. Así que había varios prototipos de vacunas que estaban ensayados en cultivo, en ratones, en primates, preexposición y posexposición... Enseguida se logró tener un candidato razonablemente seguro, pero eso lleva varios meses. Al final se ha logrado

emplear en Guinea Conakry y la evidencia preliminar es que funciona como vacuna: protege.

P. Sin embargo, otras infecciones como el sida o la malaria llevan años sin haber conseguido encontrar una vacuna efectiva. ¿Qué ocurre en algunas enfermedades para que esté siendo tan difícil?

R. Que son muy complicadas. El VIH es un virus muy pequeño, pero infecta a unas células que son los soldados de nuestro sistema inmune: los linfocitos T CD4. Se podría hacer una vacuna preventiva, que debería estar basada en activar linfocitos y en inducir anticuerpos pero, en el caso del sida, estos son de muy baja calidad. Hay unas cuantas infecciones frente a las que los anticuerpos naturales no funcionan nada bien y una de ellas es esta. Llevan 30 años dándole vueltas y aún no se ha podido.

P. ¿Por qué no son buenos los anticuerpos frente al sida?

R. Probablemente se debe a que en nuestro ADN tenemos muchas secuencias de ADN parecidas al virus del sida, que es un retrovirus, que se llaman retrovirus endógenos. Son endógenos porque los tenemos en nuestro genoma, no son virus completos, sino trocitos de virus, pero se parecen. Como nosotros no reaccionamos frente a nuestro propio organismo, tampoco reaccionamos frente a algo que se parece mucho y ese es el caso del virus del sida. Además, es un virus muy variable; aunque ese no es el único problema.

P. ¿Y la malaria?

En el caso de la malaria, es que es un microorganismo muy complejo. Los parásitos son células completas, comparando con los virus que son muy pequeños, y esas células se parecen mucho a las nuestras. Además, tienen a sus espaldas una larga historia de coevolución con nosotros. Esto quiere decir que se ha llegado a una situación de coexistencia que es buena para ambos; para el parásito porque persiste y se transmite a nuevas personas, y para nosotros porque no mata, o mata poco, no a toda la especie. Si fuese como el ébola, que es mucho más drástico, se acabaría atenuando. Ahora mismo, la malaria está en una situación de equi-

librio en la cual el parásito se propaga mucho pero las personas infectadas siguen vivas, tienen hijos, trabajan, y de vez en cuando tienen crisis muy fuertes. La malaria sí que mata a niños, pero la mayoría se salvan. Desde nuestro punto de vista la malaria es brutal, pero desde el de la coexistencia de ambas especies es un equilibrio que funciona bien.

P. La tuberculosis sigue siendo la enfermedad infecciosa que causa más muertes en el mundo. ¿Qué se está haciendo para mejorar la eficacia de la vacuna?

R. La vacuna BCG actual es una micobacteria bovina atenuada y se usa en



« Si lográsemos vacunar a todas las personas erradicaríamos la polio y el sarampión. »

los países en desarrollo donde hay mucha tuberculosis; es más segura porque no nos infecta tan bien y no puede revertir en algo virulento, aunque su eficacia es limitada. Se han ensayado variantes, y se ha visto que buscar vacunas basadas en la tuberculosis bovina tiene pocas posibilidades. El grupo de Carlos Martín Montañés, en Zaragoza, es pionero en usar una micobacteria atenuada de la tuberculosis pero basada en la bacteria humana, y su candidato vacunal actualmente está en ensayos clínicos.

P. ¿Qué papel desempeña la química en esta guerra, que parece interminable, entre microorganismos patógenos y vacunas que les hagan frente?

R. Es una guerra sin fin, continuamente se van buscando nuevas estrategias para producir nuevas vacunas,


luego se hacen los ensayos clínicos y todo eso lleva su tiempo. Ahora quizás no se llama química sino biotecnología, pero tiene un componente de mucha síntesis, de mucho conocimiento de las propiedades químicas de los ácidos nucleicos, de las proteínas, de cómo se pliegan y toman la conformación adecuada —para lograr por ejemplo formar una esfera vacía que sea idéntica al virus por fuera—, de cómo funciona la bioquímica de nuestro sistema inmunológico... Sin olvidar el papel tan importante de la química médica en el desarrollo de antivirales, antibióticos, antifúngicos, antiparasitarios, antimaláricos... y, por supuesto, de compuestos adyuvantes para las propias vacunas.

P. ¿Cuáles cree que serán las estrategias futuras de la búsqueda de nuevas vacunas?

R. Viendo las 25 vacunas que hay, muy pocas, sabemos hacer algunas cosas y otras no. Yo trabajo con aquello frente a lo que todavía no sabemos hacer buenas vacunas, que es contra las infecciones crónicas. El sistema inmunitario tiene dos armas fundamentales: los anticuerpos, que son proteínas que cubren y neutralizan por fuera al microorganismo, y los linfocitos T, que son células que detectan y destruyen las células infectadas. Es decir, el agente infeccioso tiene dos fases, una en la que circula y contagia y otra, dentro de la

célula y multiplicándose. Y tienes que acceder a eliminar ambas. Creo que en el futuro se tiene que avanzar mucho en lograr inducir unos buenos linfocitos T. La mayoría de las vacunas que funcionan bien son las que inducen muy bien anticuerpos y son frente a aquellas infecciones en las que los anticuerpos hacen mucho daño. Pero, por ejemplo, enfermedades crónicas como el sida y la hepatitis C o los virus respiratorios, que causan una mortalidad alta en países en desarrollo, necesitarían una combinación de anticuerpos y de linfocitos T.

P. ¿Y una nueva vacuna?

R. La de la gripe. Creo que en los próximos diez o quince años habrá una nueva vacuna de la gripe que te la tengas que poner dos o tres veces, pero no todos los años, que sea universal y que sea mucho más eficaz. 

Soluciones emergentes para la eliminación de contaminantes peligrosos de las aguas

La creciente preocupación por la presencia de contaminantes de alta toxicidad, tanto en aguas residuales como en sistemas acuáticos que abastecen a redes de consumo, exige respuestas capaces de hacer frente al problema de manera eficaz. La investigación en el tratamiento de aguas ha evolucionado hacia el desarrollo de soluciones basadas en el empleo de tecnologías avanzadas. Dentro de las diferentes opciones se encuentran los procesos fotoasistidos y los tratamientos en presencia de catalizadores, que han adquirido una importancia creciente en la bibliografía en las dos últimas décadas. Este artículo revisa algunas de las propuestas basadas en el empleo de la catálisis; en concreto las realizadas por el grupo de Ingeniería Química de la Universidad Autónoma de Madrid (UAM) sobre oxidación húmeda, procesos avanzados de oxidación y tratamientos de hidrodecoloración, todos ellos mediante el empleo de catalizadores.

Oxidación húmeda catalítica

El empleo de la oxidación húmeda (CWAO), mediante oxígeno/aire (*Wet Air Oxidation*, WAO) para el tratamiento de aguas residuales y lodos se conoce desde hace casi 60 años, cuando Zimmermann presentó el primer trabajo en este campo¹. Desde entonces se han desarrollado distintas versiones, aplicadas no solo al tratamiento de aguas, sino también al de lodos e incluso a la regeneración de carbones activos usados en operaciones de adsorción. En todos los casos, el proceso opera a altas temperaturas, lo que supone, a su vez, altas presiones, condiciones de operación normalmente por encima de 200 °C y 50 atm, que en ocasiones llegan hasta 300 °C y 200 atm. Todo ello para mantener el agua en estado líquido y conseguir una solubilidad del oxígeno, a la temperatura de trabajo, suficiente para asegurar su disponibilidad en la fase acuosa, considerando, además, que este se alimenta generalmente como aire. En estas condiciones, el equilibrio energético del sistema resul-

ta un aspecto crítico de cara a su viabilidad.

En términos de requerimientos térmicos, la recuperación de calor a partir de las corrientes de salida debe ser suplementada por la propia entalpía de reacción para conseguir un proceso autosostenido. Esto limita el empleo de la técnica a efluentes con alta carga orgánica, lo que excluye a una amplia diversidad de aguas residuales industriales contaminadas por especies de alta toxicidad, pero a concentraciones muy por debajo de los niveles que exige el funcionamiento del sistema en régimen autotérmico. A esto se añade el alto coste de los equipos para operar en las condiciones señaladas, agravadas por la agresividad química del sistema, consecuencia de la formación de ácidos orgánicos ligeros como productos de reacción, dado que la mineralización no suele ser completa. En definitiva, la aplicación práctica de esta tecnología se ve muy limitada en la práctica, situación que puede mejorarse sensiblemente actuando sobre las condiciones de



La presencia de contaminantes tóxicos en las aguas residuales exige nuevas soluciones de tratamiento.

Texto: Juan J. Rodríguez
Sección de Ingeniería Química, UAM

operación, en particular la temperatura, que arrastra a la presión.

En este sentido, el empleo de catalizadores constituye una solución potencial, que ha sido investigada, dando lugar a aplicaciones a escala industrial. No obstante, se refieren, en su mayoría, a sistemas catalíticos homogéneos, con los inconvenientes debidos a la pérdida del catalizador, que, además, en este caso, supone una fuente de contaminación del agua, ya que se trata de sales de metales pesados, como Cu, e incluso metales nobles. El desarrollo de catalizadores sólidos resulta, pues, una solución interesante, sobre la que se ha investigado. Su diseño se basa normalmente en el empleo de una fase activa metálica soportada en un sólido que ofrezca la superficie y estabilidad necesarias. Este aspecto, la estabilidad, constituye el elemento clave de cara al empleo de los catalizadores desarrollados y debe ir asociada a la necesaria actividad, la cual debe evaluarse en términos de mineralización; es decir, oxidación completa de los contaminantes orgánicos a CO_2 y H_2O , y toxicidad residual. Esta última puede medirse a través de la ecotoxicidad, mediante ensayos de bioluminiscencia con *vibrio fischeri*, por ejemplo, (Microtox), mientras que el grado de mineralización alcanzado se sigue a partir

del carbono orgánico total (TOC en sus siglas inglesas). La evolución de la toxicidad constituye un aspecto crítico en los procesos de oxidación, dado que se forman, en general, intermedios de reacción que, en no pocos casos, son más tóxicos que las especies de partida^{2,3}. Por lo tanto, el seguimiento correcto de estos procesos exige analizar con el máximo detalle los compuestos presentes en el medio de reacción, tratando de cerrar el balance de carbono y, en todo caso, evaluar la toxicidad residual.

En nuestro grupo de la UAM hemos preparado y ensayado, con resultados francamente buenos, catalizadores sencillos y económicos, a base de Fe como fase activa y carbón activo como soporte (Fe/CA). Los mejores resultados se han obtenido con un contenido de Fe relativamente bajo ($\approx 4\%$), que en el proceso de síntesis queda mayoritariamente como Fe_2O_3 ⁴. Este catalizador ha mostrado muy buen comportamiento, en

términos de actividad y estabilidad, a temperatura por debajo de $130\text{ }^\circ\text{C}$ y presión entre 5-10 atm⁵, condiciones de operación sensiblemente más suaves que las empleadas hasta ahora con otros catalizadores. Esta disminución de la temperatura de trabajo permite trabajar en condiciones autotérmicas con una carga orgánica hasta cuatro veces inferior a la mínima para oxidación húmeda no catalítica, ampliando así el intervalo de aplicación del proceso. Con fenol, compuesto muy utilizado como modelo en el estudio de este tipo de procesos, dicho intervalo puede reducirse hasta 1 g/l, equivalente a una DTO en torno a 2.400 mg/l.

En las condiciones antes indicadas hemos alcanzado más de un 80% de mineralización, correspondiendo el TOC remanente a ácidos orgánicos de cadena corta, prácticamente carentes de signi-



Equipos utilizados en los experimentos que se realizan en la UAM.

ficado en términos de ecotoxicidad. La lixiviación de hierro no llegó al 3% del inicialmente contenido en el catalizador al cabo de 10 días de operación continua, durante los cuales la conversión de fenol y la eliminación de COT se mantuvieron prácticamente constantes⁴, como puede verse en la figura 1, en la que los niveles alcanzados resultan inferiores a los arriba señalados porque el experimento se realizó a un tiempo espacial relativamente bajo, para poder detectar la posible pérdida de actividad del catalizador. La baja lixiviación de hierro constituye una consideración muy importante en relación con la estabilidad del catalizador. Este comportamiento favorable cabe atribuirlo, en buena medida, a la mineralización prácticamente completa del ácido oxálico, que se consigue con este catalizador en las condiciones de operación empleadas. Como se verá más adelante, dicho compuesto aparece como el principal responsable de este

problema observado en otras circunstancias. La deposición de productos de condensación sobre la superficie del catalizador constituye otra causa potencial de desactivación, que, en este caso no parece tener una contribución significativa durante el tiempo del experimento, a pesar de la disminución apreciable de superficie específica observada al cabo de los 10 días en servicio.

Fenton heterogéneo

El proceso Fenton constituye la tecnología de mayor implantación en el ámbito de los procesos avanzados de Oxidación (*Advanced Oxidation Processes*, AOPs)⁶. No obstante, algunos inconvenientes derivados de su carácter de sistema catalítico homogéneo limitan seriamente su aplicación más extendida. Baste citar la pérdida continua del catalizador empleado, una sal de Fe (II), y la necesidad de gestionar los lodos de $\text{Fe}(\text{OH})_3$ formados en la etapa de neutralización final. La solución, de nuevo, se presenta de la mano de la catálisis heterogénea, vía inmovilización del hierro sobre un soporte adecuado. Esta solución constituye la base del proceso Fenton heterogéneo, principal representante del grupo conocido como oxidación húmeda catalítica con peróxido de hidrógeno (*Catalytic Wet Peroxide Oxidation*, CWPO). En este caso, las condiciones de operación son cuasi-ambientales, lo que permite la aplicación potencial de este proceso a efluentes de muy baja carga orgánica. De hecho, este es precisamente su campo de interés, ya que el coste asociado al consumo de H_2O_2 , unido al carácter no selectivo de este sistema oxidante hace menos viable su empleo a medida que aumenta la DQO del agua a tratar.

En nuestro grupo hemos preparado distintos catalizadores, todos ellos a base de hierro como fase activa, pero empleando diferentes soportes, en concreto, carbones activos, g-alúmina y arcillas pilareadas con aluminio. Estos catalizadores se han ensayado en el proceso Fenton heterogéneo frente a una amplia gama de compuestos, desde fenol a contaminantes emergentes, como algunos productos farmacéuticos, y hasta líquidos iónicos, además de utilizarse con efluentes reales de algunos procesos industriales.

El catalizador de Fe/CA, antes descrito en el apartado de CWAO, dio muy buenos resultados con fenol como compuesto modelo⁷, en cuanto a grado de

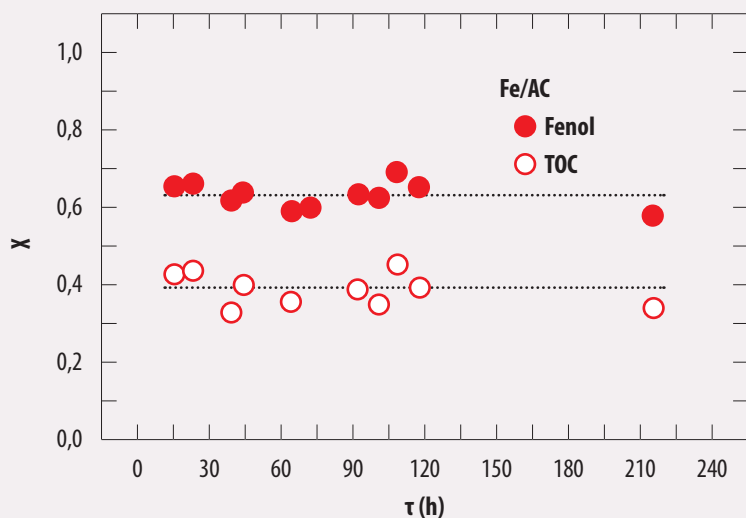


Figura 1. Estabilidad del catalizador Fe/CA en la oxidación húmeda de fenol a 127 °C y 8 atm (experimento realizado en lecho fijo operado en condiciones de *trickle bed*; $\tau = 80$ gcat.h/gfen).

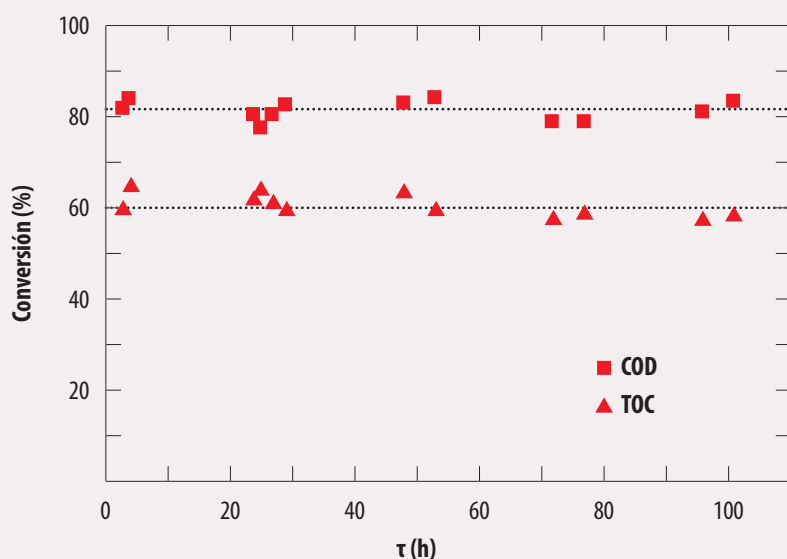


Figura 2. Comportamiento del catalizador de Fe/g-alúmina en el tratamiento de aguas de la industria cosmética mediante CWPO (T: 85 °C; $\tau = 9,8$ kgcat.h/kgDQO).

mineralización conseguido y reducción drástica de la ecotoxicidad, pero mostró una baja estabilidad, con una notable disminución de actividad en menos de 20 horas de operación continuada, debido esencialmente a la lixiviación del Fe, que alcanzó casi la mitad del contenido inicial en ese tiempo. Dicha lixiviación se debe a la acción del ácido oxálico, producto de oxidación que, a la temperatura de operación empleada (50 °C), no se mineraliza prácticamente. Buscando un anclaje más estable del Fe, se trató el carbón activo para aumentar la proporción de grupos funcionales oxi-

genados, en particular carboxílicos, sobre su superficie. Esto mejoró la dispersión del metal, pero sin efecto significativo sobre su resistencia a la lixiviación. Finalmente, por activación de lignina con FeCl_3 , a 800 °C, se consiguió un catalizador muy estable⁸, aunque con una menor actividad inicial, que ha sido patentado. Los catalizadores de hierro sobre arcillas pilareadas han mostrado un comportamiento similar a los de Fe/CA, en cuanto a actividad y estabilidad, con parecidos problemas en cuanto a esta última, debido a la lixiviación del Fe.

Por su parte, los catalizadores de Fe/g-alúmina son los que ofrecen mejores perspectivas de cara a su posible aplicación práctica en CWPO. Estos catalizadores han sido ensayados, además de con compuestos modelo, con aguas residuales procedentes de la fabricación de productos cosméticos⁹. La figura 2 muestra los resultados obtenidos con estas aguas en un experimento realizado en reactor continuo de mezcla completa (tanque agitado), en el que el catalizador se mantuvo en servicio durante 100 horas. En este caso, fue necesario operar a mayor temperatura (85 °C) para conseguir el objetivo de reducción de DQO y, como puede verse, el catalizador mantuvo un comportamiento muy estable durante todo el tiempo del experimento. El coste estimado de este tratamiento resultó en torno a un 10% inferior al del proceso Fenton convencional, y esto con un criterio conservador en el análisis comparativo, ya que para el tratamiento y gestión de los lodos derivados de este último se adoptó un coste de 30 €/t, ciertamente optimista.

Los catalizadores de Fe/g-alúmina se han sintetizado también con propiedades magnéticas¹⁰, incorporando en el proceso de preparación una etapa final de reducción con H_2 , con la que se consigue que una alta proporción del Fe quede como Fe_3O_4 . Esto permite su separación de la fase líquida mediante la aplicación de un campo magnético, pero, además, mejora la actividad del catalizador para la generación de radicales OH vía descomposición del H_2O_2 .

Oxidación fotocatalítica

Nuestro grupo trabaja en el desarrollo de nuevos materiales capaces de utilizar la luz solar para inducir la oxidación y degradación de los contaminantes en agua. Hemos preparado materiales basados en heteroestructuras, combinando un semiconductor (TiO_2 dopado con metales de transición) y una arcilla, material de alta disponibilidad y bajo coste. El semiconductor constituye la fase activa que promueve la reacción fotoquímica, mientras que la arcilla aporta la superficie necesaria para obtener un buen catalizador. Hasta el momento se ha logrado con éxito la combinación de ambos componentes utilizando un método sol-gel sencillo. Esta metodología nos ha permitido preparar catalizadores de Ce- TiO_2 , Zr- TiO_2 y W- TiO_2 en forma de nanopartículas que permanecen ancladas uniformemente

mente sobre la superficie de la arcilla. La caracterización de estos materiales demuestra la inclusión del metal en la red cristalina del TiO₂, lo que influye en sus estados electrónicos y mejora su actividad bajo radiación solar¹¹. El comportamiento de estos catalizadores se ha estudiado en reactor iluminado por radiación solar, habiéndose obtenido resultados muy prometedores con distintos fármacos y herbicidas considerados contaminantes emergentes.

Hemos investigado también el empleo de radiación UV-LED en CWPO con catalizador de Fe sobre carbón activo¹². Con fenol como compuesto modelo, operando a 50 °C, se han conseguido muy buenos resultados, con más de 85% de reducción de TOC, correspondiendo el remanente a ácidos orgánicos de cadena corta. El ácido oxálico se mineraliza completamente con este sistema, lo que se traduce en una lixiviación de Fe muy inferior a la observada en el proceso no fotoasistido. El catalizador mantuvo un comportamiento muy estable durante 100 horas de operación continuada, con una paulatina caída posterior de la actividad, atribuible a la formación de productos de condensación sobre su superficie.

Hidrodechloración catalítica

Los contaminantes orgánicos clorados constituyen un grupo de especial atención, dada la alta toxicidad que en general presentan. Los sistemas de tratamiento convencionales no permiten la eliminación eficaz de este tipo de contaminantes, e incluso la aplicación de tecnologías avanzadas, como las descritas en las secciones anteriores u otras modalidades de AOPs, ofrecen muy serias dudas en cuanto a su eficacia. Entre otros aspectos, cabe destacar la formación de especies intermedias de muy alta toxicidad, como policlorodibenzodioxinas (PCDD) y los correspondientes furanos (PCDF), como se describe en algunos trabajos sobre oxidación de clorofenoles y otros compuestos orgánicos clorados en agua^{13,14}. La presencia de dichas especies en el efluente tratado representa un riesgo importante, incluso a nivel de trazas

En este contexto, la hidrodechloración es una solución prometedora, como tecnología emergente, con muy buenas perspectivas en cuanto a viabilidad técnico-económica, dados los resultados obtenidos en condiciones casi ambientales. El proceso consiste, en síntesis, en un

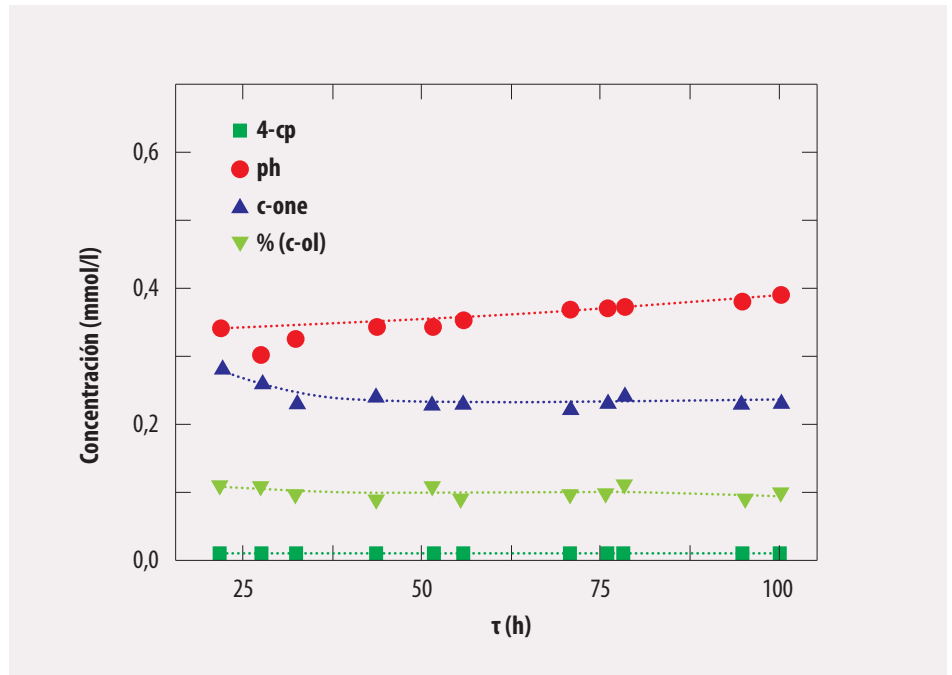


Figura 3. Comportamiento del catalizador de Pd/CA (0,5% de Pd) en la dechloración de p-clorofenol, a 30 °C y 1 atm ($\tau = 21 \text{ kgcat.h/molCPh}$).

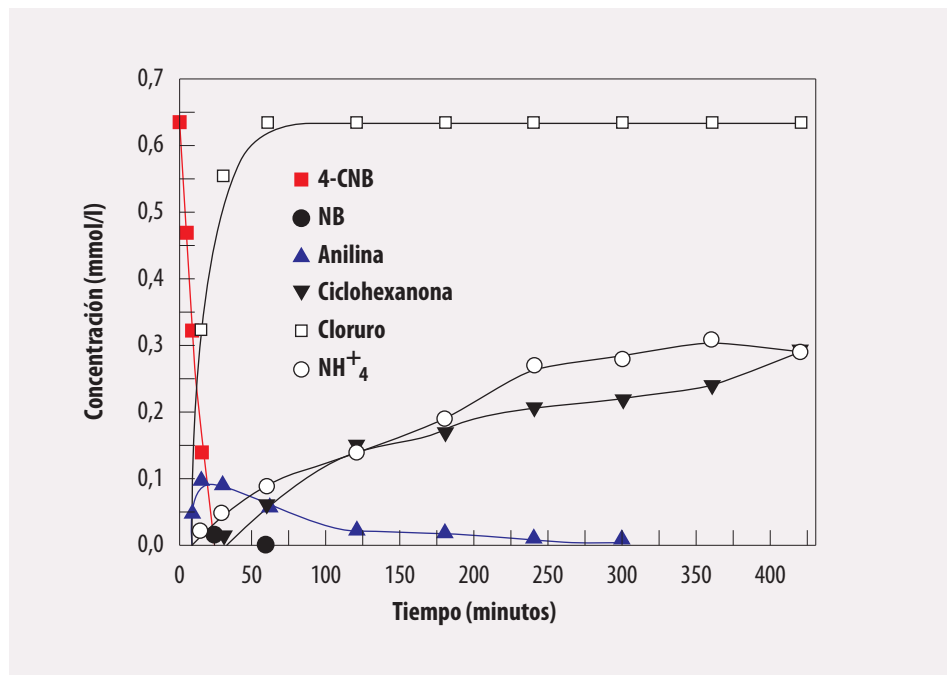


Figura 4. Hidrotreamiento de cloro-nitro-benceno con un catalizador de Pd sobre arcilla pilareada, a 25 °C y 1 atm.

tratamiento con hidrógeno en presencia de un catalizador. Como fase activa se han ensayado varios metales de transición y, muy especialmente, metales preciosos, como Pd, Pt y Rh, que son los que han mostrado mejor comportamiento, tanto en términos de actividad como en estabilidad. En nuestro grupo hemos trabajado con estos tres metales, así como con Cu y Ni, si bien los resultados obtenidos con los dos últimos no han resultado alentadores, por lo que nos hemos centrado en los tres metales preciosos antes señalados. Como soportes

para dichos metales hemos empleado carbones activos, g-alúmina y arcillas pilareadas.

La figura 3 muestra los resultados obtenidos en la dechloración de p-clorofenol, con un catalizador de Pd sobre carbón activo (Pd/CA), con 0,5% de Pd, a 30 °C y una atm, operando en continuo, durante 100 horas, en reactor tipo tanque agitado, con el catalizador confinado en una cesta de malla metálica¹⁵. Puede verse la excelente estabilidad del catalizador, que mantuvo un comportamiento prácticamente invariable a lo

largo de todo el experimento, en cuanto a actividad y selectividad, sin pérdida significativa de Pd por lixiviación. Con un tiempo espacial ligeramente superior al del ensayo se alcanzó dechloración completa, tanto de p-clorofenol, como de di-clorofenoles y tri-clorofenoles. Con Rh sobre CA se obtuvieron resultados similares en cuanto a dechloración, pero con muy alta selectividad a ciclohexanol, producto de hidrogenación del fenol, lo que mejora los resultados, ya de por sí muy buenos con Pd/CA, en cuanto a disminución de la ecotoxicidad.

El catalizador de Pd/CA se ha ensayado con herbicidas, como diurón, 2,4-D y MCPA, mostrando en todos los casos muy buena actividad en términos de dechloración, pero con una caída de esta con el tiempo de operación, especialmente pronunciada en el caso del último¹⁶. La desactivación se debe a la adsorción del mismo y/o especies intermedias de reacción sobre la superficie del catalizador, cuya reactivación resulta sencilla. Con aguas residuales industriales procedentes del blanqueo con cloro de pasta de celulosa (kraft), se obtuvieron resultados discretos en cuanto a dechloración de las mismas, pero excelentes en términos de detoxificación¹⁷.

Estos mismos metales, Pd y Rh, soportados sobre g-alúmina, a la misma carga (0,5%), mostraron también una alta actividad para la dechloración de clorofenoles. Incorporando Fe se han sintetizado catalizadores bimetalicos con propiedades magnéticas, que se han empleado para hidrodechloración seguida de CWPO¹⁸, consiguiendo así una reducción importante de TOC, además de la detoxificación que acompaña a la primera etapa.

Con arcillas pilareadas como soporte, se han sintetizado catalizadores de Pd, Pt y Rh, que se han ensayado, con buenos resultados, en hidrotatamiento, tanto para dechloración¹⁹, como para desnitrificación. La figura 4 muestra resultados de un experimento con cloro-nitro-benceno, llevado a cabo en condiciones ambientales (25 °C y 1 atm), con un catalizador de Pd²⁰. Como puede verse, se alcanzó dechloración completa y una eliminación de N en torno al 50%, aunque este termina como amonio, especie también contaminante. El catalizador mostró una alta estabilidad en ensayos a 100 horas.

Estos mismos catalizadores, con cargas metálicas más altas (hasta 5%) se

han empleado para la reducción de nitrato y nitrito²¹, con buenos resultados en cuanto a actividad, en términos de conversión de ambas especies. No obstante, la clave de este proceso radica en la selectividad, de forma que la transformación debe ser a N₂, con nula o muy baja formación de amonio. En la actualidad estudiamos la mejora de los catalizadores vía incorporación de una segunda fase metálica y hasta la fecha hemos obtenido resultados prometedores con Cu, In y Sn, aunque todavía no hemos dado con un catalizador estrictamente selectivo a N₂.

Agradecimientos

A los ministerios gestores del Plan Nacional de I+D+i y a la Secretaría de Educación y Ciencia de la CAM, por las ayudas recibidas a distintos proyectos (PPQ2000-1763-CO3, PTR95.0716.OP, CTQ2008-03988/PPQ, CTQ2013-41963-R, 07M/0094/2000, S-0505/AMB/0395) y las becas predoctorales concedidas a personas adscritas a los mismos.

Referencias

- F.J. Zimmermann. "New waste disposal process". **Chemical Engineering** (1958) 65 (8), 117-120.
- J.A. Zazo, J.A. Casas, A.F. Mohedano, M.A. Gilarranz, J.J. Rodríguez. "On the chemical pathway and kinetics of phenol oxidation by Fenton's reagent". **Environmental Science & Technology** (2005) 39, 9295-9302.
- J.A. Zazo, J.A. Casas, C.B. Molina, A. Quintanilla, J.J. Rodríguez. "Evolution of ecotoxicity upon Fenton's oxidation of phenol in water". **Environmental Science and Technology** (2007) 41, 7164-7170.
- A. Quintanilla, N. Menendez, J. Tornero, J.A. Casas, J.J. Rodríguez. "Surface modification of carbon-supported iron catalyst during the wet air oxidation of phenol: influence on activity, selectivity and stability". **Applied Catalysis B: Environmental** (2008) 81, 105-114.
- A. Quintanilla, J.A. Casas, J.A. Zazo, A.F. Mohedano, J.J. Rodríguez. "Wet air oxidation of phenol at mild conditions with a Fe/activated carbon catalyst". **Applied Catalysis B: Environmental** (2006) 62, 115-120.
- P. Bautista, A.F. Mohedano, J.A. Casas, J.A. Zazo, J.J. Rodríguez. "An overview on the application of Fenton oxidation to industrial wastewaters treatment". **Journal of Chemical Technology and Biotechnology** (2008), 83, 1323-1338.
- J.A. Zazo, J.A. Casas, A.F. Mohedano, J.J. Rodríguez. "Catalytic wet peroxide oxidation of phenol with a Fe/active carbon catalyst". **Applied Catalysis B: Environmental** (2006) 65, 261-268.
- J.A. Zazo, J. Bedia, C.M. Fierro, G. Pliego, J.A. Casas, J.J. Rodríguez. "Highly stable Fe on activated carbon catalyst for CWPO upon FeCl₃ activation of lignin from black liquors". **Catalysis Today** (2012) 187, 115-121.
- P. Bautista, A. F. Mohedano, J.A. Casas, J.A. Zazo, J.J. Rodríguez. "Oxidation of cosmetic wastewaters with H₂O₂ using a Fe/Al₂O₃ catalyst". **Water Science and Technology** (2010) 61, 1631-1636.
- M. Muñoz, Z.M. de Pedro, N. Menéndez, J.A. Casas, J.J. Rodríguez. "A ferromagnetic alumina-supported iron catalyst for CWPO. Application to chlorophenols". **Applied Catalysis B: Environmental** (2013), 136-137, 218-224.
- C. Belver, J. Bedia, M.A. Álvarez-Montero, J.J. Rodríguez. "Solar photocatalytic purification of water with Ce-doped TiO₂/clay heterostructures". **Catalysis Today** (2016) DOI: 10.1016/j.cattod.2015.09.025.
- J.A. Zazo, G. Pliego, P. García-Muñoz, J.A. Casas, J.J. Rodríguez. "UV-LED assisted catalytic wet peroxide oxidation with a Fe(II)-Fe(III)/activated carbon catalyst". **Applied Catalysis B: Environmental** (2016) 192, 350-356.
- M. Muñoz, Z.M. de Pedro, J.A. Casas, J.J. Rodríguez. "Assessment of the generation of chlorinated byproducts upon Fenton-like oxidation of chlorophenols at different conditions". **Journal of Hazardous Materials** (2011) 190, 993-1000.
- M. Muñoz, Z.M. de Pedro, G. Pliego, J.A. Casas, J.J. Rodríguez. "Chlorinated by-products from Fenton-like oxidation of polychlorinated phenols". **Industrial & Engineering Chemistry Research** (2012) 51, 13092-13099.
- E. Díaz, A.F. Mohedano, J.A. Casas, L. Calvo, M.A. Gilarranz, J.J. Rodríguez. "Comparison of activated carbon-supported Pd and Rh catalysts for aqueous-phase hydrodechlorination". **Applied Catalysis B: Environmental** (2011) 106, 469-475.
- E. Díaz, A.F. Mohedano, J. Casas, L. Calvo, M.A. Gilarranz, J.J. Rodríguez. "Deactivation of Pd/AC catalysts in the hydrodechlorination of chlorinated herbicides". **Catalysis Today** (2015) 241, 86-91.
- L. Calvo, M.A. Gilarranz, J.A. Casas, A.F. Mohedano, J.J. Rodríguez. "Detoxification of kraft pulp ECF bleaching effluents by catalytic hydrotreatment". **Water Research** (2007) 41, 915-923.
- M. Muñoz, Z.M. de Pedro, J.A. Casas, J.J. Rodríguez. "Chlorophenols breakdown by a sequential hydrodechlorination-oxidation treatment with a magnetic Pd-Fe/Al₂O₃ catalyst". **Water Research** (2013) 47, 2070-2080.
- A.H. Pizarro, V.M. Monsalvo, C.B. Molina, A.F. Mohedano, J.J. Rodríguez. "Catalytic hydrodechlorination of p-chloro-m-cresol and 2,4,6-trichlorophenol with Pd and Rh supported on Al-pillared clays". **Chemical Engineering Journal** (2015) 273, 363-370.
- A.H. Pizarro, C.B. Molina, J.A. Casas, J.J. Rodríguez. "Catalytic HDC/HDN of 4-chloronitrobenzene in water under ambient-like conditions with Pd supported on pillared clay". **Applied Catalysis B: Environmental** (2014) 158-159, 175-181.
- A.H. Pizarro, C.B. Molina, J.J. Rodríguez, F. Epron. "Catalytic reduction of nitrate and nitrite with mono- and bimetallic catalysts supported on pillared clays". **Journal of Environmental Chemical Engineering** (2015) 3, 2777-2785.



La historia de la química como herramienta didáctica

¿Está la ciencia en crisis? Esta pregunta se puede con- testar con diversos matices desde diferentes perspecti- vas, como originalidad de la producción científica, percep- ción social de la ciencia, atracción para los jóvenes y metodología de la enseñan- za. En este artículo, resumen de la ponencia impartida dentro del “Curso de actuali- zación en ciencia y tecnolo- gía” organizado por la Aso- ciación de Químicos de Madrid, analizamos algunos aspectos importantes para la enseñanza de la química, proponiendo algunas iniciati- vas educativas complemen- tarias a las tradiciona- les, con un especial énfasis en el uso de la historia de la química y de sus protagonistas como una herramienta para hacer más atractivo el aprendizaje de esta materia.

Los químicos somos, en cierto modo, responsables de la mala percepción social de la química y el poco interés que despertamos entre los jóvenes, pues no hemos sabido publicitar suficiente- mente los logros de nuestra ciencia y cómo los avances de la química benefi- cian a nuestra sociedad, ni hemos acer- cado la química a los estudiantes de enseñanza preuniversitaria.

La enseñanza de las ciencias en pri- maria y secundaria tiene muchas defi- ciencias, como ha dejado de manifiesto el informe Enseñanza de las Ciencias en la Didáctica Escolar para Edades Tempranas en España. Parte de estas deficiencias son consecuencia del esca- so número de horas lectivas en estas etapas educativas, lo que también ha sido criticado en diversos medios. Los

programas educativos intentan trans- mitir demasiados conocimientos teó- ricos (y pocas o ninguna práctica) en las escasas horas lectivas disponibles, sin trasladar esos conocimientos a la realidad cotidiana. El objetivo debería ser que el alumno adquiriera bien los conocimientos científicos básicos y no tanto muchos más conocimientos.

Para enseñar una materia científica se pueden usar diversas estrategias. Podemos mencionar las siguientes aproximaciones didácticas para la ense- ñanza de la química, que no son exclu- yentes, sino complementarias:

- Enseñanza formal.
- Nuestra vida cotidiana. Lo que nos rodea.
- Lo que ocurre a diario. Las noticias de prensa.



Texto: Bernardo Herradón, investigador del Instituto de Química Orgánica General

Algunos grandes científicos de la historia desde Demócrito de Abdera (abajo a la derecha) hasta Frederick Sanger (arriba a la izquierda), único químico galardonado dos veces con el Nobel de Química.

Aspectos relevantes de la historia de la química

- Los orígenes de la alquimia.
- La época precientífica: los filósofos griegos.
- La alquimia en la Edad Media, especialmente la obra de Paracelso.
- La química de los siglos XVI y XVII: Boyle y sus coetáneos.
- Los grandes químicos del siglo XVIII. Descubrimientos fundamentales.
- Lavoisier: el padre de la química moderna.
- La química de comienzos del siglo XIX: leyes ponderales y volumétricas.
- La hipótesis de Avogadro.
- Los orígenes de la química orgánica. El poder de la síntesis orgánica.
- La revolución industrial y el nacimiento de la termodinámica.
- La química industrial en el siglo XIX: beneficios para la sociedad, de la potabilización de agua a la producción de acero.
- El nacimiento de la química física. El potencial de la electroquímica: Volta, Berzelius, Davy y Faraday.

- La madurez de la química física: de Bunsen a Van't Hoff.
- Un joven (Perkin) revoluciona la química. De los colorantes a la quimioterapia, el nacimiento de la industria química fina.
- La teoría estructural de la química orgánica. De Kekulé a Van't Hoff, pasando por Couper y Pasteur.
- La tabla periódica, Mendeléiev y Meyer.
- La química y la producción de alimentos: de Liebig a Haber.
- Los orígenes de la industria del detergente.
- 1895-1930: otra revolución científica. La estructura del átomo y la mecánica cuántica. Radiactividad. Rayos X.
- El conocimiento bioquímico, el estudio de los productos naturales y el progreso en síntesis orgánica permiten obtener más y mejores medicinas.
- Los orígenes de la biomedicina y la biología molecular.
- Siglo XX: el siglo de los plásticos.
- La próxima revolución. Avances en materiales de diseño. Nanociencia y nanotecnología.

- Las prácticas de laboratorio.
- Los métodos de difusión de la cultura científica: Internet, radio, televisión, revistas...
- Los hechos y anécdotas históricas. El desarrollo histórico de los conceptos.

Los beneficios de la química

Desde hace más de 200 años, la química viene haciendo aportaciones que han mejorado considerablemente el bienestar del ser humano. Sin embargo, este aspecto no es apreciado generalmente por la sociedad. Por ello, una de las ideas que debemos transmitir es que la química está en todas partes, que todos interactuamos cada día con miles de sustancias químicas, la mayoría de ellas beneficiosas, en aspectos tan dispares como la salud, la alimentación, la limpieza, los materiales, la energía, y la alta tecnología. La química es la ciencia de lo cotidiano.

En resumen, los beneficios de la ciencia, y especialmente de la química, son los siguientes:

- 1 Proporciona una vida más larga.
- 2 Hace la vida más saludable. Monitorea nuestra salud, facilita los diagnósticos, proporciona medicinas que curan enfermedades y genera piezas de recambio para nuestro cuerpo.
- 3 Nos suministra agua para beber, para nuestra higiene y para regar.

- 4 Nos ayuda a tener más y mejores alimentos.
- 5 Cuida de nuestro ganado y animales de compañía.
- 6 Nos proporciona energía: calor en invierno, frescor en verano, electricidad para la iluminación, combustible para el transporte...
- 7 Hace nuestra vida cotidiana más cómoda: electrodomésticos, iluminación, higiene...
- 8 Mejora nuestra ropa, los cosméticos, los productos de limpieza y nuestros utensilios; ayuda a mantener frescos nuestros alimentos.
- 9 Facilita el ocio: deporte, jardinería, lectura, música...
- 10 Nos permite estar a la última en tecnología: el ordenador más potente, el móvil más ligero, el sistema más moderno de iluminación, el medio de transporte adecuado, el material para batir marcas deportivas y muchas aplicaciones más.
- 11 Alimenta el espíritu. El ser humano es la única especie de nuestro planeta que es capaz de aprender de manera consciente. También hay que transmitir a los jóvenes los beneficios y el placer de aprender. Como decíamos, los alumnos considerarán que se les explica demasiada materia y que esta, aparentemente, es

inconexa. En química debemos insistir mucho en que se aprendan muy bien los conceptos básicos, que según el profesor Peter Atkins son muy pocos:

- 1 La materia está formada por alrededor de 100 elementos.
- 2 Los elementos se componen de átomos.
- 3 La estructura orbital de los átomos (donde están los electrones) explica la periodicidad de sus propiedades.
- 4 Los enlaces químicos se forman cuando los electrones se emparejan.
- 5 La forma es fundamental para la función y propiedades. Si se quieren entender las propiedades, debemos estudiar la estructura.
- 6 Las sustancias químicas se atraen y repelen entre sí.
- 7 La energía es ciega a su modo de almacenaje.
- 8 Las reacciones son de un número pequeño de tipos.
- 9 Las velocidades de reacción se describen por ecuaciones matemáticas.

Para que los alumnos dominen estos conceptos básicos es muy útil realizar una aproximación basada en su desarrollo histórico.

La historia y su valor didáctico

En la conferencia que aquí se resume, se hizo un breve análisis de cada una de las aproximaciones didácticas indicadas anteriormente, centrándonos principalmente en el uso de hechos y anécdotas históricas para explicar el desarrollo de los conceptos fundamentales de la química. Con esta herramienta se pueden conseguir los siguientes objetivos:

- Demostrar que la ciencia es una actividad humana, que ha sido desarrollada por personas como los estudiantes que tenemos en clase.
- Poner de manifiesto que la ciencia se ha ido construyendo paulatinamente.
- Explicar que la ciencia está en continua evolución y que aún queda mucho por descubrir.

—Rendir homenaje a algunos de los grandes científicos de la historia, pero también poniendo de manifiesto que la ciencia es una obra colectiva cuyo avance puntual se logra gracias a la aportación de los numerosos científicos anteriores.

En conclusión, podemos decir que la historia de la química y la obra de los grandes científicos son muy adecuadas para enseñar conceptos de química y estimular el interés de los jóvenes por nuestra ciencia.



En 1896 se celebró la primera edición del evento deportivo más universal: los Juegos Olímpicos modernos, que nacieron con la vocación de dar una oportunidad a deportistas *amateurs* de distintos países. Aunque en la actualidad ha experimentado una profesionalización, este espíritu impregna las olimpiadas internacionales de cualquier categoría, como la de química, cuyas fases regionales y nacional han convertido en representantes de España a cuatro adolescentes madrileños a los que les divertía resolver problemas en el colegio.

En marzo y abril, se celebraron las competiciones regionales y nacional

Olimpiadas con mucha 'química'

“**T**enéis la oportunidad de ser parte de los grandes cambios del futuro, no solo como líderes en la ciencia, sino también en la convivencia, ayudando a los que no tienen un conocimiento tan elevado”. Con estas palabras Eduardo Sánchez, del Centro Nacional de Innovación e Investigación Educativa (CNIIE), ponía en valor a los 75 chavales de entre 17 y 18 años que esperaban nerviosos conocer quién de ellos serían los premiados de la Olimpiada Nacional de Química de este año, celebrada en abril. La ceremonia de entrega es el broche a dos días de concentración en la Universidad de Alcalá en los que los estudiantes han tenido que enfrentarse a exámenes tipo test y de resolución de problemas “muy difíciles”, reconoce uno de los chicos premiados, Manuel Rodríguez.

Diferentes acentos de toda España vitorean y jalean a cada uno de los que van nombrando: primero a los merecedores del bronce y, después, plata y oro. Por cada categoría, tres sonrientes ado-

lescentes —al igual que sus padres, que no paran de fotografiarles desde la grada— suben al estrado, aprietan la mano a cada miembro de la mesa y reciben su medalla y diploma. “¡Cómo en las olimpiadas de verdad, mamá!”, se oye murmurar a uno de los hermanos de un galardonado. Y, desde luego, la sensación de triunfo y de recompensa tras el esfuerzo es la misma.

La mayoría de estos chavales ha decidido, en plena efervescencia, quedarse todas las semanas unas cuantas horas más en el colegio, fuera del horario escolar, para resolver problemas de química. “Son chicos muy motivados e intelectualmente brillantes que lo han hecho voluntariamente”, cuenta la coordinadora de la Olimpiada Nacional de Química, Carmen Cartagena. Ellos son el objetivo de esta competición anual, que ya va por su vigésimo novena edición: estudiantes excelentes del último curso de secundaria a los que se pretende interesar por la ciencia y la química, explica. La Asociación Nacional de Químicos de España



Los tres premiados de oro y uno de plata son madrileños.

Texto: Elvira del Pozo Campos

Fotografías: Anque

(Anque) a la que pertenece, comenzó en 1995 con esta tarea, a la que más tarde se sumó la Real Sociedad Española de Química (RSEQ) y el Ministerio de Educación, Cultura y Deporte.

Lo que motiva a los chavales

“Cuando llega el viernes y tienes que quedarte una clase más, es duro, pero luego enfrentarte a problemas interesantes y arreglártelas para solucionarlos, mola mucho”, cuenta uno de los ganadores de la medalla de oro, Manuel Rodríguez. Además, lo siente como un respiro en el día a día escolar: “aprendemos a pensar, lo que es un alivio después de tanto memorizar para preparar la selectividad”. También cree que es una oportunidad para el currículum.

Cartagena remarca que estos encuentros hacen que “estos chicos, que son

« Te das cuenta de que todos, independientemente de dónde vengamos, nos parecemos mucho. »

tratados a veces de frikis en su entorno, aquí se dan cuenta de que no lo son, de que hay muchos otros que sienten pasión por las mismas cosas y establecen lazos que duran toda la vida”. Opinión que comparte Jaime Redondo, que ha recibido la medalla de plata: “te das cuenta de que todos, independientemente de dónde vengamos, nos parecemos mucho”.

“Además, representar a tu comunidad autónoma, primero, y, después, a tu país son palabras mayores”, explica otro de los oro, Ángel García. Y es que los cuatro mejores de esta fase nacional, a parte de recibir un premio económico —1.000 €, los oro, y 750 €, los plata—, representarán a España en las Olimpiadas Internacional e Iberoamericana, que se celebrarán el próximo julio en Georgia y, en septiembre, en Colombia.

Después de un año de periplos olímpicos, los medallistas ceden su puesto a los siguientes y se acaba abruptamente su meteórico pero breve paso por la competición. Raimón Terricabres y Jorge Melendo son exolímpicos de 2015, que obtuvieron la medalla de bronce y una mención de honor, respectivamente, en

¿La química no es para chicas?

De los 75 alumnos de toda España que ganaron sus respectivas olimpiadas regionales y que llegaron a la fase nacional, solo 12 eran chicas. Y, entre los premiados, no hubo ninguna. “No se sabe por qué, pero es preocupante”, afirma Cartagena, quien plantea que quizás tenga que ver con que “las niñas son, en general, menos competitivas; y como esto es una actividad voluntaria, no les interesa participar”.

García cree que “se fomenta muy poco que una chica sea lista, porque asusta”, algo que no le pasa a un niño inteligente. En la misma línea opina Redondo que considera que ellas “intentan ocultar que lo son y bajan el perfil para pasar desapercibidas”. Ambos consideran que, aunque a muchas de sus compañeras les gusta —y son buenas en matemáticas, física y química—, parece como si se sintieran más cómodas en carreras “más de chicas” como la biosanitaria, bellas artes...

Herradón además añade que esta disparidad está presente en toda la carrera científica. Y como “sin duda, no es por falta de capacidad”, quizás pueda deberse a que la investigación es un camino “muy duro, con una tasa elevada de precariedad y con un coste enorme sobre la vida personal; algo que las mujeres, que sienten una gran responsabilidad ante la maternidad, no siempre están dispuestas a asumir”. Sea por el motivo que sea, desde la Asociación de Químicos de Madrid se están elaborando estrategias para estimular la participación femenina y, en general, para hacer unas olimpiadas más justas.



Participantes durante el examen.

las pasadas Olimpiadas Internacionales. Pese a semejante pedigrí no pueden seguir compitiendo porque “ya no hay más torneos a los que presentarse”, cuentan. Así que, ahora, dividen sus esfuerzos en sacarse la universidad, que en ambos casos es la de químicas, y en ayudar a los que les han destronado. “Han sido los profesores y tutores perfectos para prepararnos porque, como ya han pasado por ello, te orientan muy bien”, cuenta el tercer oro de la jornada, Daniel González.

Madrid conquista el pódium

Se da la circunstancia de que los cuatro primeros ganadores son de la Comunidad de Madrid: Manuel, Ángel y Daniel, con medalla de oro; y Jaime, de plata. “Lo que no es habitual”, reconoce el presidente de la Sección Técnica de Enseñanza de Anque-Madrid, Bernardo Herradón. Él es el coordinador de la Fase Local de la Olimpiada de Química de Madrid 2016, celebrada

el pasado 11 de marzo, de donde salieron los 12 estudiantes que unas semanas después participaron en la fase nacional.

Se presentaron 205 participantes procedentes de entre 80 y 90 centros (públicos y privados) de la Comunidad, lo que “es un record gracias a la buena difusión que hizo la Asociación de Químicos de Madrid, que se dirige a cada uno de los institutos para informarles sobre la existencia de esta competición y animarles a que presenten a sus alumnos más interesados”, explica Herradón.

Los profesores de los institutos son los que tienen que preparar a los estudiantes voluntarios para la fase regional. De hecho, Rodríguez y García, ambos pertenecientes al Colegio Santa María del Pilar, creen que “no habiéramos llegado hasta aquí sin la ayuda de M.^a del Carmen Bordeje —su maestra de química—”. Así que “el mérito es de los chicos y de su interés, pero también del de sus mentores”, concluye Herradón.



La industria química, motor de crecimiento y empleo

Los resultados que año tras año ofrece la industria química muestran su enorme vitalidad, que ha hecho que en 2015 su facturación haya superado en un 16,7% la del año 2007, antes de que la crisis azotara la economía española. Gracias a ello, se ha recuperado el nivel de empleo previo, que asciende a 190.000 empleos directos (y otros 380.000 indirectos) estables, de calidad y de alta cualificación.

La industria química es una de las más dinámicas y productivas de la economía española y, por tanto, una de las que en mayor medida contribuye a generar una economía solvente, tanto por su contribución directa a la economía española como por su capacidad para generar un sólido tejido empresarial de empresas auxiliares y una importante demanda de servicios avanzados de investigación, innovación, tecnología e ingeniería. De hecho, el sector químico es el primer inversor industrial en I+D+i.

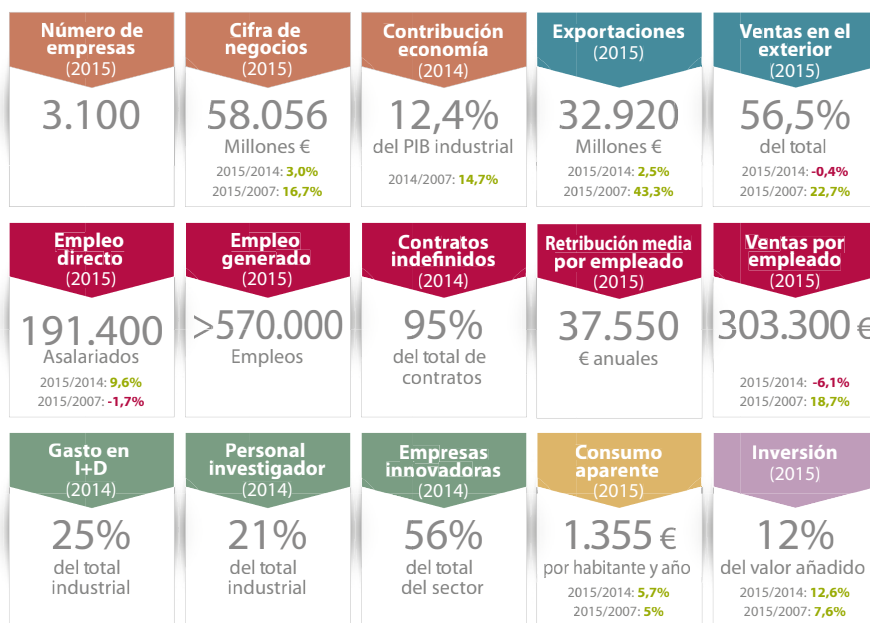
Con una facturación de 58 millones de euros en 2015, un 16,7% más que en 2007, el año previo al de mayor impacto de la crisis económica, el químico es, en términos de valor añadido, el cuarto mayor sector industrial de España tras el alimentario, el de material de trans-

porte y la metalurgia. Su creciente importancia en la economía española queda reflejada en su contribución al PIB industrial, que ha aumentado del 10% en 2007 al 12,4% en 2015.

Estas cifras adquieren verdadero significado cuando se comparan con los resultados del resto de sectores industriales en España, que han sufrido en conjunto una caída de su facturación de más del 20% desde el inicio de la crisis. Ahora bien, ¿cuáles son las claves que explican este crecimiento a contracorriente del sector químico? Tres: adaptación, internacionalización e innovación.

Durante los últimos años, las compañías del sector químico han demostrado flexibilidad frente a una situación económica adversa. Esta capacidad de resiliencia es la que ha permitido que

Datos clave del Sector Químico Español 2016



Texto: Juan A. Labat, director general de Feique.

el sector haya recuperado en el último año los niveles de empleo previos a la crisis, al alcanzar los 191.300 puestos de trabajo directos al cierre de 2015, que ascienden a 570.000 considerando los empleos indirectos e inducidos. Se trata además, de empleo estable, de calidad y alta cualificación, ya que el 95% son contratos indefinidos, la retribución media del sector supera los 37.500 euros anuales por trabajador, y el gasto medio en formación supera los 258 euros anuales.

La capacidad de adaptación de la industria química es lo que le ha permitido amortiguar los efectos de la crisis. Ante la caída de un consumo interno —que en 2015 empezó a recuperarse—, el sector aceleró su presencia en los mercados internacionales. Así, mientras que en 2007 la industria química obtenía el 46% de su facturación fuera de España, en 2015 llegó al 56,5%. A lo largo de ese período, las exportaciones se han incrementado un 43,3%, hasta alcanzar los cerca de 32.800 millones de euros que se registraron en el ejercicio pasado.

Estar en el mercado global implica competir con compañías de otros países. Esto obliga a cualquier empresa a desarrollar un esfuerzo innovador per-



manente que le sitúe en una posición aventajada frente a sus competidores. Si el sector químico ha sabido encontrar en los mercados exteriores la fórmula con la que sortear los efectos del nuevo contexto económico es, en buena medida, porque cuenta con importantes activos en ciencia e investigación: es el principal inversor industrial en I+D+i de la economía española y da empleo a 1 de cada 5 investigadores contratados por la industria en su conjunto.

La industria química es, por tanto, un sector con un peso importante y consolidado en la economía española que, según las previsiones de Feique, continuará su tendencia ascendente, si bien esta potencialidad seguirá viéndose limitada hasta que las Administraciones Públicas no apuesten por una política industrial efectiva más coherente y proindustrial, que no desincentive la inversión en Europa.

A escala nacional necesitamos, entre otras medidas, mejorar factores de competitividad claves, como los costes energéticos; conseguir una mayor eficacia y orientar hacia el comercio internacional las políticas de infraestructuras, de logística y transporte; y tratar de evitar el sobrecoste y la sobrerregulación que se derivan del marco regulador europeo. Es fundamentalmente en esos tres ámbitos —aunque no son los únicos— donde deben concentrarse los esfuerzos por mejorar la competitividad de la industria, desde la convicción de que apostar por ella es seguir una vía segura hacia el desarrollo científico, tecnológico e innovador, así como la forma más eficaz de proteger a nuestra economía de nuevas crisis.

ANAYA

NOVEDADES 2016

aprender es crecer
en conexión

Física y Química

Para el alumnado

- Libro del alumnado

Para el profesorado

- Propuesta didáctica
- Recursos para el profesorado (disponibles en la web)
- Portfolio



BACHILLERATO



Cultura científica

Para el alumnado

- Libro del alumnado

Para el profesorado

- Propuesta didáctica
- Recursos para el profesorado (disponibles en la web)
- Portfolio



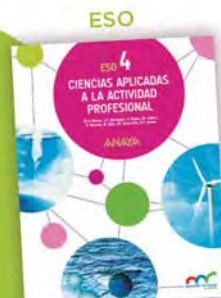
Ciencias aplicadas a la actividad profesional

Para el alumnado

- Libro del alumnado

Para el profesorado

- Propuesta didáctica
- Recursos para el profesorado (disponibles en la web)
- Portfolio



Y ADEMÁS

PROYECTO DIGITAL

Libro digital

Web del alumnado y de la familia
www.anayaeducacion.es

AULAdigital
www.auladigitalcga.es

noticias

NUESTRAS INSTITUCIONES

Curso de iniciación a la cosmética

La Sociedad Española de Químicos Cosméticos (SEQC) organiza un curso de "Iniciación a la cosmética" entre octubre y noviembre de 2016 en la sede de la Asociación y del Colegio Oficial de Químicos de Madrid. El temario incluirá desde el marco regulatorio y las exigencias de calidad de la industria cosmética, hasta los procesos de fabricación y lanzamiento al mercado de los productos. Más información en la web de SEQC: www.e-seqc.org

VIII Premios SusChem Jóvenes Investigadores Químicos 2016

El pasado 10 de junio se dieron a conocer los galardonados en la VIII edición de los premios Suschem Jóvenes Investigadores Químicos. En la modalidad Innova-Mestrelab resultó ganadora la doctora Elena



Benito Peña; en la denominada Predoc-Mestrelab el galardón fue para Noelia Casanova González; en el apartado Ost-doc-Mestrelab se alzó con el premio Gonzalo Jiménez-Osés; por último, el Futura-Mestrelab recayó en Moisés Maestro López. El objetivo de los premios es reconocer, apoyar, promocionar y estimular la actividad científica y divulgativa entre los investigadores químicos menores de 40 años de nuestro país. Creados en 2009, sus promotores fueron la Plataforma Tecnológica de Química Sostenible SusChem-España, el Grupo Especializado de

Jóvenes Investigadores Químicos de la Real Sociedad Española de Química, el Foro Química y Sociedad, la Real Sociedad Española de Química, la Asociación Nacional de Químicos de España, el Consejo General de Colegios de Químicos, la Federación Empresarial de la Industria Química Española y Tecnalia Ventures. Además, en esta edición están patrocinados por la compañía Mestrelab.

Nuevo servicio para peritos judiciales

La Unión Interprofesional de la Comunidad de Madrid, de la cual forma parte nuestro Colegio comunica que recientemente se ha puesto en marcha un nuevo servicio a través del cual pueden solicitar el carnet de perito judicial 2016 aquellos peritos que figuran en los listados oficiales de peritos 2016 de los colegios profesionales miembros de la Unión Interprofesional de la Comunidad de Madrid. Para más información sobre su emisión pueden consultar el siguiente enlace: http://www.uicm.org/Inscripciones/peritos_solicitud.asp.

3.ª edición del Curso de prevención de riesgos laborales y Jornada sobre trabajos saludables

La Unión Interprofesional de la Comunidad de Madrid organizó la 3.ª edición del "Curso de peritaje en prevención de riesgos laborales" y la Jornada sobre Trabajos

Saludables en Cada Edad entre febrero y mayo de este año. Para ello contó con la participación del Colegio de Químicos y el Colegio de Ingenieros Industriales de Madrid, respectivamente.

En el curso, celebrado en el Ilustre Colegio Central de Titulados Mercantiles y Empresariales, se abordaron temas como la prueba pericial, la actuación del perito en el marco jurídico actual, la peritación de la práctica preventiva y las características del dictamen pericial. Por otra parte, el objetivo de las jornadas fue sensibilizar sobre los beneficios de la gestión de la edad en el ámbito laboral para la prevención de los problemas de salud, las enfermedades profesionales y los accidentes de trabajo durante la vida laboral.

Actividades celebradas en el Colegio

Entre las actividades recientes celebradas en la sede del Colegio y Asociación de Químicos de Madrid destacaron las organizadas por la Sección Técnica de Ingeniería Química como la conferencia sobre "Valorización termoquímica de residuos mediante tecnologías de combustión y gasificación: de residuos a recursos", impartida por el responsable de la Unidad de Valoración Energética de Combustibles y Residuos del CIEMAT, José María Sánchez Hervás. También relacionadas con la energía, se realizaron otras dos charlas: la relacionada con

El Colegio de Químicos de Madrid ya es Agencia de Colocación

En solo dos años, se ha materializado uno de los principales compromisos del programa de gobierno de la actual Junta Directiva: que el Ilustre Colegio de Químicos de Madrid opere como Agencia de Colocación sin Ánimo de Lucro. A partir de ahora el Colegio, con la colaboración de la Asociación, será capaz de casar oferta y demanda para que la intermediación sea eficaz. Con este objetivo, se habilitarán las siguientes líneas de actuación:

- Asistencia para la preparación de CV y entrevistas de trabajo.
- Establecimiento de alianzas con empresas de consultoría de recursos humanos.
- Información gratuita de subvenciones y ayudas, así como de actividades, jornadas y cursos.
- Asesoramiento laboral y fiscal para trabajo en el extranjero y para químicos emprendedores.
- Visibilidad en la web corporativa del Colegio, para lo que se habilitará un área en la que los químicos emprendedores, autónomos y empresas puedan ofertar sus servicios.
- Precios reducidos para la realización de páginas web profesionales.
- Correo corporativo gratuito (solicitud a través de la web del Colegio).
- Alquiler de salas en las instalaciones del Colegio a costes reducidos para reuniones y *networking*.

Para más información, se puede escribir al correo colquim@quimicosmadrid.org.

Objetivos cumplidos

La actualización de la página web (www.quimicosmadrid.org) supone el punto de partida de una nueva etapa tanto del Colegio como de la Asociación de Químicos de Madrid, marcada por una serie de actuaciones que pretenden ofrecer servicios a los colegiados y asociados adaptados a los nuevos tiempos; entre ellas podemos destacar el avance positivo del Plan Director de Estrategia (PDE), con el diseño y la implantación de un ambicioso y realista plan de equilibrio entre ingresos y gastos que es, y sigue siendo, el primer eslabón para conseguir un Colegio nuevo o, si se prefiere, la garantía real del Colegio del futuro.

La acreditación del Colegio como Agencia de Colocación sin Ánimo de Lucro, de ámbito nacional, también ha supuesto un reto muy importante y básico para reforzar el Plan de Choque de Empleo que se ha está implantando en esta nueva etapa, involucrando a empresas y organizaciones para conseguir que la tasa de desempleo en nuestro sector disminuya.

Otro frente que se está abordando con especial interés es el lanzamiento de un Plan de Choque del Visado con el objetivo de fomentar su uso entre todos los agentes potenciales (colegiados, Administración, empresas y sociedad en general). El visado de trabajos profesionales es una función exclusiva de los colegios profesionales y una de las más relevantes debido al valor añadido que aporta, contribuyendo a la mejora en la calidad de las actuaciones profesionales, a la posibilidad de certificación y al aseguramiento profesional.

Los acuerdos en materia de formación que tienen en este momento concertados tanto el Colegio como la Asociación de Químicos de Madrid permiten ofrecer a los colegiados y asociados cursos, conferencias y jornadas técnicas de calidad con el fin de



que puedan mantenerse actualizados en las materias fundamentales de nuestra profesión.

Otro punto a tener en cuenta es que tanto para colegiados como asociados y autónomos, empresas y estudiantes se ha puesto en marcha un servicio de información sobre ayudas y subvenciones, que de ser contratado a una consultoría tendría un coste. Se informa de las convocatorias y actividades tales como jornadas y cursos y de los aspectos a tener en cuenta de cada una de ellas.

La asesoría fiscal y laboral, así como el servicio de ayuda a los químicos que quieran emprender y crear sus propias empresas o iniciar su actividad como autónomos, suponen una ayuda y un apoyo fundamental para los colegiados y asociados.

Por último, y no menos importante, los acuerdos obtenidos por el Colegio y la Asociación, como con el gigante de comercio electrónico Amazon, permiten que desde la página web se pueda acceder a ofertas especiales en condiciones preferentes para colegiados y asociados.

el “Uso del hidrogeno como vector energético” corrió a cargo de Carlos Funez Guerra, del Centro Nacional de Hidrogeno; mientras que “El gas natural, mercados, contratación y logística” fue impartida por el director of Gas Business de la empresa Enérgya-MV (Grupo Villar Mir), Manuel Nofuentes.

Otra de las temáticas que se trató en los ciclos de conferencias ofertados fue la química aplicada a la innovación alimentaria, para lo que se contó con el asesor científico y tecnológico de Nanotecnología, Víctor Rosas Murillo. Rosas impartió dos ponencias entre mayo y junio sobre el tratamiento ultrarrápido de la matriz para tratar residuos de medicamentos veterinarios y para degradar plaguicidas y contaminantes.

Mención a parte tiene la sesión organizada por la Sección de Jubilados sobre “La dignidad del trabajador. La doctrina social de la Iglesia en la calle”, presentada por su presidenta, Juana Bellanato Fontecha, e impartida por Jesús de Andrés Artero.



Ricardo Díaz Martín.

Ricardo Díaz, Premio Mutualia

La VII edición del Premio Mutualia, cuyos galardones se entregaron el pasado miércoles 27 de abril, para conmemorar el Día Mundial de la Seguridad y Salud en el Trabajo, pretende reconocer a las empresas asociadas y a los trabajadores autónomos pertenecientes al colectivo asociado a Mutualia que destacan por su investigación, desarrollo tecnológico e innovación preventiva.

En esta edición ha resultado premiada la empresa Tubos Reunidos Industrial, por su presentación “Estudio estadístico y modelo matemático para la reducción de la accidentabilidad en la industria siderúrgica”, de los coautores Aitor Ibarra y Ricardo Díaz Martín, decano del Ilustre Colegio Oficial de Químicos de Madrid.

El jurado ha tenido en cuenta en este caso las soluciones y desarrollos presentados, las mejoras introducidas, los aspectos diferenciadores, así como la accesibilidad y aplicabilidad a otras empresas.

MUNDO EMPRESARIAL

DEINSA, incorpora a su catálogo Dunlop Protective Footwear

DEINSA, empresa especialista en protección laboral desde 1987, refuerza su catálogo incorporando Dunlop® Protec-



tive Footwear a las marcas de primera línea que ya distribuye. La política de DEINSA va más allá de la distribución y de un consistente soporte técnico, estableciendo vínculos que brindan, entre otros, acciones de apoyo en comunicación de *marketing* y refuerzo de las marcas que distribuye.

Plataforma para búsqueda de convocatorias de proyectos de i+d, callsforproposals

Ayming, grupo internacional de Consultoría en Business Performance, acaba de presentar la primera plataforma para la identificación en tiempo real de las convocatorias de proyectos de I+D+i a nivel nacional y europeo, denominada *callsforproposals.com*. Las empresas, centros tecnológicos y entidades públicas tienen cada año el reto de buscar financiación para llevar a cabo sus proyectos de I+D+i. Encontrar la convocatoria de propuestas que mejor se adapten a sus planes y objetivos es su desafío, y gracias a la plataforma web, ahora lo tienen más fácil.

Feria Internacional ECWATECH-2016. Moscú, 26-28 de abril

Dow Water & Process Solutions, líder en tecnologías sostenibles de separación y purificación de agua, unidad de negocio

de The Dow Chemical Company participará en la feria internacional Ecwatech-2016, en la que presentará su abanico de tecnologías para el tratamiento del agua. El evento se celebrará entre los días 26 y 28 de abril en Moscú (Rusia). Los visitantes del stand de DOW conocerán la gama de tecnologías de tratamiento del agua visitando una planta, mediante gafas de realidad virtual.

Jornadas de sensibilización ambiental para escolares

Las empresas Total y Cicloplast han celebrado en la escuela Jacint Verdaguer de El Prat de Llobregat una jornada de formación y sensibilización con escolares, para fomentar las prácticas ambientales de consumo responsable y el reciclado de los plásticos al final de su vida útil. En la jornada, los alumnos de primaria han participado en varias sesiones informativas.

Henkel promueve el talento joven en su organización

Henkel Ibérica celebra la primera edición de Emerging Talent Days poniendo en



marcha esta iniciativa para fomentar el talento joven en su organización e impulsar proyectos innovadores en diferentes áreas de negocio como parte de su política de recursos humanos.

La agencia FDA retira el warning letter a los productos farmacéuticos de Ercros

La agencia pública norteamericana FDA (Food and Drug Administration) ha dado el visto bueno a las acciones correctoras llevadas a cabo por la división de far-

macia de Ercros, como respuesta a la inspección llevada a cabo en la fábrica de Aranjuez en diciembre de 2014, y le ha comunicado la retirada de la nota de advertencia (*warning letter*) que mantenía sobre sus productos.

Nuevo mono de trabajo producido por Honeywell



Honeywell anuncia Hapichem™, un nuevo mono ventilado antiestático y resistente a productos químicos, diseñado para proteger en atmósferas potencialmente explosivas en los sectores químico y farmacéutico.

Participación de Covestro en el foro de empleo de la Universidad Rovira Virgili

Covestro participa en el Foro de Empleo Universitario que organiza la Universitat Rovira i Virgili para atraer talento entre los estudiantes que quieran completar su formación, realizando una estancia de prácticas en sus diferentes centros.

Convocatoria del Premio ASEBIO de Comunicación y Divulgación

Un año más ASEBIO lanza la convocatoria del Premio ASEBIO de Comunicación y Divulgación de la Biotecnología. Esta V edición del galardón busca poner en valor el papel del profesional en la comunicación y la divulgación de los avances del sector de la biotecnología y su contribución al desarrollo.

NOTICIAS

Las baterías del futuro

La optimización del almacenaje de energía es un objetivo primordial en la sociedad tecnológica del siglo XXI. A principios de los años noventa, empezaron a comercializarse las baterías litio-ion (Li-ion), convirtiéndose en las más usadas en teléfonos móviles, ordenadores portátiles o reproductores de música. Sin embargo, su peligrosidad debido a las altas temperaturas que alcanzan (pueden provocar fuego), su corta vida útil y su coste, limitan sus posibles aplicaciones, por lo que ha sido necesario buscar alternativas. El aluminio se presenta ahora como una buena opción.



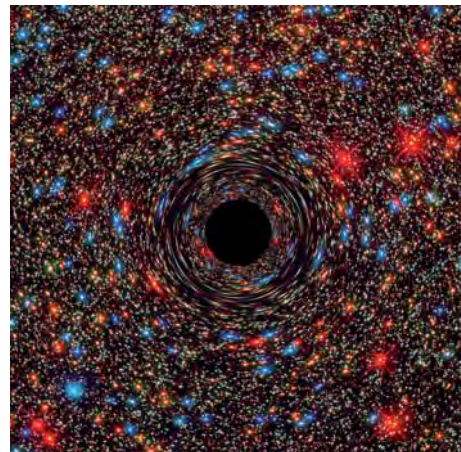
En el proyecto europeo ALION, que se enmarca en el Programa Horizonte 2020, están investigando la tecnología de las baterías aluminio-ion, una alternativa de alto rendimiento basada en este material de bajo coste, baja inflamabilidad y una alta capacidad de almacenamiento energético, dispuesto a reemplazar al litio. El proyecto ha sometido a estas nuevas baterías a pruebas de investigación en el acelerador de partículas Síncrotrón ALBA, ubicado en la Universidad Autónoma de Barcelona, para estudiar sus propiedades y sus futuras aplicaciones. En ALION participa una compañía española, Albufera Energy Storage, junto a doce socios de seis países europeos, y su objetivo final es la obtención de una batería de aluminio-ion con una energía de 400 Wh/kg, un voltaje de 48 V y un ciclo de vida de 3.000 ciclos, que se espera esté concluida en 2019.

Retratando agujeros negros

¿Es posible ver un agujero negro? Estos cuerpos tan densos, con características misteriosas que crean distorsiones en la estructura del espacio-tiempo, poseen gravedades tan fuertes que no dejan escapar ninguna forma de materia o radiación; ni siquiera la luz. De ahí su nombre. Por eso no es posible observarlos, aunque sí se pueden detectar de forma indirecta, por el efecto que ejercen en los cuerpos afectados por su gravedad.

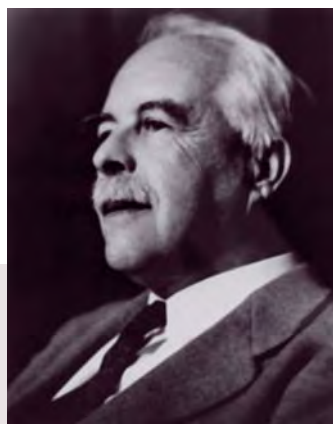
Ahora, en la NASA, han conseguido crear una imagen simulada por ordenador de

uno de estos gigantescos objetos celestes. La simulación muestra un agujero negro supermasivo, un agujero negro con una masa del orden de millones o decenas de miles de millones de masas solares, en el centro de una galaxia. La región negra que se aprecia en el centro de la imagen representa el horizonte de



sucesos, es decir, la frontera que separa la región del agujero negro del resto del Universo. Aquí se sitúa la superficie límite del espacio a partir de la cual ninguna partícula puede escapar; esto incluye, también, a los fotones. La fuerte gravedad que ejerce el agujero negro distorsiona el espacio alrededor de él como si se tratara de la casa de espejos de un circo. Como se puede observar en la imagen, la luz procedente de las estrellas del fondo se estira y se extiende cuando estas rozan el agujero.

La NASA continúa buscando agujeros negros, a través de telescopios espaciales como el Hubble y el Gemini, tratando de averiguar más de estos elementos del Universo que esquivan ser retratados.

EFEMÉRIDES  HACE 100 AÑOS...

Se propuso la regla del octeto

En abril de 1916, el *Journal of the American Chemical Society* publicó un artículo que impulsó el avance de la química y el entendimiento de la estructura de la materia. Gilbert Newton Lewis (1875-1946), químico norteamericano, firmaba el artículo "The Atom and the Molecule", en el que se enunció por primera vez la regla del octeto. En aquel momento, ya se había avanzado bastante en el estudio de la materia: se sabía que el átomo neutro contiene un número de electrones equivalente a su número atómico, se conocía la estructura por capas de los electrones, y se habían sugerido posibles transferencias de estas partículas

de un átomo a otro. Lewis se dio cuenta de que un elemento se vuelve muy estable cuando su capa externa contiene ocho electrones, como los gases nobles. Postuló entonces la regla del octeto, según la cual los átomos tienden a buscar esa estabilidad intercambiando electrones entre ellos. Así, un átomo con siete electrones en su capa externa, como el cloro, gana con facilidad otro electrón; un átomo con uno, como el potasio, lo pierde. La regla del octeto presenta algunas excepciones, pero sirve para predecir el comportamiento de muchas sustancias, y la teoría de Lewis contribuyó a introducir los conceptos actuales de valencia, enlace iónico y enlace covalente.



Mapas vivos desde el espacio

Al igual que la piel de una persona puede dar pistas sobre su alimentación, ciertos colores apreciables en un bosque pueden ser un indicativo de si sus árboles siguen o no una dieta saludable. El Smithsonian Tropical Research Institute (STRI) de EE. UU. ha obtenido imágenes por satélite de diferentes bosques, y ha descubierto que las relaciones que se establecen entre árboles y hongos subterráneos pueden detectarse desde el espacio.

Los hongos del suelo ayudan a los árboles a absorber nutrientes y agua a cambio de azúcares, manteniendo una relación de beneficio mutuo. Esta asociación del árbol con un tipo u otro de hongo depende de las características y del estado del ejemplar. Por lo tanto, la presencia de estos organismos vegetales proporciona a los científicos información directa acerca de los nutrientes a los que tienen acceso los árboles, y posibilita medir la productividad del ecosistema. "Cada especie de árbol tiene una señal espectral diferente, una especie de aura medible", explica Sean McMahon, coordinador de ForestGEO, la red global de bosques y científicos del STRI. "Ahora, podemos saber desde el cielo quiénes son sus amigos subterráneos y qué nutrientes absorben". Este descubrimiento abre una nueva

LIBROS

Morir joven, a los 140
Maria A. Blasco
y Mónica G. Salomone
Editorial Paidós
Barcelona, 2016

El ser humano arrastra consigo un miedo inherente a envejecer. Cremas antiarrugas, tintes cubre canas, cirugía estética... Pero, más allá de los miedos superficiales, tenemos pánico a esas enfermedades que se deben al envejecimiento molecular o celular, como el alzhéimer, el párkinson y el cáncer. ¿Es posible evitar estas enfermedades rejuveneciendo las células? En busca de una respuesta, Maria A. Blasco, bióloga molecular y directora del Centro Nacional de Investigaciones Oncológicas, y Mónica G. Salomone, periodista especializada en ciencia y salud, charlan en este libro sobre el estado actual de las investigaciones que pretenden afirmarlo. Blasco es especialista en los extremos

de los cromosomas, denominados telómeros, que se acortan cada vez que la célula se divide hasta que alcanzan cierto nivel; entonces, esta deja de multiplicarse y envejece. Pero existe una hormona, la telomerasa, que repara los telómeros y puede convertirse en el elixir que permita rejuvenecer las células. El libro explica con detalle los aspectos científicos de la cuestión, qué consecuencias podría tener en las personas y en la sociedad, y qué dilemas éticos habría que plantearse si, finalmente, llegamos a vivir 140 años. Una lectura amena y divulgativa para quien quiera saber más sobre la historia, presente y futura, del envejecimiento. Porque, ¿es obligatorio envejecer? ¿De verdad tenemos que morir?



vía para el estudio del impacto del cambio climático en los bosques y para averiguar cómo estos responden a las transformaciones ambientales. Los cien-

tíficos podrán entender mejor cómo cambian y evolucionan los ecosistemas, y usar esta información para protegerlos y preservarlos.

MUSEOS

Museo de la Farmacia Hispana
Facultad de Farmacia. U. Complutense de Madrid.
Plaza de Ramón y Cajal, s/n. 28040, Madrid
Teléfono: 913 94 17 97

Aunque hoy en día se puede encontrar una farmacia en cada calle de la ciudad, ya no son las boticas donde antaño se preparaban los remedios, cuyas estanterías estaban repletas de frascos y cerámicas que contenían las sustancias necesarias para prepararlos. Para hacer un viaje



al pasado, el Museo de la Farmacia Hispana de Madrid recoge varios escenarios y artefactos de esta evolución histórica. Creado en 1951 por uno de los hombres clave de la historia de la farmacia en España, Rafael Folch Andreu, es uno de los más completos de su género, albergando más de mil doscientas piezas de diversas épocas, algunas de ellas datadas en el siglo XIII.

El museo expone cuatro boticas originales y tres conjuntos museográficos, que hacen viajar al visitante desde la época del islam al siglo XIX. Los conjuntos originales son la Botica de Sangarcía de 1889, exhibida en su totalidad; la Farmacia del Hospital de San Juan Bautista de Astorga; una farmacia madrileña de estilo neogótico; y la Botica Gibert, del siglo XVIII. Entre las reproducciones, un laboratorio alquimista al estilo del siglo XVI y una farmacia hispano-árabe del XIV.

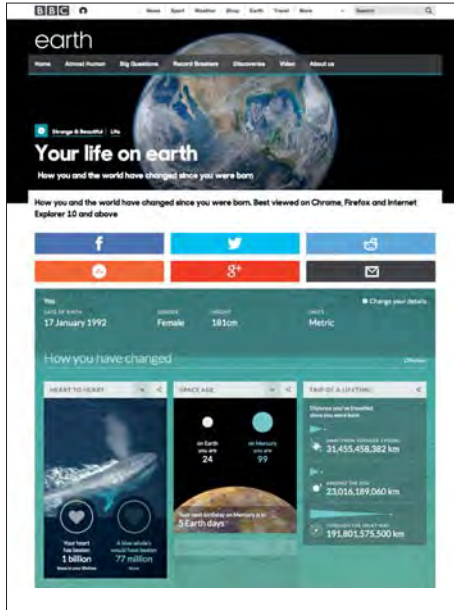
En sus fondos también destacan las colecciones de cerámica y porcelana, tanto peninsular como francesa, italiana y holandesa; morteros y cajas de madera policromadas; recipientes de conservación e instrumental de laboratorio; balanzas y granatarios; y una extensa colección de medicamentos antiguos y tradicionales.

Para visitarlo, hay que pedir cita en el teléfono del museo, siendo la visita gratuita y obligatoriamente guiada, con una duración aproximada de hora y media.

EN RED

La historia de tu vida en la Tierra

¿Cuántas veces ha latido tu corazón desde que naciste? ¿Cuándo es tu cumpleaños en Saturno? ¿Cuánto ha subido el nivel del mar durante tu vida? El canal BBC Earth ofrece una experiencia per-



sonalizada, original y muy curiosa en su página web <http://www.bbc.com/earth/story/20141016-your-life-on-earth>. Bajo el título “Your life on Earth”, el sitio web muestra, a partir de la fecha de

nacimiento, el sexo y la altura, cómo ha cambiado una persona y el mundo a lo largo de su vida en la Tierra.

Entre otras cosas, la web calcula las generaciones que tendría la familia de otros animales a la misma edad; cuántos kilómetros hemos recorrido desde que nacimos alrededor del Sol y de la Vía Láctea, y los días que faltan para poder celebrar un año más en otro planeta del sistema solar; el número de terremotos, erupciones volcánicas y superlunas que han tenido lugar desde nuestro nacimiento; y lo que hemos crecido con respecto al árbol más alto del mundo.

Pero más importante que nuestro papel individual, es el que hemos desempeñado en la Tierra. La web nos hace conscientes del impacto que provocamos en el planeta: cuánto ha disminuido el hielo del Ártico, cómo han aumentado las emisiones de dióxido de carbono y la temperatura global, cuánto combustible y alimentos hemos consumido, las especies que hay en peligro de extinción, o cuánto ha crecido el agujero de la capa de ozono.

Una web para explorar, experimentar, y entender mejor el lugar que ocupamos, con nuestra corta edad, en este planeta de 4.500 millones de años.

Mendeléiev 2.0

La tabla periódica definitiva no existe. Desde la primera clasificación de Mendeléiev, quien previó incluso huecos en la tabla que ocuparían elementos químicos que aún no eran conocidos, la familia ha continuado creciendo a medida que se suceden nuevos descubrimientos. En enero de este año, se añadían cuatro nuevos elementos químicos superpesados (113, 115, 117 y 118), verificados en diciembre por la Unión Internacional de Química Pura y Aplicada. Ante el estado cambiante de la tabla periódica, ¿por qué no disponer de una virtual que se pueda actualizar?

Una opción interactiva y muy didáctica es la *app* que ofrece el Museo de la Ciencia de Valladolid, “Mendelevium”. Esta aplicación gratuita, disponible para Android y Apple, invita a descubrir de forma atractiva y fácil la tabla periódica, aportando mucho más contenido que una tabla en papel. Al pulsar sobre cada

elemento, se abre una ficha que nos informa de sus características, cómo se obtiene y qué usos puede tener, además de una breve reseña histórica sobre su descubrimiento y una serie de imágenes relacionadas. La aplicación incorpora también datos curiosos: gráficas de producción mundial de los elementos, listas con el año de descubrimiento y el descubridor de cada uno, o una colección de imágenes de tablas periódicas originales de todo el mundo. Una buena forma de descubrir la tabla periódica y tenerla al alcance del teléfono móvil. ☺

REDES



Cielos Despejados

Este canal de YouTube, presentado por Pablo Lonnie Pacheco, reconocido divulgador científico en México, explora los conceptos de la ciencia, la astronomía y la física, así como los nuevos descubrimientos científicos que intentan dar respuesta a los misterios del Universo, a través de vídeos muy visuales y entretenidos.



@sciencemuseum

La cuenta del Museo de Ciencias de Londres comparte imágenes de sus colecciones históricas, piezas de sus galerías, y fotografías de exposiciones, lo que permite al visitante virtual descubrir el museo sin moverse del móvil.

@CERN

La Organización Europea para la Investigación Nuclear invita a seguir su día a día a través de Instagram. El interior del láser ALPHA, un haz de neutrones, o el Gran Colisionador de Hadrones son solo algunos de los retratados en este diario de experimentos y avances online.



@Cmdr_Hadfield

Aunque ya no está en el espacio, Chris Hadfield aún tiene muchas experiencias e imágenes que compartir en twitter. Este astronauta canadiense, que se hizo mundialmente viral en la red por su versión de *Space Oddity*, de David Bowie, grabada en la Estación Espacial Internacional, escribe *tweets* sobre sus viajes, el espacio y la vida del astronauta.



Chemistry World

La cuenta de Facebook de la revista de la Royal Society of Chemistry comparte de forma muy activa noticias, vídeos y publicaciones del mundo de la química, que pueden encontrarse en su página web. ☺

agenda

Del 1 al 3 de septiembre de 2016
India Chem Mumbai, exposición Internacional y Conferencia de Productos Químicos, Petroquímica y Farmacéutica
Organiza Federation of Indian Chambers of Commerce and Industry Federation House, Tansen Marg
Nueva Delhi (India)
www.indiachem.in

7 de septiembre de 2016
Lab-Supply, exposición de tecnología de laboratorio
Organiza Zillger & Müller GbR
Ludwigshafen del Rin (Alemania)
www.lab-supply.info
info@lab-supply.info



Del 11 al 15 septiembre de 2016
6th EuChemS Chemistry Congress
Organizan Anque y EuCheMS
FIBES II Seville Conference Centre
Sevilla (España)
www.euchems-seville2016.org
organizing.committee@euchems-seville2016.eu

Del 11 al 16 de septiembre de 2016
1st International Conference on Sustainable Water Processing
Meliá Sitges Hotel Congress Centre
Barcelona (España)
<http://sustainablewaterprocessing.com/>

Del 14 al 16 de septiembre de 2016
Chemie, feria internacional de industria química
Organiza ITE Uzbekistan
Tashkent (Uzbekistan)
www.chemie.uz
chemie@ite-uzbekistan.uz

Del 19 al 21 de septiembre de 2016
9.º Encontro Nacional de Tecnología Química
Organiza ABQ - Associação Brasileira de Química
Golania (Brasil)
<http://www.abq.org.br/entequi/>
abqeventos@abq.org.br

Del 23 al 26 de septiembre de 2016
III Simposio Iberoamericano de Química Orgánica SIBEAQO-III
Departamento de Química e Bioquímica
Faculdade de Ciências
Universidade do Porto
Oporto (Portugal)
<http://www.iceta.up.pt/SIBEAQO3/sibeaqo3@iceta.up.pt>

Del 26 de septiembre al 1 de octubre de 2016
Chemical Industry, feria internacional de la industria química
Organiza Fair Plovdiv
Plovdiv (Bulgaria)
<http://bit.ly/1rE9R0A>
fairinfo@fair.bg

Del 28 al 30 de septiembre de 2016
BioSpain 2016
Organiza ASEBIO
Bilbao Exhibition Centre (BEC)
Bilbao (España)
<http://www.biospain2016.org/>
secretariageneral@asebio.com

Del 10 al 12 de octubre de 2016
Analytica China Shanghái, feria líder china de técnicas de laboratorio, análisis, biotecnología y diagnóstico
Organiza MMI India Pvt. Ltd.
Shangai New International Expo Centre
Shangai (China)
www.analyticachina.com
info@analytica-world.com

Del 4 al 6 de octubre de 2016
CPhI Worldwide
Fira de Barcelona
Recinto Gran Vía
Barcelona (España)
<http://www.cphi.com/europe/home>
customerservice@ubm.com

Del 15 al 17 de noviembre de 2016
iWater Barcelona
Fira de Barcelona
Recinto Gran Vía
Barcelona (España)
<http://www.iwaterbarcelona.com/>
iwater@firabarcelona.com

Del 16 al 17 de noviembre de 2016
COMPOSITE SPAIN
IFEMA, pabellón 4
Madrid (España)
<http://www.compositespain.com/default.html>
comercial@compositespain.com

Del 17 al 19 de noviembre de 2016
Smart City Expo World Congress
Fira de Barcelona
Recinto Gran Vía
Barcelona (España)
<http://www.smartcityexpo.com/en/>
info@firabarcelona.com

Del 29 de noviembre al 1 de diciembre de 2016
Composites Europe, salón y foro europeo para materiales plásticos compuestos, tecnologías y aplicaciones
Organiza Reed Exhibitions
Deutschland GmbH
Düsseldorf (Alemania)
www.composites-europe.com
info@composites-europe.com

Del 20 al 24 febrero de 2017
Cevisama
Feria Valencia,
Valencia (España)
www.cevisama.feriavalencia.com
cevisama@feriavalencia.com

Del 25 al 26 de febrero de 2017
Color & Chem Expo, exposición exclusiva de colorantes, productos químicos & productos afines
Organiza Event and Conference International (Pvt.) Ltd.
Lahore (Pakistán)
www.colorchemexpo.com.pk
rashid@colorchemexpo.com.pk

Inventos

La invención es el resultado del poder creativo de la mente humana por el cual algo nuevo es creado. Lo creado puede ser algo intangible como una idea que, en ocasiones, también se puede plasmar en algo físico original (como una obra literaria o una pintura). Si la creación es un objeto, una técnica o un proceso que posee características novedosas y transformadoras se suele llamar invento. Se suele considerar que el primer y más importante invento de la historia de la humanidad fue la rueda. Desde entonces, a cualquier lugar que dirijamos nuestra vista compro-

un motor de combustión interna. La figura 3 es un dibujo esquemático de una locomotora de vapor utilizada en la primera generación de los trenes de transporte de pasajeros y carga. La máquina de vapor fue inventada por James Watt en 1774 y fue aplicada por Georges Stephenson en 1830 a la tracción del primer tren de pasajeros en la línea de ferrocarril Liverpool-Mánchester. La figura 4 es un dibujo de un aeroplano de hélices. El 17 de diciembre de 1903 los hermanos Wright volaron, por primera vez, durante 12 segundos, con el viento en contra, un trayecto de 17 metros en un aeroplano fruto de su imaginación y creatividad

La figura 5 es una pintura de apariencia cubista que representa un teléfono, invento atribuido a Alexandre Graham Bell y patentado en 1876. El dibujo de carácter humorístico de la figura 6 tiene en su centro un microscopio, invento debido a los ópticos holandeses Hans Lippershey y Zacharias Janssen. La figura 7 representa una lupa y la figura 8 muestra el logotipo del primer computador Apple producido en 1976. El nombre Apple de la empresa creada por Steve Jobs se inspiró en el nombre de Apple Corps, compañía de los Beatles que a su vez se inspiró en un cuadro de Magritte propiedad de Paul McCartney. El logo de Apple Corps es también una manzana verde más parecida a las manzanas representadas en los conocidas pinturas de Magritte.

La figura 9 es un dibujo de una bombilla incandescente, invento patentado casi simultáneamente en 1880 por Joseph Wilson Swan en Gran Bretaña y por Thomas Alva Edison en EE. UU., utilizando ambos carbono como elemento incandescente. Posteriormente, en 1897, el físico y químico alemán Walther Nernst desarrolló una lámpara incandescente con filamento cerámico de óxidos de circonio e itrio. Nernst, más conocido por “la ecuación de Nernst”, recibió el Premio Nobel de Química de 1920 por sus investigaciones sobre electroquímica y termodinámica. La pintura 10 representa un globo aerostático. El primer globo inflado con aire caliente fue construido y probado con éxito en 1773 por los hermanos Montgolfier, Joseph-Michel y Jacques-Etienne. La figura 11 es un dibujo cómico de un microscopio, invento atribuido al holandés Hans Lippershey (1570-1619). La base óptica de la cámara (figura 12) se remonta al siglo V a. C., cuando los griegos ya sentaron los principios de la óptica. En 1826 fue inventada la primera cámara fotográfica por el francés Nicéphore Niépce. Finalmente, las gafas (figura 13), el medio más común de mejorar la visión, es una invención que tuvo lugar en Italia durante la segunda mitad del siglo XIII. 



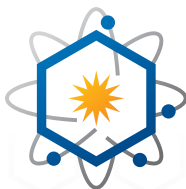
bamos que el mundo gira, literalmente, sobre ruedas. En nuestra casa, en el trabajo, en nuestra rutina diaria, usamos las ruedas, abarcando desde el tiempo de ocio montando en bicicleta, o durante las horas de trabajo al movernos sobre la silla con ruedas de la oficina, hasta cuando subimos al automóvil que conducimos. La rueda más vieja encontrada es de 5.500 años y fue descubierta en Mesopotamia, actualmente Siria e Irak. En un mural de más de 5.000 años se muestra la rueda de este período como una pieza de madera redondeada que era utilizada para el transporte. La figura 1 es un dibujo que muestra diversas formas de ruedas. A su vez, Thomas Alva Edison se considera el más famoso líder de los inventores del mundo que registró un número récord de 1.093 patentes. El primer invento que le dio fama mundial a Edison fue el “fonógrafo” en 1877, que fue, de hecho, el primer aparato práctico de registro y reproducción del sonido.

Otras innovaciones tecnológicas serán descritas a continuación a través de dibujos y pinturas singulares, no convencionales. La figura 2 es un dibujo colorista de un automóvil que sirve para recordar el invento de Karl Friedrich Benz en 1886 de un vehículo de tres ruedas impulsado por

Abraham Tamir
Ben-Gurion University of the Negev (Israel)
Francisco Ruiz Beviá
Universidad de Alicante (España)



Colegio Oficial de
Químicos
de Madrid



Asociación de
Químicos
de Madrid

Agrupan a todos los titulados universitarios superiores dedicados a la ciencia y tecnología químicas.

Consulta más información en
www.quimicosmadrid.org

Lagasca. 21. 1.º E. 28001. Madrid



TE OFRECE

servicios, infraestructuras, actos sociales, etc.

SERVICIOS

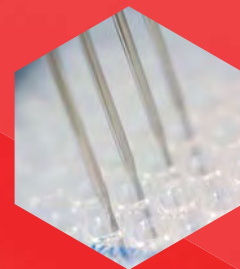
- Agencia de colocación.
- Conferencias y seminarios.
- Formación continua.
- Revista *Enlace*.
- Programa Químicos Emprendedores.
- Correo electrónico corporativo.
- Asesoría fiscal.
- Asesoría laboral.
- Elaboración de informes.
- Premios profesionales.
- Descuentos preferentes.
- Hermandad de Químicos (Grupo hna).
- Visados.
- Compulsado y certificados.
- Certificaciones.
- Secciones técnicas.
- Olimpiadas de Química.
- Servicio de biblioteca.
- Ventajas fiscales.
- Apoyo y representación social.
- Representación en Anque y Consejo General.

INFRAESTRUCTURAS

- Domicilio social.
- Sala de reuniones.
- Sala de conferencias.

ACTOS SOCIALES Y COMUNICACIÓN

- Acto anual de san Alberto.
- Premios, menciones especiales.



ES

el colectivo que profesionalmente mejor

- Te **apoya** y **promociona**.
- Te **facilita** los contactos y medios requeridos.
- **Respet**a tu libertad profesional (*).
- Te **ofrece** servicios adecuados para el ejercicio profesional.
- **Defiende** tus derechos.
- Te **ayuda** a tu integración profesional.
- Cuota deducible en la declaración de la renta.

(* Aunque la colegiación es una exigencia legal obligatoria para ejercer la profesión (Art. 3.2, de la Ley 2/1974, de 13 de febrero, de Colegios Profesionales) en todos los campos de actividad (enseñanza, industria, autónomos, etc.).



TE APORTA

de los profesionales en la química como tú

- Su **confianza** y solidaria responsabilidad.
- **Potenciar** las relaciones interprofesionales en todos los campos.
- **Contribuir** a la mejora de la percepción social de la Química.