



## CRISPR

### Crónica de una revolución genética

Entrevista a Elena Ibáñez Ezequiel:  
**“Soy una auténtica defensora de la química verde”**

**La ciencia despierta en los institutos:  
Iniciativas para fomentar las vocaciones.**



## EL ESTADO DE TUS MOTORES Y EQUIPOS INDUSTRIALES ESTÁ ESCRITO EN SUS LUBRICANTES. SIGPAT DE CEPESA, TE AYUDA A CONOCERLO.

El programa SIGPAT de Cepsa, pone a tu disposición un avanzado sistema de análisis del estado del lubricante, que además proporciona diagnósticos rápidos y precisos para prevenir posibles averías en los motores y equipos industriales. Obtén en tiempo real a través de internet, información detallada con evaluaciones periódicas sobre la evolución del estado general de tu parque de vehículos o maquinaria. Además podrás recibir en todo momento asesoramiento profesional altamente cualificado.

Más información en [cepsa.com](http://cepsa.com)

**CEPSA**

Tu mundo, más eficiente.

# Retos superados y retos de futuro



Queridos compañeros: Para la Junta Directiva del Colegio Oficial de Químicos de Madrid y para mí, como su presidente, constituye un motivo de especial alegría y satisfacción dirigiros unas palabras desde la renovada revista Enlace, que editamos junto con la Asociación de Químicos de Madrid.

Como sabéis, el actual equipo de gobierno ha puesto en marcha un nuevo Plan Estratégico para orientar al Colegio hacia un futuro, en el se plantea la necesidad de efectuar profundos cambios que nos permitan la adaptación del Colegio a la nueva realidad que estamos viviendo.

Esta situación viene marcada por los siguientes condicionantes:

Los cambios legislativos que nos afectan de manera importante: la Ley Ómnibus, la nueva normativa de Bolonia y la Ley de Servicios Profesionales, entre otros.

Los químicos que trabajan en áreas alejadas de nuestra profesión, suponen ya el 25% del trabajo de los colegiados.

El creciente y alarmante paro entre nuestros profesionales.

La globalización y la crisis en España, que ha modificado el mapa de oportunidades de trabajo y obliga a muchos compañeros a vivir en otros países.

La progresiva pérdida de interés por el Colegio detectada en las últimas décadas, por parte de los profesionales de la química, incluso colegiados, generando una caída drástica de ingresos.

Ello nos llevó a pensar en la necesidad de modificar de manera profunda el modelo actual de Colegio para atraer a los colegiados y reforzar nuestra presencia en la sociedad. Para lograrlo, hemos definido un nuevo modelo de funcionamiento y financiación que garantice la continuidad del Colegio y su permanencia futura.

Hemos analizado la situación, partiendo de una información inicial de la

organización y recursos actuales del Colegio, de los datos sobre la profesión y los titulados; la legislación y regulación aplicables; las tendencias en entidades similares; y de las necesidades presentes y futuras de los colegiados; y también de los riesgos y capacidades existentes.

Así se han definido unas líneas de trabajo sobre las que se han realizado acciones concretas identificando los focos de actuación y el objetivo a conseguir. Algunas de estas líneas son: titulaciones, colegiación y certificación de personas; actividades, competencias reguladas y servicios no regulados; organización y

« Nuestro objetivo es promover la excelencia profesional, ofrecer servicios de calidad a los colegiados, fomentar el empleo, impulsar la formación y el reciclaje, atraer a los jóvenes y renovar el Colegio. »

financiación; empleo e internacionalización; y colegiados jóvenes y asociados.

Nuestros objetivos principales han sido en todo momento promover la excelencia profesional, ofrecer servicios de calidad a los colegiados, fomentar el empleo para los compañeros en activo, impulsar la formación y el reciclaje continuo de nuestros colegiados, atraer a los jóvenes profesionales y renovar financieramente al Colegio.

Entre los objetivos que se han ido logrando se destaca el desarrollo de un plan de equilibrio financiero realista en el que se está cumpliendo un presupuesto ajustado para garantizar la eficacia de la gestión y el ahorro de costes. Para atraer a los jóvenes y agilizar las

actividades, hemos renovado la página web del Colegio ([www.quimicosmadrid.org](http://www.quimicosmadrid.org)), que cuenta con un chat en tiempo real para facilitar la comunicación inmediata con los colegiados. Además, todos los colegiados disponen de correo electrónico corporativo gratuito.

Por otra parte, hemos sido reconocidos como *Agencia de Colocación sin Ánimo de Lucro*; uno de los mayores retos que nos propusimos. Esta acreditación nos permitirá ir más allá del mero buzón de ofertas de empleo y conseguir una intermediación más eficaz entre oferta y demanda. Además, podremos ofrecer servicios de asistencia para preparación de currículos y presentaciones, establecer alianzas con empresas de consultoría de recursos humanos, brindar información gratuita sobre subvenciones y ayudas y asesoramiento laboral y fiscal.

En estos momentos estamos trabajando en un plan de choque para el visado, al objeto de fomentar su uso entre todos los agentes potenciales del mismo (colegiados, administración, empresas y sociedad en general) y la expedición de Certificados de Experiencia Profesional y Certificados de Actuación Profesional que realizan en países de nuestro entorno asociaciones profesionales y que serán un servicio disponible en breve.

Para finalizar no quiero perder la oportunidad de felicitar y agradecer a todos los compañeros que han hecho posible la nueva edición de nuestra querida revista Enlace, que como bien indica su nombre, debe hacer de nexo de unión de todos los compañeros que conformamos esta Institución al servicio de la profesión de la Química.

Un afectuoso saludo de vuestro amigo y compañero

Ricardo Díaz Martín  
Decano del Colegio Oficial de Químicos de Madrid



# índice

## 3 presentación

## 5 el núcleo

CRISPR Crónica de una revolución genética. Un español es el pionero de una herramienta que permite activar, silenciar y editar genes de manera precisa, eficaz, rápida y sencilla

## 13 entrevista

Elena Ibáñez Ezequiel

“Soy una auténtica defensora de la química verde”

## 16 sociedad Q

La importancia de la química en la sociedad

## 18 educación Q

La ciencia despierta en los institutos

## 20 industria Q

La industria química continúa su senda de crecimiento

## 22 materia

Química ecológica: del conocimiento a la tecnología

## 25 noticias

## 30 iones

## 33 arte Q

Las estaciones del año

## 34 agenda



**Ilustre  
Colegio Oficial  
de Químicos  
de Madrid**



**Asociación  
de Químicos  
de Madrid**

### Enlace

Número 41. Junio 2017

**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  
Félix García-Ochoa Soria  
Emilio Gómez Castro  
Valentín González García  
Antonio Gutiérrez Maroto  
Donato Herrera Muñoz  
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

Vivimos una época hiperbólica. Todo se magnifica y se adjetiva sin rubor. Cualquier cachivache con un chip se tilda de inteligente y se abusa tanto del término revolucionario que ya nadie le presta atención. Pero a veces hay descubrimientos tan importantes y capaces de transformar la sociedad que bien merecen el calificativo. La tecnología CRISPR, un mecanismo molecular que está invadiendo los laboratorios de genética de todo el mundo, es uno de esos contados casos. Se trata de una herramienta que permite activar, silenciar o corregir los genes de cualquier célula de manera tan sencilla y eficiente que está al alcance de cualquier laboratorio. Ya se atisban decenas de aplicaciones en todos los campos abiertos por la genética, desde la mejora de cultivos hasta el desarrollo de nuevos medios de diagnóstico, prevención y tratamiento de enfermedades. Y el pionero de esta revolución es, contra pronóstico, un español.

Una herramienta molecular que permite editar el ADN de la forma más rápida, sencilla, eficaz y barata

## CRISPR Crónica de una revolución

Ignacio Fernández Bayo

El 5 de octubre un investigador alicantino, que apenas un año antes era un perfecto desconocido, pasó la mañana en un plató de televisión esperando el anuncio que a las 11:45 iba a realizar el Comité Nobel para dar a conocer el Premio Nobel de Química 2017. La presencia de Francisco Juan Martínez Mojica no era casual, todo parecía indicar que la Academia de Ciencias sueca iba a premiar el descubrimiento más espectacular de la biología de los últimos años, el peculiar sistema de inmunidad bacteriano conocido como CRISPR, en cuyo descubrimiento Martínez Mojica jugó un papel trascendental, que además se ha convertido en una herramienta de mil y una aplicaciones en biomedicina, en microbiología, en la industria alimentaria y en la ingeniería genética en general.

Pero la Academia sueca es reacia a las presiones y a seguir el guion de las decisiones cantadas. La práctica unanimidad de la comunidad científica, que se decantaba por CRISPR como el más firme candidato, jugó en su contra pero

nadie duda que, antes o después, CRISPR recibirá su merecido galardón. La duda es saber cuándo y, sobre todo, quiénes serán los afortunados, porque el número máximo de premiados es tres, y hay una docena larga de nombres que jalo-

nan la historia del estudio y el desarrollo de esta herramienta bacteriana, convertida en el mecanismo más barato, rápido, sencillo y eficaz de entrar en el genoma de cualquier célula y editarlo: silenciar, activar o corregir genes con



Francisco Martínez Mojica en su laboratorio.

FUNDACIÓN BBVA

precisión. La revista *Science* declaró CRISPR como el gran descubrimiento del año 2015 y el premio Princesa de Asturias de ese año fue a parar a manos de Emmanuelle Charpentier y Jennifer Doudna, por su trabajo en el desarrollo de esta herramienta.

Fuera quedó Martínez Mojica por la sencilla razón de que nadie en el jurado (ni en el mundillo científico español) parecía saber que el origen de esta revolucionaria técnica y sus primeros pasos, un cuarto de siglo atrás, llevaban su marca. Solo a finales de 2015 se empezó a correr la voz de que el pionero de esta técnica de la que todo el mundo hablaba era un sencillo investigador de la Universidad de Alicante. En enero de 2016, un artículo de Eric S. Lander en la revista *Cell*, publicado con el título *The Heroes of CRISPR*, contaba con detalle la historia del descubrimiento y colocaba las cosas en su sitio: Mojica dominaba las tres primeras páginas de las nueve del artículo. Y el microbiólogo alicantino se convirtió de pronto en una figura mediática.

Durante 2016 no paró de dar conferencias por toda España y de atender a periodistas. Y su nombre empezó a entrar en las quinielas de los Nobel; en las del galardón de Medicina y Fisiología y, con mayores probabilidades, en las del de Química. En junio recibía el Premio Rey Jaime I de Investigación Básica y en esta misma primavera de 2017 ha sido reconocido con el Fronteras del Conocimiento de la Fundación BBVA, en la categoría de Biomedicina, junto a Charpentier y Doudna.

Toda esta parafernalia apenas ha conseguido cambiar su actitud, amable, modesta y tranquila, y aunque se declara feliz por el reconocimiento de su trabajo asegura que no se ve en el triunvirato que pueda alzarse con el Nobel porque hay mucha otra gente que ha conseguido avances "más importantes". Una declaración esperable en quienes optan al galardón, que en su boca, por una vez, suena fruto de la sinceridad. Dice de sí mismo que no es ningún genio sino, más bien, un obrero de la investigación, que simplemente hace su trabajo lo mejor que puede. Un detalle significativo: asegura que no repite nunca una misma conferencia sino que prepara cada una de forma específica y se queja del agobio que esto supone por la proliferación de invitaciones que recibe desde que saltó a la fama. Otro: carece de teléfono móvil porque está siempre

## Del ratón avatar a la edición in vivo

Según la Organización Mundial de la Salud, hay unas 7.000 enfermedades raras. Para ser catalogada como tal deben afectar a 5 personas por cada 10.000 habitantes, aunque en conjunto, el 7% de la población mundial padece alguna de ellas. En la mayor parte de los casos, son enfermedades monogénicas (originadas por una alteración en un único gen), y con CRISPR podrá abordarse en el futuro su prevención y/o tratamiento. En el caso del albinismo, la situación es más complicada, puesto que hay unos 20 genes implicados y 800 mutaciones diferentes, pero eso no impide que pueda aplicarse CRISPR-Cas a su estudio. Es lo que hace Lluís Montoliu desde el Centro Nacional de Biotecnología y el Centro de Investigación en Red de Enfermedades raras (Ciberer). Además de la conocida pérdida de coloración en la piel y los cabellos, y los ojos rojos, el albinismo provoca una discapacidad visual severa, visión nocturna reducida, limitado sentido de la profundidad y movimiento ocular involuntario, aunque los síntomas varían de unos afectados a otros. Esta deficiencia visual se ha podido reproducir en los llamados ratones avatar, que portan la misma mutación genética que una persona con albinismo "y que nos va a permitir verificar qué es lo que pasa cuando se tiene esa mutación en ese gen determinado" explica Montoliu.

Para generar el ratón avatar con la mutación específica del paciente, en este caso con albinismo, se debe contar con un crARN o ARN guía, tal que reconozca específicamente la zona donde se quiere introducir la mutación específica. Para ello es necesario dar a la célula un molde que sea exactamente igual a la zona de corte, a excepción de la mutación que se quiere introducir. "Es lo que se llama sistema de reparación dirigido por homología", explica Lluís Montoliu, "y es la base de la aplicación de los sistemas CRISPR en biomedicina".

Un ejemplo de enfermedad monogénica es el de la deficiencia de piruvato kinasa (PKD), presente en uno de cada 20.000 habitantes, que origina una



Lluís Montoliu.

localizable en el fijo de su despacho, su laboratorio o su hogar.

Otra muestra de que la fama no se le ha subido a la cabeza es que rechaza numerosas peticiones que le llegan para que se implique en investigaciones aplicadas de CRISPR, en biotecnología con células eucariotas, como las humanas, donde se encuentran las principales aplicaciones. "Si salen aplicaciones en bacterias, me apunto, porque lo controlo, pero cuando pasamos a seres complejos me siento fuera de lugar", dice. Y subraya el poder de la investigación básica, como la que él hace, para generar aplicaciones insospechadas, del que este caso es buena muestra.

Su despacho, un cubículo de menos de 10 m<sup>2</sup> en el campus de San Vicente del Raspeig de la Universidad de Alicante, no difiere mucho del de otros investigadores y está inundado de papeles, libros y revistas. La única concesión personal son unas viejas postales de color sepia de la ciudad de Oxford, don-

de pasó un par de años con una beca de investigación. Entre el *maremagnum* de papel conserva un ejemplar de su tesis doctoral, "es de las antiguas, en las que había que pegar las fotos y luego se te caían...", dice mientras lo muestra. Y en ese libro, encuadrado al uso de la época, está escrito el inicio de la historia del CRISPR.

### Una salada sorpresa

Sus directores de tesis, Francisco Rodríguez Valera y Guadalupe Juan Pérez, habían descubierto, a principios de los ochenta en las salinas de Santa Pola, un microorganismo peculiar, la arquea *Haloferax mediterranei*, que vive en ambientes de alta salinidad, donde hasta hacía pocos años se pensaba que no podía haber vida. Una década después, seguían estudiando a este extremófilo (organismo capaz de vivir en un ambiente extremo) para saber los mecanismos que le permiten evitar la pérdida de agua del interior de la célula que pro-

anemia hemolítica, o lo que es lo mismo, provocada por una destrucción excesiva de glóbulos rojos. “Se produce menos energía de la que necesita el glóbulo rojo para realizar sus funciones y mantener su estructura, y entonces el organismo los reconoce como deficitarios y los destruye” explica José Carlos Segovia, jefe de la Unidad de Diferenciación y Citometría del Ciemat, y también del Ciberer.

En su laboratorio llevan veinte años trabajando en terapia génica, para corregir una mutación preexistente. “Los sistemas de edición génica en general y el CRISPR en particular, nos aporta la posibilidad de controlar dónde queremos hacer la corrección genética” matiza Segovia. Y hay varias posibilidades. Una sería extraer las células patológicas con la mutación, corregirla en el laboratorio, y volver a introducir las células en el paciente. Esto sería posible sobre todo en enfermedades hematológicas por la facilidad de extracción de la muestra.



José Carlos Segovia.

“Ahora mismo lo que podemos decir es que las herramientas funcionan, y corrigen la mutación en el sitio adecuado” explica Segovia. Pero para trasladarlo a la clínica se necesita optimizar el proceso para llegar a estar en cifras adecuadas de células corregidas, y a largo plazo, Segovia piensa que es factible.

También se está desarrollando una aproximación que permitiría la corrección de las mutaciones en el interior del propio paciente, usando las llamadas partículas adenoasociadas, partículas virales en las que se ha modificado su genoma para eliminar su capacidad de infectar y se les introduce el sistema CRISPR-Cas. Su capacidad para reconocer células específicas del organismo (hepáticas, musculares, de la retina...) garantiza que librarán su contenido en el sitio adecuado. Esta estrategia permitiría la edición génica dentro del propio organismo. Además, según Montoliu, “no se integran en el genoma, lo único que hacen es liberar su contenido dentro de las células y va a corregir directamente lo que está mal”. Pese a todo, “el salto de la preclínica a la clínica tiene que ir asociado a un análisis de riesgos y beneficios”, matiza Montoliu.

**Alicia A. Cortés**

voca, por osmolaridad, la alta concentración de cloruro sódico en su exterior. “Me encargaron estudiar los mecanismos moleculares implicados en esta adaptación, los genes responsables y su

expresión génica —explica Mojica—. Y para aprender las técnicas de estudio de la estructura del ADN me fui una temporada a la Universidad de París”.

El trabajo de secuenciación fue el pri-

mero de este tipo que se hizo en Alicante y era complicado. “Era una pesadilla, y cuando obtuvimos la primera secuencia limpia aquello fue una fiesta. Ahora secuencias millones de pares de bases por lo que cuesta un bocadillo, pero entonces tenía un mérito bestial”. Y aquellos fragmentos de ADN pusieron de manifiesto la presencia de secuencias que se repetían decenas, cientos de veces, de manera regular y que tenían la peculiaridad de ser palindrómicas; es decir, que las bases (las cuatro letras con las que se escribe el ADN) se leían igual en ambas direcciones. Aquella peculiaridad estaba incluida en su tesis, leída en el 93, y en ella concentró su atención posterior. Además, al hibridar esa región del genoma para detectar si se transcribían, se formaba un patrón de bandas extraño, como manchas. “Pensábamos que era porque el ARN transcrito estaba degradado, pero en realidad lo que indicaba es que tenía mucha actividad”.

Tras presentar su tesis, Mojica decidió dedicarse a estudiar estas repeticiones. “Yo estaba muy intrigado. Que un microorganismo se molestara en mantener ese patrón regular y repetirlo muchas veces tenía que tener una explicación, cumplir una función. Y me lancé a muerte para descubrirla”. Una de las primeras tareas fue buscar si había antecedentes de estas repeticiones y entonces encontró un artículo de unos japoneses publicado en 1987 sobre el genoma de *Escherichia coli*, donde señalaban que habían encontrado repeticiones del mismo tipo. Y lo mismo ocurrió en 1991 con un grupo alemán que las había visto en *Mycobacterium*. Ambos grupos pasaron de puntillas sobre la peculiaridad descubierta, al contrario que el investigador español, convencido de que había un tesoro detrás de ella.

### En busca de una función

Intentó comprobar si regulaban la expresión de los genes. “Para conocer la función tienes que manipular y ver qué ocurre. Cogimos un trozo de ADN con agrupaciones de repeticiones y lo metimos en un plásmido recombinante y lo introdujimos en una bacteria. Y lo que vimos es que se morían, mientras que las otras bacterias control con el plásmido pero sin integrar la secuencia no les pasaba nada”. Dedujeron que había cierta incompatibilidad entre los plásmidos con las repeticiones y el cromosoma de la bacteria, que también



Francisco Martínez Mojica recibe el premio Rey Jaime I de Investigación Básica.

tenía esas secuencias y lo publicaron en *Molecular Microbiology* en 1995, describiendo el fenómeno de los grupos de repeticiones, pero sin ofrecer una explicación funcional, aunque “nos dijeron que sin ese detalle no podían publicarlo, así que incluimos la hipótesis de que podía estar relacionado con la segregación de cromosomas durante la reproducción bacteriana”.

Tras un par de años en Oxford investigando en otro tema, Mojica regresó a Alicante dispuesto a seguir la pista de las repeticiones. Para entonces, finales de los 90, ya se conocía una veintena de genomas bacterianos y Mojica pudo comprobar que en torno al 50 % de ellos tenían estas secuencias (“casi todas las arqueas y muchas bacterias”), pero la búsqueda de su función continuaba siendo infructuosa. En el 2000 publicó, nuevamente en *Molecular Microbiology*, una descripción más detallada del fenómeno, definió las características de la familia de secuencias y les puso un nombre: SRSR (de *Short Regularly Spaced Repeats*), destinado a tener una efímera vida. Un grupo holandés preparaba otro estudio sobre el tema y quería poner otro nombre. “Pensé que intentaban ignorar mi artículo pero finalmente, tras largo debate, decidimos pactar un nuevo nombre. Esa noche estuve dándole vueltas al asunto y me salió CRISPR, que era la definición exacta de las características: *Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats* (Agrupación de repeticiones cortas palindrómicas regular-

mente espaciadas)”. El holandés le contestó por mail que le parecía fantástico y así quedó definitivamente bautizado. “Años después me dijo que creía que el nombre lo había puesto él, pero yo había guardado su mensaje de correo y le demostré que no era así”.

En su publicación, en 2002, los holandeses identificaron cuatro genes asociados a las secuencias CRISPR (los llamados *cas1*, *cas2*, *cas3* y *cas4*) y homólogos en diferentes especies. No sabían para qué servían, pero eran un indicio más de funcionalidad; esa funcionalidad que Mojica llevaba casi una década persiguiendo y que seguía siendo esquiva a pesar de los variados experimentos que había llevado a cabo para detectarla.

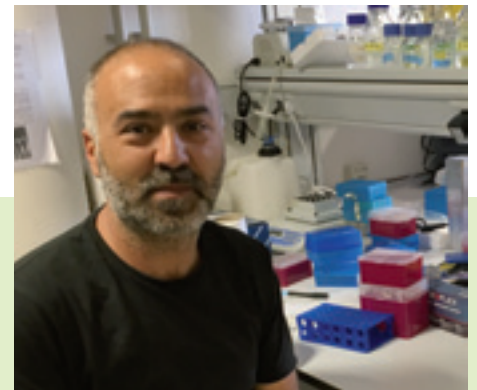
### Eureka

Los anglosajones tienen un término para expresar los hallazgos inesperados: *serendipity*, que se traduce como casualidad o carambola, pero expresa algo más que fortuna, porque incluye una cierta perspicacia para vislumbrar el significado o intuir la importancia del fenómeno imprevisto detectado. Eso es lo que diferenció a Mojica de los grupos japonés y alemán que habían encontrado previamente las repeticiones. Él supo ver que aquello tenía que ser un fenómeno muy especial. Y su constancia en pos de la explicación tuvo finalmente su recompensa. La clave no estaba en las secuencias CRISPR ni en los genes *cas* asociados, sino en el interespaciado,

en la secuencia de ADN encajada entre dos repeticiones. Es lo que se conoce como espaciador.

Estas secuencias se estaban usando para diferenciar distintas cepas dentro de especies bacterianas, porque cada cepa tenía las mismas pero había diferencias entre unas cepas y otras. Mojica y su grupo estudiaban estas secuencias para comprobar su diversidad, hasta que saltó la chispa. “Vimos que una cepa de *E. coli* tenía un espaciador que era idéntico a una parte del ADN de un fago (un virus que ataca a una bacteria) denominado P1, que habitualmente la infecta. Y también sabíamos que esa cepa en particular era resistente a ese virus”, explica. La idea de que aquello podía ser una especie de sistema inmune bacteriano adquirido (por contacto con el virus), algo insospechado y nunca descrito en la literatura científica, surgió de inmediato. Y empezó una búsqueda de secuencias de espaciadores en bacterias y virus, aprovechando que por entonces, a principios de siglo, la fiebre de la secuenciación genómica estaba disparada y se añadía nueva información continuamente.

Pese a todo, no era un trabajo sencillo. “Recuperé todo lo que había secuenciado de genomas de bacterias, localicé



Ignacio García-Tuñón.

### CRISPR contra el cáncer

El equipo que dirige Sandra Rodríguez-Perales en el Centro Nacional de Investigaciones Oncológicas ha conseguido reproducir la translocación entre los cromosomas 11 y 22, lo que supone un movimiento de grandes cantidades de ADN. El resultado de la translocación es la fusión de dos genes que de otra manera estarían muy alejados en el genoma, generando un nuevo oncogén, en este caso, el desencadenante del sarcoma de Ewing. “Estamos aprovechando la capacidad *multiplexing*, de editar varias regiones del genoma al mismo tiempo, del sistema



Sandra Rodríguez-Perales.

CRISPR para inducir dos roturas en dos cromosomas diferentes y así poder recrear translocaciones cromosómicas asociadas a distintos tipos de cáncer” explica. Para aumentar la eficacia, han combinado el complejo RNA-Cas9 con una secuencia corta de ADN que *grapa* los dos cromosomas que rompió el sistema CRISPR.

“Esta estrategia facilitará la creación de modelos de cáncer con células madre humanas y la edición genómica de precisión para la búsqueda de nuevos fármacos o terapias celulares” concluye. “La gran ventaja de CRISPR es que evita mucho tiempo y mucho dinero al

generar un modelo transgénico modificado genéticamente en un laboratorio. El abanico de posibilidades que te abre es infinito”, comparte Ignacio García-Tuñón, investigador del Centro de Investigación del Cáncer de Salamanca (CIC).

La aplicación más esperada de CRISPR es la de revertir las mutaciones genéticas que genera el cáncer para poder usarlo como terapia génica en clínica. El grupo de García-Tuñón ha logrado inactivar mediante CRISPR/Cas9 la proteína BCR/ABL, responsable de la leucemia mieloide crónica (LMC), que se caracteriza por

agrupaciones de repeticiones, extraje los espaciadores con Word (el procesador de textos) y empecé uno por uno a probar si se parecían a alguna secuencia depositada en las bases de datos públicas. Así fui encontrando que un espaciador era idéntico a un virus, y luego otro, y miraba 40 genomas y aparecían unos cuantos más... siempre secuencias de plásmidos o virus que infectaban a la especie”, dice. Y también observaron que las cepas con esos espaciadores eran resistentes y las que se infectaban no los tenían.

Para demostrar la hipótesis experimentó quitándole a las bacterias *E. coli* con las que trabajaba esa información, esperando que perdieran su resistencia al virus, pero observó desolado que seguía siendo resistente. También intentó convertir otras cepas en resistentes transfiriéndoles el sistema y tampoco funcionó. Pese a todo, estaba tan convencido de la idea que escribió un artículo diciendo que se trataba de un sistema inmune y lo envió a varias revistas, entre ellas *Nature* y *PNAS*, pensando que las evidencias bastarían para darle credibilidad, pero todas las revistas se lo devolvieron pidiendo pruebas experimentales, esas que intentaba sin éxito obtener con *E. coli* en el laboratorio. Finalmente, el artículo apareció en 2005 y, como suponía Mojica, el tiempo le dio la razón, de la mano de otros investigadores. Intuyéndolo, le dijo a su mujer la noche de agosto de aquel 2003 en que se encendió la luz en su mente, “he descubierto algo tan

importante que supondrá un Nobel... para quien lo demuestre”.

### Primera aplicación

La demostración no tardó en llegar, y de la mano de su primera aplicación práctica. A pesar de las reticencias de las revistas por publicar una hipótesis que carecía de apoyo experimental, la idea se difundió y acabó llegando a la industria alimentaria. La empresa francesa Rhodia Food, adquirida más tarde

por la danesa Danisco, encargó al microbiólogo francés Philippe Horvath el desarrollo de un sistema eficaz de identificación de cepas de *Streptococcus thermophilus*, un microorganismo empleado en la elaboración de productos lácteos, como yogur y queso, que con frecuencia se infectaba por un fago y echaba a perder la materia prima. Algunas cepas eran resistentes a la infección y se trataba de identificarlas para usarlas en los procesos industriales.

Horvath estaba en esa onda. Su tesis había versado sobre la identificación de cepas bacterianas por el estudio de sus diferencias genéticas. A finales de 2004 encontró las secuencias clave que diferenciaban a las cepas resistentes de las que no lo eran. La idea que Mojica llevaba defendiendo ya un par de años y que vería finalmente la luz en forma de *paper* apenas unos meses después, empezaba a aflorar también en su cabeza. Y para demostrarla puso en marcha una investigación más profunda con sus colegas Rodolphe Barrangou, que trabajaba para Danisco en Estados Unidos, y el canadiense Sylvain Moineau, un reconocido especialista en fagos que llevaba una década estudiando los que infectan a *S. thermophilus*, e incluso secuenciando el genoma de alguno de ellos.

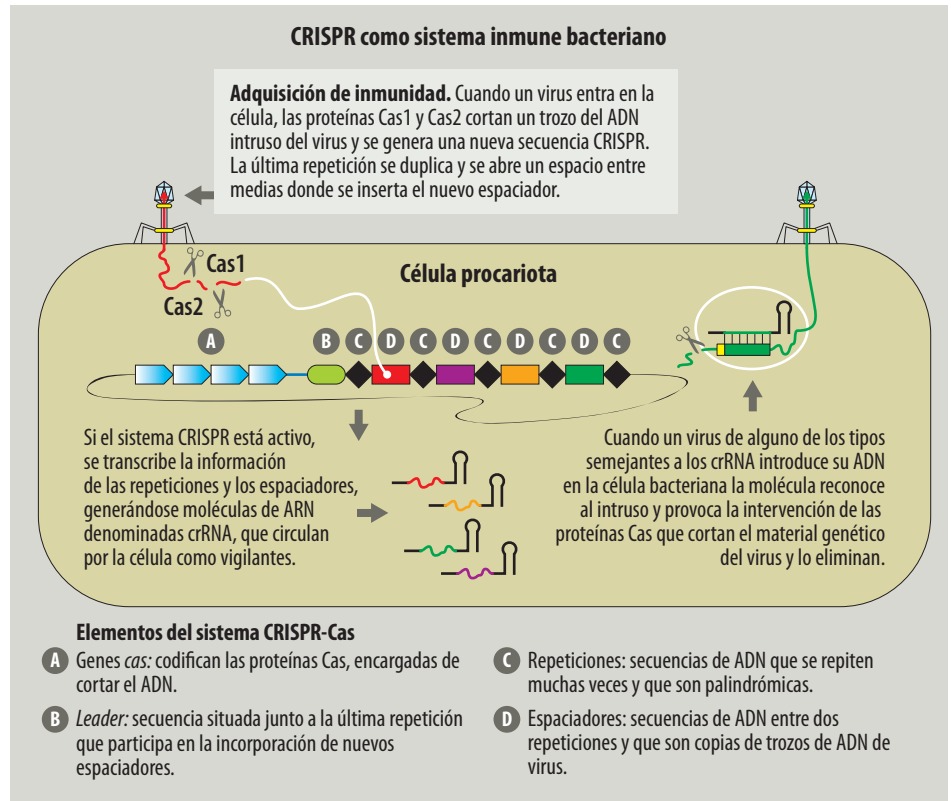
“Comprobamos que cuando *S. thermophilus* sensibles quedaban expuestas a fagos (cuyo genoma habíamos secuenciado anteriormente) la mayor parte de

un crecimiento incontrolable de las células sanguíneas mieloides. El responsable es una traslocación entre los cromosomas 9 y 22, que da lugar al llamado cromosoma Filadelfia, que genera una proteína de fusión llamada BCR/ABL. Lo primero que hicieron fue introducir el oncogén en la línea celular llamada Boff-p210 para luego atacarlo con el sistema CRISPR. “No corregimos la traslocación pero introducimos mutaciones de manera que el gen ya no codifica la proteína maligna y no se producen los efectos indeseados” dice García-Tuñón. Y añade que “se podría extraer la médula del paciente, editarla *in vitro* con el sistema CRISPR, seleccionarla y volver a introducirse. Estaríamos hablando de un auto-trasplante con sus propias células corregidas”.

En estos momentos, en China, hay siete ensayos clínicos puestos en marcha

en esta línea, dos de ellos en fase de reclutamiento de pacientes, donde se está utilizando células inmunes modificadas mediante CRISPR. En todos ellos se está inactivando el gen PD-1, uno de los genes que controlan la actividad de células inmunes como los *natural killers* o linfocitos T, disminuyéndola, para evitar daños en tejidos sanos. Las células tumorales usan este mecanismo para escapar de la actividad del sistema inmune. Al inactivar este gen y evitar que la proteína se exprese, las células inmunes reaccionan con mayor eficacia. “Esta estrategia ya está aprobada en EEUU, pero todavía no han reclutado pacientes porque todavía están en las últimas fases de aprobación”, nos explica José Carlos Segovia, jefe de la Unidad de Diferenciación y Citometría del Ciemat.

Alicia A. Cortés



## Modelos animales y control de plagas

Hasta la fecha, el ratón es el biomodelo para humanos más utilizado, por su sencillo manejo y la facilidad con que se pueden generar individuos con un gen inactivado. Según explica Pablo Bermejo, investigador del Instituto Nacional de Investigaciones Agronómicas, se hace mediante una técnica llamada recombinación homóloga sobre células madre totipotentes, que son las capaces de generar todos los tipos celulares del organismo. Las células modificadas genéticamente se insertan en un embrión y se obtiene una quimera, cuyas células provienen en parte del embrión y en parte de las células insertadas. Para conseguir un individuo en el que todas sus células porten la variación genética hay que cruzar el ratón quimera con uno normal. Esta técnica sólo es posible en ratón y rata.



Pablo Bermejo.

Para animales de granja, la única posibilidad es combinar la recombinación homóloga con la clonación, la misma técnica que se utilizó para crear a la oveja Dolly. Se genera la mutación deseada en fibroblastos, un tipo de células adultas y se trasplanta su núcleo modificado a un óvulo, que dará lugar a un individuo con todas sus células modificadas. “El problema es que la clonación es ineficiente y los fibroblastos no son como las células madre, que se modifican bien y son inmortales” puntualiza Bermejo.

CRISPR posibilita la generación de modelos animales genéticamente modificados en especies muy diferentes, cuando antes estaba limitado a ratas y ratones. “Lo que ha pasado con CRISPR es que ya no necesitas células madre o fibroblastos, lo haces de golpe, directamente sobre el embrión, inyectando los componentes de CRISPR para generar el *knock-out*” dice Bermejo. Y es que el ratón no es siempre el mejor modelo, por la diferencia de tamaño con los humanos. En ciertos casos, el modelo de elección es el cerdo, por ejemplo, que proporciona datos más extrapolables a humanos. Además, no siempre todas las proteínas humanas están presentes en el ratón, como ocurre con la mem-

las bacterias morían, pero unas pocas se volvían resistentes. Tras aislarlas y analizarlas descubrimos que nuevas secuencias habían aparecido en su sistema CRISPR, y que procedían del genoma del virus”, explica por e-mail Moineau. El trabajo, publicado en 2007 en *Science*, demostraba que CRISPR era un sistema inmune bacteriano adquirido. Y para la industria láctea, el hallazgo fue la solución a un grave problema.

“Ellos consiguieron lo que yo llevaba intentando, dándome cabezazos contra la pared, durante muchos años. La razón de que no lo consiguiera, como supe después, es que las bacterias *E. coli* con las que yo trabajaba tenían el sistema reprimido. Si se me hubiese ocurrido trabajar con otras bacterias... Ellos tuvieron la suerte de que en *S. thermophilus* el sistema está siempre activo”, dice Mojica.

### Revolución microbiológica

La fiebre CRISPR se empezó a extender por todo el mundo. Un grupo encabezado por el holandés John van der Oost y el estadounidense Eugene Koonin, trasasó un sistema CRISPR completo de una cepa de *E. coli* a otra y desveló buena parte del proceso, la participación de diferentes genes *cas* y la transcripción del sistema a un tipo de ARN especial, denominado crRNA, formado por la secuencia final de la repetición de un lado, el espaciador y la secuencia inicial de la repetición del otro lado.

El siguiente paso, dado también en 2008, lo protagonizó de nuevo Silvain Moineau: “nuestro grupo mostró, por

primera vez, el necesario papel de los llamados motivos PAM, que flanquean la región genómica diana del sistema CRISPR-Cas. Dado que el genoma bacteriano ha adquirido la secuencia del virus y tiene un mecanismo para reconocer y destruir esa secuencia, debía haber un mecanismo que evitara su autodestrucción y estaba formado por esas pequeñas secuencias que diferencian el espaciador del genoma vírico”. Según Mojica “estos motivos los bauticé yo como *Protospacers Adjacent Motifs* (PAM) y están constituidos por muy pocas bases, incluso solo dos”. Se trata de un elemento esencial ya que, según Moineau, determinan si las proteínas Cas actúan o se inhiben. Y también indican dónde se va a producir el corte, a 3 nucleótidos de la secuencia PAM.

La principal incógnita que quedaba pendiente era determinar cuál era la diana del sistema; es decir, cómo se producía la destrucción del intruso. Para Luciano Marraffini y Erik Sontheimer, de la North-

western University, estaba claro que las proteínas Cas actuaban cortando el ADN. En 2008 demostraron que el sistema funcionaba no solo con virus, sino también con plásmidos que invadieran la célula, lo que sugería que estaban en lo cierto y lo publicaron ese mismo año. Incluso dijeron ya que podrían utilizarse para cortar ADN en células eucariotas, el paso que llevaría a CRISPR/Cas9 a la revolución en la que se encuentra inmersa.

Una vez más, Silvain Moineau dio otro paso adelante, al demostrar lo que Marraffini y Sontheimer habían propuesto. Su grupo, al que se había incorporado el español Alfonso Magadán, publicó su trabajo en *Science* en 2010. “Demostramos de forma convincente que el sistema CRISPR-Cas cortaba la doble cadena de ADN y que la proteína que hacía el corte era la Cas5 (llamada después Cas9). Quedaba claro que había un mecanismo que podía dirigirse a cualquier secuencia de ADN e inducir el corte de la doble hélice, lo que era

brana que rodea al óvulo: está compuesta de tres proteínas en ratón y de cuatro en humanos.

CRISPR, también ha supuesto un gran avance en la investigación agronómica porque permite realizar mejoras genéticas en animales de consumo. Con este sistema, se pueden replicar alelos interesantes de una raza de vacas en otra que no los tiene. Por ejemplo, ciertas variantes del gen de la miostatina, una proteína relacionada con el desarrollo muscular, dan lugar a un mayor desarrollo muscular, característica deseable en animales destinados a la producción de carne. “El problema de esto es la legislación. Actualmente no se permite el consumo de animales genéticamente modificados” apunta Bermejo. Pero la gran ventaja de CRISPR es que se puede reproducir exactamente el mismo alelo que ya existe de forma natural o generar otro diferente sin dejar rastro en el genoma, de manera que sería imposible distinguir si se ha producido espontáneamente o no. “Actualmente está prohibido en la Unión Europea, pero en Estados Unidos ya han aprobado el consumo de salmón transgénico”.

Donde hay menos trabas legislativas es en productos biotecnológicos. Los animales modificados genéticamente pueden

utilizarse como biofactorías, porque se consigue aumentar la producción de productos como un factor de coagulación, respecto a su producción in vitro con células modificadas. Se han generado cabras y conejos modificados genéticamente para producir proteínas de interés en la leche que se utilizan para tratar coagulopatías y angioedema. Otra alternativa sería la utilización de bacterias modificadas para generar la proteína con la secuencia de aminoácidos adecuada, pero que no son capaces de colocar los residuos de azúcar, muy importante para la función de la proteína, como lo haría una célula humana. Todo esto ya se hacía antes, pero con CRISPR se ha facilitado y abaratado.

Otra de sus aplicaciones CRISPR es el control de vectores de transmisión de enfermedades, como el mosquito del género *Anopheles* en el caso de la malaria. Se puede modificar para generar infertilidad y controlar así la población, o introducir genes de resistencia a *Plasmodium*, el responsable de la enfermedad, para que el mosquito deje de transmitirla a humanos. Ya se está trabajando en estas dos opciones y parece que son viables técnicamente hablando, como se puede ver en recientes artículos publicados en *PNAS* y *Nature Biotechnology*.

Alicia A. Cortés

FUNDACIÓN BBVA



Emmanuelle Charpentier (izquierda) y Jennifer Doudna convirtieron CRISPR/Cas9 en un editor genómico.

como el santo grial de la ingeniería genética”, dice Moineau.

También en 2010 entró en escena Emmanuelle Charpentier. Esta microbióloga y bioquímica francesa que por entonces estaba en la Universidad de Umea (Suecia) y Jörg Vogel, microbiólogo alemán del Instituto Max Planck, descubrieron un tipo de ARN, el ahora conocido como tracrRNA, que era muy activo y que se transcribía desde una región del genoma muy cercana al sistema CRISPR. Y, además, que tenía 25 bases complementarias a las de las repeticiones, lo que les permitió afirmar que eran una parte esencial del sistema.

### La revolución final

En 2011, en Vilnia (Lituania), el bioquímico Virginijus Siksnys llevó a cabo un experimento de especial interés: transfirió el sistema CRISPR-Cas de *Streptococcus* a *E. coli* y comprobó que le confería inmunidad frente al fago lambda. “Fue un paso importante porque demostró

que podías transferir el sistema completo CRISPR-Cas de forma funcional entre organismos muy distantes evolutivamente, de un grampositivo como *S. thermophilus* a *E. coli*, que están más lejos entre sí que un humano y la célula eucariota más lejana”, dice Mojica. Además, Siksnys demostró que podía cambiar la secuencia del espaciador in vitro e incluso reprogramar Cas9 para que cortara por un lugar determinado reemplazando la secuencia PAM.

En marzo de 2011, Charpentier conoció, en un congreso en Puerto Rico, a Jennifer Doudna, una experta en biología estructural y ARN de la Universidad de Berkeley, que había estado utilizando cristalografía y microscopía crio-electrónica para determinar la estructura de los componentes de un sistema CRISPR. Tras decidir trabajar juntas, y en paralelo con Siksnys, acumularon nueva información: que Cas9 cortaba ADN purificado in vitro, que podía ser programado con ARN diseñado en laboratorio, que tanto

crRNA como tracrRNA eran necesarios para que Cas9 hiciera su labor, y que ambos tipos de ARN podían fusionarse como una guía simple en una nueva molécula denominada sgRNA, la forma en que se aplicaría el sistema para la edición de genomas. “Los dos grupos publicaron sus artículos por separado (en junio y septiembre de 2010), en los que identificaban lo que hacía falta para conseguir un corte programado de ADN. Para ello, se sintetiza la secuencia, de 20 bases, se une a un fragmento de repetición y se combina con Cas9. Una parte es la guía y la otra la tijera. El motivo PAM que se necesita en la secuencia diana puede cambiar según el Cas9 que utilices, los hay que reconocen CAT, CTT, GAA..., en el caso de *Streptococcus pyogenes* (con el que trabajaban Charpentier y Doudna) es GG” dice Mojica.

Aquello supuso el inicio de la aplicación del sistema a la programación de todo tipo de aplicaciones, que se han ido multiplicando en los cinco años transcurridos desde entonces, a partir de tres formas de actuación. Según Mojica, “lo que hace el sistema Cas9 es producir el corte, lo que prepara el terreno para que alguno de los sistemas de reparación de la propia célula lo arreglen. Hay dos sistemas, el *Unión de extremos no homólogos*, que simplemente vuelve a pegarlo, pero normalmente eliminando o metiendo algunas bases nuevas con lo que el gen deja de ser funcional, se silencia. Esto, además de permitir dejar fuera un gen que puede estar produciendo una alteración, per-

## Mejora genética de plantas

La mejora genética de plantas de interés agronómico, ha existido desde que comenzó la agricultura para conseguir, por ejemplo, plantas resistentes a enfermedades o frutos de maduración homogénea. Otra de las características sometida a mejora genética es el grado de ramificación. “La domesticación del maíz supuso seleccionar plantas con menos ramas. Ahora sabemos que lo hicieron, sin saberlo, seleccionando versiones hiperactivas de un gen que suprime la ramificación” explica Pilar Cubas, investigadora del Centro Nacional de Biotecnología (CNB). En el caso del tomate, una menor ramificación hace que la planta ponga toda su energía en generar frutos más grandes. Por el contrario, en el caso de la patata interesa mayor ramificación, lo que significa más patatas, porque los tubérculos nacen de los estolones o ramas subterráneas.



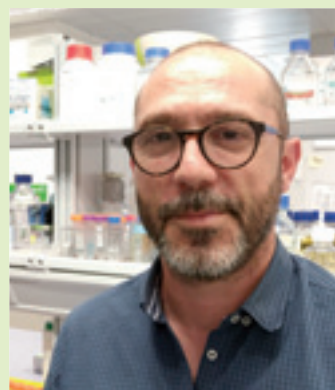
Pilar Cubas.

La mejora genética, hasta hace poco, se realizaba seleccionando los individuos con los rasgos de interés surgidos por mutación espontánea al azar. También se puede inducir la mutagénesis con rayos X o productos químicos como el etilmetanosulfonato. Pero conseguir que un gen determinado quede mutado en todos y cada uno de los cromosomas (que en muchas plantas su número es de 4, como en la patata, o 6, como en el trigo, en lugar de dos juegos como en los animales) mediante mutagénesis al azar es muy difícil. Después hay que buscar entre miles de plantas para dar con la que tiene la característica deseada, si es que existe, explica Cubas. Como este proceso es muy laborioso y costoso, y las empresas de semillas se concentran en unas pocas variedades ya mejoradas, empobreciendo la diversidad de la agricultura en detrimento de las variedades locales.

“Si la tecnología se hace más sencilla y accesible y desaparecen las barreras de regulación actuales, los laboratorios de investigación y las pequeñas empresas de mejora podrán ayudar a las variedades tradicionales”, explica Diego Orzaez, investigador del Instituto de Biología Molecular y Celular de Plantas. El sistema CRISPR es la mejor baza para conseguir

este objetivo porque, al dirigirse a una secuencia específica, facilita la mutación de todas las copias del gen.

Lo interesante de trabajar con plantas es que, aunque se haya introducido el sistema CRISPR/Cas9 en el genoma de la planta para conseguir la mejora deseada, se puede obtener con dicha mejora pero sin el transgén. Esto se consigue segregando sexualmente la construcción CRISPR/Cas9; es decir, seleccionando en la siguiente generación aquellas plantas hijas que han heredado la mejora pero no el transgen. “Estrictamente hablando no hay manera de distinguirla de una originada de forma natural” puntualiza Cubas. De manera que el resultado es igual al obtenido por los métodos de mejora tradicionales pero, al ser dirigido, la fase de escrutinio de cantidades ingentes de plantas y la incertidumbre de si se encontrará la variante deseada o no, se reducen enormemente.



Diego Orzaez.

También el uso del sistema CRISPR/Cas9 facilita la mutación en bloque de un conjunto de genes que tengan secuencias idénticas, como por ejemplo las gliadinas, un conjunto de proteínas que causan la celiaquía. Si el ARN guía reconoce una secuencia de ADN común a todas ellas, se podrán inactivar todas a la vez.

La mejora genética también se puede aplicar a la producción biotecnológica de compuestos de interés no alimentario. Por ejemplo, ZMapp, el fármaco experimental que se empleó en la crisis del ébola, estaba compuesto de tres anticuerpos producidos de manera recombinante en una planta del mismo género que la del tabaco, que permite la producción de grandes cantidades del producto. Lo que pretenden el grupo de Orzaez es la mejora genética de estas plantas-biofactoría. “CRISPR nos abre un abanico de posibilidades que antes no teníamos” dice. Un ejemplo sería la modificación de los genes que controlan la glicosilación (la adición de grupos azúcares) a las proteínas recombinantes, determinante para su función. Las plantas glicosilan de manera diferente a los humanos y con CRISPR las plantas glicosilan para que la proteína final, tanto la secuencia como los azúcares, sea idéntica a la que hubiera producido una célula humana.

**Alicia A. Cortés**

mite estudiar la funcionalidad de los genes de una forma mucho más rápida que hasta ahora. En el caso de procesos complejos, multigénicos, esto era casi inabordable”.

El otro sistema de reparación celular es el Sistema de reparación directa por homología. “En este caso se produce el corte de la doble cadena de ADN pero se introduce también un molde para repararlo, una secuencia que comparte algunas bases con la región donde se produce el corte. Eso permite meter en medio lo que se quiera. El sistema de

reparación hace una recombinación. Eso es editar y permite cambiar la información de un gen para que funcione correctamente. Este molde se sintetiza en el laboratorio y solo necesita que los extremos sean iguales a los de ambas partes del corte”, explica Mojica. Por último, añade, “se puede anular la capacidad de corte de Cas9 y aunque no se corta el ADN se puede estimular la actividad de un gen, encenderlo, llevando una proteína de actividad catalítica, o modificadores epigenéticos, que modulan la expresión del gen”.

El futuro de esta tecnología está escribiéndose día a día, porque miles de laboratorios de todo el mundo están trabajando, tanto para conocer con mayor detalle aún su funcionamiento, como aplicándolo a nuevos procesos de interés científico, sanitario, agrario o industrial. Al fin y al cabo esta revolución no ha hecho más que empezar. Y en el horizonte se vislumbra el señuelo del Nobel para algunos de los protagonistas de esta historia. Demasiados pretendientes para un pequeño resquicio de gloria.

# entrevista



Elena Ibáñez Ezequiel (Terrassa, 1965) es profesora de investigación en el Instituto de Investigación en Ciencias de la Alimentación (CIAL), centro mixto del Consejo Superior de Investigadores Científicas (CSIC) y de la Universidad Autónoma de Madrid (UAM). Ingeniera química por el Instituto Químico de Sarriá y doctora en Ciencias Químicas por la UAM, es presidenta de la Asociación de Expertos en Fluidos Comprimidos y fue delegada española de las Acciones COST, para el Dominio *Food and Agriculture* hasta septiembre de 2014. Ha recibido el Premio Archer Daniels Midland/Protein & Co-Products Division en la categoría *engineering/technology* otorgado por la American Oil Chemists Society, USA (2001), el premio Iberloab 2003, el premio a la mejor comunicación en el International Congress on Functional Foods and Nutraceuticals (Turkey) y el Premio de Endocrinología Pediátrica 2011, financiado por Pfizer, de la Sociedad Española de Endocrinología Pediátrica.

Elena Ibáñez Ezequiel, profesora de Investigación del CSIC, especialista en alimentómica

## “Soy una auténtica defensora de la química verde”

Texto: Elvira del Pozo, periodista científica

Elena Ibáñez ha sido elegida una de las 50 mujeres más influyentes en química analítica a nivel mundial por la revista *The Analytical Scientist*. Junto a ella, hay otras dos españolas, “una representación honrosa que refleja que España cuenta con un capital científico importante, y no sólo en el campo de la química analítica”, dice. Ibáñez es una enérgica defensora de la investigación —“profesión por la que doy gracias cada día”— como “instrumento imprescindible” para propiciar la innovación y el cambio hacia un mundo más sostenible. Para ello, incorpora en el diseño de sus experimentos los conceptos de la química verde, que apuesta por procesos más amigables con la salud y el medioambiente.

Sus investigaciones se centran mayoritariamente en el desarrollo de procesos limpios, con fluidos sub y supercríticos, de extracción de ingredientes funcionales (con propiedades beneficiosas para la salud como antioxidantes, anticancerígenas etc.) de uso alimentario, a partir de plantas, algas y subproductos de la industria agroalimentaria. También investiga sobre nuevas técnicas analíticas para el control de productos y procesos alimentarios. “Piensa en grande, actúa pequeño” es su lema.

**Pregunta.** ¿Por qué cree que es una de las mujeres más influyentes en su campo?

**Respuesta.** Creo que se ha valorado mi larga trayectoria dentro de la química verde y mi compromiso con la misma. Soy auténtica defensora de la química

verde y de la química analítica verde, en particular.

**P.** *Y sin embargo, su objeto de investigación está relacionado con el conocimiento de los alimentos y su relación con la salud.*

**R.** Si, en realidad abordamos este tema desde distintos aspectos. Uno de ellos es conocer en profundidad el alimento o ingrediente alimentario y describir cuáles son los mecanismos moleculares que están implicados en su efecto sobre el organismo utilizando todas las herramientas que nos ofrece una nueva disciplina, la *alimentómica*. Otro aspecto es hacer que todos los procesos requeridos sean sostenibles y con el mínimo impacto utilizando técnicas verdes. Por ejemplo, para la extracción de los compuestos naturales que estudiamos utilizamos disolventes que no sean tóxicos como agua, dióxido de carbono o biodisolventes como limoneno, lactato de etilo o acetato de etilo; también procuramos tenerlo presente a la hora de la preparación de muestras para el análisis. Es importante saber que siempre va a ser posible sustituir un disolvente tóxico por uno ambientalmente limpio; por ejemplo, en vez de trabajar con hexano o pentano podemos usar limoneno o dióxido de carbono supercrítico.

**P.** *Busca la versión eco del reactor...*

**R.** Planteamos procesos que suponen un ahorro importante de energía frente a los métodos tradicionales, que optimizan recursos, que eliminan etapas y que generan menos residuos. También buscamos reducir la escala y así minimizar el uso de reactivos. Esto supone también un ahorro económico porque se reduce el gasto en el tratamiento de los residuos y su reciclado disminuyendo, además, los tiempos de proceso.

**P.** *Parece que afinar procesos desde la óptica verde tiene muchas ventajas ¿También lo entienden así las industrias?*

**R.** Yo entiendo que el beneficio es claro, pero es muy difícil luchar contra lo que ya está establecido porque requiere establecer nuevas tecnologías, equipos y procesos. Tenemos que estar continuamente demostrando que lo que proponemos es mejor y, aun así, como los aspectos negativos de los métodos tradicionales están aceptados, los laboratorios se resisten a realizar las inversiones necesarias para cambiarlos.

**P.** *¿Qué sería necesario para que el grado de implantación de procesos sostenibles fuera mayor? ¿Falta conocimiento?*

**R.** Se lleva investigando en la química

verde desde los 90 del siglo pasado y se han establecido los Doce Principios de la Química Verde, los Principios de la Ingeniería Verde y los Principios de la Química Analítica Verde. Así que los principios y las bases están claras, y sólo queda que se apliquen. Creo que es necesario un apoyo decidido de las autoridades, que empiecen a prohibir la utilización de ciertos disolventes, a limitar la producción de residuos y a penalizar el empleo de reactivos determinados. Al final, o son ellas las que fuerzan el cambio o será muy complicado.

**P.** *Centrándonos en la alimentómica ¿considera que parte del reconocimiento que ha recibido premia este aspecto?*

cáncer de colon en células tumorales humanas, tanto *in-vitro* como en ratones. En este último caso, se les inoculaba la enfermedad y en ese momento se le empezaba a dar el extracto de romero; y al cabo de unos días el tamaño del tumor era mucho menor que el de los animales control. También hemos demostrado que, suministrándoles un pretratamiento, es decir alimentándoles con extractos antes de introducirles las células cancerígenas, tenía efecto preventivo. Ahora estamos investigando la biodisponibilidad de los extractos de romero porque el siguiente paso que tenemos que dar es hacer un ensayo clínico. Pero esto todavía tardará en llegar.



Elena Ibáñez (en primera fila, segunda por la derecha) con su grupo del Laboratorio de Alimentómica.

**R.** Por supuesto. Creo que nuestro laboratorio tiene muchos puntos fuertes y uno de ellos es, sin duda, el haber sido pioneros en esta disciplina. Desde que el director de nuestro grupo de investigación, Alejandro Cifuentes, acuñara por primera vez este término en 2009, hemos trabajado con el objetivo de entender y demostrar los efectos beneficiosos para la salud del consumidor de extractos obtenidos a partir de fuentes naturales. Por ejemplo, hemos trabajado en tres proyectos de investigación nacionales estudiando cómo algunos extractos naturales podían minimizar la proliferación de tumores. Y hemos encontrado que el extracto de romero, obtenido mediante fluidos supercríticos, tiene una actividad antiproliferativa importante contra el

**P.** *Insiste en precisar que el extracto se obtuvo mediante fluidos en condiciones supercríticas ¿Por qué es tan importante?*

**R.** Lo que hacemos es diseñar las condiciones del proceso de extracción supercrítica para enriquecer en los compuestos con actividad antiproliferativa; por otro lado, en la extracción supercrítica con dióxido de carbono los extractos no se degradan y preservan mejor sus propiedades y bioactividad. Si haces una infusión de romero parte de los compuestos anticancerígenos también están ahí pero ahí entraríamos en la duda de cuánto te tienes que tomar y durante cuánto tiempo para obtener una dosis efectiva.

**P.** *¿Y qué ha aportado la alimentómica en sus investigaciones?*

**R.** La alimentómica nos permite, mediante el uso de técnicas masivas de análisis como transcriptómica, proteómica y metabolómica, tener una visión global sobre los mecanismos moleculares a través de los cuales actúa, por ejemplo, el extracto de romero. Queremos conocer no sólo qué clase de compuestos son responsables de la actividad en el extracto de romero sino también su mecanismo de acción.

**P.** Y aparte del romero, ¿hay alguna otra sustancia que tenga efecto antitumoral?

**R.** Los extractos de algas marrones también tiene actividad antiproliferativa importante en experimentos *in-vitro*. Los responsables son unos compuestos

vés de la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA), se puso seria y estableció unos criterios muy muy estrictos para definir que aquellos alimentos que se decían que eran funcionales —es decir, que proporcionan un beneficio adicional para la salud— tuvieran que ser probados con importantes evidencias científicas. Y eso es justo lo que pretende la *alimentómica*.

**P.** Otro objetivo de esta nueva disciplina es ayudar en la trazabilidad y el control de los alimentos ¿Puede ayudar a prevenir fraudes como el reciente de la carne brasileña?

**R.** Desde luego. Nuestro objetivo es proporcionar nuevas herramientas de análisis que permitan detectar lo antes

hacerse a través de políticas que ayuden. Lamentablemente la política científica actual es nefasta en este sentido porque, además de los recortes presupuestarios ha habido una importante reducción de personal. Y creo que o apostamos por la innovación o este país no va a llegar a nada. Es una pena ver que hace tiempo España hizo unos esfuerzos enormes y llegó a un nivel científico muy importante. Es una vergüenza que no exista un gran acuerdo sobre ciencia que garantice que la inversión no esté a merced de los vaivenes de los gobiernos que se vayan sucediendo.

**P.** Y en ese acuerdo ¿cree que se le debería dar un apoyo especial a las investigadoras?

## “Que tu alimento sea tu medicina”

**P**or mucho que lo diga la etiqueta, ni los bífidus ayudan a las defensas, ni las isoflavonas de la soja tienen poder antioxidante; y tampoco la fibra de trigo contribuye a mantener el peso. Sólo el 20 por ciento de los 2.758 alimentos funcionales analizados por la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA) proporcionan un beneficio adicional real para la salud del que los consume, según un informe del organismo. El aceite de oliva y las nueces, por el contrario, si han demostrado científicamente que reducen el colesterol. “La realidad es que actualmente hay muy pocos alimentos aprobados, y no tanto por sus propiedades curativas como preventivas”.

La *alimentómica* pretende ser un instrumento para determinar esas evidencias científicas que requiere la EFSA, explica Ibáñez. Utiliza técnicas como la transcriptómica —análisis del material genético que realmente se traduce en proteínas—, la proteómica —estudia las proteínas como principales actores de las rutas metabólicas de las células— y la metabolómica —su objeto son los compuestos involucrados en un proceso metabólico—. Gracias a ellas se puede determinar

cómo una sustancia concreta interacciona con los genes y cómo repercute en la expresión de proteínas y metabolitos. En definitiva, “cómo afecta al organismo del que la consume”.

A corto plazo, esta nueva disciplina no sólo permitirá aumentar la lista de alimentos funcionales verdaderos, sino también detectar otros muchos nuevos. A largo plazo, podría definir dietas personalizadas para mejorar la salud y disminuir el riesgo de padecer ciertas enfermedades, en función del paciente.

“Hay muy pocos alimentos funcionales aprobados por la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria.”

Además, la *alimentómica* pretende mejorar la confianza que los consumidores tienen de la comida, atendiendo a aspectos como su seguridad, calidad y trazabilidad, cuenta Ibáñez. Sus técnicas genómicas detectan contaminantes nuevos, determinan modificaciones en alimentos transgénicos y confirman la calidad de los alimentos gracias a la definición de nuevos biomarcadores.

fenólicos que no están en ningún otro organismo, los florotaninos.

**P.** ¿La comida también puede prevenir otras enfermedades aparte del cáncer?

**R.** Ahora queremos empezar a investigar cómo distintos extractos de algas y subproductos alimentarios afectan al Alzheimer. Ya habíamos hecho algunas investigaciones junto al Instituto Karolinska sueco en este campo, pero estaba enfocado a detectar la enfermedad de forma temprana.

**P.** Habla de compuestos muy concretos obtenidos en condiciones muy determinadas para que sean efectivos, en cambio es habitual escuchar expresiones como dietas anticáncer, los superalimentos y los alimentos depurativos ¿Qué opinión le merecen?

**R.** Por suerte la Unión Europea, a tra-

posible este tipo de contingencias relacionadas con la calidad de los alimentos.

**P.** Pero ya existen técnicas de trazabilidad ¿qué ventajas ofrece la *alimentómica*?

**R.** Básicamente mediante las técnicas de análisis masivo que empleamos podemos proporcionar más y mejores biomarcadores de los alimentos que permitan mejorar los controles de calidad de los mismos haciendo más sencilla su trazabilidad.

**P.** En la lista hay otras dos científicas españolas ¿En qué posición está España en este campo de la química analítica?

**R.** Yo creo que está muy bien. España tiene un capital humano importante en el campo de la investigación, no sólo en química analítica. Pero tenemos que ser capaces de mantenerlo, y eso tiene que

**R.** Yo creo que depende mucho de las áreas de conocimiento. En concreto, en el CSIC, en el campo de los alimentos hay más científicas, pero es verdad que nos cuesta más llegar a puestos de mayor relevancia investigadora. Esto es así, es una realidad porque en nuestra sociedad sobre la mujer recaen muchas otras cosas. Tenemos que estar a todo y eso es complicado. Y en este aspecto es donde yo creo que podríamos tener algún apoyo más. En febrero estuve en una evaluación de proyectos en Finlandia y las investigadoras indicaban sin ningún problema que eran madres y que habían estado de permiso de maternidad. No lo consideran un demérito, algo que no sucede en España.



## La importancia de la química en la sociedad

Los enormes beneficios que la química ha aportado y aporta para mejorar nuestras condiciones de vida en todo tipo de actividades cotidianas son, paradójicamente, desconocidos por una parte sustancial de la sociedad. Para paliar esta deficiencia y contribuir a aumentar la cultura científica, desde el año 2009 organizamos en el Instituto de Química Orgánica General del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (IQOG-CSIC) el curso de divulgación Los Avances de la Química y su Impacto en la Sociedad, que cuenta con el apoyo de la Asociación de Químicos de Madrid y la Sección Territorial de Madrid de la Real Sociedad Española de Química. Hasta ahora se han celebrado cinco ediciones, con un enorme éxito de audiencia, atraída por los conferenciantes y los temas tratados. En septiembre de este año comenzará la sexta edición.

“**B**asta recostarse en el sillón del dentista para que se le cure a uno cualquier nostalgia de paraísos pretecnológicos perdidos. Cualquiera tiempo pasado anterior a la anestesia fue pavoroso”. Esta frase, escrita por el gran novelista Antonio Muñoz Molina, refleja perfectamente la manera en la que la ciencia ha cambiado la vida del ser humano. Y en el aspecto que refleja Muñoz Molina, la química ha jugado fundamental: los agentes analgésicos y anestésicos son sustancias químicas diseñadas y preparadas por químicos. Cuando a finales del siglo XVIII, Humphry Davy descubrió el efecto anestésico del óxido nitroso se dio un paso de gigante para el beneficio de la humanidad.

Pero este es uno sólo de los múltiples beneficios que la química aporta al ser humano. No somos conscientes de ello, pero en nuestra vida cotidiana estamos continuamente interactuando con sustancias químicas, la mayoría de ellas

beneficiosas para la humanidad. Podemos, sin duda, decir que la química impacta en nuestra vida de la siguiente manera:

- 1) Hace nuestra vida más larga.
- 2) Hace la vida más saludable. Monitoriza nuestra salud; nos proporciona medicinas, genera piezas de recambio para nuestro cuerpo y alivia el dolor.
- 3) Nos suministra agua para beber, para nuestra higiene y para regar los cultivos.
- 4) Nos ayuda a tener más y mejores alimentos.
- 5) Cuida de nuestro ganado y los animales de compañía.
- 6) Nos proporciona energía: calor en invierno, frescor en verano, electricidad y combustibles para los vehículos.
- 7) Hace nuestra vida cotidiana más cómoda: electrodomésticos, iluminación, transporte.
- 8) Hace que nuestras ropas y sus colores sean más resistentes y atractivos;



El director del curso, Bernardo Herradón (a la izquierda), con un grupo de asistentes.

**Texto y fotos:** Bernardo Herradón, director del curso Avances de la química y su impacto en la sociedad. [b.herradon@csic.es](mailto:b.herradon@csic.es)

mejora nuestro aspecto con perfumes, productos de higiene y de cosmética; contribuye en la limpieza del hogar y de nuestros utensilios; ayuda a mantener frescos nuestros alimentos; y nos proporciona prácticamente todos los artículos que usamos a diario.

9) Facilita el ocio: deporte, jardinería, lectura, escuchar 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 mejorar nuestras marcas deportivas y muchas aplicaciones más.

11) Además, es capaz de *alimentar nuestro espíritu*, pues estimula nuestra capacidad de aprendizaje y nos hace

En el curso se han abordado numerosos temas, que tratan muchos de los aspectos que se han indicado en este texto. También hemos celebrado mesas redondas con debates en temas muy diversos, pero especialmente nos hemos centrado en aspectos generales de la enseñanza y la comunicación social de las ciencias, en el convencimiento, compartido por promotores, profesores y alumnos del curso, de que sólo hay una cultura y no cabe hacer distinciones entre sus aspectos científicos, artísticos y humanísticos.

Como características que distinguen el curso se deben mencionar las siguientes:

La categoría profesional de los ponentes, con algunos de los científicos más

Todas las charlas han sido preparadas con especial intención divulgadora para que sean accesibles a todos los asistentes; como se puede apreciar en los videos de nuestro canal de YouTube. Hay que destacar que no son necesarios conocimientos de química para seguir el curso, sólo interés por la ciencia.

Todo el material generado durante los cinco cursos realizados e información del próximo está disponible en la web <http://www.losavancesdequimica.com/>, con información, resúmenes de las sesiones y copias de las presentaciones de los ponentes. Además, contiene una base de datos y material útil para la divulgación, la historia, la enseñanza y la filosofía de la ciencia, en general y de la química en particular. Desde su puesta en marcha, en agosto de 2013, hasta finales de marzo de 2017 ha recibido más de 1.140.000 visitas, y existe constancia de que el material que contiene es usado en la preparación de clases en diversos niveles educativos.

## VI edición del curso de divulgación

En la sexta edición del curso, como ya se hizo en las anteriores, se expondrán ejemplos que demuestran que la química proporciona la mayoría de las comodidades de nuestra vida cotidiana, con aplicaciones en salud humana, alimentación, purificación y potabilización de agua, veterinaria, agricultura, ciencias forenses, arte, toxicología, protección ambiental, deporte, energía, materiales, e incluso permite detectar y estudiar fenómenos como la detección de planetas extrasolares. También se han abordado aspectos relacionados con la historia de la química. A los químicos nos gusta decir que “la química es la ciencia central”, lo que significa que interacciona con numerosas áreas y esa confluencia se reflejará en esta sexta edición del curso, pues, no solo hablaremos de química, sino de otras ciencias afines.

Esta edición constará de 22 sesiones, que se celebrarán los jueves a partir de las 18:00 en la sala de conferencias del IQOG-CSIC. El curso comenzará el 14 de septiembre de 2017 y se clausurará el 5 de abril de 2018 con 11 sesiones en 2017 y 11 sesiones en 2018. En relación con las dos anteriores ediciones, se producirá una cierta renovación del programa, con nuevos temas y ponentes, pero siempre contando con profesionales de prestigio y con inquietud por la divulgación científica.



Acto de entrega de diplomas acreditativos de haber hecho el curso.

conscientes del papel que el ser humano tiene en nuestro planeta.

Sin embargo, estos beneficios que la química aporta a la sociedad no son apreciados por la ciudadanía, que frecuentemente tiene muy mala percepción de nuestra ciencia. Para difundir entre la sociedad el conocimiento de sus beneficios nació la idea del curso Los Avances de la Química y su Impacto en la Sociedad. La primera edición se inauguró el 18 de marzo de 2009 y el 28 de abril de 2016 se clausuró la quinta edición. En total hemos contado con un total de 102 conferencias y ocho mesas redondas.

prestigiosos de España, incluidos varios galardonados con los premios Jaime I o el Nacional de Investigación, académicos e investigadores reconocidos.

El alto grado de interés y participación de los asistentes, como se puede apreciar en las imágenes grabadas de algunas de las sesiones y mesas redondas de la quinta edición del curso, que se retransmitieron por *streaming* (ver el canal de YouTube que hemos creado para el curso <http://bit.ly/1OceCIo>). Entre los asistentes hay desde estudiantes de 4º de ESO a jubilados de más de 80 años (y sin formación científica). En ocasiones, sus comentarios y preguntas se han alarado más que las propias ponencias.



Iniciativas para fomentar vocaciones  
entre los estudiantes

## La ciencia despierta en los institutos

Pocos estudiantes sueñan actualmente con ser matemáticos, químicos o ingenieros, y la carencia de profesionales en los sectores científicos y técnicos empieza a notarse. En un sistema educativo que ya se considera obsoleto, son necesarias iniciativas frescas que despierten pasión y emoción en los alumnos, destierren antiguos miedos, y los animen a aventurarse por los senderos de la ciencia y la tecnología. Así, han surgido ideas y proyectos en diversos centros de educación secundaria y primaria para avivar ese interés, como las ferias y semanas de la ciencia, la noche de los investigadores, Ciencia en Acción y otras propuestas para alumnos con diversidad cognitiva.

“En 20 años, la Unión Europea va a necesitar 850.000 profesionales en el ámbito de la ciencia y la ingeniería, y no los tendremos”. La alarma sobre el oscuro panorama de una Europa sin suficientes profesionales formados en ámbitos científicos la lanza José González López de Guereñu, profesor de secundaria y director de casi todas las ediciones de la Feria de la Ciencia en Madrid. Las carreras científico-técnicas son vistas hoy con recelo por una mayoría de estudiantes, en una sociedad, paradójicamente, más tecnológica que nunca, en la que el conocimiento científico impulsa la innovación y la obsolescencia es un fenómeno diario.

Contrasta este desinterés con la creciente demanda laboral de profesionales del ámbito conocido como STEM (siglas en inglés de ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas). Y mientras crece la oferta de empleo se reduce el número de profesionales. Según un informe de Randstad Research, el número de titulados en estas carreras se reducirá a un ritmo del 3,5% anual en los próximos

cinco años, pasando de los 69.113 graduados de 2016 a los 57.663 previstos para 2021.

El germen del problema está en la etapa educativa preuniversitaria, cuando se definen las vocaciones. “Es absolutamente decisivo cambiar la tendencia actual de abandono de las carreras científicas. Para que los alumnos no escapen de la ciencia hay que evitar presentar un sesgo de dificultad que no es cierto”, sostiene González López de Guereñu. La clave para ello: la motivación. Despertar vocaciones científicas apagadas es vital, y para ello hay que llevar a cabo iniciativas diferentes y novedosas. Para el profesor, las experiencias más interesantes para realizar con alumnos son aquellas que “sorprenden, presentan una explicación científica, y también tienen una aplicación a la vida cotidiana”.

La vocación científico-tecnológica hay que fomentarla desde todas partes. Eso se proponen en el Instituto de Educación Secundaria Calderón de la Barca de Madrid. El pasado mes de marzo celebraron su IX Semana de la Ciencia y la



Alumnado de los Colegios Ramón y Cajal y Estudio3-AFANIAS, dentro del proyecto ConCiencia Inclusiva.

**Texto:** Patricia Ruiz Guevara, periodista científica

Tecnología, y su eslogan de Confucio lo dice todo: “Me lo contaron y lo olvidé; lo vi y lo entendí; lo hice y lo aprendí”. Entre las actividades programadas hubo ponencias de científicos, como “La amenaza, las superbacterias: Científicos en busca de antibióticos”; mesas redondas de antiguos alumnos, como biólogos, fisioterapeutas, químicos y un director de innovación de la Comunidad de Madrid; talleres sobre fabricación de bombones, creación de tu propio blog y robótica educativa; un juego de realidad virtual por todo el patio del centro con códigos QR; la actividad *Women in Science*; y un museo de matemáticas. Cinco días intensos en los que todo el instituto se vuelca con la ciencia desde hace ya nueve años.

Begoña Rodríguez, jefa de estudios del centro e impulsora y coordinadora del evento, destaca la importancia de maestros y profesores en el fomento de las vocaciones científicas. “Ellos están en contacto con los chavales que, si van a la universidad, tienen que elegir entre ciencias o letras, así que su ayuda es vital”. Además, este tipo de actividades no se pueden llevar a cabo sin que haya pasión por parte del profesorado. “La semana de la ciencia empieza a prepararse en septiembre, son seis meses de trabajo no pagado y sin ningún tipo de financiación en el que participan todos los departamentos”, destaca Rodríguez, que añade que “solo por el placer de ver que tus alumnos acaban la carrera y se convierten en científicos y tecnólogos importantes, vale la pena”.

Pero ¿realmente esta iniciativa surte efecto? “Sí, a los chicos les encanta, están deseando que llegue la Semana

de la Ciencia y la Tecnología”. Como anécdota, la jefa de estudios cuenta que hay lista de espera entre los alumnos para pertenecer al equipo de organización y colgarse el cartelito de ‘científico en prácticas’.

### La importancia de la participación de los alumnos

Otra iniciativa destacable es la del Instituto de Educación Secundaria José de Churriguera, de Leganés. Desde 2013, desarrollan jornadas para propiciar el interés por la ciencia en el mundo educativo, y sensibilizar a todos sus componentes de la importancia de la misma. Bajo el original nombre de Churriciencia se organizan diversas actividades con un objetivo principal: que sean los propios alumnos, instruidos por los profesores, quienes expliquen la ciencia al resto de sus compañeros. “Durante las jornadas, todo el protagonismo lo tienen los estudiantes del centro, que realizan el papel de ‘actores-divulgadores’ de las experiencias”, destaca Emilio Gómez, coordinador del evento.

Un arco iris de disoluciones de glucosa de diferentes densidades en vasos comunicantes, la dramatización del asedio a Siracusa y la defensa diseñada por Arquímedes, o la creación de un código QR para la identificación de árboles mediante un smartphone, son ejemplos de las actividades propuestas. “Las que más gustan son aquellas en las que tienen que manipular o interpretar algo, y en las que se pone de manifiesto algún fenómeno sorprendente, para ellos”, explica Gómez. Y es que meterse de lleno en la ciencia cala. “Desde el inicio del curso los estudiantes preguntan

cuándo se va a hacer Churriciencia y muestran interés por participar. Su motivación crece muchísimo”.

### Motivar desde el principio

Cada grano de arena cuenta. Por eso, iniciativas más pequeñas son igualmente importantes. En el Colegio salesiano Santo Domingo Savio de Madrid, el profesor de Física y Química Benigno Palacios lo sabe. Convencido de la necesidad de las prácticas de laboratorio y de la importancia de la divulgación del progreso científico y tecnológico, trata de encauzar a los jóvenes en sus vocaciones científicas, a lo que dedica muchas de sus horas libres. “Intento hacer cosas todos los años para que los chavales cojan un poco de afición por la ciencia y, en particular, por la química”, cuenta. “El año pasado empecé a realizar en bachillerato una práctica que no se hace ni siquiera en la universidad: una reacción química muy novedosa, con una especie de efecto sube y baja; lo que se llama un desequilibrio equilibrado. A los chicos les sorprende y les llama la atención”.

Palacios insiste en que cuanto antes se empieza, mejor. Por eso, hace prácticas de iniciación al laboratorio con los alumnos de primaria: les enseña el lugar, les explica el trabajo de un científico, y realizan experimentos muy sencillos relacionados con su temario de física y química. Después, en lugar de un informe de prácticas, les pide que hagan un dibujo sobre lo que han trabajado. “Cuando llegan a la secundaria se acuerdan de la experiencia”, dice Palacios. “Al final, todo esto consiste en emocionar, en crear pasión”.

### Ciencia con conciencia

El conocimiento no debe tener fronteras ni límites; tampoco el científico. Con ganas y motivación se pueden hacer cosas maravillosas que acercan, de verdad, la ciencia a todo el mundo. Así nació ConCiencia Inclusiva, una idea que hizo que estudiantes con diversidad funcional cognitiva y sin ella, de la misma edad, compartieran laboratorio y experimentos de igual a igual. El proyecto arrancó en la Semana de la Ciencia de 2010 con la visita de alumnos del Colegio de Educación Especial Estudio 3-AFANIAS a la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Complutense de Madrid. Las actividades fueron evolucionando y ahora, en el curso 2016-2017, profesores, personal de administración y servicios, y estudiantes de esta facultad están inmersos en la iniciativa I.amAble: la ciencia al alcance de toda la sociedad.

“Lo ideal es conseguir una experiencia enriquecedora para todos los participantes, independientemente de su capacidad y conocimientos previos”, explica Santiago Herrero, profesor de la Facultad

de Químicas de la UCM y coordinador del proyecto. “En ConCiencia Inclusiva trabajamos la cristalización de varias sustancias para hablar de los conceptos de vidrio y cristal, y su importancia en la vida y en diferentes industrias. En I.amAble realizamos actividades muy variadas: reacciones ácido-base, materiales magnéticos o luminiscentes, y análisis de alimentos; actividades que no solo implican conceptos químicos, sino también físicos, geológicos o biológicos”. Herrero destaca lo positivos que están siendo los resultados y el hecho de que “realizar actividades supuestamente muy difíciles ayuda a la mejora de la autoestima de los participantes”; alumnado de centros de educación especial, como la Asociación Adisgua de Guadarrama, y de centros ordinarios de primaria y de secundaria, como el Colegio Ramón y Cajal y el Colegio Gredos San Diego de Guadarrama. Estas iniciativas buscan también reivindicar la ciencia y la actividad científica como aspectos esenciales en el desarrollo de la sociedad, y demostrar el extraordinario poder enriquecedor y formativo de la diversidad en su sentido más amplio.



## La industria química continúa su senda de crecimiento

La industria química continúa consolidándose como uno de los sectores claves de la economía española. Sus más de 3.000 empresas, con una cifra de negocios conjunta de 59.000 millones de euros, generan el 12,6% del producto industrial bruto, y más de 540.000 empleos directos, indirectos e inducidos. Durante 2016 su crecimiento productivo fue del 3%, y el 55% de su producción se destina a la exportación. Es también el sector industrial que mayor esfuerzo realiza en I+D+i, ya que supone una cuarta parte de toda la inversión empresarial y cobija al 23% de los investigadores en el conjunto de la industria.

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

Uno de los efectos más traumáticos y perniciosos de la larga crisis económica que ha soportado nuestro país ha sido la significativa destrucción de empleo y, especialmente, la precarización laboral que sin duda constituye uno de los problemas fundamentales de nuestro país. En el caso del sector químico, sin embargo, los puestos de trabajo mantienen una evidente calidad tanto por su estabilidad —94% de contratos indefinidos—, como por el nivel de retribución —38.100 € por trabajador y año— y por la indispensable inversión en formación —223 € anuales por empleado—. La calidad del empleo del sector genera su vez una mayor contribución fiscal por trabajador, ya que vía IRPF y cotizaciones se alcanzan cifras cercanas a los 20.000€ por empleado y año.

Dos factores continúan siendo claves en el futuro de la industria química: su capacidad exportadora y su liderazgo innovador. En el primer caso, el sector es ya el segundo mayor exportador de la economía (por CNAE) y destina a mercados exteriores el 55% de la producción. Por lo que respecta a la innovación, la química lidera la inversión y el gasto

en I+D+i en España, así como la contratación de personal investigador. El sector industrial químico concentra actualmente una cuarta parte de todas las inversiones que la industria española en su conjunto destina a la investigación, el desarrollo y la innovación.

La industria química lidera también el empleo de personal investigador, área en la que ha experimentado en el último año un crecimiento destacable al incrementar en un 8,7% el número de investigadores contratados en sus empresas. Con este impulso, un 23% de los investigadores que trabajan en empresas industriales lo hace ya en una empresa del sector químico. Y el esfuerzo investigador no está concentrado sino distribuido, ya que el 57% de las compañías del sector son empresas innovadoras, más del doble que la media industrial (23,2%).

En esta línea, es importante subrayar que la heterogeneidad de la química española, generadora de miles de productos diferenciados que se hallan tanto al inicio de la cadena de valor de la práctica totalidad de los sectores (petroquímica, materias primas plásticas, gases industriales, agroquímica...)





### Principales Mercados de Exportación – Países (TOP20)

Evolución 2000-2016 (Millones € + variación %)

País	2000		2016		Variación (%)
	Mil. de €	2016/2000	Mil. de €	2016/2000	
1 Francia	1.378	3.001	161,41		
2 Alemania	1.245	3.205	157,37		
3 Italia	1.120	3.007	171,27		
4 Portugal	975	2.321	138,87		
5 India	179	1.888	996,70		
6 Países Bajos	726	1.719	136,67		
7 Estados Unidos	367	1.653	350,16		
8 Reino Unido	963	1.428	49,24		
9 Bélgica	328	1.029	213,31		
10 Turquía	191	962	306,67		
11 China	80	673	736,80		
12 Brasil	130	571	336,55		
13 Polonia	88	569	543,15		
14 Japón	110	537	389,90		
15 México	101	482	267,85		
16 Marruecos	126	422	206,85		
17 Argelia	103	403	291,22		
18 Canadá	45	367	706,61		
19 Austria	108	367	84,90		
20 Grecia	101	316	211,61		

Fuente: Dirección General de Aduanas

como directamente en mercados de consumo (farmacéutica, detergencia, cosmética, pinturas...), nos permite mantener una visión privilegiada del conjunto del ciclo económico y del comportamiento de la demanda global, permitiendo a su vez orientar con mayor nitidez las líneas de investigación básica, la innovación aplicada y el desarrollo tecnológico que precisamos.

#### 2016, un año de crecimiento

La Industria Química Española registró, en 2016, un crecimiento productivo del 3%, si bien la caída de los precios internacionales —asociados al inestable comportamiento del crudo— limitó el incremento de la cifra de negocios al 1,7%, hasta los 59.000 millones €. Similar situación se produjo en las exportaciones. Pese al buen comportamiento en los mercados internacionales, que generó un incremento del volumen exportado del 1,4%, la facturación exterior quedó lastrada por la reducción de los

precios, experimentando una caída del 2,1% hasta los 32.500 millones €.

En ambos casos, mercado interior y mercado exterior, el sector incrementó su volumen de producción, dato evidentemente positivo y que permite mantener un ritmo de crecimiento constante en los últimos años y situarnos ya en una cifra de negocios un 19% superior a los niveles previos a la crisis (2007).

En el mismo periodo, 2007-2016, las exportaciones han registrado un crecimiento acumulado del 40% y, lo que quizá sea lo más importante, hemos mejorado nuestra posición en todos los mercados internacionales extracomunitarios, de modo que ya acogen el 41% de nuestras exportaciones frente al 29% que representaban en el año 2000. De hecho, hoy somos ya capaces de exportar a más de 200 países y estados asociados.

Actualmente, el buen comportamiento macroeconómico de nuestro país, que se inició en 2014 y está previsto que con-

tinúe en los próximos años, en los que tanto el PIB como el consumo y las exportaciones están registrando las cifras de crecimiento más elevadas entre los principales países de la eurozona, permiten mirar con optimismo a medio y largo plazo, siempre con la premisa de que el precio del petróleo se mantenga en niveles próximos a los actuales.

Este hecho, unido a que el sector químico mantiene hasta 2030 previsiones del crecimiento mundial de su demanda superiores al 4,5% anual, deberían estimular al Gobierno para trabajar de forma eficaz en la mejora de los factores de competitividad del conjunto de la industria española, y particularmente en aquellos que son fundamentales para el sector químico, tales como el coste de la energía, el desarrollo de las infraestructuras de transporte, la mejora y simplificación de la legislación técnica que nos afecta y la mayor defensa comercial de la Unión Europea ante otros competidores internacionales. ☞



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](mailto:tr@tecnicasreunidas.es)

[www.tecnicasreunidas.es](http://www.tecnicasreunidas.es)

# materia

## Química ecológica: del conocimiento a la tecnología

En el contexto actual, es frecuente escuchar cómo se contraponen la química a lo ecológico, lo verde, lo saludable y lo natural. Afortunadamente, también accedemos a argumentos que ponen sobre la mesa lo que la ciencia que practicamos ofrece: tecnologías para la remediación de las consecuencias que decenios de prácticas inadecuadas han ocasionado sobre nuestro planeta. También la minimización de las consecuencias negativas de la superpoblación, así como del imparable desarrollo industrial y tecnológico. En las siguientes líneas se intenta ofrecer una perspectiva, que espero que resulte interesante, sobre la relación de nuestra ciencia con nuestro entorno, con lo vivo que nos rodea, y con nosotros mismos.

En el contexto actual, es frecuente escuchar cómo se contraponen la química a lo ecológico, lo verde, lo saludable y lo natural. Afortunadamente, también accedemos a argumentos que ponen sobre la mesa lo que la ciencia que practicamos ofrece: tecnologías para la remediación de las consecuencias que decenios de prácticas inadecuadas han ocasionado sobre nuestro planeta. También la minimización de las consecuencias negativas de la superpoblación, así como del imparable desarrollo industrial y tecnológico. En las siguientes líneas se intenta ofrecer una perspectiva, que espero que resulte interesante, sobre la relación de nuestra ciencia con nuestro entorno,

cuadas han ocasionado sobre nuestro planeta. También la minimización de las consecuencias negativas de la superpoblación, así como del imparable desarrollo industrial y tecnológico. En las siguientes líneas se intenta ofrecer una perspectiva, que espero que resulte interesante, sobre la relación de nuestra ciencia con nuestro entorno,



Pie.

**Texto:** David Marín, químico e investigador en el departamento de I+D+i de Iberceras Specialties

con lo vivo que nos rodea, y con nosotros mismos.

La química ecológica, como se la conoce en nuestro idioma (en inglés se expresa como *Chemical Ecology*, o ecología química) es una disciplina científica que tiene como objetivo abordar el papel de los compuestos químicos en las relaciones entre los seres vivos. Para describirlo de manera más concreta, el objetivo de esta actividad científica, eminentemente multidisciplinar, es la descripción completa de los compuestos químicos que intervienen en la comunicación entre organismos:

—Descripción de los compuestos químicos implicados, con elucidación de sus estructuras moleculares.

feromonas, que desempeñan un papel fundamental en los procesos reproductivos de muy diversos organismos. A modo de ejemplo, se puede destacar el papel del acetato de 7e,9z-dodecadien-1-ilo en la reproducción de la polilla *Lobesia botrana* (polilla del racimo de la vid), como atrayente entre individuos de distinto género (que pueden encontrarse a kilómetros de distancia).

También es frecuente que diversos organismos, naturalmente desprovistos de defensas físicas como espinas o caparazones, o incapaces de desplazarse a velocidades altas, utilicen la química para defenderse de sus depredadores, como el caso de la esponja marina caribeña *Discodermia dissoluta*,

humedad del suelo), o como compuestos volátiles que se transmiten por el aire (caso de las feromonas sexuales). Los tres ejemplos también permiten ver la inagotable variedad de estructuras moleculares que pueden estar implicadas.

También es notable la variedad de procesos vitales en los que estos biocomunicadores pueden estar implicados: Las interacciones posibles incluyen la defensa (caso de las esponjas y tunicados marinos, desprovistos de concha u otros sistemas defensivos, plantas desprovistas de movilidad, etc), las interacciones relacionadas con la reproducción, como las feromonas sexuales, y algunos comportamientos de los

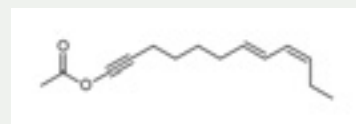


Figura 1. Larva de *Lobesia botrana* y estructura del acetato de 7e,9z-dodecadien-1-ilo

—Caracterización de sus efectos biológicos

—Relación entre estructura, propiedades moleculares y efectos biológicos como base para el desarrollo de nuevas moléculas bioactivas con numerosas aplicaciones.

La química ecológica es, por tanto, una ciencia con una vertiente de investigación básica (conocimiento profundo de las relaciones ecológicas mediadas por compuestos químicos) y una vertiente aplicada (desarrollo de nuevas moléculas con aplicaciones diversas).

### El fenómeno: la comunicación química entre organismos

La comunicación entre organismos, tanto dentro de una misma especie como entre individuos de especies diferentes, es un hecho conocido desde antiguo. El desarrollo de la Química como ciencia ha permitido ir descubriendo el papel de un enorme número de moléculas que median en estas interacciones. Ejemplos muy claros son las

que segrega el policétido (+)-Discodermolida, tóxica para sus depredadores, o el caso del árbol del sudeste asiático *Acacia mangium*, que mediante la producción y exudación al suelo de los terpenoides Lupenona y Lupeol, inhibe el crecimiento y desarrollo de otras especies vegetales que pudieran prosperar en su cercanía y competir por el agua, los nutrientes y el mismo espacio.

De entre los muchos ejemplos disponibles, estos tres muestran la diversidad de organismos que se benefician de la química para realizar sus funciones (hemos visto un insecto, una planta superior, y una esponja marina, aunque se podrían haber puesto ejemplos de mamíferos, hongos, etc). También podemos ver que estas complejas interacciones pueden ocurrir en el medio marino y en el medio terrestre, y mediante compuestos solubles en agua (caso de la esponja marina o de la planta, que puede exudarlos por la raíz, llegando a afectar a las semillas de las plantas competidoras a través de la la

insectos sociales (hormigas, abejas, termitas), que tienen un papel mediador fundamental en la evolución de sus colonias.

### Metodos químicos hacia las moléculas responsables: nuevas moléculas, nuevas posibilidades.

Existen dos aproximaciones al estudio de los compuestos químicos que median en las interacciones ecológicas:

—Una aproximación clásica (aislamiento biodirigido), que consiste en el uso de técnicas analíticas de separación (frecuentemente cromatografía líquida con detectores acoplados), aplicadas a extractos de los organismos (plantas, hongos, invertebrados, etc) cuyas fracciones se someten a ensayo biológico. Se seleccionan sistemáticamente las fracciones cromatográficas de mayor actividad, hasta llegar a compuestos puros, cuya estructura molecular se elucidada mediante las técnicas usuales (FTIR, MS, NMR). Requiere del diseño de un bioensayo, en el que las

fracciones o compuestos se ponen en contacto con organismos modelo objetivo para estudiar el efecto observado. El desarrollo de bioensayos constituye toda una disciplina en sí mismo, y también ha experimentado una notable evolución, desde la evaluación de los efectos de los biocomunicadores en organismos completos, hasta el desarrollo de cultivos celulares estandarizados.

—Metabolómica: Elucidación de la influencia de las fracciones o compuestos presuntamente activos en la expresión génica, el perfil de proteínas, o las concentraciones de diversos metabolitos en las células de un organismo que se tome como modelo. Por ejem-

planteo, estudiar la influencia de las variaciones de la estructura molecular en el efecto observado, y llegar a nuevas moléculas optimizadas para su uso. El estudio de los efectos de estos análogos, y su relación con su estructura, se apoya en técnicas de relación estructura-actividad cuantitativa (“QSAR”), fundamentadas en el uso en paralelo de métodos computerizados de modelización molecular y la Química Combinatoria.

planteo, estudiar la influencia de las variaciones de la estructura molecular en el efecto observado, y llegar a nuevas moléculas optimizadas para su uso. El estudio de los efectos de estos análogos, y su relación con su estructura, se apoya en técnicas de relación estructura-actividad cuantitativa (“QSAR”), fundamentadas en el uso en paralelo de métodos computerizados de modelización molecular y la Química Combinatoria.

planteo, estudiar la influencia de las variaciones de la estructura molecular en el efecto observado, y llegar a nuevas moléculas optimizadas para su uso. El estudio de los efectos de estos análogos, y su relación con su estructura, se apoya en técnicas de relación estructura-actividad cuantitativa (“QSAR”), fundamentadas en el uso en paralelo de métodos computerizados de modelización molecular y la Química Combinatoria.



Figura 2. *Acacia mangium*, sin vegetación en la base del tronco debido a la acción de los compuestos Lupeol y Lupenona.

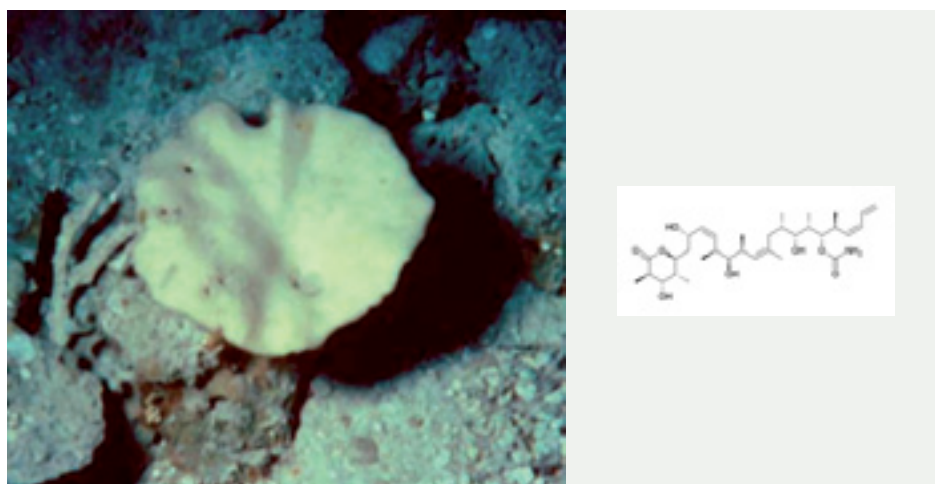


Figura 3. *Discodermia dissoluta*, y estructura del (+)-discodermolido.

planteo, pueden evaluarse los perfiles transcriptómicos (genes sobre o infraexpresados tras la exposición al agente químico) en un organismo objetivo mediante la fabricación de biochips de ADN del organismo correspondiente, tras su puesta en contacto en el compuesto químico biocomunicador. El

entran en juego para relacionar el efecto observado con una estructura molecular concreta, y el uso de ésta como plantilla para la generación de nuevas moléculas con efectos biológicos de interés. Pueden obtenerse las moléculas responsables de la actividad, o una colección de análogos sintéticos de las

planteo, pueden evaluarse los perfiles transcriptómicos (genes sobre o infraexpresados tras la exposición al agente químico) en un organismo objetivo mediante la fabricación de biochips de ADN del organismo correspondiente, tras su puesta en contacto en el compuesto químico biocomunicador. El

entran en juego para relacionar el efecto observado con una estructura molecular concreta, y el uso de ésta como plantilla para la generación de nuevas moléculas con efectos biológicos de interés. Pueden obtenerse las moléculas responsables de la actividad, o una colección de análogos sintéticos de las

entran en juego para relacionar el efecto observado con una estructura molecular concreta, y el uso de ésta como plantilla para la generación de nuevas moléculas con efectos biológicos de interés. Pueden obtenerse las moléculas responsables de la actividad, o una colección de análogos sintéticos de las

entran en juego para relacionar el efecto observado con una estructura molecular concreta, y el uso de ésta como plantilla para la generación de nuevas moléculas con efectos biológicos de interés. Pueden obtenerse las moléculas responsables de la actividad, o una colección de análogos sintéticos de las

entran en juego para relacionar el efecto observado con una estructura molecular concreta, y el uso de ésta como plantilla para la generación de nuevas moléculas con efectos biológicos de interés. Pueden obtenerse las moléculas responsables de la actividad, o una colección de análogos sintéticos de las

# noticias

Facultad de Ciencias Químicas de la UCM y de institutos y colegios madrileños. El chef Alberto Taberero preparó pan tumaca, caviar de frutas, risotto de cítricos, infusión de frutos rojos de verano, mejillón al humo marino y piruleta de chocolate utilizando gases habituales que emplea la cocina moderna. Además, Lorena Sanz Serrano impartió la conferencia La aplicación de los gases en la Industria Alimentaria.

## NUESTRAS INSTITUCIONES

### El Nuevo portal ANQUE-formación agrupa todos los cursos que ofrecen las asociaciones integradas en ANQUE

En la LXVI Asamblea General de la Asociación Nacional de Químicos de España (ANQUE), celebrada en Madrid los días 26 y 27 de noviembre de 2016, se acordó recopilar los cursos presenciales y *on line* que realicen todas las asociaciones integradas en Anque en el nuevo Portal ANQUE-Formación ([www.anque.es/formacion](http://www.anque.es/formacion)).

### Showcooking

La Asociación de Químicos de Madrid, en colaboración con la compañía Praxair y la Universidad Complutense de Madrid (UCM), organizó el 24 de febrero un *showcooking* para alumnos y profesores de la



### La agencia de colocación marcha a pleno rendimiento

Desde enero de este año el Ilustre Colegio Oficial de Químicos de Madrid opera a pleno rendimiento como agencia de colocación para ofrecer a los colegiados más y mejores ofertas, y asegurar a las empresas que puedan escoger al candidato más adecuado. Además ofrece cursos, todos ellos son bonificables 100 por cien para las empresas que quieran ofrecérselos a sus empleados dentro de sus acciones formativas.

## Elecciones

El día 23 de febrero de 2017 tuvieron lugar las elecciones para la renovación parcial de cargos de la Junta de Gobierno y de asambleístas de la ANQUE de la Asociación de Químicos de Madrid. El actual equipo está formado por:

### Junta de Gobierno

Vicepresidente1º:

D. Donato Herrera Muñoz

Vicepresidente2º:

D. Ricardo Díaz Martín

Vicesecretario:

Dª. Ana María Bahamonde Santos

Vicetesorero:

D. Ignacio Ramírez Cuesta

Vocales:

D. María Del Carmen Clemente Jul

D. Félix García-Ochoa Soria

D. Antonio Rodríguez Mendiola

D. Antonio Gutiérrez Maroto

D. Íñigo Pérez-Baroja Verde

D. Mario Redondo Ciércoles

### Asambleístas de la ANQUE

Dª. Mª Mar Alarcon Hernández

D. Álvaro Badiola De Paz

D. Félix García-Ochoa Soria

D. Antonio Gutiérrez Maroto

D. Francisco Isabel Fernández-Vega

D. Baldomero López Pérez

D. Carlos Negro Alvarez

## Logros alcanzados

Entre los objetivos que se han ido logrando se destaca el desarrollo de un plan de equilibrio financiero realista en el que se está cumpliendo un presupuesto ajustado para garantizar la eficacia de la gestión y el ahorro de costes.

Otra de las novedades es el diseño de la web del Colegio [www.quimicosmadrid.org](http://www.quimicosmadrid.org), más adaptado al universo profesional en el que se mueven con mayor agilidad nuestros compañeros más jóvenes. De esta manera se pretende constituir un punto de encuentro atractivo entre los colegiados donde puedan realizar todos sus trámites con agilidad y eficacia. La página cuenta, además, con un chat en tiempo real para poder comunicarse de forma inmediata con la institución. En esta misma línea se ha desarrollado un correo electrónico corporativo gratuito para todos los asociados, que constituye una ayuda para aquellos que están en búsqueda de empleo o son emprendedores autónomos.

Por otra parte, se ha logrado constituir el Colegio como una Agencia de Colocación sin Ánimo de Lucro, lo que permitirá

llevar una gestión más allá del mero buzón de ofertas de empleo para trasladarlas a los colegiados demandantes. La intención es casar adecuadamente oferta y demanda para que el Colegio resulte ser un intermediario más eficaz. Además, se ofrecen los servicios de asistencia para preparación del CV y presentaciones, establecimiento de alianzas con empresas de consultoría de recursos humanos, recepción de información gratuita de subvenciones y ayudas, asesoramiento laboral y fiscal para trabajo en el extranjero, y asesoramiento laboral y fiscal para químicos emprendedores.

Otros temas en los que se está trabajando actualmente es en elaborar un plan de choque para el visado con el objetivo de fomentar su uso entre todos los agentes potenciales del mismo (colegiados, administración, empresas y sociedad en general). También se está estudiando la expedición de Certificados de Experiencia Profesional y de Certificados de Actuación Profesional que se realizan en países de nuestro entorno por asociaciones profesionales. Se espera que sea un servicio con el que en breve contarán todos los colegiados

**Ricardo Díaz explica el origen del 'petricor' en El Tiempo Hoy**

¿Sabías que el olor a tierra mojada viene de una bacteria? Ricardo Díaz, el decano del Ilustre Colegio Oficial de Químicos de Madrid, explica el origen del *petricor* en un artículo de El Tiempo Hoy ([http://www.eltiempohoy.es/latierra/medio-ambiente/Tormentas-sabias-tierra-mojada-bacteria-olor\\_0\\_2218125522.html](http://www.eltiempohoy.es/latierra/medio-ambiente/Tormentas-sabias-tierra-mojada-bacteria-olor_0_2218125522.html)) —web sobre meteorología de Mediaset—, publicado en agosto de 2016.



**Galardonados en San Alberto 2016**

Durante la festividad de San Alberto 2016 que se celebró los días 10, 11 y 12 de noviembre del pasado año, se distinguieron con las Insignias de oro y brillante a Donato Herrera Muñoz, Bernardo Herradón García, Elsa Álvarez Cascos y Miguel Ángel Alario y Franco. El Premio al Recién Graduado fue para Esther Gómez Mejía, que también distinguió dos Accésit: Javier Corpas Pardo y Paloma Pilar Mayo Mariscal de Gante.

**El X Congreso Mundial de Ingeniería Química se celebra en Barcelona**

La décima edición del Congreso Mundial de Ingeniería Química (WCCE10) se celebra este año en Barcelona, del 1 al 5 de octubre, coincidiendo con Expoquimia. Constará de cuatro programas: social, industrial, de estudiantes y científico, en los que la ANQUE ha tenido una actuación relevante en la definición de los dos últimos. Se espera una participación de más de 2.500 congresistas y la amplia afluencia de estudiantes; y de universidades españolas y de otros países.

**XI Encuentro Nacional de Docentes de Química trató la relación entre química, energía y medio ambiente**

El XI Encuentro Nacional de Docentes de Química se ha celebrado este año el 6 de mayo en El Escorial (Madrid). La temática elegida en esta edición fue Química, energía y medio ambiente, que se tradujo en dos conferencias sobre la energía nuclear y sobre la biorrefinería. Además la mesa redonda trató un asunto de actualidad: cómo afecta a la comunidad docente al evaluación de acceso a la universidad de la LOMCE.

**Manual de Etiquetado de Cosméticos 2016**

Durante el pasado Cosmetorium, celebrado los días 28 y 29 de septiembre de 2016 en Barcelona, se presentó el Manual de Etiquetado de Cosméticos, escrito por José Calomarde. La publicación reúne toda la información actualizada sobre los requisitos para cumplir las diferentes normativas que aplican a estos productos y expone casos prácticos reales de revisión de etiquetados.

**Premio, y tres Accésit, a la Mejor Tesis Doctoral en Química (2015-2016) de la Comunidad de Madrid**

La Real Sociedad Española de Química (RSEQ) otorgó un premio y tres accésit a cuatro mejores de las 22 presentadas a la Mejor Tesis Doctoral en Química (2015-2016) de la Comunidad de Madrid. El primer galardón fue para Álvaro Jiménez Galán y su *Attosecond spectroscopy of auto ionizing states*. Los otros tres reconocimientos fueron para Lina María Aguirre Díez, Javier López Andarias y Aida Martín Galán.

**'Entendiendo las nubes' fue el lema del Día Meteorológico Mundial 2017**

El pasado marzo se celebró el Día Meteorológico Mundial 2017, fecha que sirvió como excusa para hablar de uno de sus fenómenos más habituales: las nubes. Sobre ellas versó una conferencia que impartieron Rubén del Campo, Fernando Bullón y José Miguel Viñas. También fueron reconocidos los esfuerzos del personal de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) para explicar las nubes y su importancia.

**Congresos XII Nacional y XI Ibérico de Geoquímica, en septiembre**

Los Congresos XII Nacional y XI Ibérico de Geoquímica tendrán lugar los días 26, 27 y 28 de septiembre de 2017 en Linares (Jaén). El lema de esta ocasión es Investigar los recursos cuidando el medio ambiente. Se espera una importante participación de especialistas con el objetivo de fomentar el intercambio científico y técnico. Además, se entregará un premio de 500 euros a la mejor comunicación de jóvenes investigadores presentada. Más información en [www.congresodegeoquimica.org](http://www.congresodegeoquimica.org).



ALFONSO ESTEBAN

**Isabel Mijares, hija predilecta de Mérida**

La corporación municipal de Mérida ha homenajeado a Isabel Mijares y la ha nombrado Hija Predilecta de la ciudad. El acto, muy emotivo, se desarrolló en el auditorio de Mérida y tuvo una nutrida asistencia, incluyendo al presidente de la Comunidad de Extremadura, Guillermo Fernández Vara.

**Divulgación y orientación profesional para alumnos de secundaria**

La Asociación de Químicos de Madrid, junto con la empresa PRAXAIR y el patrocinio de la Consejería de Educación de la Comunidad de Madrid, va a llevar a cabo charlas de divulgación y de orientación profesional de la Ciencia e Ingeniería Química en algunos Centros Educativos de la Comunidad de Madrid.

Con ellas se pretende trasladar experiencias en el campo de Química, a la vez que informar a los estudiantes de 4º de ESO de las aplicaciones de la Química y de la Ingeniería Química, así como de las posibles salidas profesionales de estos estudios.

## Cursos y conferencias celebrados

Durante el segundo semestre de 2016 y el primero de 2017, el Colegio y la Asociación han desarrollado una actividad formativa y divulgativa notable, organizando -o colaborando para su puesta en marcha- cursos y talleres que han contado con una amplia participación.

### Conferencias

(celebradas en el Salón de Actos del Colegio y la Asociación)

- 18 de mayo de 2017 ■ Tecnología Power-to-Gas: almacenamiento de energía a gran escala
- 9 de mayo de 2017 ■ Descripción y evolución histórica de las conducciones de agua a Granada: épocas ilámica y cristiana
- 5 de abril de 2017 ■ Intensificación de procesos en ingeniería química
- 7 de marzo de 2017 ■ Mis vivencias como investigador y gestor de investigación
- 10 de enero de 2017 ■ ¿Somos todos mozárabes? El Toledo invisible
- 13 de diciembre de 2016 ■ La creación : visión desde la Ciencia y desde la Fe
- 10 de noviembre de 2016 ■ Biorrefinerías: la Biomasa como Materia Prima
- 18 de octubre de 2016 ■ Uso de biosólidos y sustancias húmicas en la concentración de minerales sulfurados de cobre: enverdecido la minería chilena
- 4 de octubre de 2016 ■ Cristalografía: construyendo el futuro átomo a átomo

- 21 de septiembre de 2016 ■ Análisis forense de suelos
- 27 de septiembre de 2016 ■ Procesado Geoquímico Out-Site o In-Site para la inmovilización de residuos orgánicos por vitrificación
- 13 de septiembre de 2016 ■ Ablación láser en líquidos: una nueva técnica para producir in situ dispersiones coloidales estables en solvente de diferente naturaleza

### Cursos Colegio y Asociación

- Del 13 al 16 de marzo de 2017 ■ Cálculo práctico de incertidumbres de métodos analíticos químicos
- Del 28 de noviembre al 1 de diciembre de 2016; Repetición del 22 al 25 de mayo 2017 ■ Validación de métodos analíticos. Aplicaciones prácticas
- 6 y 7 de julio de 2016 ■ Curso de Iniciación a la Cata de Vinos

### Otros cursos

- 13, 20 y 27 de octubre, y 3 y 17 de noviembre de 2016 ■ Sociedad Española de Químicos Cosméticos ■ Iniciación a la cosmética
- Online ■ www.aplic.es ■ Curso de experto en peritación de riesgos diversos

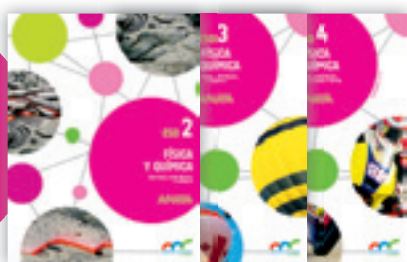
### Jornadas unión interprofesional

- Del 2 al 10 de marzo de 2017 ■ La práctica de la prueba pericial en el proceso civil (13ª edición)
- Del 18 al 27 de octubre de 2016 ■ Peritaje en prevención de riesgos laborales

ANAYA

aprender es crecer  
en conexión

ESO



Física y Química

BACHILLERATO



BILINGÜISMO



ESO



BACHILLERATO



Cultura Científica

ESO



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)

#### Y además, Proyecto Digital:

Libro digital

Web del alumnado y de la familia

Web del profesorado

[www.anayaeducacion.es](http://www.anayaeducacion.es)

## Estudiantes madrileños copan el pódium en la XXX Olimpiada Nacional de Química

El pasado 10 de marzo se celebró la Olimpiada de Química de Madrid en la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Complutense de Madrid (UCM). Participaron 209 alumnos, lo que supone un record de participación, de alrededor de 90 centros de Madrid y uno de Lisboa (Portugal), el Instituto de Educación (IES) Secundaria Giner de los Ríos, cuyos tres estudiantes realizaron el examen desde sus instalaciones.

Mientras los alumnos realizaban la prueba, los profesores y acompañantes pudieron asistir a una conferencia impartida por la Dra. M. Araceli Calvo Pascual (Universidad Autónoma de Madrid) sobre *Recursos didácticos para la enseñanza y el aprendizaje de la Química*, que despertó un gran interés entre los asistentes, a tenor del intenso debate que surgió al finalizar la charla.

La entrega de premios se realizó el 31 de marzo en el madrileño IES Beatriz Galindo y fue amenizada con una conferencia sobre fotoquímica a cargo de Antonio J. Sánchez Arroyo, olímpico en 2008 y actual doctorando en el Departamento de Química Orgánica de la Facultad de Ciencias Químicas de la UCM.

El total de premiados ascendió a 42: tres medallas de oro, cuatro de plata, cinco de bronce y 30 menciones de honor. Los tres primeros clasificados son Francisco Tomás-Valiente Jordá (IES Ramiro de Maeztu), Diego Carbone del Burgo (Colegio Villa de Griñón) y Luis Nicolás Soto San Román (Colegio Retamar), que recibieron un Premio Especial donado por ANAYA. Los cuatro medallistas de plata

Mateo), Paula Fernández Campos (Colegio Amanecer) y Young Seo Park (IES Ramiro de Maeztu).

Los 12 medallistas locales se prepararon en tres sesiones organizadas por la Asociación de Químicos de Madrid para representar a Madrid en la XXX Olimpiada Nacional de Química que se celebró los días 5 a 7 de mayo en El Escorial (Madrid). En total se presentaron 82 alumnos de las distintas comunidades autónomas, a los que se sumaron dos estudiantes madrileños de 1º de Bachillerato -Íñigo Ríos Arroyo (del Colegio



Tajamar) y Aarón Rubén Vinagre Maqueda (del IES Villa de Valdemoro)- que obtuvieron sendas menciones de honor.

Como resultado, se otorgaron diez medallas y tres menciones de honor. Las de oro fueron para Alberto Martín Clavero del IES Federico García Barnalt (Salamanca), Francisco Tomás-Valiente Jorda del IES Ramiro de Maeztu (Madrid) y Ezequiel Carretero Gil del IES Nit de L'Alba (Alicante). El galardón de plata recayó en Miguel González González del IES Pintor Antonio López (Madrid), Elena Sagüés Sesé del San Francisco de Asís (Málaga) y Diego Larrauri Ruiz del Colegio Sta sta María (La Rioja). La tercera posición fue compartida entre Diego Carbonie del Burgo del Colegio Villa de Griñon (Madrid), Álvaro Martín Cortinas del IES San Mateo (Madrid), Saúl Rodríguez Martín del Colegio Villa de Griñon (Madrid) y Jorge Santiago Ibáñez Marcos del IES EL Portillo (Zaragoza). Por último se concedió la mención de honor a Lluís Casabona Cendra del Instituto Monserrat (Barcelona), Juan Antonio Lirio Piñar del IES Sierra Mágina (Jaen) y Berta Pedret Sagnier del Aula Escola Europea (Barcelona).



Foto de familia de los ganadores.

son Daniel Molpeceres Mingo (IES Ramiro de Maeztu), Armando Albert Flores (IES Ramiro de Maeztu), Saúl Rodríguez Martín (Colegio Villa de Griñón) y Ángela Ramos Díaz (Colegio Jesús Maestro).

Los merecedores de los cinco galardones de bronce son Luis Ruíz Chamorro (Colegio Joyfe), Miguel González González (IES Pintor Antonio López), Álvaro Martín Cortinas (IES San

Los cuatro primeros clasificados en la fase Nacional representarán a España en las olimpiadas internacional e iberoamericana, que se celebrarán este año del 6 al 15 de julio en Nakhon Pathom (Tailandia) y del 8 al 15 de octubre en Lima (Perú), respectivamente.

Agradecemos la colaboración de la RSEQ-STM y las empresas PRAXAIR, DIVULGA Y ANAYA, así como al Decano y su equipo de la Facultad de Ciencias Químicas de la UCM y al IES Beatriz Galindo.

## MUNDO EMPRESARIAL



### Henkel y DHL colaboran en el concurso Art&Inclusion para fomentar la inserción de personas con discapacidad a través del arte

La compañía Henkel Ibérica, junto con la empresa de servicios postales y logísticos DHL, colaborará con la ONG Artistas Diversos en el concurso Art&Inclusion dirigido a las personas discapacitadas que la integran. El objetivo es favorecer su desarrollo e integración social. Desde el pasado 3 de mayo hasta el 30 de septiembre de 2017, los participantes pueden presentar sus creaciones artísticas inspiradas en cinco marcas de referencia de Henkel (WiPP Express, Bref, Diadermine, Schwarzkopf, Loctite) o en la colaboración que mantiene con DHL. Los empleados de Henkel votarán sus favoritas y las ganadoras se expondrán en las oficinas de Henkel y DHL.

### El investigador marino Ángel Borja recibe el Premio Europeo de Educación Ambiental

El investigador del Centro Tecnológico AZTY de innovación marina y alimentaria, Ángel Borja, ha sido galardonado con el Premio Europeo de Educación Ambiental en reconocimiento a sus 35 años de carrera como científico marino en los que ha contribuido a la divulgación de la problemática. El anuncio se produjo en la conferencia de la Sociedad de Toxicología y Química Ambiental (SETAC) que se ha celebrado en mayo en Bruselas.

### ARGUS Petrochemical Markets Event y Expoquimia centran la Asamblea de ChemMed

El edificio de la Autoridad Portuaria ha sido la sede de la última Asamblea General Ordinaria del cluster industrial, logístico, académico y científico de la química situado en el área de Tarragona, ChemMed Tarragona, que agrupa todos los agentes relacionados con el sector en el territorio. En la reunión se destacó

el hecho de que Tarragona fuera elegido por la consultora ARGUS Dewitt como escenario de una de las principales conferencias internacionales del sector petroquímico. También se anunció la participación del clúster en Expoquimia 2017 (Barcelona, del 2 al 6 de octubre), la feria que cada tres años concentra los principales referentes internacionales del sector químico.

### Acuerdo de colaboración entre la Asociación Española de Fabricantes de Productos de Química Fina (AFAQUIM) y COASHIQ

El pasado día 4 de mayo, se firmó el acuerdo estable de colaboración entre un la Comisión Autónoma de Seguridad e Higiene en el Trabajo de Industrias Químicas (COASHIQ) y la Asociación Española de Fabricantes de Productos de Química Fina (AFAQUIM). El objetivo es la coordinación de actividades entre ambas entidades para la gestión de proyectos de interés común en materia de Seguridad, Industrial, Salud y Medio Ambiente.

### Covestro casi dobla su dividendo un año después de salir a bolsa

El fabricante de materiales Covestro consigue casi duplicar su dividendo un año después de empezar a cotizar en bolsa, en 2015. Así lo ha confirmado la compañía durante su Junta General Anual celebrada en el World Conference Center de Bonn (Alemania). En su primer año completo de cotización, Covestro pagará a sus accionistas 1,35 euros por acción frente a los 0,70 euros del 2015 (año fiscal corto).

### Siemens incrementa un 6% sus ingresos y eleva un 18% su beneficio

A lo largo del segundo trimestre del ejercicio fiscal (del 1 de enero al 31 de marzo de 2017) Siemens ha confirmado la solidez de sus resultados, que han mantenido su trayectoria ascendente, según ha anunciado la compañía. Los ingresos del Grupo suben un 6 por ciento, hasta alcanzar los 20.219 millones de euros, aunque si se excluye el efecto tipo de cambio y el efecto cartera, el aumento se cifra en el 5 por ciento. Además, el beneficio operativo del Grupo -que mide la marcha de la actividad de negocio-

se eleva un 18 por ciento, hasta los 2.492 millones de euros.

### La presidenta de Air Liquide España, Teresa Rasero, se pone al frente de la Asociación de Empresas con Gran Consumo de Energía

La Asamblea de la Asociación de Empresas con Gran Consumo de Energía (AEGE) ha ratificado el nombramiento de presidente a Teresa Rasero Guerrero, presidenta de Air Liquide España, que ya ocupaba la vicepresidencia y que sustituye en el cargo a Esther Alonso Álvarez.



CC BY 3.0

### El abandono de residuos plásticos en lugares públicos se combate concienciando, según una encuesta

Según una encuesta encargada por la asociación europea de fabricantes de materias primas plásticas, Plastics Europe, el 99 por ciento de los españoles opinan que el abandono de residuos en lugares públicos, conocido como littering, es fruto del mal comportamiento ciudadano. Para combatirlo, 69 por ciento de los encuestados considera que la medida más eficaz son las campañas educativas y de concienciación. Además, siete de cada diez no creen que prohibir o reducir el consumo de productos vaya a ser útil.

### Desarrollo de productos y procesos para la impresión 3D

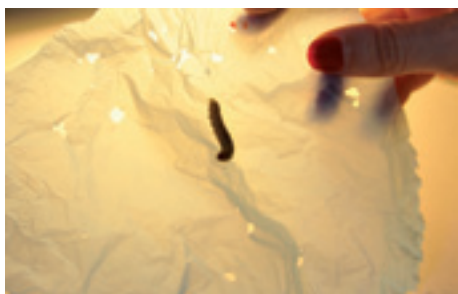
El Centro Tecnológico GAIKER-IK4 presentará sus desarrollos en impresión 3D en la feria ADDIT3D (Feria Internacional de Fabricación Aditiva y 3D), que se celebrará en el BEC (Bilbao Exhibition Centre) del 6 al 8 de junio.

# iones

Texto: Ignacio Fernández Bayo  
y Alicia A. Cortés

## Un gusano que se come el polietileno

Los humanos generamos cada año 80 millones de toneladas de polietileno, el material utilizado para hacer, entre otras cosas, bolsas de plástico y envases de alimentos. Es muy ligero y resistente,



pero tiene un problema: tarda entre 100 y 400 años en descomponerse de forma natural. Ahora, este inconveniente puede quedar resuelto. La investigadora Federica Bertocchini, del Instituto de Biomedicina y Biotecnología de Cantabria (CSIC-Universidad de Cantabria) ha descubierto que el gusano de la cera, *Galleria mellonella*, es capaz de degradar de forma natural este plástico, aunque su comida

habitual sea la miel y la cera de los panales de abejas.

El descubrimiento ha sido fruto de la casualidad, ya que la investigadora, apicultora aficionada descubrió un día que los panales que tenía en casa estaban llenos de estos gusanos y los separó y los metió en una bolsa de plástico, asegurándose de que quedaba bien cerrada. Horas después, comprobó que se había escapado de su encierro haciendo agujeros en la bolsa. Tras la realización de diversos experimentos, en colaboración con dos colegas de la Universidad De Cambridge, Bertocchini ha comprobado que “100 gusanos son capaces de biodegradar 92 miligramos de polietileno en 12 horas, una velocidad muy alta”.

También han descubierto que el mero contacto del plástico con el capullo provoca su degradación. El trabajo ha sido publicado en la revista *Current Biology*, y ha dado lugar a una patente que puede ser muy productiva, ya que es un material muy utilizado y de difícil tratamiento. El siguiente paso de los investigadores será localizar la enzima que, supuestamente, realiza este proceso para poder producirla a escala industrial.

## La tabla periódica más grande del mundo

La fachada del edificio de la facultad de Ciencias Químicas de la Universidad de Murcia (UMU) va a ser tapizada con un mural que reproduce la tabla periódica de los elementos. Su longitud será de 140 metros, lo que, según Pedro Lozano,

decano de la facultad “lo convierte en la reproducción de la tabla periódica más grande del mundo. Cada uno de los 118 elementos que formarán parte del mural estará representado por su símbolo y su número y peso atómico.



Según Lozano, la obra “supondrá un importante cambio de imagen del campus y será un referente para la Universidad de Murcia y para la ciudad”.


El proyecto ha sido financiado por un consorcio de 12 empresas murcianas. En nombre de dichas empresas, José María Albarracín, presidente de la Confederación Regional de Organizaciones Empresariales de Murcia (CROEM), recordó que “históricamente la Universidad de Murcia ha estado ligada al tejido empresarial de la región”. Por su parte, el rector de la UMU, José Orihuela, dijo que se trata de una “gran idea, salida de los muros de donde han nacido el resto de facultades de Ciencias de nuestra Universidad”, y añadió que es no puede imaginarse a Murcia sin la Facultad de Ciencias Químicas.



## EFEMÉRIDES HACE 200 AÑOS...

### Se descubre y aísla la clorofila

A principios del siglo XIX, los químicos franceses Pierre-Joseph Pelletier y Joseph-Bienaimé Caventou trabajaban juntos estudiando la entonces incipiente química vegetal. Ya habían aislado moléculas de diversos alcaloides como la brucina, la cinchonina, la quinina y la estrictina, algunas de ellas destinadas a suscitar el interés médico e industrial. En 1817 realizaron su descubrimiento más importante, al aislar la sustancia que confiere a las plantas su color verde. La llamaron clorofila, que en griego significaba hoja verde. Como se descubrió posteriormente, la clorofila es una molécula clave para la vida en nuestro planeta, ya que es la que realiza la fotosíntesis, origen de la mayor parte de los nutrientes que necesitan las

plantas y los animales. En ese proceso, utiliza la energía solar para descomponer el dióxido de carbono y el agua y formar los compuestos orgánicos a partir del hidrógeno del agua y el carbono del  $\text{CO}_2$ , emitiendo oxígeno a la atmósfera. Este aprovechamiento de la energía solar se ha intentado reproducir de forma artificial, pero hasta ahora no se ha conseguido igualar la capacidad de la clorofila. 

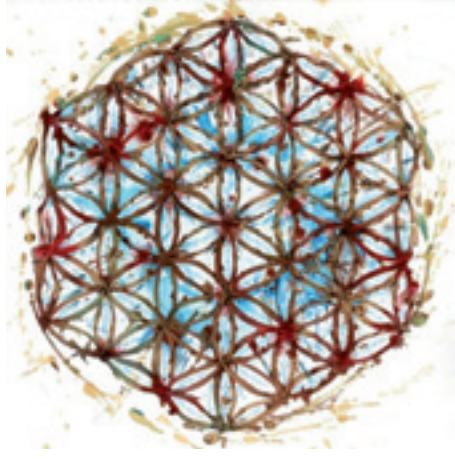
## EN RED

### Divulgamat

Cuando de pequeños nos decían que las matemáticas eran necesarias para nuestro día a día, lo que se nos venía la mente eran cosas útiles y poco estimulantes, como saber cuánto dinero nos tenían que devolver al comprar el pan y cuántas manzanas te quedaban si tenías cuatro en el frutero y te comías una. Pero la realidad es que todo lo que nos rodea está relacionado con las matemáticas:

desde la catenaria de un tren, la estructura fractal de un copo de nieve o incluso nosotros mismos.

La Real Sociedad Matemática Española sustenta la web Divulgamat, dedicada a la divulgación matemática. Funciona como una red que conecta diferentes publicaciones matemáticas de muy diversos formatos y desde todos los ángulos posibles: la sección de retos



matemáticos nos invita a devanarnos los sesos, la de cultura y matemáticas se encarga de la relación de esta disciplina con otras como la música o la

literatura y la de historia de las matemáticas nos ofrece una visión más académica. Pero lo más interesante que nos ofrece esta web es la sección de noticias, donde cuelgan información sobre exposiciones y conferencias, entre otros eventos para que puedas vivir las mate-

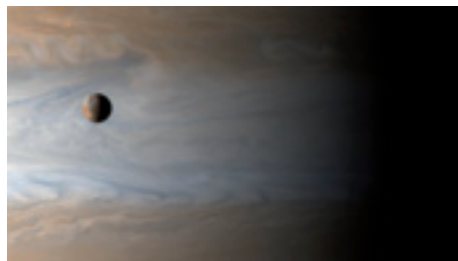
máticas fuera de la pantalla del ordenador. Dos curiosidades muy interesantes: cada mes publican un texto y una imagen que hacen palpable la conexión de las matemáticas con el arte y la belleza.

Una web para sumergirte en el mundo de las matemáticas sus retos, sus historias y, por supuesto, su belleza.

<http://www.divulgamat.net/>

### Naukas, un viaje alrededor de la ciencia

El satélite Ío, que orbita alrededor de Júpiter, el proceso de desertificación e el que se ven inmersos ciertas zonas de nuestro planeta o la presencia de parabenos en productos de uso diario, son algunos de los asuntos que el grupo de Naukas abordan en la mayor plataforma online de divulgación científica en español.



Centenares de científicos y divulgadores están detrás de esta web que se caracteriza por estar realmente viva: la publicación de entradas es prácticamente a diario. Además los temas que tratan son tan amplios como lo es la

ciencia en sí misma. En la sección de astronomía nos acercan a la belleza de la constelación de Carina, a la que no podríamos acceder de otra manera; mientras que en la de neurociencia nos cuentan cuál es la función que cumple el dolor en nuestra propia supervivencia o la relación entre algoritmos matemáticos con el croar de las ranas y su elección de pajera en la sección de matemáticas.

También son capaces de arrojar luz sobre temas tan controvertidos como la utilización del aceite de palma en productos de consumo alimenticio o sobre cómo en las redes sociales hay oleadas de mensajes relativos a la salud que no son del todo ciertos, como que es mejor beber cerveza para calmar el dolor que tomarse un paracetamol.

Las mentes inquietas encontrarán en este portal de ciencia un compañero de viaje en la exploración del conocimiento científico.

<http://naukas.com/>

## REDES



@CERN

Todos los avances y experimentos del CERN, a golpe de foto. Para seguir el día a día del Laboratorio de Física de Partículas más importante del mundo, donde se descubrió el bosón de Higgs y donde se sigue estudiando para conocerlo a fondo.

Facebook



Experimentos con huevos para hacer en casa  
#WasabySajado

Cómo ver un huevo por dentro con un puntero láser, cómo hacer una tortilla sin abrir el huevo, cómo separar la yema de la clara con ayuda de una botella... Wasaby Sajado comparte vídeos donde propone muchos otros experimentos caseros sorprendentes y divertidos.

De lo minúsculo a lo gigantesco  
#Eamesoffice

Entre otros muchos vídeos se encuentra aquí "Potencias de diez", uno de los documentales divulgativos más famosos de la historia, producido en 1977 y actualizado en 2010. En 9 minutos nos lleva desde los confines del átomo hasta el universo completo, en sucesivos pasos que van multiplicando la escala por diez.



Ciencia fascinante

Con más de 25 millones de seguidores, *I Fucking Love Science* es una de las estrellas de la divulgación científica a través de Facebook, gracias a sus sorprendentes noticias, fotos, vídeos, consejos y comentarios.



Tuits de altos vuelos

@SEO\_BirdLife

La Sociedad Española de Ornitología es la organización no gubernamental dedicada a la defensa ambiental más antigua de España, y la mejor fuente de información para estar al día en el mundo de la ornitología, sus curiosidades y los riesgos que amenazan la avifauna.



## EXPOSICIONES

**Océanos: la exposición. El último territorio salvaje**  
**Museo Nacional de Ciencias Naturales**  
**C/José Gutiérrez Abascal, 2.**  
**Madrid - 28006**  
**Visitable hasta noviembre de 2017**



Esta exposición está basada en el documental *Oceans*, uno de los de mayor éxito de los últimos años, ya que ha sido visto por más de 12 millones de personas de 40 países y recibió el Premio César al mejor documental de 2011. Dirigido por el ganador de un Oscar Jacques Perrin (autor de *Nómadas de Viento* y *Los Chicos del Coro*) junto con Jacques Cluzaud, la filmación requirió un total de 7 años de trabajo y 75 expediciones en las que participaron más de 500 personas. Se obtuvieron 480 horas de material con enorme valor divulgativo y científico, e imágenes de más de 200 especies marinas. Esas filmaciones, inéditas y de gran belleza, constituyen ahora el soporte audiovisual de la exposición que exhibe actualmente el Museo Nacional de Ciencias Naturales.

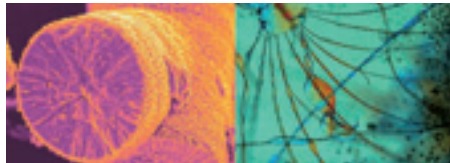
La muestra ocupa un espacio de unos 1.000 m<sup>2</sup> y ofrece un recorrido por el fondo marino que permite descubrir la riqueza del océano y la importancia de su preservación. Incluye réplicas de animales marinos a escala real, como la de un tiburón blanco de 6,5 metros de largo, imágenes 3D estereoscópicas

de especies y paisajes marinos, dispositivos interactivos con información exhaustiva sobre diferentes temáticas y una espectacular pantalla gigante curva que produce un efecto inmersivo. También contiene paneles y vídeos sobre algunas de las investigaciones marinas desarrolladas por el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC),

Los océanos representan una de las barreras del conocimiento científico de nuestro planeta y la humanidad debe tomar conciencia de la importancia de conservarlos para su propia supervivencia. En esta ocasión hemos apostado por incorporar el formato audiovisual como clave expositiva para concienciar a la sociedad de la necesidad vital de cuidar de los océanos", dice el director del MNCN, Santiago Merino. Por su parte, Óscar Vega, comisario de la exposición asegura que esta es "ante todo, una experiencia en la que el visitante, tras un fascinante viaje, sale transformado, descubre la belleza y la riqueza del océano, y toma conciencia de la necesidad de preservarlo".

## Los biomorfos ofrecen indicios sobre el origen de la vida terrestre

Parecen restos de origen biológico, como conchas, cáscaras, huesos o caparazones, pero su origen es inorgánico. Son estructuras cristalinas que crecen en laboratorio en condiciones similares a las de las rocas que contienen los fósiles más antiguos de la Tierra. Se denominan biomorfos,



están hechos de sílice y carbonato y se ensamblan de forma natural por sí mismos formando simetrías, formas y texturas semejantes a las que producen algu-

nos seres vivos. Esta similitud y el hecho de que se generan en condiciones semejantes a las que había cuando vivieron algunos de los organismos terrestres más antiguos, permiten realizar experimentos para conocer mejor como nacieron y evolucionaron. Un grupo de investigadores del Instituto de Ciencias de la Tierra (CSIC-Universidad de Granada) ha estudiado los procesos químicos implicados en el crecimiento de estos nanocristales, "uno de los pocos casos conocidos de autoorganización química en materiales" inorgánicos y según han publicado en *Nature Communications*, el fenómeno se produce por oscilaciones en su pH.

Su crecimiento se realiza siempre en superficies curvadas, sin ángulos ni aristas y el proceso consiste en la precipitación de bario o estroncio en entornos alcalinos ricos en sílice. "La coprecipitación químicamente acoplada del carbonato y el sílice produce una serie de estructuras laminares, las cuales sufren un rizado de sus bordes de crecimiento. Los rizos se propagan a lo largo del borde de las láminas como olas de surf", explica Juan Manuel García Ruiz, coautor del trabajo, en el que han participado también investigadores de la Universidad de Bolonia (Italia). García Ruiz fue, precisamente, el descubridor de estas estructuras, hace tres décadas, y el que les puso nombre.

## LIBROS

**Los señores del fin del mundo**  
**Enrique Vaqué**  
**Editorial Almuzara**  
**Córdoba, 2016**

Enrique Vaqué es un químico valenciano de larga y exitosa carrera profesional en el ámbito de la industria química, actividad que comparte con la dedicación a la literatura; primero la poesía y ahora la novela. Tras el éxito de la primera, *Los colmillos del trópico*, ha publicado esta segunda, una novela histórica y de aventuras, ambientada en las postrimerías de la Edad Media, donde no faltan detalles sobre la ciencia de la época. El protagonista es Hasib ibn Al-Sharif, un adolescente musulmán de ori-



gen humilde que entra al servicio del médico de la familia real nazarí en Córdoba, como enfermero. La tranquila existencia que pretende llevar se ve alterada por vicisitudes que le llevarán a recorrer medio mundo, desde Castilla hasta Pakistán, pasando por Constantinopla y La Meca. Verá hambre y enfermedades, sorteará peligros naturales y otros provocados por los humanos y, especialmente, conocerá los engranajes, perfidias y miserias del poder ejercido por los sátrapas de la época, los señores del fin del mundo que dan título a la obra.

## Las estaciones del año

Para los habitantes en las latitudes medias de la Tierra, en las zonas templadas de ambos hemisferios, el año se divide en las cuatro estaciones bien conocidas: primavera, verano, otoño e invierno, con características climáticas diferenciadas, producidas por la distinta cantidad de calor que se recibe del Sol debido a las variaciones de horas de insolación y a las del ángulo de incidencia de los rayos solares sobre la superficie de la Tierra a lo largo del año. Dichas variaciones se deben a que el plano de la órbita de la Tierra alrededor del Sol forma un ángulo de 23.5 grados con el ecuador terrestre. El movimiento de traslación de la Tierra en su órbita produce el aparente de traslación del Sol alrededor de la misma. Este movimiento aparente proyectado sobre la bóveda celeste resulta ser un círculo, al que se llama *eclíptica*, inclinada sobre el ecuador esos mismos 23.5 grados, que el Sol recorre en un año. El plano del ecuador corta al de la eclíptica según un diámetro cuyos extremos son los puntos *equinociales*. En los extremos de otro diámetro de la eclíptica perpendicular al anterior están los puntos *solsticiales*.


Cuando el Sol recorre el semicírculo de la eclíptica al norte del plano del ecuador transcurren las estaciones de primavera y verano para el hemisferio norte y las de otoño e invierno para el hemisferio sur. Y cuando lo hace en el semicírculo al sur del plano del ecuador las de otoño e invierno para el hemisferio norte y primavera y verano, respectivamente para el hemisferio sur.

En el hemisferio norte, el 21 de marzo, aproximadamente, el Sol está en el punto equinoccial de primavera y da comienzo esta estación. En dicha fecha el Sol está el mismo tiempo encima del horizonte que debajo, el día es igual a la noche. A partir de este día el Sol está más tiempo encima del horizonte que debajo, las horas de insolación aumentan y también lo hacen, sobre la horizontal, los ángulos de incidencia de los rayos solares, con lo que también aumenta el calor radiante recibido. Cuando el Sol ha recorrido un cuadrante de la eclíptica y alcanza el punto solsticial de verano, aproximadamente el 21 de junio, comienza esta estación para el hemisferio norte, y esa es la noche más corta. A partir de esta fecha las horas de insolación disminuyen así como los ángulos de incidencia de los rayos solares sobre la superficie de la tierra y por ende el calor recibido. Alrededor del 23 de septiembre el Sol ha recorrido 90° desde el solsticio y está en el otro punto equinoccial, el de otoño, el día es igual a la noche, y marca el inicio del otoño. A partir de esta fecha las noches se van haciendo más largas que los días, los ángulos de incidencia de los rayos solares sobre la tierra disminuyen y por tanto el calor. Aproximadamente el 22 de diciembre el Sol ha cumplido el recorrido de otro cuadrante de la eclíptica y alcanza el punto solsticial de invierno, es el día de la noche más larga, comienza el invierno en el hemisferio norte. Mientras transcurre esta estación las noches se van acortando,

la insolación aumenta paulatinamente, hasta que el Sol recorre otro cuadrante de la eclíptica, completa su recorrido sobre ella, y alcanza el equinoccio de primavera.

En el hemisferio sur los puntos equinociales y solsticiales reciben nombres opuestos a los del hemisferio norte. Así el equinoccio de primavera es el de otoño. En ambos hemisferios, las cuatro estaciones se pueden apreciar claramente en las zonas templadas comprendidas entre el Trópico de Cáncer y el Círculo Polar Ártico (en el norte) y entre el Trópico de Capricornio y el Círculo Polar Antártico (en el sur). En los equinoccios, en los puntos de la Tierra situados en el Ecuador, el Sol ocupa el cenit (la vertical del lugar) a mediodía, es decir, los rayos solares inciden verticalmente sobre el suelo. En el solsticio de junio, los rayos del Sol inciden verticalmente a mediodía en el Trópico de Cáncer. En el solsticio de diciembre, esto ocurre en el Trópico de Capricornio.



Las estaciones es un tema que ha sido representado reiteradamente por numerosos pintores. Hay cuadros famosos como *La Primavera* de Sandro Botticelli (1445-1510) o los extraños cuadros *Las Estaciones* de Giuseppe Archiboldo (1527-1595). Mostramos aquí cuatro obras de arte, una por cada estación, que corresponden a autores menos conocidos y más recientes en el tiempo. La Figura 1, “Verano”, es la obra del artista impresionista Leonid Efremov, nacido en 1955, en Vitebsk, Bielorrusia. Ha vivido en Israel y en la actualidad reside en Estados Unidos con nacionalidad israelí. La Figura 2, “Otoño” es del mismo autor. “Invierno”, Figura 3, es obra del artista neoimpresionista francés Paul Signac (1863-1935). Signac, además de pintor, es autor de monografías sobre teoría del arte. Y finalmente, la Figura 4, “Primavera”, obra del artista Thomas Hart Benton, nacido en Misuri (1889-1975). El estilo de Benton se caracteriza por sus figuras escultóricas. En resumen, debemos felicitarnos de que las estaciones cambiantes hacen que la vida humana en el universo sea más diversificada e interesante. 

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

# agenda

Linares,  
de 26 al 28 de septiembre de 2017  
**Congresos XII Nacional y XI Ibérico de Geoquímica**  
Universidad de Jaén, Campus de Linares  
[www.congresodegeoquimica.org](http://www.congresodegeoquimica.org)

Valladolid,  
del 26 al 29 de septiembre de 2017  
**Expo Biomasa**  
**Energías renovables. Biocombustibles. Producción energética**  
Feria de Valladolid. Avda. Ramón Pradera, s/n  
[www.expobiomasa.com](http://www.expobiomasa.com)



Barcelona,  
del 1 al 5 de octubre de 2017  
**WCCE10: 10th World Congress of Chemical Engineering**  
**ECCE11: 11th European Congress of Chemicals Engineering**  
**4th European Congress of Applied Biotechnology**  
Fira de Barcelona  
Organizan: ANQUE, Enginyers Industrials de Catalunya, SEQUI Y AIQS  
[www.wcce10.org](http://www.wcce10.org)

Barcelona,  
del 2 al 6 de octubre de 2017  
**Eurosurf**  
Fira Barcelona  
[www.eurosurf.com](http://www.eurosurf.com)

Barcelona,  
del 2 al 6 de octubre de 2017  
**Equiplast**  
Fira Barcelona  
[www.equiplast.com](http://www.equiplast.com)

Barcelona,  
del 2 al 6 de octubre de 2017  
**Smart Chemistry Smart Future**  
**Un foro de encuentro único para impulsar y promover el desarrollo del sector químico.**  
Fira de Barcelona  
[www.smartchemistry.net/](http://www.smartchemistry.net/)

Barcelona,  
del 2 al 6 de octubre de 2017  
**IN(3D)USTRY 2017. From needs to solutions**  
Se presentarán casos de éxito de la fabricación aditiva avanzada en cuatro sectores (automoción, aeronáutica, retail y salud)  
Fira de Barcelona  
[www.in3dustry.com/home](http://www.in3dustry.com/home)



Barcelona,  
del 2 al 6 de octubre de 2017  
**Expoquimia**  
Fira Barcelona  
[www.expoquimia.com/](http://www.expoquimia.com/)

Málaga,  
del 4 al 6 de octubre de 2017  
**Reunión de la Sociedad Nuclear Española 2017**  
Palacio de Exposiciones y Congresos  
<https://www.sne.es/>

Sevilla,  
del 9 al 11 de octubre de 2017  
**Hydro Conference and Exhibition**  
**Medio ambiente. Agua. Electricidad. Tratamiento de agua**  
Palacio de Exposiciones y Congresos.  
Av. Alcalde Luis Uruñuela 1.  
Sevilla (España)  
[www.hydropower-dams.com](http://www.hydropower-dams.com)

Madrid,  
del 7 al 8 de noviembre de 2017  
**Empack Madrid**  
**Packaging. Envases. Maquinaria. Materiales. Packaging de alimentos.**  
Procesamiento de alimentos  
Feria de Madrid (Ifema)  
Av. Partenón. Madrid  
[www.easyfairs.com](http://www.easyfairs.com)


Barcelona,  
del 14 al 16 de noviembre de 2017  
**Smart City Expo World Congress**  
**Electrónica. Salud. Servicios. Agua. Automatización. Tratamiento de residuos.**  
Fira Barcelona  
Av. Joan Carles I 64. Barcelona  
[www.smartcityexpo.com/home](http://www.smartcityexpo.com/home)

Valencia,  
del 29 al 30 de noviembre de 2017  
**Egética**  
**Energías renovables. Tecnología. Energía eólica. Energía solar. Producción energética**  
Feria Valencia  
Avenida de las Ferias s/n. Valencia  
[egetica.feriavalencia.com/](http://egetica.feriavalencia.com/)



Valencia,  
del 5 al 9 de febrero de 2018  
**Cevisama**  
**Azulejos y cerámica. Construcción. Máquina - herramienta. Arquitectura. Baños. Diseño de interiores. Equipamiento de cocina. Equipamiento sanitario. Equipamiento y tecnología. Industria química. Materiales.**  
Feria Valencia  
Avenida de las Ferias s/n. Valencia  
[www.feriavalencia.com/es/cevisama/](http://www.feriavalencia.com/es/cevisama/)

Madrid,  
20 al 23 de febrero de 2018  
**SICUR**  
**Servicios. Seguridad. Seguridad laboral. Sistemas de alarma. Sistemas de seguridad.**  
Feria de Madrid (Ifema)  
Av. Partenón. Madrid  
[www.ifema.es/sicur\\_01/](http://www.ifema.es/sicur_01/)



**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](http://mejoremoslaenergia.com)

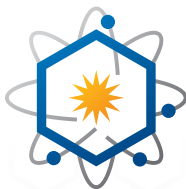


**REPSOL**

*Inventemos el futuro*



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](http://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.