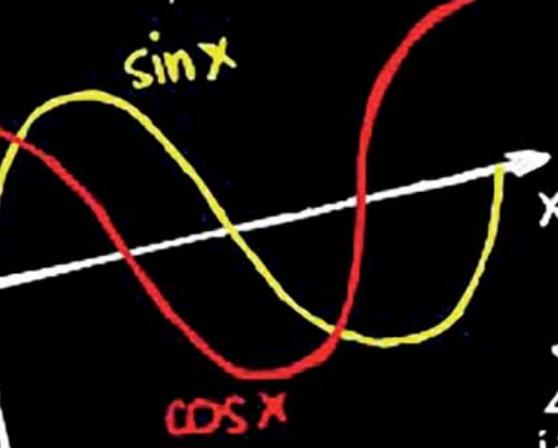


$$x^2 + z^3 + xyz - 6 = 0$$



$$\text{grad} f = \left( \frac{\partial f}{\partial x}, \frac{\partial f}{\partial y} \right)$$

tg x

$$B = \begin{pmatrix} 2 & 1 & -1 & 0 \\ 3 & 0 & 1 & 2 \end{pmatrix}$$

$$Y_{i+1} = Y_i + b \cdot K_2$$

$$\sum_{i=0}^n (P_2(x_i) - y_i)^2$$

$$\text{tg} 2x = \frac{2 \text{tg} x}{1 - \text{tg}^2 x}$$

$$\text{tg} x = \frac{\sin x}{\cos x}$$

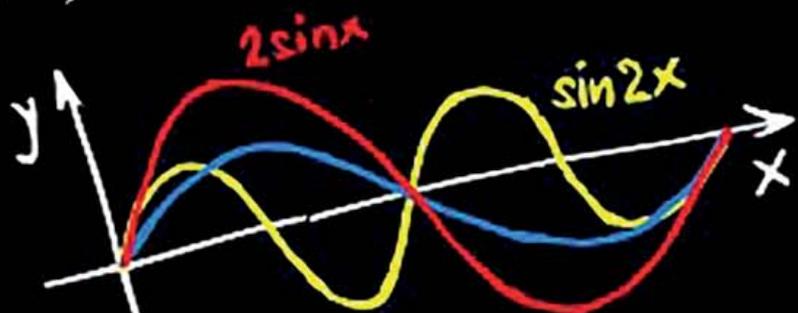
$$\frac{\lambda x - y + x + \lambda y}{x + y}$$

$$\iiint_M z \, dx \, dy \, dz = \int_0^{2\pi} \left( \int_0^2 \left( \int_{\frac{1}{2}}^1 r \, r \, dr \right) d\eta \right) d\varphi$$

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{\sqrt{n^3 + 1} + n}{\sqrt[3]{3n^2 + 2n - 1}}$$

$$x = 0, I = (1, 10)$$

$$\int \cos^3 x \, dx$$



$$\frac{a}{\sin d} = \frac{b}{\sin \alpha}$$

$$y = \sqrt[3]{x + 1}$$

$$\beta + \cos^2 \mu = 1$$

$$\delta(p_2) = \sqrt{0,16}$$

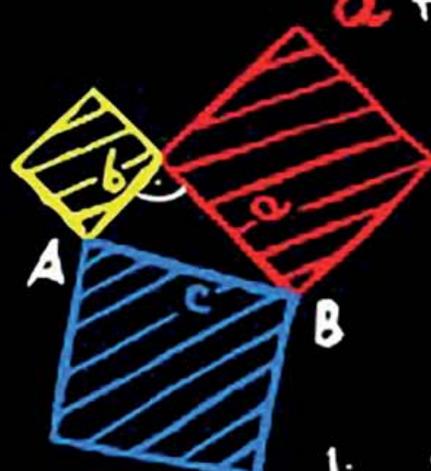


$$\frac{z}{y} = 0 \quad \vec{n} = (F_x'; F_y'; F_z')$$

$$a^2 + b^2 = c^2$$

$$\alpha, \beta, \mu \in \mathbb{C}$$

$$\frac{y^2}{b^2} + \frac{z^2}{c^2} = 0$$



$$f(x) = 2^{-x} + 1, \epsilon = 0.005$$

$$2 \sin x \cdot \cos x$$

$$e^z - xyz = e; A[0; e]$$

$$\lim_{x \rightarrow 0} \frac{e^{2x} - 1}{5x} = \frac{2}{5}$$

$$|\alpha| + |\beta| \neq 0; \mu$$

$$|z| = \sqrt{a^2 + b^2}$$

$$\nabla \phi f = 16 - x^2 + 16y^2 - 4z > 0$$

$$(1 + x^2, 1)$$

$\cotg x = 1$        $2x^2yy' + y^2 = 2$        $x_1 = -11p, x_2 = -p, x_3 = 7p, p \in \mathbb{R}$

$a^2 = b^2 + c^2 - 2bc \cos \alpha$        $\tg \frac{x}{2} = \frac{1 - \cos x}{\sin x} = \frac{\sin x}{1 + \cos x}$

$z = 1$   
 $+z = \lambda$   
 $+z = \lambda^2$

$\beta = \frac{c}{\sin \gamma}$

$x - \ln t$

$F_2 = 2xyz - 1 = 1$

$X_1 = \begin{pmatrix} 2p \\ -p \\ 0 \end{pmatrix}$

$(1 + e^x)yy' = e^x$   
 $y(1) = 1$

$y = x^3$   
 $y = x^4$

$-\sin^2 x$

$A + B + C = 8$   
 $-3A - 7B + 2C = -10$   
 $-18A + 6B - 3C = \dots$

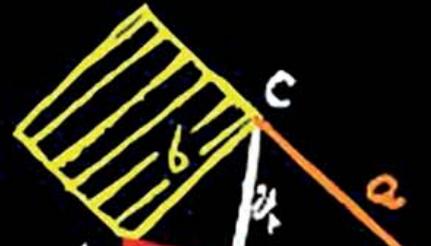
$\frac{\sin x}{x} \leq \frac{x}{x} = 1$

$\eta_1 = \lambda_1^2 - 3\lambda_1 + 1 \neq 0$

$\frac{2x}{x^2 + 2y^2} = 2$

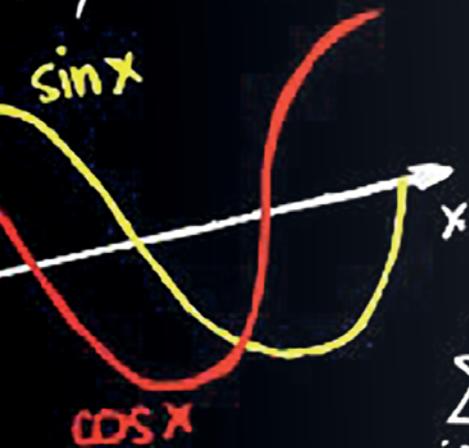
$\sin(x+y) = \sin x \cos y + \cos x \sin y$

$y' - \frac{\sqrt{y}}{y} = 0; y(0) = 1$



# Física, Química y Matemáticas

$$+xyz - 6 = 0$$



$$\text{grad} f = \left( \frac{\partial f}{\partial x} ; \frac{\partial f}{\partial y} \right)$$

$$\text{tg } x \cdot \cos$$

$$Y_{i+1} = Y_i + b \cdot k_2$$

$$B = \begin{pmatrix} 2 & 1 & -1 & 0 \\ 3 & 0 & 1 & 2 \end{pmatrix}$$

$$\sum_{i=0}^n (P_2(x_i) - y_i)^2$$

$$\text{tg } 2x = \frac{2 \text{tg } x}{1 - \text{tg}^2 x} \quad \text{tg } x = \frac{\sin x}{\cos x}$$

$$\begin{aligned} \lambda x - y + z &= 1 \\ x + \lambda y + z &= \\ x + y + \lambda z &= \end{aligned}$$

$$\iiint_M z \, dx \, dy \, dz = \int_0^{2\pi} \left( \int_0^2 \left( \int_{\frac{1}{2}}^1 r \, r \, dr \right) d\varphi \right) dz$$

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{\sqrt{n^3+1} + n}{\sqrt[3]{3n^2+2n-1}}$$

$$I = (1, 10)$$

$$\frac{a}{\sin \alpha} = \frac{b}{\sin \beta} =$$



$$y = \sqrt[3]{x+1}$$

$$\cos^2 \mu = 1$$

$$\delta(P_2) = \sqrt{0,16}$$

$$C = \begin{pmatrix} 0,1 \\ 1,0 \end{pmatrix}$$

$$\vec{n} = (F_x'; F_y'; F_z')$$

$$a^2 + b^2 = c^2$$

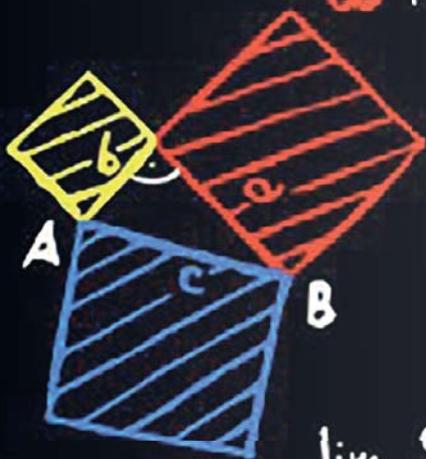
$$\alpha, \beta, \mu \in \mathbb{C}$$

$$f(x) = 2^{-x} + 1, \epsilon = 0.005$$

$$e^2 - xyz = e; A[0; e; 1]$$

$$\lim_{x \rightarrow 0} \frac{e^{2x} - 1}{5x} = \frac{2}{5}$$

$$|\alpha| + |\beta| \neq 0; \mu \neq 0$$



$$+ \frac{z^2}{c^2} = 0$$

$$\cos x$$

$$|z| = \sqrt{a^2 + b^2}$$

$$\nabla(\partial f) = 16 - x^2 + 16y^2 - 4z > 0$$

$$(x, 1+x^2, 1)$$

$2x^2yy' + y^2 = 2$       $x_1 = -11p, x_2 = -p, x_3 = 7p, p \in \mathbb{R}$   
 $\text{tg } x = 1$   
 $a^2 = b^2 + c^2 - 2bc \cos \alpha$   
 $\text{tg } \frac{x}{2} = \frac{1 - \cos x}{\sin x} = \frac{\sin x}{1 + \cos x}$

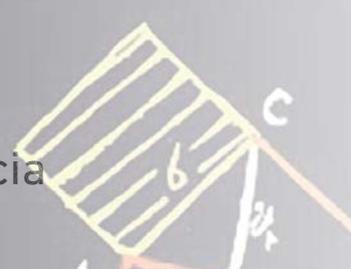
# ÍNDICE

	Página
1. Productos Naturales desde cultivos experimentales.....	274
2. Moléculas que trabajan como nano ordenadores.....	276
3. Dispositivos luminosos más eficientes.....	278
4. Modelos matemáticos de excelencia.....	280
5. Nanopartículas, presente y futuro de lo pequeño.....	282
6. Nanopartículas con aplicaciones biomédicas.....	284
7. Una gran información a pequeña escala.....	286
8. Nuevas técnicas ópticas moleculares.....	288
9. Matemáticas contra el cáncer.....	290
10. Sensores químicos a bajo coste.....	292
11. Hacia la tercera generación de placas solares.....	294
12. Matemáticas para la encriptación.....	296
13. Investigar la versatilidad del ADN.....	298
14. Reacciones con hidrógeno.....	300
15. Nanopartículas mediante Microscopía Electrónica.....	302
16. En busca de nuevos planetas.....	304
17. Herramientas para la síntesis de fármacos.....	306
18. Galaxias ermitañas.....	308
19. Abstraerse en lo abstracto.....	310
20. Energía solar integrada en ventanas.....	312
21. Fraudes en el aceite de oliva.....	314
22. Nanopartículas de oro.....	316
23. Materiales ópticos ala carta.....	318
24. Compuestos para la purificación de gases.....	320
25. La misión espacial CoRoT.....	322
26. Terapias con carbohidratos.....	324

$\lambda = \lambda^2$   
 $\frac{c}{\sin \lambda}$   
 $x = \text{tg } t$



$\frac{2x}{x^2 + 2y^2} = 2$       $z = \frac{1}{x} \arcsin \frac{\sqrt{2}}{2}$       $\eta_1 = \lambda_1^2 - 3\lambda_1 + 1 \neq 0$   
 $\sin(x+y) = \sin x \cos y + \cos x \sin y$   
 $y' - \frac{\sqrt{y}}{y} = 0; y(0) = 1$   
 $\int \frac{dx}{\sqrt{ax+b}} = \frac{2\sqrt{ax+b}}{a}$   
 $\frac{\sin x}{x} \leq \frac{1}{x} = 1$



## Productos naturales desde cultivos experimentales

Un grupo de científicos, coordinado por el profesor Alejandro Fernández Barrero de la Universidad de Granada, ha realizado un proyecto para analizar los principios activos de ciertas especies vegetales endémicas del sur de España y su posible aplicación industrial.



### Proyecto:

Uso Sostenible de plantas y síntesis orgánica avanzada para la obtención de moléculas bioactivas de interés

### Código:

P08-FQM-03596

### Centro:

Universidad de Granada

### Contacto:

Alejandro Fernández Barrero  
Tfno: 958 243 318  
e-mail: afbarre@ugr.es

Dotación: 259.923,68 €

El proyecto de excelencia, en el que ha participado un equipo pluridisciplinar formado por químicos, biólogos y técnicos agrónomos, ha puesto en marcha cultivos sostenibles de varias especies vegetales para la obtención de productos de alto valor añadido.

El estudio constituye el punto de partida de un futuro aprovechamiento de ciertas plantas que, por crecer en espacios protegidos y tener un hábitat restringido, no han podido ser utilizadas hasta hoy. Los profesionales de la investigación han estudiado un total de cuatro variedades, de las cuales tres son endémicas del sur de España: *Artemisia granatensis* (manzanilla real), *Lavandula luisieri* y *Bellardia trixago*. Una última planta ha sido *Geranium macrorrhizum*, que puede encontrarse en cualquier región con clima templado de Europa.

### En busca de nuevas funciones

El trabajo ha contado con la colaboración de investigadores como Jesús Burillo, perteneciente al Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón, cuya tarea ha consistido en el desarrollo de cultivos experimentales de *Lavandula luisieri* y *Geranium macrorrhizum*.

Por otra lado, González Coloma, científica del Instituto de Ciencias Agrarias del Consejo Superior de Investigaciones Científicas de Madrid, ha llevado a cabo el estudio de la multiplicación y cultivo en cámara de la manzanilla real y de la germinación y producción de *Bellardia*

*trixago*.

“En la Universidad de Granada nos hemos encargado de determinar mediante análisis químicos, cuáles son las condiciones de cultivo para cada planta que permiten obtener los mayores rendimientos de los componentes bioactivos. Todos los extractos y moléculas obtenidos se han sometido a test alelopáticos en los laboratorios del CSIC (Madrid), consistente en el análisis de la influencia de los compuestos sobre otros organismos, con el objetivo de buscar aplicaciones como plaguicidas”, explica el responsable del proyecto.

### **Se han descubierto nuevas aplicaciones en las plantas silvestres para la obtención de insecticidas, perfumes y antitumorales**

Además, han realizado síntesis químicas con estos compuestos para obtener productos naturales con mejor bioactividad.

Los conocimientos obtenidos constituyen el primer paso hacia la creación de empresas de base tecnológica que puedan poner en explotación productos para la industria agroalimentaria y de perfumería.

Así, en este proyecto, se han descubierto nuevas aplicaciones en las plantas silvestres estudiadas que les confieren potencial interés en agricultura para protección contra insectos (insecticidas naturales), para la conservación post-cosecha de frutos y tubérculos y para la obtención de fijadores de perfume-



**Cultivo de *Geranium macrorrhizum***

ría ambarados.

Igualmente, “hemos desarrollado métodos de síntesis química avanzada utilizando los productos de las plantas cultivadas para obtener fácilmente otros con interés en medicina. Con esta estrategia se ha sintetizado un antitumoral contra el cáncer de cerebro ( $\beta$ -elemeno) y un potente antibiótico (siccanina)”, añade Alejandro Fernández.

Estos avances han logrado el registro de dos patentes en la Oficina Española de Patentes y Marcas que protegen los resultados del empleo de *Bellardia trixago* para la obtención de perfumes y para la producción del diterpeno geranilgeraniol, cuyas propiedades lo convierten en un componente esencial de ciertos fármacos en fase de experimentación contra el Alzheimer.

En estos momentos, una tercera licencia se encuentra en fase de tramitación, referente a la especie *Lavandula luisieri*, la cual demuestra sus aplicaciones como nuevo conservante natural post-cosecha de frutos y tubérculos.

El proyecto ha contribuido a la formación especializada en el ámbito de los productos natu-

rales de varios estudiantes que han centrado sus tesis doctorales en este campo.

Los progresos alcanzados han sido presentados en conferencias nacionales e internacionales, entre las que destaca la comunicación titulada ‘A short

*enantiospecific synthesis of ambrein*’, que ha sido premiada como mejor comunicación póster por su carácter innovador. Ambrein es un producto natural emblemático por ser el precursor del legendario perfume Ambar gris, obtenido de los cachalotes.

## Ade +

La investigación ha tenido como objeto de estudio un total de cuatro especies vegetales. La *Artemisia granatensis* o manzanilla real se encuentra en peligro de extinción debido a su recolección exhaustiva durante el siglo XX para usos medicinales.

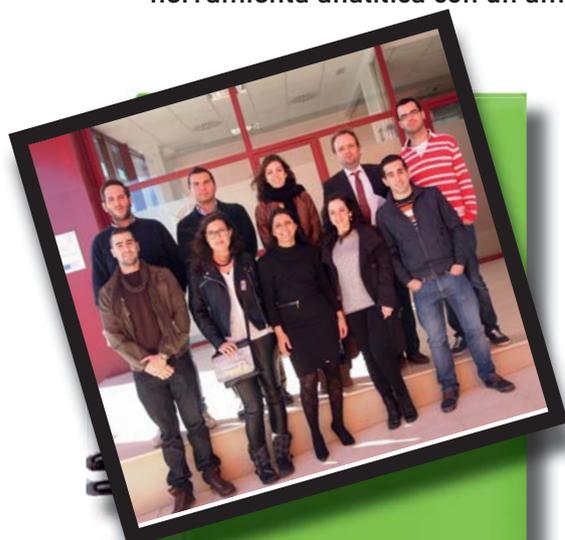
La especie *Lavandula luisieri* se caracteriza por contener compuestos insecticidas y reguladores del crecimiento de vegetales. La tercera planta analizada, *Bellardia trixago*, resulta de interés por contener moléculas útiles en perfumería y medicina, como trixagol y geranilgeraniol.

Por último, se ha estudiado el *Geranium macrorrhizum* que destaca por presentar una fuente de germacrona, de interés como acaricida frente a garrapatas y para sintetizar antitumorales con potencial uso en el tratamiento de tumores de cerebro y de pulmón.

La estrategia combinada de investigación agronómica-químico-biológica ha sido clave para poder disponer de protocolos para la multiplicación y puesta en cultivo en parcela experimental y en cámara de estas especies vegetales endémicas del sur de España y asegurar una producción sostenible de cara a sus posibles beneficios industriales y un mayor rendimiento en los productos naturales de interés.

## Moléculas que trabajan como nano ordenadores

El proyecto de excelencia de la Universidad de Huelva (UHU), con el químico Uwe Pischel a la cabeza, ha conseguido colocar a la capital andaluza en la vanguardia del procesamiento molecular de la información. Este grupo de científicos ha puesto en manos de la comunidad una herramienta analítica con un amplio campo de aplicaciones.



Conseguir que una molécula funcione con el mismo sistema de procesamiento de la información que un nano ordenador ha sido uno de los logros principales conseguidos por el grupo de Uwe Pischel, químico alemán de reconocido prestigio internacional afincado en Huelva y que lideró el proyecto de excelencia 'Nuevos materiales orgánicos-inorgánicos híbridos como quimiosensores fluorescentes basados en partículas nanométricas de sílices y *quantum dots*'.

Es decir, este grupo ha diseñado ciertas moléculas que, salvando que no son microchips ni funcionan con códigos binarios, procesan la información del mismo modo que lo hace un ordenador.

### Diseño molecular

El primer paso era el diseño de nuevas moléculas, orgánicas e inorgánicas, que mostraban excitación a la luz y desarrollaban fluorescencia.

Una vez diseñadas esas moléculas fotoactivas, las anclaron a nanopartículas de sílice y *quantum dots* (una nanoestructura semiconductor que confina el movimiento en las tres direcciones espaciales).

Con esta estrategia se pueden concentrar las moléculas en un soporte nanométrico que puede abrir el camino para aplicaciones nanotecnológicas.

### Un 'código binario' molecular

Cuando pulsamos las teclas de un ordenador enviamos impulsos eléctricos que atraviesan

las llamadas 'puertas lógicas', circuitos de conmutación que interpretan esos impulsos y los traducen usando el código binario en 1 o en 0. Está o no está.

Éste es un modo muy simplificado de explicar cómo procesa la información un ordenador.

**Estos 'sensores' se pueden crear de acuerdo a las necesidades ampliando el campo de aplicaciones en la química analítica**

"Nosotros hemos conseguido sintetizar moléculas que actúan como esas puertas lógicas. Interpretan esos impulsos (las llamadas señales de entrada, que no tienen que ser necesariamente eléctricas, pero también en forma de iones o irradiación con luz) y desarrollan su fluorescencia. Cambian su estructura electrónica según la señal de entrada con dos impulsos distintos. Son sensores combinatorios y ésta es una importante novedad con respecto a otras investigaciones", nos explica Pischel y añade: "señales de luz, pH, iones o las que necesitemos. Las restricciones solo dependen del diseño molecular".

Hasta ahora se habían diseñado moléculas que actuaban como sensores ante un solo analito. Un analito es una especie química cuya presencia o contenido se desea conocer, identificable y cuantificable, mediante un proceso de medición química.

En determinadas circuns-

### Proyecto:

Nuevos materiales orgánicos-inorgánicos híbridos como quimiosensores fluorescentes basados en partículas nanométricas de sílices y *quantum dots*

### Código:

P08-FQM-03685

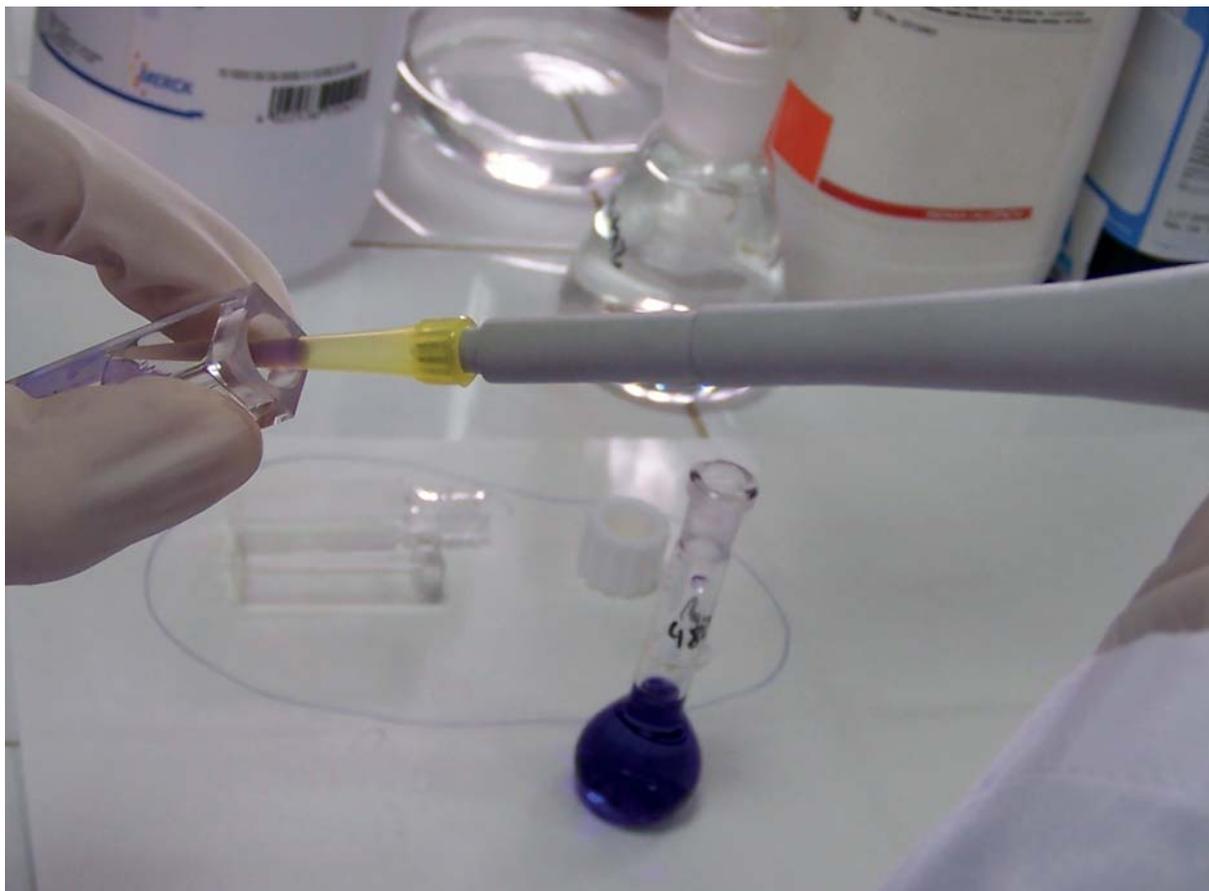
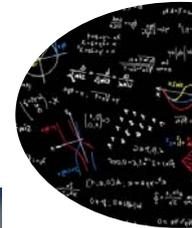
### Centro:

Universidad de Huelva

### Contacto:

Uwe Pischel  
Tfno: 959 219 982  
e-mail:  
uwe.pischel@diq.uhu.es

**Dotación:** 160.003,68 €



tancias la presencia de un solo analito no es una información suficiente. Sin embargo, en combinación con otros sí puede suponer un dato importante para tomar decisiones.

“Veamos un ejemplo básico: Detectar la presencia simultánea de dos parámetros puede definir una cierta patología (por ejemplo, pH bajo y concentraciones

de iones de sodio altas es muy típico para células tumorales y las diferencia de tejidos sanos)”, expone Pischel.

Teniendo en cuenta las restricciones que impone el diseño molecular, estos ‘sensores’ se pueden crear de acuerdo a las necesidades analíticas, por lo que el campo de aplicaciones en la química es muy amplio: análisis

de aguas, alimentos, biomedicina, etc.

Los resultados de las investigaciones del grupo se han publicado en más de 80 artículos en revistas de alto impacto en el mundo de la Química, y el grupo ha participado en diversos foros y conferencias por todo el mundo.

## Ade +

Uwe Pischel se trasladó a la Universidad de Huelva en 2007, donde creó el grupo de Fotoquímica Orgánica. Entre 2009 y 2012 ha sido profesor contratado como Doctor en Química Orgánica en la Universidad de Huelva y desde 2012 es profesor titular en la misma.

Sus líneas de investigación se centran en el diseño de interruptores moleculares para el procesado de información, díadas para transferencia energética, química supramolecular y nanomateriales fluorescentes.

Ha sido galardonado con el Premio de la Facultad de Filosofía y Ciencias Naturales de la Universidad de Basilea (2002), con el Premio Weller de la División de Fotoquímica de la Sociedad Alemana de Química (2003) y con el Premio Grammaticakis-Neumann 2013 de la Sociedad de Química de Suiza, por sus importantes contribuciones en el desarrollo de dispositivos lógico moleculares fotoactivos, siendo la primera vez que se otorga a un investigador que realizaba su labor en el estado español.

Este proyecto fue el paso inicial para el proyecto de excelencia que actualmente desarrollan, concedido en 2013, en el que colaboran con la Universidad de Málaga y el BIONAND (Centro Andaluz de Nanomedicina y Biotecnología).

## Dispositivos luminosos más eficientes

Un grupo de científicos de la Universidad de Córdoba, dirigido por Luis Camacho, ha realizado un proyecto centrado en estudiar la estructura interna de las películas que forman un tipo de sistemas luminosos (OLEDs). Los resultados podrían reducir costes en su fabricación.



Los diodos orgánicos emisores de luz, más conocidos como OLEDs, son sistemas fabricados a partir de capas delgadas de compuestos químicos orgánicos. Su estructura cuenta, además, con dos electrodos, de forma que al someterlos a un pequeño voltaje estos dispositivos emiten luz, es decir, se produce electro-luminiscencia.

### Una relación con luz propia

El color de la luz que proyecta el sistema depende de qué moléculas orgánicas se hayan elegido para diseñarlo. "El funcionamiento del OLED varía, entre otras cosas, en virtud de cómo se organizan estas moléculas dentro del dispositivo. Por ejemplo, no se obtendría el mismo resultado si están apiladas, alineadas, o si se encuentran lo suficientemente lejanas entre sí como para no interactuar", explica el investigador principal.

Luis Camacho lidera un grupo de investigación que tradicionalmente ha trabajado en estudiar la manera en que una gran variedad de moléculas orgánicas interactúan entre sí cuando fabrican con ellas películas ultradelgadas, que luego podrán emplearse para diversas aplicaciones.

Principalmente, el proyecto ha consistido en analizar la influencia de la organización molecular en la eficiencia de un OLED.

En la actualidad, estos dispositivos se preparan mediante la evaporación térmica en vacío de las moléculas orgánicas.

Este procedimiento es muy flexible y permite el diseño de estructuras en multicapa donde cada una, de forma individual, se optimiza con un objetivo específico, ya sea como capa inyectora, capa transportadora, capa emisora, etc.

### Los OLEDs han alcanzado un papel relevante en el diseño de pantallas de televisión, cámaras fotográficas y móviles

Sin embargo, este medio resulta muy costoso, siendo además un método que difícilmente puede utilizarse en una producción a gran escala.

### Procedimientos más eficaces

El trabajo presente ha tratado de comprobar que es posible obtener dispositivos OLED con eficacia comparable a los anteriores, reemplazando los procedimientos de evaporación por técnicas que parten de disoluciones de los materiales orgánicos, como son los métodos de recubrimiento por centrifugación (*spincoating*), rasqueta (*doctor blading*) o impresión por inyección de tinta.

"Estas tecnologías suponen el abaratamiento de los costes y que se puedan utilizar en una producción a gran escala", comenta el experto.

Por otra parte, el estudio ha demostrado que pueden obtenerse dispositivos electroluminiscentes altamente eficientes utilizando un tipo de sistema alternativo denominado LEC (*light emitting electrochemical cell*), el

#### Proyecto:

Diseño de sistemas orgánicos nanoestructurados para su aplicación en Dispositivos Electroluminiscentes

#### Código:

P08-FQM-04011

#### Centro:

Universidad de Córdoba

#### Contacto:

Luis Camacho Delgado  
Tfno: 957 218 617  
e-mail: lcamacho@uco.es

Dotación: 190.100,00 €



## Ade +

Científicos de todo el mundo llevan años trabajando intensamente en el campo de los dispositivos electroluminiscentes desde que aparecieran en la década de los ochenta.

Sin embargo, la elevada inversión que conlleva trabajar con OLEDs hace que tanto en Andalucía como en el resto de España las investigaciones en este ámbito sean menores.

No obstante, la excepción la representa el excelente trabajo que realiza el grupo de Henk Bolink en el Instituto de Ciencia Molecular de la Universidad de Valencia, con el que este conjunto de profesionales colabora desde el año 2009.

El proyecto de excelencia ha pretendido, desde el primer momento, contribuir a este campo tratando de organizar de forma adecuada las moléculas orgánicas que forman parte de los dispositivos con el fin de que la emisión de luz sea mejor y que el voltaje necesario sea lo más bajo posible, para que el rendimiento del OLED sea eficaz.

cual tiene una arquitectura más simple y no requiere ser encapsulado (protegido del aire) como los anteriores.

El empleo de estos mecanismos en forma de tándem posee prestaciones comparables a los OLEDs.

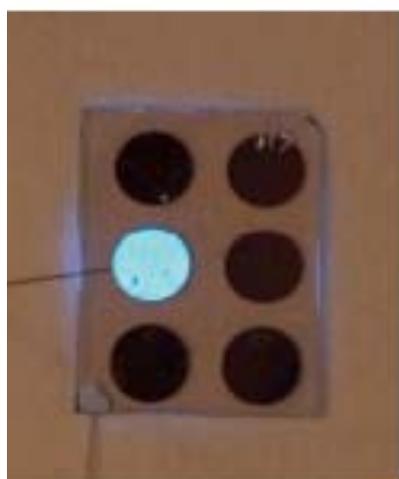
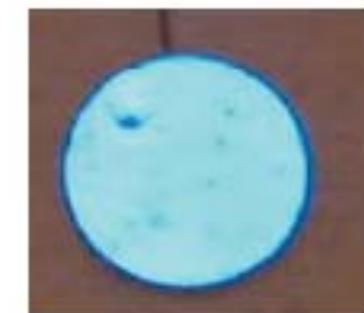
La larga proyección que están alcanzado los OLEDs en el mercado actual ha hecho que empresas como Samsung, Sony y Philips hayan realizado grandes inversiones para su diseño.

Estos dispositivos están empezando a introducirse en siste-

mas de iluminación, ya que son mucho mejores en cuanto a ahorro energético y menos contaminantes que los actuales, como pueden ser los rótulos luminosos convencionales.

“Sin duda, donde están encontrando un papel más relevante es en el diseño de pantallas, ya sean de televisión, cámaras fotográficas, móviles, etc. Estos mecanismos presentan grandes ventajas frente a otro tipo de tecnologías como las pantallas de cristales líquidos LCD, ya que son más brillantes; gastan poca energía, tienen una relación de contraste y una gama de color más estable (el negro es realmente negro al estar el píxel apagado); tienen un ángulo de visión de 180 grados; e incluso permiten la fabricación de pantallas flexibles”, afirma Luis Camacho.

Los resultados obtenidos se han dado a conocer a la comunidad científica a través de unos 30 artículos publicados en revistas de ámbito internacional especializadas en la materia.



## Modelos matemáticos de excelencia

Un grupo de investigadores, dirigido por el catedrático Ángel Rodríguez Palacios, ha realizado un proyecto encuadrado en el área de la matemática pura, cuyos resultados podrían ser útiles en la modelación de la Teoría de la Relatividad Especial y de la Mecánica Cuántica.



Ángel Rodríguez Palacios, catedrático de Análisis Matemático en la Universidad de Granada, cuenta con más de 40 años de experiencia como creador de modelos matemáticos.

El presente proyecto de excelencia ha contado con la participación de investigadores pertenecientes a cinco universidades andaluzas distintas: Almería, Cádiz, Granada, Málaga y Sevilla. De acuerdo con el título del proyecto, 'Aproximación Algebraico-Analítica de los Sistemas no-asociativos y sus aplicaciones', estos expertos han contribuido de manera significativa al desarrollo de la teoría de las álgebras y sistemas triples de Jordan, tanto en su aspecto puramente algebraico como en sus aplicaciones al análisis matemático.

La investigación, que se encuadra principalmente en el área de la matemática pura, podría ser útil en un futuro para la modelación de la Teoría de la Relatividad Especial y de la Mecánica Cuántica.

### Un trabajo muy profuso

El proyecto ha contado con 28 destacados especialistas en la materia, a los que se les ha encomendado unas labores específicas, y cuyos resultados alcanzados han sido periódicamente puestos en común mediante diversas reuniones. Las citas más destacables, a las que han asistido como invitados varios expertos extranjeros, son las 'I and II Workshops on Jordan Structures in Algebra and Analysis', celebradas ambas en

Lanjarón (Granada). La primera tuvo lugar en abril de 2009, y la segunda, entre septiembre y octubre de 2010.

Las conclusiones obtenidas tras este trabajo pueden calificarse de excelentes, ya que la mayoría de los problemas matemáticos propuestos han sido resueltos satisfactoriamente, consiguiéndose en algunos casos mayores avances de lo que en principio se podía prever.

***"Nuestros resultados podrían contribuir a la modelación de la Teoría de la Relatividad y de la Mecánica Cuántica"***

Estos progresos han sido divulgados a través de artículos publicados en revistas científicas de prestigio internacional.

### Sumar y multiplicar sin asociar

"Resulta difícil explicar nuestros avances en matemáticas de manera accesible a un público no especializado. No obstante, a modo de ejemplo, y hablando coloquialmente, podríamos decir que uno de los principales resultados que hemos publicado demuestra que, si alguien quiere sumar y multiplicar de manera analíticamente decente, entonces está obligado a que la multiplicación sea (casi) asociativa", explica el investigador principal.

Recordemos la propiedad asociativa con la que el modo de agrupar los factores no varía el resultado. El aspecto más innovador del proyecto consiste en la consideración de álgebras normadas a las que no se les

#### Proyecto:

Aproximación Algebraico-Analítica de los Sistemas no-asociativos y sus aplicaciones

#### Código:

P08-FQM-03737

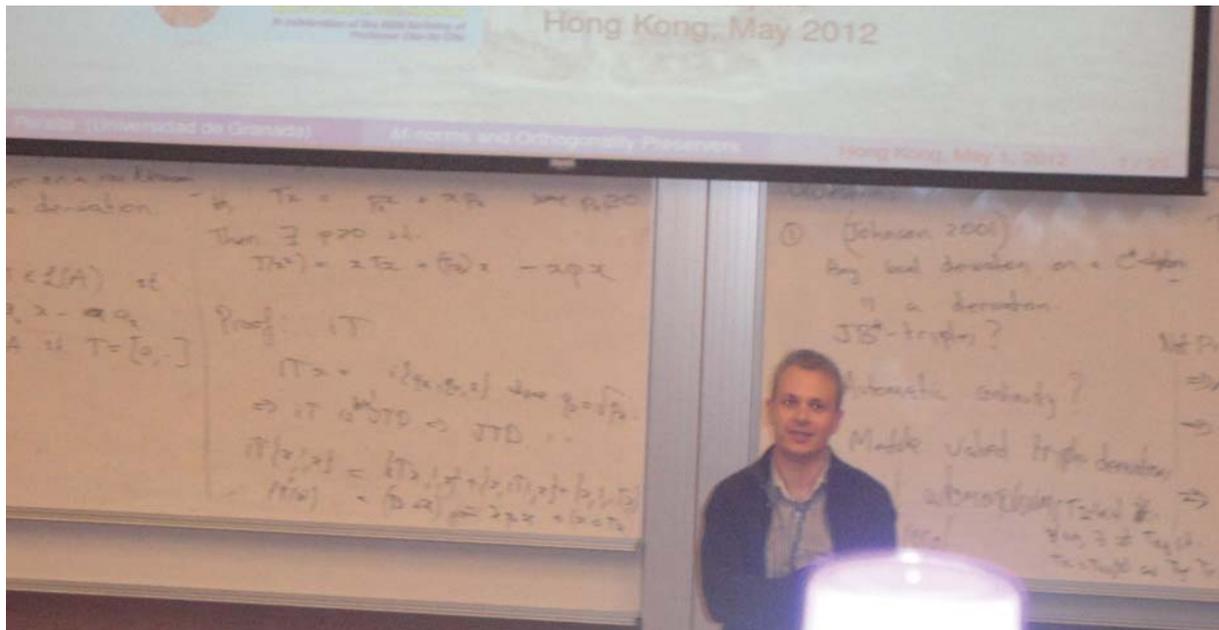
#### Centro:

Universidad de Granada

#### Contacto:

Ángel Rodríguez Palacios  
Tfno: 958 243 276  
e-mail: apalacio@ugr.es

Dotación: 227.123,68 €



exige multiplicación asociativa, ni siquiera cercana a la asociatividad.

“Este aspecto no había sido considerado anteriormente por el resto de la comunidad matemática internacional, y no porque no fuese atractivo, sino porque parecía intratable”, declara el experto.

Este proyecto ha contribuido al desarrollo general del conocimiento y al prestigio de las universidades involucradas dentro de la comunidad científica mundial, en la que el equipo que ha desarrollado el estudio se ha

convertido en una referencia ineludible.

Comúnmente, los resultados en matemática pura no producen a corto plazo aplicaciones prácticas para resolver los problemas habituales de cualquier ciudadano en su vida diaria. Sin embargo, a medio o largo plazo, sus aplicaciones prácticas son imprevisibles.

“Quizás dentro de 100 años, algunos de los modelos matemáticos que hemos creado o hemos contribuido a desarrollar puedan ser útiles y aplicables a otras áreas del conocimiento.

No obstante, lo más importante es que nos enseñan a pensar y a desarrollar una mente más libre. En mi opinión, el buen aprendizaje de las matemáticas y/o el arte de crear matemáticas bellas hace a las personas menos manipulables”, comenta el profesor Ángel Rodríguez Palacios.

Recientemente, el responsable principal del proyecto y Miguel Cabrera García, miembro del equipo investigador, han elaborado un libro cuyo primer volumen se publicó en julio de 2014. La obra organiza sistemáticamente todo el material bibliográfico ajeno que el equipo ha utilizado en sus investigaciones (disperso en centenares de artículos), y desarrolla en detalle los resultados propios más relevantes conseguidos. La monografía, cuyo título es *Non-associative Normed Algebras*, ha sido publicada por una de las más prestigiosas editoriales científicas, Cambridge University Press (Puede visitarse en: <http://www.cambridge.org/fr/academic/subjects/mathematics/algebra/non-associative-normed-algebras-volume-1>).

“En estos momentos, estamos trabajando en el segundo y último volumen, cuya aparición está prevista para el año 2017”, añade el catedrático.

## Ade +

La posibilidad de que, a medio plazo, los resultados del trabajo puedan contribuir a la modelación de la Teoría de la Relatividad y de la Mecánica Cuántica avala la excelencia de este proyecto, financiado por la Junta de Andalucía.

Además, estos expertos matemáticos se han encargado de divulgar sus conocimientos a través de revistas de prestigio internacional como *Journal für die reine und angewandte Mathematik*, *Journal of Functional Analysis*, *Journal of Algebra* o *The Quarterly Journal of Mathematics*.

Actualmente, se han publicado un total de 147 artículos, y se han presentado 98 comunicaciones a congresos de carácter internacional y nacional. Algunas de las ponencias más destacadas son las realizadas por Antonio M. Peralta en Kentucky (USA) en 2010 y por Moisés Villegas Vallecillos en la Universidad de Memphis (USA) en 2012.

Bajo el amparo del proyecto se han realizado 4 tesis doctorales.

## Nanopartículas, presente y futuro de lo pequeño

El proyecto liderado por Félix Carrique de la Universidad de Málaga (UMA) ha centrado sus líneas de investigación en el mundo de las nanopartículas, en particular en la fenomenología en la que está presente un campo eléctrico así como la relacionada con su transporte.



En décadas recientes, el estudio de las nanopartículas ha experimentado un enorme interés teórico-práctico ligado al desarrollo de posibles aplicaciones en sectores muy diferentes. Desde la industria textil, hasta sistemas de captación de energía solar.

Las aplicaciones actuales y futuras de los sistemas de nanopartículas dispersas son ilimitadas. Se pueden destacar entre ellas la liberación controlada de fármacos mediante nanoencapsulación en su síntesis o con recubrimientos adecuados de las propias nanopartículas, que en un futuro podría ayudar en la lucha contra el cáncer.

El grupo de Félix Carrique en la Universidad de Málaga trabaja en la creación de modelos teóricos que permitan comprender y predecir el comportamiento de muchos de estos nanosistemas en determinadas situaciones de interés.

Con este proyecto, buscaban perfeccionar las capacidades predictivas de los modelos acercándolos más a la realidad experimental de dichos sistemas nanométricos sin sales externas añadidas.

### La necesidad de lo pequeño

Parece claro que “todo estudio que mejore nuestro conocimiento de la interfase cargada sólido-líquido de las nanopartículas de estos sistemas, ayudará a comprender la amplia diversidad de fenómenos que presentan, y en consecuencia, sus posibles aplicaciones”, afirma Carrique.

Con este objetivo, el grupo de investigadores ha dedicado esfuerzos a mejorar ese conocimiento “modelando el entorno de las partículas y las nubes iónicas que las rodean con un grado de detalle que se aleja de los modelos clásicos ideales”, explica Carrique.

### **Las respuestas de las nanopartículas son de gran importancia en el diseño de sus aplicaciones**

Esos modelos clásicos no daban un tamaño finito a los iones. Al considerarles ese tamaño finito “se llega de forma natural a una distribución iónica alrededor de las partículas que es considerablemente diferente de las predicciones clásicas para iones puntuales, y por tanto, a una nueva representación de la interfase electrificada nanopartícula-medio.

Este cambio de escenario provoca a su vez cambios muy importantes en todas las propiedades electrocinéticas y reológicas de estos sistemas (fenomenología en la que está presente un campo eléctrico así como la relacionada con su transporte), de aquí la importancia de representar de la manera más realista posible el entorno en la nanoescala”, enfatiza Carrique.

### La importancia de colaborar

El reto enfrentado por el grupo, aunque apasionante, no estaba exento de dificultades. Hacer más compleja la descripción teórica de la interfase nanopar-

#### Proyecto:

Desarrollo de nuevos modelos de celda electrocinéticos y reológicos para suspensiones concentradas de nanopartículas en medios salt-free con correcciones por tamaño iónico finito

#### Código:

P08-FQM-03779

#### Centro:

Universidad de Málaga

#### Contacto:

Félix Carrique Fernández  
Tfno: 952 131 923  
e-mail: carrique@uma.es

Dotación: 142.923,68 €



## Ade +

En el transcurso del proyecto han surgido otras colaboraciones con grupos internacionales como el del profesor Alfons van Blaaderen de la Universidad de Utrecht, o Eric Furst de la Universidad de Delaware.

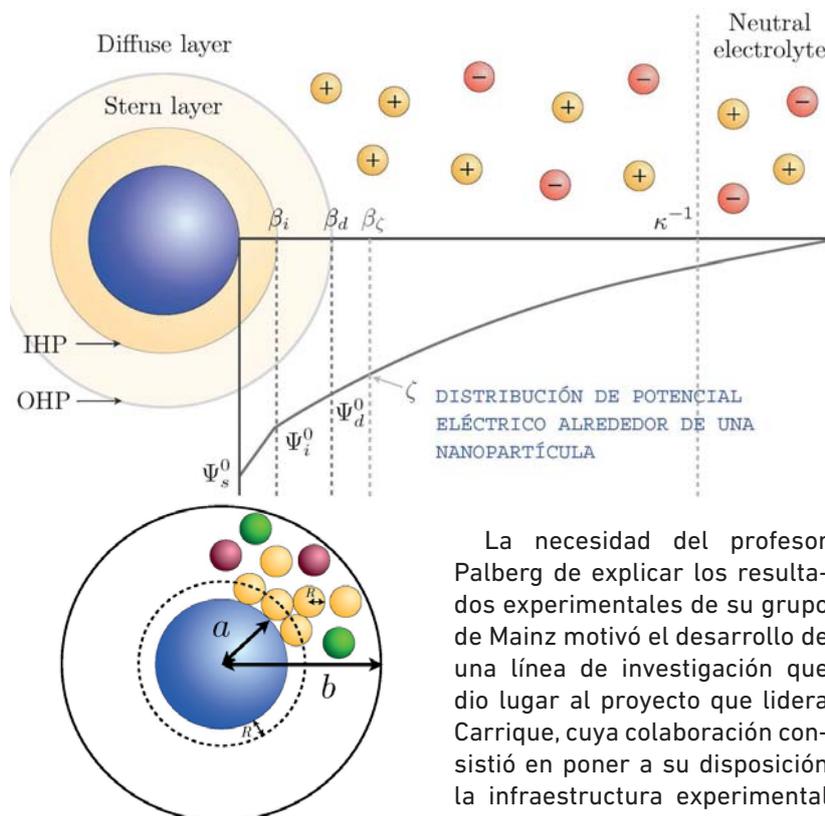
Algunas de estas colaboraciones han sido posibles gracias a las estancias de Rafael Roa durante su formación científica mientras desarrollaba su tesis doctoral relativa a la modelización de nanosistemas puros con efectos de tamaño iónico finito, que recibió la máxima calificación y la mención de doctorado europeo.

Esto ha permitido abrir más el grupo a la comunidad científica internacional y ha supuesto un reconocimiento al trabajo realizado.

tícula-medio para acercar más la teoría a las situaciones reales llevaba emparejada la necesidad de un mayor y laborioso esfuerzo computacional.

“De cálculos que podían tardar minutos u horas podíamos pasar a tiempos de computación de muchos días al ser más compleja la resolución numérica de los nuevos modelos incluso dedicando con exclusividad a tal tarea todos nuestros equipos informáticos”, explica Carrique.

Parte de los recursos extra que se necesitaron fueron aportados por el grupo de investigación de ‘Ecuaciones Diferenciales, Análisis Numérico y Aplicaciones’ de la Universidad de Málaga con sus infraestructuras para la computación, que ayudaron a mejorar el trabajo



**Iones de tamaño finito y nanopartícula**

de cálculo con la incorporación de nuevas placas de procesadores. Por otro lado, como comenta Carrique “es muy importante la comparación entre predicciones teóricas y resultados experimentales, ya que el fin último de las teorías es explicar la realidad y hacer avanzar el conocimiento científico. De aquí el interés y esfuerzo en la comparación con los experimentos que permita estimar la validez, alcance o limitaciones de los modelos”.

Por otro lado, Ángel Delgado de la Universidad de Granada puso su laboratorio a disposición del profesor Carrique para completar los trabajos experimentales que permitieran contrastar los modelos.

Una de las colaboraciones más relevantes ha sido con el grupo del profesor Thomas Palberg de la Universidad de Mainz, pionero en el diseño de técnicas experimentales con sistemas concentrados de nanopartículas que han permitido contrastar dichos modelos.

La necesidad del profesor Palberg de explicar los resultados experimentales de su grupo de Mainz motivó el desarrollo de una línea de investigación que dio lugar al proyecto que lidera Carrique, cuya colaboración consistió en poner a su disposición la infraestructura experimental necesaria.

El grupo de investigación de la UMA ha podido dar respuesta a sus resultados con nanopartículas en medios no acuosos en el marco de una nueva línea de investigación sobre electrocinética no lineal de estos sistemas dirigida por el miembro del grupo Emilio Ruiz Reina.

Como asegura Carrique “estamos en condiciones de testear nuestros modelos con un rigor no alcanzado hasta ahora ya que el grupo del profesor Bartlett es experto en síntesis de nanosistemas que se adecúan perfectamente a las hipótesis de nuestros modelos”.

Tal y como concluye Carrique, “las colaboraciones con diferentes grupos además de ser un estímulo, constituyen una necesidad en estos campos frontera de la nanociencia que afectan a una enorme variedad de disciplinas científicas, lo que nos obliga a utilizar todos los recursos técnicos y humanos que nos ayuden a alcanzar nuestros objetivos, que no son otros que avanzar en el conocimiento de la nanoescala y sus posibles aplicaciones”.

## Nanopartículas con aplicaciones biomédicas

Ángel V. Delgado Mora y su equipo de investigadores han desarrollado un proyecto para estudiar la aplicación de nanopartículas magnéticas como modo de administración de ciertos fármacos. Sus ensayos se han realizado con medicamentos usados en quimioterapia contra el cáncer.



### Proyecto:

Suspensiones de nanopartículas funcionalizadas. Aplicaciones biomédicas

### Código:

P08-FQM-03993

### Centro:

Universidad de Granada

### Contacto:

Ángel V. Delgado Mora  
Tfno: 958 243 209  
e-mail: adelgado@ugr.es

Dotación: 206.483,68 €

El uso de nanotecnologías en medicina, tanto en el tratamiento de enfermedades (transporte y liberación de fármacos) como en su diagnóstico (en resonancia magnética, entre otras técnicas) empieza a ganar terreno frente a los métodos tradicionales de administración sistémica de fármacos directamente en disolución.

En el ámbito específico de la oncología, el empleo de nanopartículas promete beneficios para el tratamiento y la detección de tumores y metástasis. Actualmente, ya se están empleando estos compuestos como terapia contra el cáncer (Caelyx® y Doxil), como antieméticos, en la prevención del rechazo tras el trasplante de órganos, o en el tratamiento de infecciones fúngicas o bacterianas severas, como las asociadas al SIDA (Ambisome®). En todos estos casos, las formas farmacéuticas asociadas a nanopartículas están aprobadas para uso clínico por la FDA (*Food and Drug Administration*) americana o la EMA (*European Medicines Agency*).

### Nanopartículas magnéticas

La investigación se ha centrado en el uso de nanopartículas magnéticas (NPMs) basadas en hierro u óxidos de hierro. Una primera ventaja asociada a este tipo de materiales es la posibilidad de conducirlos a su lugar de acción o al menos mantenerlos en él mientras se produce la liberación del fármaco.

Además, se pueden utilizar para la mejora del contraste de imágenes obtenidas por reso-

nancia magnética (Resovist® es un ejemplo comercial).

Finalmente, otro ámbito en el que el carácter magnético de las partículas tiene interés es la hipertermia: bajo la acción de un campo magnético alterno las partículas se calientan y el calor generado puede aumentar la temperatura de la región vecina (el tumor en este caso) eliminando las células cancerosas por ablación térmica.

### **El empleo de nanopartículas promete beneficios para el tratamiento y la detección de tumores y metástasis**

El gran beneficio del empleo de partículas con tamaño nanométrico se asocia al hecho de que por su reducido tamaño son capaces de aproximarse a una célula e incluso interaccionar con ella y entrar al citoplasma, liberando allí su contenido de fármaco.

Por otro lado, su gran superficie (por unidad de volumen: un centímetro cúbico de partículas de 10 nm de diámetro supone una superficie de unos 3000 metros cuadrados) permite recubrir las con materiales orgánicos o inorgánicos que las dotan de biocompatibilidad y facilitan su funcionalidad (enzimas, anticuerpos, medicamentos) para llevar a cabo una labor específica.

La citotoxicidad de las nanopartículas es un activo campo de investigación dado que, independientemente de su carga de fármaco, pueden interaccionar



con la célula liberando iones metálicos, produciendo radicales altamente reactivos, alterando el mensaje genético, etc.

Resulta posible diseñar las partículas de modo que se minimicen estos problemas, centrándose en la biodistribución de los portadores en el organismo, su capacidad de penetrar en las células deseadas y no otras, y en el perfil farmacocinético (qué sucede con un fármaco en el organismo) del agente quimioterápico.

### Diseños biocompatibles

El grupo que dirige Ángel V. Delgado, perteneciente a los Departamentos de Física Aplicada y de Farmacia y Tecnología Farmacéutica, ha partido de la idea de que existe un importante campo abierto en la aplicación de la tecnología de nanopartículas magnéticas para el diseño de portadores magnéticos de fármacos (PMF). "Estos son sistemas coloidales formados por uno o más núcleos magnéticos, con tamaño comprendido entre 50 y 100 nanómetros, preferiblemente superparamagnéticos o ferromagnéticos blandos. Poseen una matriz, típicamente polimérica y biodegradable, portadora del fármaco, y por último, un recubrimiento externo que dota al conjunto de la necesaria biocompatibilidad", explica el investigador principal.

Estos profesionales granadinos han sido pioneros en la caracterización eléctrica y termodinámica de la interfase de sistemas compuestos portadores magnéticos de fármacos.

Las técnicas interfaciales permiten detectar el signo y cuantía de la carga superficial, así como la naturaleza hidrofílica/hidrofóbica (mayor o menor tendencia a dispersarse en un medio acuoso) de las partículas y sus componentes. Este aspecto es esencial en las aplicaciones buscadas, dado que la adsorción de proteínas (en particular, in-

## Ade +

El equipo de científicos ha avanzado en el descubrimiento de las aplicaciones biomédicas de las nanopartículas, sobre todo en la puesta a punto de los métodos de liberación de fármacos desde partículas mixtas formadas por núcleo magnético y recubrimiento adecuado.

Entre estos medicamentos, se han estudiado el 5-fluorouracilo y la doxorubicina, agentes quimioterápicos muy utilizados. Los resultados se han extendido a ensayos *in vitro* en presencia de un suero o de un cultivo celular, y confirman que las partículas estudiadas son capaces de adsorber en superficie (o en matriz, en el caso de las poliméricas) una carga importante de fármaco antitumoral.

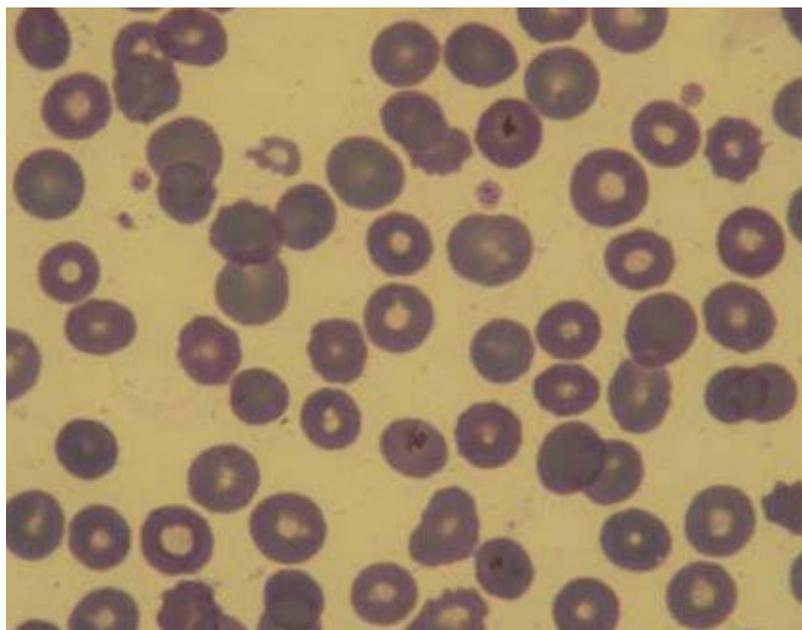
Además, en colaboración con el Centro de Investigación Biomédica para Enfermedades Digestivas y Hepáticas del Hospital Clínico de Granada (CIBERehd), se han realizado ensayos de viabilidad en células de tumor hepático y de colon tratadas durante 24 y 48 horas, tanto con partículas solas como cargadas de fármaco, de los cuales se han obtenido conclusiones muy prometedoras.

munoglobulinas y componentes del sistema del complemento) aumenta si lo hace la carga eléctrica superficial, el tamaño o la hidrofobicidad de los portadores", comenta Delgado.

El proyecto se ha enfocado hacia la preparación y aplicación de distintos tipos de nanopartículas y la funcionalidad de las mismas. En algunos casos, se ha ensayado el comportamiento

de los polímeros que posteriormente recubrirán las partículas magnéticas, sintetizando nanopartículas basadas en esos propios polímeros.

"Hemos prestado especial atención a la preparación de partículas con elevada respuesta magnética, y distintas geometrías basadas en magnetita, maghemita, hierro o aleaciones cobalto-níquel", añade Delgado.



Partículas de hierro/magnetita/polímero en contacto con células sanguíneas. Los glóbulos rojos no se alteran. Las partículas entran en eritrocitos y neutrófilos.

## Una gran información a pequeña escala

Un equipo de científicos granadinos, coordinado por el catedrático Juan Manuel Salas, ha realizado un proyecto centrado en estudiar las aplicaciones de los nanomateriales metal-orgánicos en el transporte de fármacos y otros usos tecnológicos como el procesamiento de información.



Los materiales denominados MOF (*Metal-Organic Frameworks*) son sólidos, porosos, y están constituidos por iones metálicos y especies moleculares orgánicas (ligandos). Juan Manuel Salas y su equipo de expertos, pertenecientes a la Universidad de Granada, ha realizado un estudio que ha incidido, principalmente, en el posible uso de estos materiales para la liberación controlada de metalofármacos, disminuyendo la toxicidad de estos en el organismo.

Este objetivo se ha logrado mediante la incorporación y liberación controlada del metalofármaco RAPTA-C en una red porosa que ha sido diseñada por el grupo del presente proyecto. "Nuestra red (MOF) puede adsorber 1 gramo de RAPTA-C por gramo de MOF y desorberlo de forma controlada en fluido corporal simulado", explica el responsable principal de la investigación.

### Nuevos antitumorales

Por otra parte, los profesionales del proyecto han mostrado su interés por desarrollar nuevos agentes antitumorales no convencionales. Para ello, han preparado un nuevo sistema dinuclear de rutenio (Ru II) empleando como ligando el fármaco antitumoral Mitoxantrona. El metalofármaco resultante es capaz de interactuar con el ADN intercalándose en su doble hélice.

Los resultados han demostrado que éste presenta una importante actividad citotóxica *in vitro*

frente a diferentes líneas celulares tumorales, y una baja toxicidad. "El método ha consistido en incorporar el metalofármaco a la red porosa de las nanopartículas de MIL-100 (hierro) para controlar su liberación en el organismo", comenta Juan M. Salas.

Los científicos granadinos han dedicado sus esfuerzos, además, a la preparación de nanoestructuras multifuncionales basadas en bioplataformas con posibles aplicaciones biomédicas, especialmente como agentes de contraste multimodal.

### **Los MOF presentan gran interés en el tratamiento y diagnóstico de enfermedades y el almacenamiento de información**

Los experimentos han tenido como componente básico una nanopartícula magnética encapsulada en la proteína Ferritina y a la que se ha denominado Apomaghemita.

A partir de estas partículas de tamaño nanométrico es posible formar una nanoestructura multifuncional mediante acoplamiento de otros componentes que le pudieran conferir fluorescencia y/o especificidad por un tejido, especialmente tumoral.

En particular, "hemos realizado un estudio comparativo de nuestras nanopartículas y una partícula magnética standard (ENDOREM) utilizada como agente de contraste en Resonancia Magnética de Imagen (MRI), y hemos descubierto que el proce-

### Proyecto:

Diseño y caracterización de compuestos de coordinación polinucleares de tipo metalocriptato, metalohelicato y metalocápsula. Estudio de su incorporación en bionanocavidades.

### Código:

P08-FQM-03705

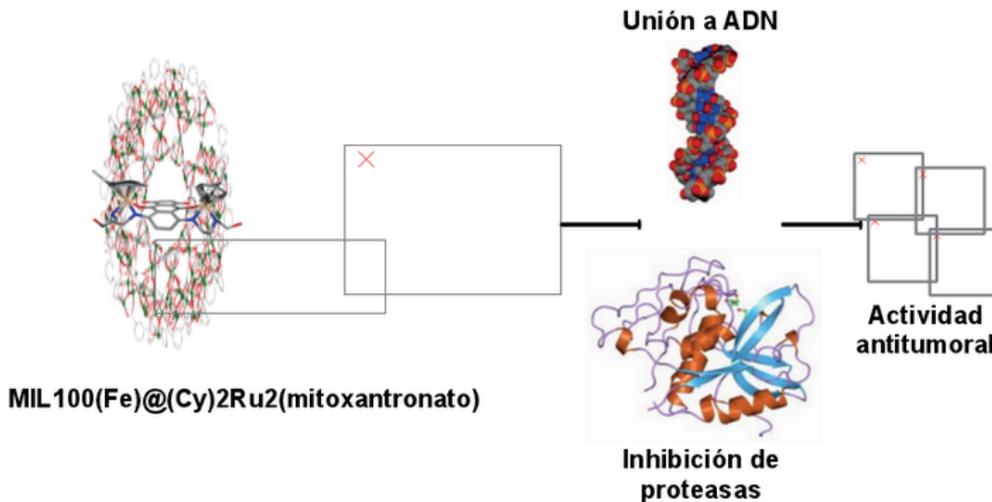
### Centro:

Universidad de Granada

### Contacto:

Juan Manuel Salas Pelegrín  
Tfno: 958 248 525  
e-mail: jsalas@ugr.es

Dotación: 291.923,68 €



so de degradación de nuestras partículas es extremadamente lento, lo que permite la obtención de contraste MRI en tiempos prolongados de hasta 45 días”, explica el experto.

Los conocimientos obtenidos tras estos ensayos han dado lugar a la creación de tres patentes.

### Propiedades antiparasitarias

Juan Manuel Salas revela que otro de los puntos clave en este proyecto de excelencia ha sido el estudio de la actividad de algunos de estos compuestos inorgánicos frente a enfermedades como la leishmaniasis y la enfermedad de Chagas.

“Hemos aislado tres complejos que contienen como ligandos a un derivado triazolopirimidínico que presentan una excelente actividad antiparasitaria *in vitro* e *in vivo*, lo que ha permitido diseñar una patente que en la actualidad se encuentra en fase de resolución”, comenta Juan Manuel Salas.

La investigación ha llevado, además, a observar que algunos de los compuestos estudiados pueden utilizarse como emisores de luz blanca. Por primera vez, se han preparado tres tipos diferentes de nanopartículas de sílice dopadas con un complejo fosforescente de Iridio.

La superficie de estas nanopartículas dopadas puede funcionar con otras especies fo-

toactivas interesantes. En este caso, se ha creado un complejo de Europio que presenta una intensa emisión fosforescente en la región roja del espectro visible y cuya longitud de onda de excitación coincide con la que presenta el complejo de Iridio.

De esta forma, se han obtenido nanopartículas cuya emisión fosforescente abarca las zonas azul/verde y roja del espectro visible. En estos materiales, la contribución a la emisión fosforescente puede ser modulada a voluntad dependiendo de la longitud de onda de excitación, lo

que permite variar el color de la emisión fosforescente.

Igualmente, se han preparado nanopartículas de sílice dopadas con complejos de transición de espín con propiedades termocrómicas, es decir, cuyo color varía en función de la temperatura, lo que permite postular su uso como sensores térmicos.

Asimismo, dichos materiales han funcionado superficialmente con distintas moléculas fluorescentes y se ha observado que el cambio de color del material termocrómico modula la emisión fluorescente.

## Ade +

El estudio de las nanopartículas magnéticas es objeto de numerosas investigaciones científicas por sus múltiples usos tecnológicos.

Este hecho ha llevado al conjunto de expertos de la Universidad de Granada a realizar un trabajo para la obtención de moléculas imán, ya que suponen un gran interés por su potencial utilidad en espintrónica molecular, almacenamiento y procesamiento de información y en computación cuántica.

Juan M. Salas y su equipo se han encargado de preparar una serie de compuestos derivados de iones lantánidos que funcionan como imanes moleculares.

La utilización de estas moléculas magnéticas para almacenar información puede suponer, en un futuro próximo, la etapa última de miniaturización, ya que cada una de ellas equivaldría a un bit de memoria.

No obstante, esta línea de investigación es eminentemente básica ya que las temperaturas a las cuales dichas moléculas presentan este efecto memoria son todavía muy bajas como para presentar una aplicación práctica inmediata.

## Nuevas técnicas ópticas moleculares

El grupo liderado por Juan Jesús López González ha estudiado en profundidad el alcance de una nueva técnica aplicada a una serie de compuestos de interés en campos como la biomedicina, el estudio de nuevos materiales de interés tecnológico o el de potenciales agentes contaminantes.



Desde el año 2004, el Centro de Instrumentación Científico-Técnica de la Universidad de Jaén (UJA) cuenta con una técnica espectroscópica novedosa que ayuda a la caracterización de especies químicas quirales. Era la primera vez que la técnica de dicroísmo circular vibracional (VCD) llegaba a un centro de investigación español, por lo que la UJA se encontraba con una importante y valiosa herramienta para tratar de adentrarse en el estudio de tales especies.

nos encontramos con lo que se conoce como un racemato. Cabe mencionar que el hecho de que dos moléculas sean imágenes especulares no quiere decir que tengan las mismas propiedades, de hecho, pueden tener comportamientos físicos y químicos muy diferentes.

### **El proyecto plantea una nueva metodología para la caracterización de moléculas y sistemas quirales de interés biológico**

#### **Quiralidad**

El término griego *khéir* (mano) evoluciona hasta hoy día como 'quiro-', vocablo con el que se forman multitud de términos relacionados con actividades que se realizan a partir de o con estas extremidades, como, por ejemplo, la quiromancia, la quiropráctica, etc. Pero hay un término derivado con el que trabaja la química. Se trata de la ya citada quiralidad. Las manos son casi como imágenes especulares la una de la otra, reflejos casi exactos, pero no podemos superponer una sobre la otra.

En la naturaleza existen (y también en los laboratorios se preparan) moléculas quirales, es decir, moléculas que no serían superponibles con sus imágenes especulares idealmente realizadas. Dos moléculas que son imágenes especulares forman un par de enantiómeros. Cuando los dos enantiómeros de un determinado compuesto químico están presentes en una mezcla equimolecular, esto es, al 50%,

La técnica VCD está relacionada con la espectroscopía Infrarroja aunque usa radiación electromagnética circularmente polarizada a derechas e izquierdas para medir la diferencia de ambas después de atravesar la muestra y llegar al detector. Se postula como una potente técnica con posibles aplicaciones en diferentes campos científicos, tecnológicos e industriales en los que el uso de compuestos quirales es, o puede ser, de importancia (como en la industria farmacéutica).

Por otro lado, el efecto que se detecta en la técnica infrarroja es de cuatro a cinco órdenes de magnitud más pequeño que en la VCD.

Este hecho y el que el establecimiento de los fundamentos teóricos para su implementación en programas de cálculo computacionales químico cuánticos sea relativamente reciente, han sido los principales motivos de su tardía comercialización, desde

#### **Proyecto:**

Avanzando en el conocimiento de las propiedades de las biomoléculas en distintas matrices: Una nueva metodología para su estudio conformacional basada en técnicas espectroscópicas (IR, Raman, VCD) y cálculos químico cuánticos.

#### **Código:**

P08-FQM-04096

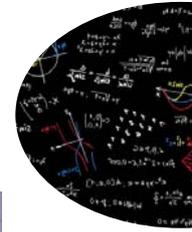
#### **Centro:**

Universidad de Jaén

#### **Contacto:**

Juan Jesús López González  
Tfno: 953 212 754  
e-mail: jjlopez@ujaen.es

**Dotación:** 200.340,00 €



su descubrimiento allá por los años setenta del pasado siglo.

### Identificación de enantiómeros

La determinación de la configuración absoluta de un determinado compuesto químico quiral, es decir, si estamos ante el enantiómero R o el S, no ha sido una tarea sencilla y accesible a muchos laboratorios químicos. En este sentido la técnica VCD ha sido un gran avance, sobre todo para los estudios en fases condensadas de ese tipo de compuestos. En la historia de los productos farmacéuticos, hay ejemplos de medicamentos en los que para algunos de sus principios activos (muchos de ellos quirales) uno de sus enantiómeros tiene efectos beneficiosos para la salud y el otro perjudiciales, como en el famoso caso de la talidomida (fármaco utilizado para aliviar las molestias del embarazo entre los años cincuenta y sesenta y que tuvo consecuencias dramáticas, ya que producía malformaciones en los fetos). Hoy en día, casos como este son menos probables gracias al uso de diferentes técnicas en los laboratorios químicos y farmacéuticos (entre las que está introduciéndose notablemente la de VCD).

### Quiralidad de biomoléculas

El proyecto pretendía plantear una nueva metodología para la caracterización de moléculas y sistemas quirales de interés biológico, empezando por moléculas básicas ('ladrillos') tratando de sacar el máximo partido de la nueva técnica VCD, pionera en España, combinada con otras de la espectroscopía vibracional, tales como las de IR y Raman (y los correspondientes cálculos químico cuánticos), en las que el equipo investigador ya disponía de una dilatada experiencia.

Efectivamente, como resultado de estos cuatro años de trabajo el equipo de investigación del proyecto ha publicado



### Espectropolarímetro de dicroísmo circular vibracional (VCD)

22 artículos científicos en diferentes revistas internacionales recogidas en el *Journal Citation Reports* (JCR), tratando sobre la caracterización mediante las referidas técnicas de diferentes terpenos, aminoácidos y carbohidratos en diferentes matrices, y se presentaron 30 comunicaciones en diferentes congresos internacionales.

Durante la realización de este proyecto se han creado lazos de colaboración con otros centros de investigación tanto en España como en el extranjero: el grupo de Química Teórica de José Elguero e Ibón Alkorta del Instituto de Química Médica de Madrid (IQM) del Centro Superior de Investigaciones Científicas, el grupo de Síntesis Orgánica de Rosa M. Claramunt de la UNED, el grupo de Espectroscopía Láser de Bruno Martínez Haya de la Universidad Pablo de Olavide, Cristales Líquidos de José Luis

Serrano de la Universidad de Zaragoza y el equipo de Espectroscopía Molecular de Thérèse Huet de la Universidad de Lille en Francia.

## Ade +

Es también importante destacar que, como consecuencia de su trabajo con técnicas espectroscópicas sensibles a la quiralidad, el grupo está participando en la gestación de una posible red europea de formación (ETN) en espectroscopía quiróptica junto a otras seis universidades de diferentes países europeos, como Bélgica, Austria, Alemania, Dinamarca e Inglaterra.

## Matemáticas contra el cáncer

Un grupo de investigadores de la Universidad de Granada, el Centro de Biología Molecular Severo Ochoa, la Universidad de Ginebra y el Politécnico de Turín ha realizado un proyecto para aplicar modelos matemáticos a los procesos de interacción celular. Los resultados obtenidos podrán contribuir al conocimiento sobre la propagación de tumores.



### Proyecto:

BIOMAT: Modelos matemáticos en vías de señalización originados en dinámica tumoral, sistemas complejos multicelulares, neurociencia y coagulación sanguínea

### Código:

P08-FQM-04267

### Centro:

Universidad de Granada

### Contacto:

Juan Segundo Soler Vizcaíno  
Tfno: 958 243 287  
e-mail: jsoler@ugr.es

Dotación: 199.500,03 €

La comunicación en las células es la responsable de la emisión y recepción de señales que activan o desactivan genes diana involucrados en la diferenciación celular, movilidad, desarrollo de anomalías, formación de tejidos, etc. Los recientes avances en este campo permitirán a corto o medio plazo afrontar con enfoques novedosos y no agresivos el tratamiento de enfermedades o procesos biológicos tales como la propagación de tumores o el control del peso.

La información obtenida en cultivos celulares *in vitro* o en animales vivos, como la *Drosophila* (mosca de la fruta), han proporcionado las bases y un laboratorio imprescindible para abordar el entendimiento de estos patrones evolutivos.

Sin embargo, la tecnología que permite realizar experimentos *in vivo* para conocer la dinámica de las concentraciones de proteínas (morfógenos) inmersas en este proceso de interacción celular está aún lejos de proporcionar datos precisos.

### Un patrón de comportamiento

Un equipo de expertos pertenecientes al Departamento de Matemática Aplicada de la Universidad de Granada se ha planteado en este proyecto el objetivo de avanzar hacia la construcción de modelos matemáticos que permitan reproducir los patrones evolutivos existentes.

Asimismo, otro punto de relevancia en los modelos propuestos ha sido su capacidad de predicción (de fenómenos o

implicaciones no conocidas) que proporcione una guía en la experimentación y el tratamiento de ciertas enfermedades.

“Con este trabajo, hemos querido resolver la manera en que las señales se propagan en el medio extracelular, cómo son absorbidas por las células y cómo pueden actuar sobre los receptores celulares de las señales (genes diana).

Finalmente, una vez interiorizada la señal es importante conocer sus consecuencias sobre la activación genética y a su vez sobre el flujo mismo de señales”, explica Juan Soler, investigador principal.

### Los modelos matemáticos pueden proporcionar una guía en el tratamiento de tumores

Una de las aportaciones de mayor interés en los últimos años en este campo de investigación es la del grupo del profesor James Briscoe, en la que se demuestra que el tiempo de exposición y la concentración de una señal tienen la misma relevancia en la activación genética.

Es decir, pequeñas concentraciones (que modelos anteriores consideraban irrelevantes) de señal recibidas de forma continua y prolongada en el tiempo por la célula producen el mismo efecto genético que concentraciones más grandes absorbidas en menor tiempo.

En este contexto, gran parte del trabajo realizado en este proyecto se ha centrado en el



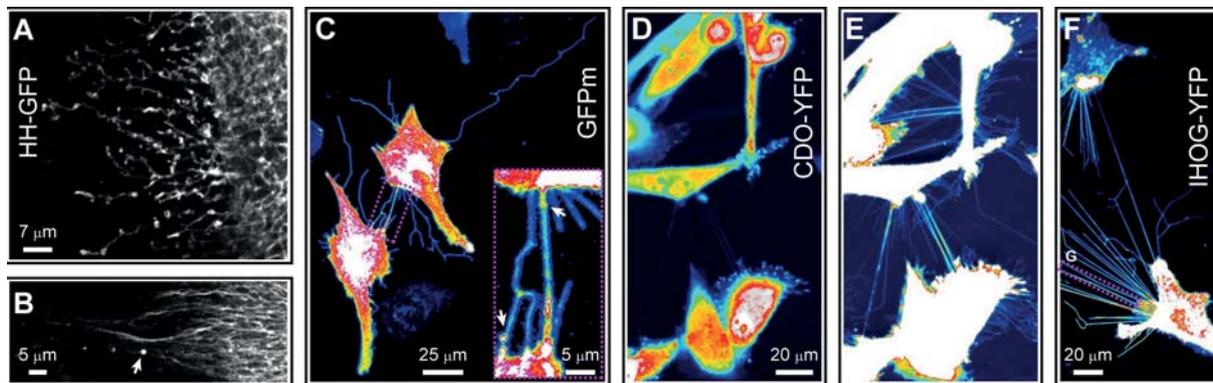
## Ade +

El proyecto se ha llevado a cabo con la participación del Centro de Biología Molecular Severo Ochoa, coordinado por Isabel Guerrero y el laboratorio de Ariel Ruíz i Altaba (Departamento de Medicina Genética y Desarrollo de la Universidad de Ginebra).

Por otra parte, se han realizado experimentos en *Drosophila* y con células gliales en cultivo en colaboración con el grupo de Alan Carleton perteneciente al Departamento de Neurociencia de la Universidad de Ginebra.

Esta línea de investigación ha abierto nuevos campos que pueden complementar y perfeccionar los estudios anteriores. Uno de los retos más interesantes en este sentido ha sido tratar de comprender el proceso de formación de estructuras y los comportamientos emergentes en el colectivo celular que difiere de la actuación individual de cada célula.

Este hecho se manifiesta, por ejemplo, en el comportamiento coordinado de las células tumorales que generan un ambiente ácido propicio para la invasión de territorios de las células sanas. Con el objetivo de comprender este tipo de fenómenos y dada la dificultad de analizar este proceso a nivel microscópico se han estudiado en colaboración con Nicola Bellomo (Politécnico de Torino) modelos que reproduzcan el cambio de comportamiento individual a colectivo en organismos como pájaros, peces, ovejas y grupos de seres humanos.

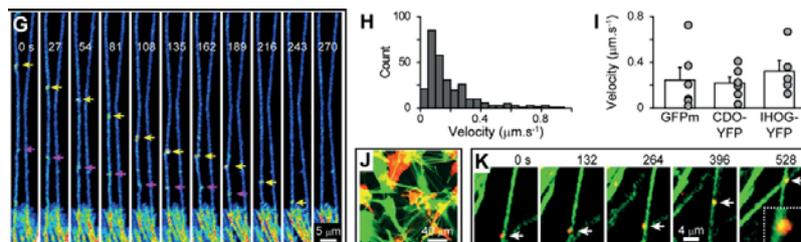


Vías de señalización y comunicación celular en *Drosophila* y células gliales en cultivo. Fuente: Elsevier: *Physics of Life Reviews* 10(2013) 457–475

estudio de los mecanismos químicos de comunicación celular derivados de la proteína Sonic Hedgehog (SHH). La labor que este morfógeno ejerce, una vez entra en la célula, a nivel genético, es la de activar el gen *GLI*, que está directamente relacionado con la propagación de tumores.

### Predicción multidisciplinar

Para desarrollar esta investigación, se ha constituido un equipo multidisciplinar de biólogos, físicos y matemáticos que han permitido contrastar las predicciones del modelo propuesto y disponer de las medidas precisas de las concentraciones y de las trayectorias de las moléculas implicadas en este proceso.



El resultado final ha sido la incorporación y predicción en el modelo matemático del hecho de que los morfógenos no se propagan libremente por difusión en la matriz extracelular, sino que hay una vías físicas (constituidas por actina, llamadas citonemas) que forman una red de autopistas que conectan las células y por las que se desplazan las moléculas que transportan la información.

“Las conclusiones han mostrado que nuestro modelo desarrollado permite hacer pre-

diciones precisas sobre la activación genética o su posible intervención en la comunicación celular, incluso como vía terapéutica, posibilidad que actualmente se está explorando en un nuevo proyecto de excelencia”, comenta el experto.

Los conocimientos obtenidos a través de este trabajo han sido divulgados en 71 publicaciones internacionales de alto impacto, 41 comunicaciones a congresos de carácter mundial y 2 tesis doctorales dirigidas por el responsable del proyecto.

## Sensores químicos a bajo coste

Un grupo de investigadores de la Universidad de Granada, coordinado por Luis Fermín Capitán, ha desarrollado un proyecto para fabricar sensores químicos de un solo uso y equipos de detección de luz, que permitirá medir sustancias químicas de forma económica.



### Proyecto:

Sistemas portátiles de análisis químico con sensores quimioluminiscentes y electroquimioluminiscentes de un solo uso

### Código:

P08-FQM-03535

### Centro:

Universidad de Granada

### Contacto:

Luis Fermín Capitán Vallvey  
Tfno: 958 248 436  
e-mail: lcapitan@ugr.es

**Dotación:** 226.000,00 €

El fenómeno de la quimioluminiscencia es muy conocido en la actualidad gracias a la divulgación del mismo en series de televisión policíacas. Igualmente, se puede observar a través de la naturaleza, en regiones como la Bahía de Fajardo en Puerto Rico, en cuyas aguas nocturnas se origina una luminosidad intensa producida por pequeñas bacterias en respuesta a cualquier perturbación producida. Otra muestra de ello son las luciérnagas, que generan luz debido a una reacción química que tiene lugar en su abdomen.

Luis Fermín Capitán y su equipo han desarrollado un proyecto que ha consistido en el diseño y fabricación de unos sistemas de medida rápidos y de bajo coste basados en esta propiedad que poseen algunas reacciones químicas para la generación de luz en presencia del compuesto que se quiere medir.

"Esta característica se presenta sólo cuando se detecta la sustancia deseada, siendo por tanto un marcador muy selectivo y que evita que se den lecturas erróneas o falsos positivos", explica Alberto J. Palma, miembro del proyecto.

El trabajo ha consistido en la creación de un kit de un solo uso que contiene un sensor químico preparado para generar la luz. "Este sensor es parecido a los que existen comercialmente para la medida de la glucosa en diabéticos e insulino-dependientes", comenta el experto.

Por otra parte, se ha desarrollado un equipo portátil para calcular esa luz producida cuando

se pone en contacto el kit sensor y una muestra del líquido que se quiere analizar.

La investigación se ha llevado a cabo mediante la organización de un equipo interdisciplinar formado por un grupo de químicos que han fabricado los sensores y otro de ingenieros electrónicos y de telecomunicación que han diseñado el equipo portátil de medida.

**Estos sensores son útiles para la medida de sustancias químicas como el colesterol, el lactato y las aminas**

El trabajo conjunto ha permitido confeccionar equipos capaces de medir sustancias químicas en diversos campos de aplicación tales como aminas, compuestos que se originan cuando el pescado pasa a estar en mal estado, de forma que se pueda determinar su frescura de una forma muy precisa. Otro elemento que se puede comprobar es el colesterol, factor de riesgo para la salud cuando está elevado.

También el lactato, que está directamente relacionado con la disponibilidad de oxígeno en el cuerpo y cuya medida es muy útil para monitorizar el grado de fatiga.

### Laboratorio de bolsillo

El proyecto de investigación se ha realizado gracias a la colaboración de varias empresas, tanto del sector del análisis químico como del diseño de sistemas electrónicos, con el fin de crear



un kit rápido de coste reducido y fácil manejo para la medida de numerosas sustancias químicas de interés.

“Esta estrategia se diferencia de la habitual, en que, generalmente, se transporta la muestra que se quiere analizar al laboratorio de análisis químico para ser tratada por personal experto. Sin embargo, nuestra propuesta se basa en poder llevar el laboratorio con nosotros, y eso es posible porque ocupa muy poco espacio, gracias a un pequeño instrumento que lo integra todo”, comenta Luis Fermín Capitán.

Estos profesionales granadinos se encargan de divulgar sus conocimientos a través de numerosos artículos de investigación y comunicaciones a congresos internacionales.

Además, el equipo cuenta con el reconocimiento nacional de la comunidad empresarial mediante la concesión del Premio

## Ade +

La estrecha colaboración entre investigadores de diferentes ámbitos y empresas privadas ha permitido a estos expertos un mayor acercamiento a la obtención de un sistema de análisis químico comercializable en el ámbito de la salud y la alimentación.

Este tipo de herramientas ya existían, pero a costes muy elevados, como la sonda ‘Curiosity’ que la NASA envió a Marte en noviembre de 2011, la cual es capaz de hacer múltiples análisis químicos en tiempo reducido.

Por tanto, el objetivo de este proyecto se enmarca dentro de lo que se denomina actualmente investigación traslacional, es decir, establecer los mecanismos adecuados para llegar a un producto final partiendo de la ciencia básica.

En este caso, se trata del desarrollo de nuevas estrategias para la fabricación de kits de sensores químicos desechables económicos, con el diseño de un prototipo de sistema electrónico de medida y, finalmente, el concurso de compañías privadas para poder poner en el mercado el resultado de este trabajo.

Nacional al Mejor Trabajo de Investigación en Química Electroanalítica Aplicada, en 2011.

Igualmente, se ha firmado un

contrato de *know-how* con una empresa que protege la investigación desarrollada de forma conjunta.

## Hacia la tercera generación de placas solares

Las maneras de producir energía están en constante transformación. El proyecto desarrollado en la Facultad de Química por el grupo de Química Teórica se centra en la simulación con una nueva serie de materiales en la línea de la llamada tercera generación de placas solares.



Las llamadas energías renovables irrumpieron en Andalucía a mediados de los 80. Desde entonces se han visto numerosos cambios en sus diseños y prestaciones. De hecho, actualmente se habla de una 3ª generación de celdas solares que prometen ser más económicas, eficaces, limpias y podrán ser colocadas con mayor facilidad en más lugares.

### Más allá del silicio

Las celdas solares funcionan con determinados materiales capaces de absorber más o menos energía solar. Hay materiales que son más hábiles en la captación de energía solar y su transformación en energía eléctrica.

La primera generación de placas solares está basada en el silicio, con una cuota de mercado del 90%. Ahora bien, la fabricación de las obleas que constituyen los conocidos paneles solares requiere la utilización de silicio de elevada pureza, lo cual se consigue mediante procesos a alta temperatura que utilizan gran cantidad de materias primas. Aparte de su coste, económico y ecológico, la eficacia de estas celdas solares está teóricamente a un 33% (límite de Shockley-Queisser).

Hay una segunda generación de celdas solares formadas por películas delgadas de materiales inorgánicos que, si bien resultan más baratas, también están sujetas a este límite.

La tercera generación de celdas solares utilizan un sensibilizador como captador de energía luminosa, que puede ser un

colorante, natural o sintético, que actúa como agente intermediario y puede desempeñar la función captadora en un rango energético mayor y, de este modo, superar el límite de eficacia mencionado.

### Los nuevos materiales utilizados en las celdas solares son más eficaces económica y energéticamente

Otra alternativa consiste en utilizar como captadores solares partículas de tamaño muy reducido, conocidas como nanopartículas o *quantum dots* (puntos cuánticos, que responden a esquemas mecano-cuánticos).

En la actualidad numerosos laboratorios en el mundo estudian nuevos materiales, en concreto los calcogenuros metálicos, entre los cuales el seleniuro de Cadmio (CdSe) es el más conocido. Materiales con más versatilidad y más ventajas, desde el punto de vista comercial (precio más competitivo y productos adaptados al mediano y pequeño comprador) así como también de eficacia técnica.

"Ahora mismo estás investigaciones se hacen a nivel de laboratorio", explica Javier Fernández Sanz, catedrático de la Universidad de Sevilla e investigador responsable del proyecto. "Se trata de optimizar la captación de la luz en el rango adecuado del visible (propiedades ópticas) y optimizar la transformación de la energía solar en energía eléctrica. En definitiva, optimizar sus propiedades op-

### Proyecto:

Celdas solares con sensibilizador: simulación de la estructura de la interfase electrolito/semiconductor

### Código:

P08-FQM-03661

### Centro:

Universidad de Sevilla

### Contacto:

Javier Fernández Sanz

Tfno: 954 557 177

e-mail:

<http://personal.us.es/sanz>

Dotación: 151.323,68 €

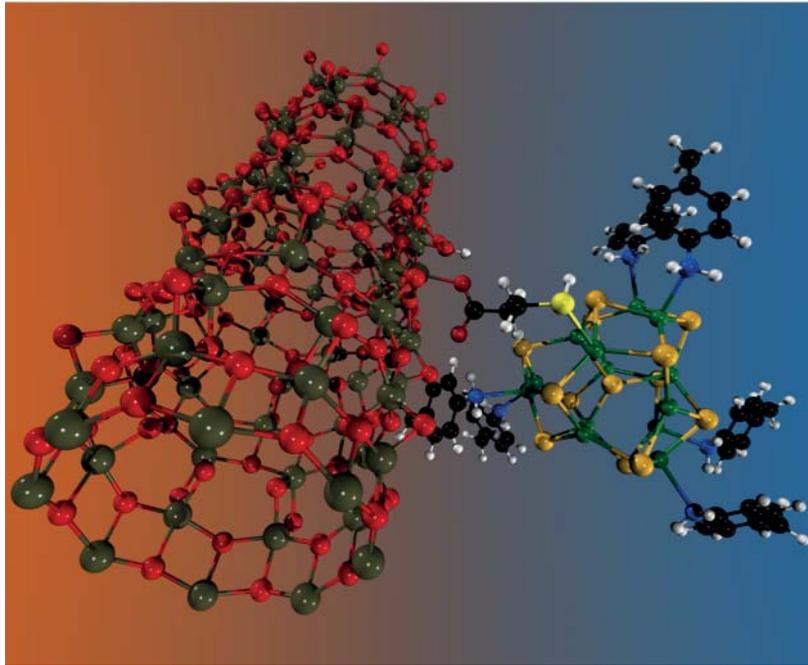


toelectrónicas”.

Este proyecto de excelencia es una continuación de otro concedido en 2005 que permitió poner a punto la metodología computacional en colaboración con el Centro de Investigación en Nanociencia y Nanotecnología (CIN2, Barcelona).

“Desde un punto de vista de las propiedades ópticas de los componentes de las celdas solares”, explica Javier Fernández Sanz, “la parte más relevante del trabajo realizado ha estado relacionada con el análisis de los captadores de energía de las celdas solares. Por un lado, hemos examinado en detalle el proceso de absorción de energía, con especial énfasis en cómo afectan los diferentes factores a la cantidad y calidad de dicha absorción. Por otro lado, se ha examinado el tipo de mecanismo de inyección electrónica que se establece mayoritariamente entre el sensibilizador y el ánodo: directo o indirecto. Este trabajo ha sido realizado utilizando dos tipos de colorantes que pueden ser considerados prototipos de dichos mecanismos: la alizarina y el catecol”.

En la misma línea de actuación se ha considerado otra familia de colorantes, en este caso derivados del cromóforo cumarina. “Hicimos un minucioso estudio de la influencia de la estructura sobre las propiedades de absorción de estas moléculas, y hemos obtenido un patrón de comportamiento que ha permitido proponer una serie de colorantes con eficiencia mejo-



rada”, concluye Fernández Sanz.

### Sulfuros y puntos cuánticos

En el campo de los *quantum dots* merece especial atención el trabajo realizado por Roger Nadler. Su actividad estuvo dedicada a profundizar sobre la estructura de varios materiales semiconductores que se utilizan como sensibilizadores en celdas solares.

Dentro de la amplia familia de calcogenuros de metales pesados, se comenzó con el estudio de seleniuro de cadmio, pero también se consideró una amplia familia de sulfuros, más tolerables para el organismo humano y la naturaleza como el sulfuro de hierro, comúnmente conocido como pirita.

Las nanopartículas de este tipo de compuestos poseen propiedades optoelectrónicas

especiales, que las hace muy interesantes como captadores de energía. Su tarea estuvo centrada en la simulación computacional de varios modelos de estas nanoestructuras y analizar cómo el tamaño cambia el rango de absorción óptica

Es interesante destacar que la investigación que desarrolla el grupo de Química Teórica está basada en simulaciones computacionales, aunque colaboren con grupos experimentales.

Tienen su propio clúster de cálculo que utilizan para la puesta a punto de las simulaciones, que luego ejecutan en el Centro Nacional de Supercomputación/Barcelona Supercomputing Center (CNS/BSC). Se trata de cálculos de extraordinaria complejidad que requieren miles de horas en ordenadores de altas prestaciones.

## Ade +

Se puede construir una celda solar casera utilizando como sensibilizador un colorante orgánico como la antocianina, presente en, por ejemplo, el jugo de frambuesa. Con un poco de maña y pequeñas piezas de materiales totalmente asequibles se puede montar una celda del tamaño de un sello de correos que trabaja a 0.4 V capaz de suministrar 0.1 mW. Con tres de estas unidades podemos alimentar, por ejemplo, una calculadora.

Se puede encontrar una descripción completa del procedimiento en:

<http://www.instructables.com/id/How-to-Build-Use-A-Dye-Sensitized-Solar-Cell-DS/>

<http://sciencegeekgirl.com/activities/Blackberry%20solar%20cell.pdf>

## Matemáticas para la encriptación

Cada día se realizan miles de millones de operaciones en la red que requieren de la encriptación de los datos comunicados. El proyecto liderado por Jose María Tornero se proponía hacer más seguro, ahora y en el futuro, el intercambio de información confidencial.



**Proyecto:**  
Geometría Aritmética y Aplicaciones

**Código:**  
P08-FQM-03894

**Centro:**  
Universidad de Sevilla

**Contacto:**  
Jose María Tornero Sánchez  
Tfno: 954 557 195  
e-mail: tornero@us.es

**Dotación:** 129.523,68 €

Un agente secreto (quizás es un agente doble) intercepta el documento clave que contiene los datos sobre la operación militar que puede cambiar el curso de la historia, puede determinar la derrota o la victoria en la guerra. El espía abre el documento y con manos temblorosas descubre que no entiende el código que figura en el papel. Un código sencillo en apariencia, pero que no podrá enviar a sus mandos militares la información que hay en él porque no sabe cómo interpretarlo.

### **La solución para esos problemas matemáticos, que antes no se podían resolver, es posible ahora**

Esta escena que podríamos ver en la típica película en blanco y negro sobre la Segunda Guerra Mundial muestra en qué se basa la criptografía. De una manera muy sencilla: establecer un protocolo consistente en que dos partes acuerdan cómo cifrar, codificar datos, y luego decodificarlos. De modo que si un tercero se hacía con el mensaje cifrado se encuentra en dificultades para resolver el problema.

Hoy, el uso de la información encriptada no es exclusiva de los bandos militares. Internet registra cada día miles de millones de operaciones de compra-venta y un banco puede tener millones de usuarios del servicio de banca *on line*. El hecho de que esté más presente no significa que sea menos rigurosa, pero sí que tenga un proceso estándar para todos. Hoy en día es una cripto-

grafía de clave pública. El diseño de ese protocolo, su seguridad, se basa en que un determinado problema matemático no se pueda resolver.

El grupo de José María Tornero Sánchez, investigador principal del proyecto de excelencia 'Geometría Aritmética y Aplicaciones' de la Universidad de Sevilla se centra en la Teoría de números. Todos los problemas que tienen que ver con esta teoría están teniendo un gran impacto en la transacción de la información.

### **Factorizar números primos**

El ejemplo más práctico en el 90% de los encriptados es el problema de la factorización de números primos.

"Se creó a mediados de los 70 y es un ejemplo de protocolo. Si el número que tenemos que factorizar para resolver ese problema es muy alto es prácticamente imposible que la información sea descifrada por un tercero. A fecha de hoy los números que se usan necesitarían la edad del universo para ser factorizados, con nuestros conocimientos actuales", explica Tornero Sánchez.

Pero los códigos que hace 30 años valían ahora quizás cambien, porque la solución para esos problemas matemáticos, que antes no se podían resolver, es posible ahora.

Dentro de las líneas que tiene el grupo, Tornero Sánchez señala como una de las más interesantes la que trabaja con problema de logaritmos discretos que funcionan bien en curvas



## Ade +

Las matemáticas son las pioneras de todas las ciencias. Crea herramientas para todas las disciplinas y necesidades de investigación y desarrollo.

“Hoy en día todo tiene que ser práctico, pero si ese es el único objetivo que se tiene, no se puede avanzar”, explica Tornero Sánchez.

Las matemáticas no se estudian pensando en las aplicaciones, pero luego aparecen y éstas, a veces, contribuyen al avance de las matemáticas teóricas.

Pero avances en otras ciencias, tanto teóricos como prácticos, desde la Teoría de la Relatividad de Einstein hasta la encriptación de clave pública, pasando por el desarrollo de mejores sistemas de sónar o el GPS, no hubieran sido posibles sin la existencia de unas matemáticas previas que soportaran todas esas ideas y que, muy probablemente, en principio se crearon sólo por el placer y la necesidad de saber más.

elípticas.

“Las curvas elípticas como tal son fascinantes por dos cosas, crean problemas irresolubles en la práctica (como la factorización) y se usan para intentar factorizar números muy grandes”, explica el científico.

Estamos hablando de la computación digital basada en el sistema binario. “Por supuesto cuando llegue la computación cuántica, si es que llega, todo cambiará. De hecho, ya se ha

demostrado que cuando esos ordenadores estén en marcha, los problemas de factorización de los que hablábamos antes serán resueltos en un tiempo récord. Por eso ahora hay muchísimas investigaciones que se están centrando en cómo se podrá encriptar la información cuando esos potentes ordenadores se hagan realidad”, concluye el investigador.

También es prioritaria la línea de investigación que se centra en

las curvas sobre cuerpos finitos, donde destaca la aportación del investigador Antonio Rojas León.

Un cuerpo finito es esencialmente un conjunto donde se puede sumar, restar, multiplicar y dividir (como en los números racionales o los reales), pero que sólo tiene una cantidad finita de elementos.

Gracias a profundos teoremas de aritmética, sabemos que comprender cómo funcionan ciertos objetos (curvas elípticas, por ejemplo) en cuerpos infinitos equivale a comprender cómo funcionan en cuerpos finitos.

La demostración del Último Teorema de Fermat, hace algo menos de 20 años, fue un ejemplo sobresaliente de estos resultados.

“Mi trabajo en particular está derivado hacia el estudio de las curvas elípticas sobre cuerpos de números que son conjuntos que están (muchos de ellos) a mitad de camino entre los racionales y los números reales. Hay muchas posibles combinaciones de estos números que son interesantes, y los problemas relacionados con curvas elípticas en este contexto aún no están cerrados”, concluye, Tornero Sánchez.



## Investigar la versatilidad del ADN

Francisco Sánchez Burgos, centró su actividad en varios objetivos orientados a comprender el ADN en otras funciones que van más allá del aporte de la herencia biológica. Modelar la velocidad en procesos reactivos o mejorar el desarrollo de sensores son algunas de ellas.



El ácido desoxirribonucleico, más conocido como ADN, fue identificado por primera vez en 1869 por el biólogo suizo Friedrich Miescher. Desde entonces, los científicos no han parado de investigar con una pasión directamente proporcional con la versatilidad que este polielectrolito parece esconder.

Si bien durante el siglo que siguió a su descubrimiento las principales líneas de investigación se centraron en su vertiente como portador del código genético (que aún sigue desarrollándose), a finales del siglo XX se abrían otras líneas que ampliaban sus aplicaciones. Como conductor eléctrico, para la creación de pinzas moleculares o para computación a escala molecular, son algunos de los campos más novedosos en los que están trabajando los expertos.

**Conductor eléctrico para la creación de pinzas moleculares o para computación a escala molecular, son algunos de los campos más novedosos en los que están trabajando los expertos del ADN**

En la Universidad de Sevilla se ahonda en esas otras propiedades que posee el ADN.

En este proyecto, continuando con la línea de investigación de un proyecto anterior "se propone llevar a cabo un estudio de la termodinámica y la cinética de las interacciones de diversos ligandos con ADN. Dichos ligandos abarcan un amplio espectro de sustancias capaces de ac-

tuar como tales, que se extiende desde pequeñas uniones hasta nanopartículas metálicas y no metálicas", explica Francisco Sánchez Burgos, investigador principal del proyecto.

El grupo tiene una larga experiencia en el estudio de las interacciones ligando/receptor y es una cuestión que ha despertado el interés de la comunidad científica por sus variadas aplicaciones: transporte iónico, estabilización o desestabilización de las membranas celulares, electrónica molecular o fabricación de sensores.

### Uniones con el ADN

El ADN puede unirse con otras sustancias. Este fenómeno, que se conoce como uniones ligando/ADN, está relacionado con procesos de formación de superestructuras biológicas. Por este motivo el grupo se centró en estudiar la cooperatividad de dichas uniones, en concreto en las que el ADN es el receptor. Han estudiado la interacción con otros ligandos de tamaño medio que no tenían características de tensioactividad y también con grandes ligandos (nanopartículas metálicas y no metálicas).

Estos estudios presentan un doble carácter. Por un lado, dentro de la investigación básica y destinado a establecer la energética y el mecanismo de los procesos de interacción ligando/ADN, incluyendo la determinación de las contribuciones de grupo y la cooperatividad de las uniones ADN/ligando.

Por otra parte, esa información de carácter básico se pre-

### Proyecto:

Interacciones ADN/ligandos: estudios cinético y termodinámico. Aplicación al desarrollo de vectores para transporte genético, al desarrollo de sensores y a las aplicaciones del ADN como catalizador

### Código:

P08-FQM-03623

### Centro:

Universidad de Sevilla

### Contacto:

Francisco Sánchez Burgos  
Tfno: 954 557 175  
e-mail: gcjrv@us.es

Dotación: 183.965,66 €



## Ade +

Es posible desarrollar sensores de macromoléculas, entre ellas de ADN, proteínas y polielectrolitos.

En este campo, el grupo ha obtenido dos patentes y está en trámite para conseguir una tercera. Estos estudios han corrido a cargo esencialmente de Prado Gotor uno de los miembros del grupo.

Las patentes ya inscritas corresponden a un método para la detección y cuantificación de polielectrolitos aniónicos, de interés en el campo de la biomedicina, y al desarrollo de un procedimiento para la detección de lisozima por nanopartículas de oro, más orientada al campo del diagnóstico clínico.

En este campo se inscribe también la patente que se está tramitando.

tende usar en aplicaciones tales como el desarrollo de vectores no víricos, para transportar fragmentos de ADN al interior de las células, para el desarrollo de sensores y para abordar el empleo del ADN como catalizador en procesos químicos y bioquímicos.

En lo referente al desarrollo de vectores no víricos, las investigaciones de este grupo se han centrado en el empleo de tensioactivos catiónicos, que producen una compactación del ADN y neutralizan sus cargas. Ambos efectos favorecen la posibilidad de salvar las barreras celulares.

Por otra parte es posible emplear el ADN como catalizador de procesos químicos y bioquímicos: aprovechando que el ADN



tiene carga negativa, y que atrae por tanto a reactivos positivamente cargados, es posible inducir un aumento de la concentración de éstos en el entorno del ADN, lo que se traduce, naturalmente, en un aumento de la velocidad de reacción.

Por este procedimiento han conseguido aumentar cien mil veces la velocidad de algunos procesos.

En lo que se refiere al desarrollo de sensores, estos pueden ser de distinto tipo: sensores de ADN (o de polielectrolitos) y sensores de sustancias basados en ADN. Estos últimos se fundamentan en las modificaciones de algunas propiedades de las sustancias que se pretenden detectar cuando se unen al ADN. En este caso se daría una detección directa. Pero esas modificaciones dependen, en muchos casos, de la unión previa del ADN con otras sustancias por lo que resulta posible detectarlas.

### Importancia de la formación

Durante el desarrollo de este proyecto los investigadores han colaborado con numerosos centros de investigación estatales y extranjeros. Es el caso de Manuel López, del Departamento de Ingeniería Química, Química

Física y Química Orgánica de la Universidad de Huelva, el Instituto Superior Técnico de Lisboa, y el grupo de investigación de la profesora Mary Deasy del Instituto de Tecnología de Tallaght (Dublín).

Además, el grupo ha presentado diecinueve comunicaciones en congresos, ha publicado treinta y tres trabajos en revistas de impacto y ha defendido cuatro tesis doctorales.

El profesor Sánchez Burgos hace especial hincapié en esta última aportación que, en su opinión, es fundamental. "Estas tesis suponen que el proyecto ha contribuido de forma importante a la formación de nuevos científicos, algo fundamental porque son ellos los que han de tirar del carro en el futuro."

En relación con esto el investigador observa con preocupación que los jóvenes tienen menos interés que hace unos años en realizar estancias postdoctorales largas en centros distintos del que les otorgó el doctorado.

Por ello cree que hay que tomar medidas para invertir esa tendencia, ya que sin esas experiencias los grupos de investigación perderán calidad y podrían correr el peligro de desaparecer".

## Reacciones con hidrógeno

Un grupo de expertos del Centro de Investigaciones Científicas de la Isla de la Cartuja (CI-CIC), liderado por Antonio Pizzano Mancera, ha desarrollado un método para preparar compuestos quirales reduciendo el impacto medioambiental y los costes.



### Proyecto:

Reacciones de hidrogenación asimétrica: nuevos catalizadores y aplicaciones

### Código:

P08-FQM-03830

### Centro:

Centro de Investigaciones Científicas Isla de la Cartuja

### Contacto:

Antonio Pizzano Mancera  
Tfno: 954 489 556  
e-mail: pizzano@iiq.csic.es

Dotación: 226.000,00 €

Entre los compuestos químicos existen numerosos ejemplos en los que la molécula real no coincide con su imagen en el espejo. A esta propiedad se la conoce como quiralidad y a las dos moléculas (la real y la que corresponde a su imagen especular) se les llama enantiómeros. Estos tienen la misma composición química, pero distribución diferente de sus átomos.

Este hecho tiene una gran importancia, puesto que la acción beneficiosa que puede tener un compuesto químico de un medicamento, depende de un reconocimiento entre ese compuesto y su receptor correspondiente en el ser vivo.

### ***El uso de catalizadores presenta importantes ventajas de coste y medioambientales***

Se trata de un proceso tan preciso que en el caso de los compuestos quirales, uno de los dos enantiómeros de una pareja puede producir un efecto terapéutico y el otro llegar a ser nocivo. Un ejemplo lo constituyó la talidomida, que en la década de los 60 fue responsable de un gran número de malformaciones fetales.

Como consecuencia de este fenómeno, los procedimientos para preparar compuestos quirales con aplicaciones industriales deben permitir hacerlos con una pureza extraordinariamente elevada, libres de otros compuestos químicos, incluido su enantiómero.

Esta razón ha llevado a Antonio Pizzano y a su equipo a investigar técnicas eficientes de

síntesis basadas en el uso de reacciones de hidrogenación catalítica.

### **Empleo de catalizadores**

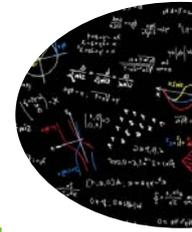
En los catalizadores utilizados pueden distinguirse dos partes: el átomo metálico y una estructura química que lo rodea y que se denomina ligando. El primero aporta la reactividad básica, mientras que el ligando la modula para mejorar su eficiencia.

El modo de acción de un catalizador puede describirse como una serie de reacciones químicas en las que éste opera sobre una sustancia hasta generar un producto y volviendo a su estado inicial. De este modo, una molécula de catalizador puede producir un gran número de moléculas de producto, como si se tratara de una fábrica a ese nivel", explica Antonio Pizzano.

Las transformaciones estudiadas tienen como característica común el empleo del hidrógeno como reactivo para la obtención de los compuestos quirales.

En primer lugar, la estrategia seguida ha consistido en la optimización del sistema catalítico, cuyo ciclo comprende dos etapas. La fase inicial consiste en el estudio de la influencia de las condiciones de reacción en el proceso químico, es decir de la naturaleza del disolvente empleado, la presión de hidrógeno o la temperatura. De esta manera, se seleccionan condiciones apropiadas que garanticen la actividad del catalizador.

En un segundo periodo, se aborda el análisis de la naturaleza del catalizador, y se efectúa una variación sistemática de las



características del ligando, estableciendo correlaciones entre la estructura y su reactividad. Así, la información acumulada puede conducir a la obtención del catalizador satisfactorio para la transformación estudiada.

Finalmente, se explora su utilidad mediante la preparación de diversos compuestos quirales que pueden tener interés aplicado.

## Uso industrial

Mediante diversas reacciones de hidrogenación con catalizadores basados en diferentes metales se han conseguido desarrollar procedimientos eficientes que permiten preparar varios tipos de compuestos quirales con una buena selectividad. "Hemos preparado diversos tipos de alcoholes y aminas, así como otros análogos fosforados de aminoácidos", comenta el científico.

El avance en los métodos de preparación de compuestos qui-

rales influye positivamente en la industria agroquímica y en la fabricación de cosméticos o nuevos fármacos, con un coste mejor. "Un ejemplo ilustrativo lo constituye la L-DOPA, que se utiliza en el tratamiento de la enfermedad de Parkinson. El uso generalizado de este medicamento fue posible gracias al desarrollo de un procedimiento de síntesis apropiado para prepararlo a gran escala, que se consiguió mediante una reacción de hidrogenación catalítica", añade el experto.

A partir de los resultados obtenidos se han elaborado dos tesis doctorales, así como diversas publicaciones y presentaciones en congresos internacionales. Actualmente, "hemos presentado dos solicitudes de patente: una referente a la preparación de aminotetralinas quirales y otra correspondiente a la preparación de ésteres y alcoholes quirales", expone el investigador.



## Ade +

Un aspecto clave en toda actividad química consiste en la reducción de la contaminación. Con respecto a esta cuestión, el uso de catalizadores aporta grandes beneficios en cuanto a la reducción de subproductos, de la cantidad de disolvente utilizada y del consumo energético correspondiente.

El diseño de los catalizadores utilizados emplea un tipo de ligandos que tienen dos componentes que pueden variar de manera independiente. De esta forma, se puede efectuar un proceso muy preciso y exhaustivo de optimización del catalizador. Por otra parte, las reacciones de hidrogenación tienen importantes ventajas prácticas en lo referente al escalado para su aplicación industrial o a la facilidad de purificación del producto a partir del medio de reacción.

Antonio Pizzano y su equipo, han logrado grandes resultados trabajando a presiones reducidas de hidrógeno. Asimismo, se ha conseguido desarrollar un procedimiento de preparación de ésteres quirales en ausencia de disolvente añadido.

Este es un asunto que tiene una gran repercusión tanto medioambiental como en el coste del proceso, ya que disminuye de manera sensible el volumen del reactor utilizado.

## Nanopartículas mediante Microscopía Electrónica

Un grupo de jóvenes científicos de la Universidad de Cádiz, liderado por Ana Belén Hungría, ha realizado un estudio sobre nuevos procesos catalíticos para la obtención de hidrógeno y otros productos con aplicaciones en medicina y cosmética.



### Proyecto:

Aplicación de técnicas avanzadas de Microscopía Electrónica al estudio de materiales catalíticos para sistemas de generación de energía con muy bajo impacto ambiental

### Código:

P08-FQM-03994

### Centro:

Universidad de Cádiz

### Contacto:

Ana Belén Hungría  
Hernández  
Tfno: 956 016 701 ext. 2016  
e-mail: ana.hungría@uca.es

Dotación: 187.801,35 €

Los científicos de la Universidad de Cádiz han llevado a cabo una investigación que ha consistido en la preparación y caracterización de catalizadores bimetalicos soportados, donde la inclusión de dos metales como fase activa plantea, entre otros interrogantes, las posibles disposiciones de los átomos metálicos en la superficie.

Para el estudio, estos profesionales han aplicado técnicas de microscopía electrónica de transmisión, que permiten estudiar estos materiales con una magnificación de un millón de aumentos.

Este método hace posible conocer aspectos como cuál sería el tipo de interacción entre los dos metales a nivel atómico, o detalles básicos sobre la morfología, la composición química, tamaño y dispersión de las partículas soportadas sobre el óxido mixto de cerio-zirconio con reducibilidad mejorada, que se emplea como soporte.

### Oro y rutenio

El proyecto ha permitido poner en marcha la técnica de preparación de catalizadores por deposición-precipitación, en combinación con el método de impregnación a humectación incipiente. Estos procedimientos han logrado preparar catalizadores con pequeños tamaños de partícula y, en consecuencia, gran dispersión metálica. Asimismo, se ha instalado en la Universidad de Cádiz la técnica de tomografía electrónica, gracias a la cual puede obtenerse una reconstrucción tridimen-

sional de los objetos estudiados en el microscopio electrónico. "Con la ayuda de estas técnicas hemos preparado dos familias de catalizadores bimetalicos de oro (Au) y rutenio (Ru), en las cuales se variaron las relaciones atómicas entre Au y Ru, y se sometieron a distintos pretratamientos térmicos para tratar de maximizar las interacciones entre los dos metales y así obtener catalizadores más activos que las referencias monometálicas de estos elementos", explica Ana Belén Hungría.

**La técnica de tomografía electrónica permite obtener una reconstrucción tridimensional de los materiales estudiados**

Estas familias de catalizadores se han caracterizado mediante microscopía electrónica de transmisión, lo que ha permitido determinar la morfología y estructura de las nanopartículas metálicas, cuyo tamaño está en el rango de 2 a 10 nanómetros.

"Nuestra hipótesis de partida ha consistido en la consideración de que al combinar la fase de oro con un metal de mayor resistencia a la sinterización, como es el caso del rutenio, se favorecería la estabilidad térmica del sistema evitando de este modo la pérdida de fase activa que se produce en los catalizadores monometálicos de oro, como consecuencia del crecimiento de las partículas", explica la investigadora.

Sobre esta fórmula se ha tra-



bajado a fin de garantizar la funcionalidad de estos materiales en la reacción de desplazamiento de gas de agua y en reacciones de oxidación de alcoholes en fase líquida (glicerol y 1-oc-tanol).

Ambos son procesos catalíticos de interés industrial. En el primer caso, para la obtención de hidrógeno a partir de hidrocarburos, en particular de gas natural, y en el segundo, para la obtención de productos con aplicaciones en medicina o en cosmética.

### **Materiales nanoestructurados**

El estudio se ha centrado en la investigación de materiales para catálisis heterogénea. Sin embargo, la síntesis y la caracterización de nanopartículas soportadas forma parte integral de la nanociencia, y por lo tanto, las aproximaciones experimentales que se han desarrollado resultarían válidas para otros campos de aplicación relacionados con materiales nanoestructurados: electrónicos, magnéticos y optoelectrónicos, farmacéuticos,

## **Ade +**

La Universidad de Cádiz ha sido pionera en España en aplicar el método de caracterización de tomografía electrónica en el campo de la ciencia de materiales.

El conjunto de técnicas disponibles en un microscopio electrónico de transmisión ha permitido la caracterización a escala nanométrica de los catalizadores complejos objeto del estudio.

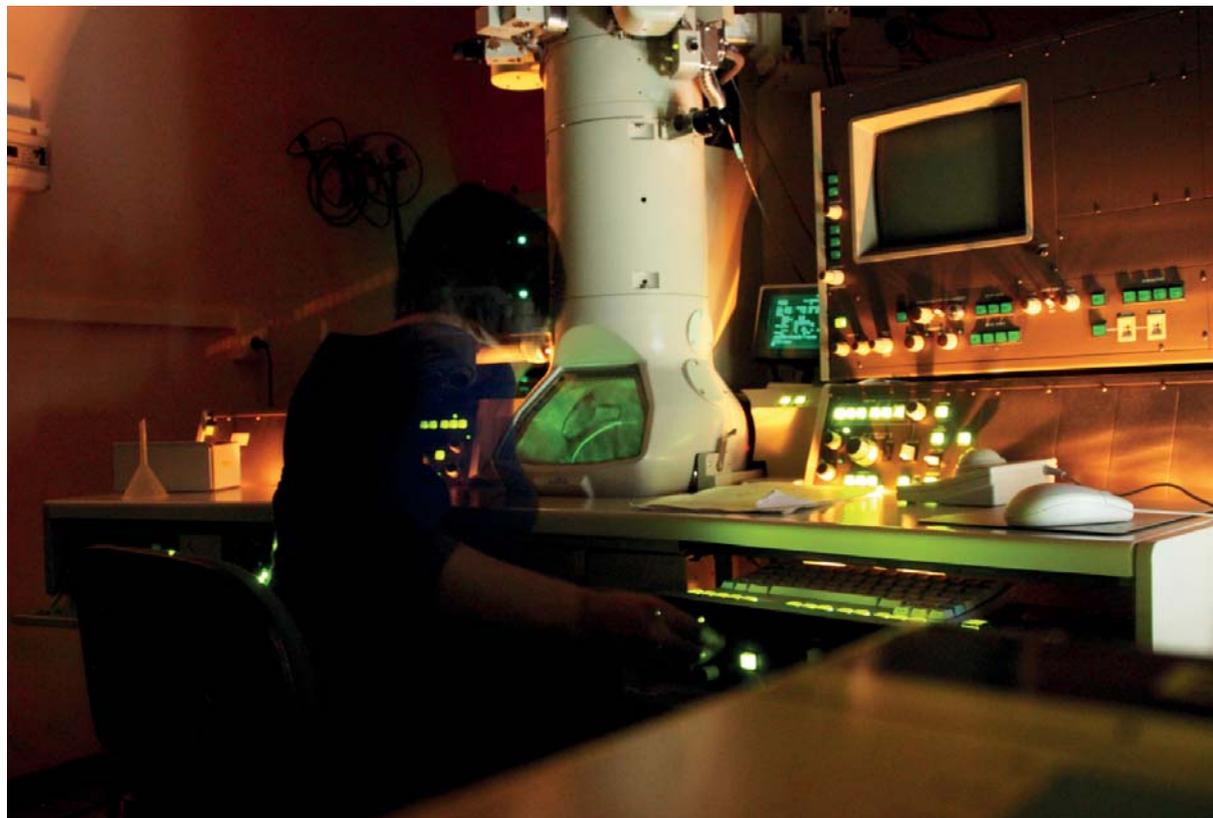
El empleo de unos catalizadores bimetalicos más activos para las reacciones de oxidación de alcoholes en fase líquida, permitirá aumentar su utilidad frente a los catalizadores tradicionalmente usados, ya que presentan ventajas económicas y medioambientales, debido a su fácil recuperación mediante simple filtración y la posibilidad de regeneración de los mismos.

Este trabajo supone un avance significativo en la caracterización de diferentes materiales de interés, pudiéndose obtener información sobre la distribución de nanopartículas en los soportes, morfologías, reconstrucciones tridimensionales del interior de objetos, que antes no era posible lograr de una manera directa.

cosméticos o energéticos.

Los avances obtenidos han sido presentados en la tesis doctoral de la investigadora Lidia Esther Chinchilla Reyes y a través de varios artículos científicos. Del mismo modo, estos

expertos han mostrado sus resultados en diversos congresos de carácter mundial, como el Congreso Internacional de Microscopía Electrónica, celebrado en Praga en el mes de septiembre de 2014.



## En busca de nuevos planetas

Un equipo de expertos del Instituto de Astrofísica de Andalucía, coordinado por Sebastián Francisco Sánchez, ha desarrollado nuevas herramientas para medir la calidad de los cielos del sudeste de la península y descubrir nuevos planetas extrasolares.

Sebastián F. Sánchez y su grupo de investigación han elaborado un proyecto cuyo objetivo principal ha consistido en determinar las condiciones atmosféricas en el Observatorio de Calar Alto, situado en la provincia de Almería.

El método de estudio se ha basado en recabar toda la información existente en las extensas bases de datos del observatorio, el cual lleva más de 30 años en funcionamiento.

Asimismo, se ha procedido al desarrollo de instrumentación propia para la realización de estas medidas.

En este aspecto, "hemos creado dos instrumentos completamente nuevos: Excalibur y Astmon. Estas herramientas nos han permitido determinar la transparencia del cielo, el grado de cubrimiento por nubes en tiempo real y el brillo, bien natural o por polución lumínica", explica el responsable del trabajo.

### CAFE y CALIFA

El estudio se ha realizado en dos etapas bien diferenciadas, pero claramente conectadas entre sí, cuyo fin último ha consistido en explotar el conocimiento de las condiciones atmosféricas para diseñar instrumentos como CAFE, enfocado a la búsqueda de planetas fuera del sistema solar. Igualmente, se ha creado el proyecto CALIFA, que ha permitido incrementar la productividad del Observatorio de Calar Alto.

El proyecto de excelencia ha dado lugar a varias líneas de resultados científicos y técnicos. Especialmente, "destacamos los relacionados directamente con la caracterización de las condiciones en el observatorio,

donde se ha desterrado el mito de la inferioridad del cielo de Almería frente a otros de mayor renombre en España u otras localizaciones internacionales", añade el experto. Dentro de estos trabajos se ha desarrollado instrumentación específica que ha sido utilizada en otras localizaciones andaluzas, con fines similares.

### Grandes hallazgos

En la actualidad, el instrumento CAFE es el más utilizado en el telescopio de 2.2 m del observatorio. Ha descubierto, recientemente, un nuevo planeta extrasolar, junto con el Centro de Astrobiología de Madrid, algo que supone uno de los hallazgos más llamativos del proyecto.

"Esta herramienta se dedica principalmente al estudio de la composición química de las estrellas en la galaxia y la búsqueda de planetas extrasolares", comenta Sebastián Sánchez.

### **El instrumento CAFE ha permitido el descubrimiento de un nuevo planeta extrasolar**

Por otra parte, la investigación ha servido para iniciar el exitoso muestreo CALIFA, haciendo uso de la instrumentación preexistente en el observatorio y que ha producido más de 30 artículos publicados en revistas internacionales.

El Observatorio de Calar Alto no ha presentado patentes de explotación, al ser una entidad sin ánimo de lucro. Sin embargo, la transferencia tecnológica a empresas en Andalucía ha dado lugar a dos registros de propiedad intelectual.



#### Proyecto:

Caracterización Astronómica del Observatorio de Calar Alto para la realización de espectroscopia 3D.

#### Código:

P08-FQM-04319

Centro: Instituto de Astrofísica de Andalucía

#### Contacto:

Sebastián Francisco Sánchez  
Tfno: 958 814 530  
e-mail:  
sfsanchez@astro.unam.mx

Dotación: 100.000,00 €



Los beneficios de la investigación se ven reflejados en los contactos producidos con compañías del sector ubicadas en Andalucía, como iTec Astronómica S.L.

## Impacto ambiental

Estos profesionales han ideado, además, una técnica novedosa para medir las condiciones ambientales, aplicada en el Parque Nacional de Doñana para reducir el impacto de la contaminación lumínica en las especies protegidas.

“A largo plazo los avances logrados nos permitirán entender en qué galaxias, o zona de las mismas, y en qué estrellas dentro de nuestra propia galaxia existen planetas similares a la Tierra, con la importancia que esto tiene para la comprensión del lugar que ocupa nuestra especie en todo el universo”, explica el profesor Sánchez.

Los expertos se han encargado de divulgar sus conocimientos mediante la participación en congresos y la publicación de artículos científicos en diferentes revistas de prestigio internacional, como *Astronomy & Astrophysics (A&A)*.

Además, parte de los resultados se han mostrado en las tesis doctorales de J. Aceituno y J. Lillo.

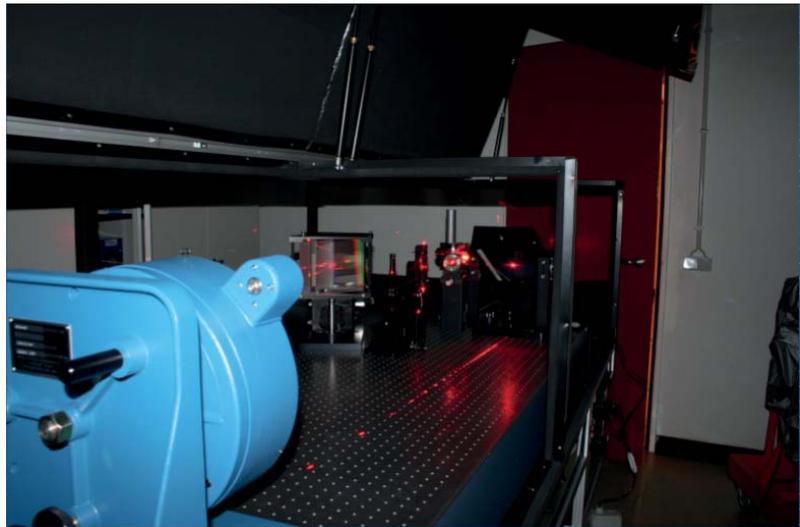


Imagen del interior de CAFE, durante el proceso de alineado, para el cual se hizo uso de un láser de Na (haz rojo).



Ejemplos de la Instrumentación desarrollada para el estudio de la Calidad del cielo. A la izquierda se muestra una unidad EXCALIBUR, instalada en el Observatorio de Calar Alto, a la derecha se muestra una unidad ASTMON, instalada en la Reserva Biológica de Doñana.

## Ade +

La investigación realizada en Calar Alto ha generado conocimientos esenciales para limitar la contaminación lumínica, y por tanto incrementar la eficiencia y el ahorro energético derivada de la misma.

Este lugar ha supuesto desde 1975 uno de los pilares del avance de la astronomía española y alemana. El observatorio está emplazado en el monte Calar Alto, que con sus 2168 metros de altitud constituye una de las cumbres más elevadas de la cordillera bética, llamada Sierra de los Filabres y de Baza.

Actualmente, alberga seis telescopios dedicados a la investigación. La calidad de los cielos del sudeste de la península y la renovación continua tecnológica mantienen al observatorio en la primera línea de la astronomía mundial.

El proyecto de excelencia supone el desarrollo de nuevas tecnologías realizadas completamente en Andalucía, y en particular, el implementar técnicas de desarrollo industrial para abaratar los costes e incrementar la eficiencia de la instrumentación desarrollada. Un ejemplo claro es CAFE, ya que supone una quinta parte del coste normal de este tipo de herramientas, demostrando tener capacidades por encima de las especificaciones iniciales.

## Herramientas para la síntesis de fármacos

Un grupo de expertos del Centro Superior de Investigaciones Científicas y de la Universidad de Sevilla ha desarrollado nuevas estrategias compatibles con el medio ambiente para sintetizar precursores de fármacos y de otros productos de interés biológico y tecnológico.



### Proyecto:

Aproximaciones organocatalíticas a la síntesis enantioselectiva de beta-amino ácidos, ácidos gamma-aminobutíricos (GABAs) e hidrazino péptidos

### Código:

P08-FQM-03833

**Centro:** Centro de Investigaciones Científicas Isla de la Cartuja

### Contacto:

Jose M<sup>a</sup> Lassaletta Simón  
Tfno: 954 489 563  
e-mail: jmlassa@iiq.csic.es

**Dotación:** 291.923,68 €

La quiralidad es la propiedad de un objeto de no ser superponible con su imagen especular. Como ejemplo, se puede señalar que las manos del ser humano son asimétricas y quirales, por lo tanto, aunque la mano derecha y la izquierda son imágenes especulares, no son superponibles.

Este hecho se produce en la mayoría de las moléculas presentes en organismos vivos. A las dos imágenes especulares no superponibles se les denomina enantiómeros, y la mezcla de ambos es conocida como mezcla racémica.

Frecuentemente, los dos enantiómeros de una molécula biológicamente activa no poseen la misma función, por lo que esta asimetría tiene importantes implicaciones biológicas y genéticas.

Este asunto es la base central del proyecto en el que colaboran de manera conjunta los grupos de Química Orgánica y Síntesis Estereoselectiva, que dirige Rosario Fernández (Universidad de Sevilla), y el equipo del Instituto de Investigaciones Químicas, coordinado por José M. Lassaletta.

El objetivo perseguido por estos profesionales se ha basado en desarrollar nuevas estrategias que permitan controlar reacciones químicas en las que la quiralidad juega un papel esencial.

Principalmente, la investigación ha estado encaminada al empleo de organocatalizadores, que evita el uso de metales perjudiciales en la producción de

fármacos. Estos compuestos, puramente orgánicos y de relativo bajo peso molecular, actúan acelerando las reacciones químicas y dirigiéndolas selectivamente hacia un determinado camino sintético.

“Dicha estrategia intenta imitar de manera artificial el modo de actuación que desarrollan algunas enzimas en reacciones químicas que ocurren en la naturaleza”, explica David Monge, miembro del proyecto.

### **Se han desarrollado métodos de síntesis que no requieren el uso de metales tóxicos**

La investigación ha permitido elaborar diversas metodologías para obtener nuevos compuestos de interés biológico y tecnológico en distintos campos, como la química orgánica sintética, la medicina, la agroquímica de productos naturales, la industria farmacéutica y la producción de fragancias y aromas.

Por ejemplo, “hemos obtenido derivados GABAs, que son compuestos con actividad biológica y precursores de algunos fármacos como la pregabalina, comercializada para el tratamiento del dolor neuropático periférico en adultos. También, hemos sintetizado derivados de hidrazinoácidos con los que se pueden obtener hidrazino péptidos: potenciales antibióticos con actividades mejoradas”, comenta el experto.

Estas estrategias aportan como novedad una especial sensibilización con el medio am-

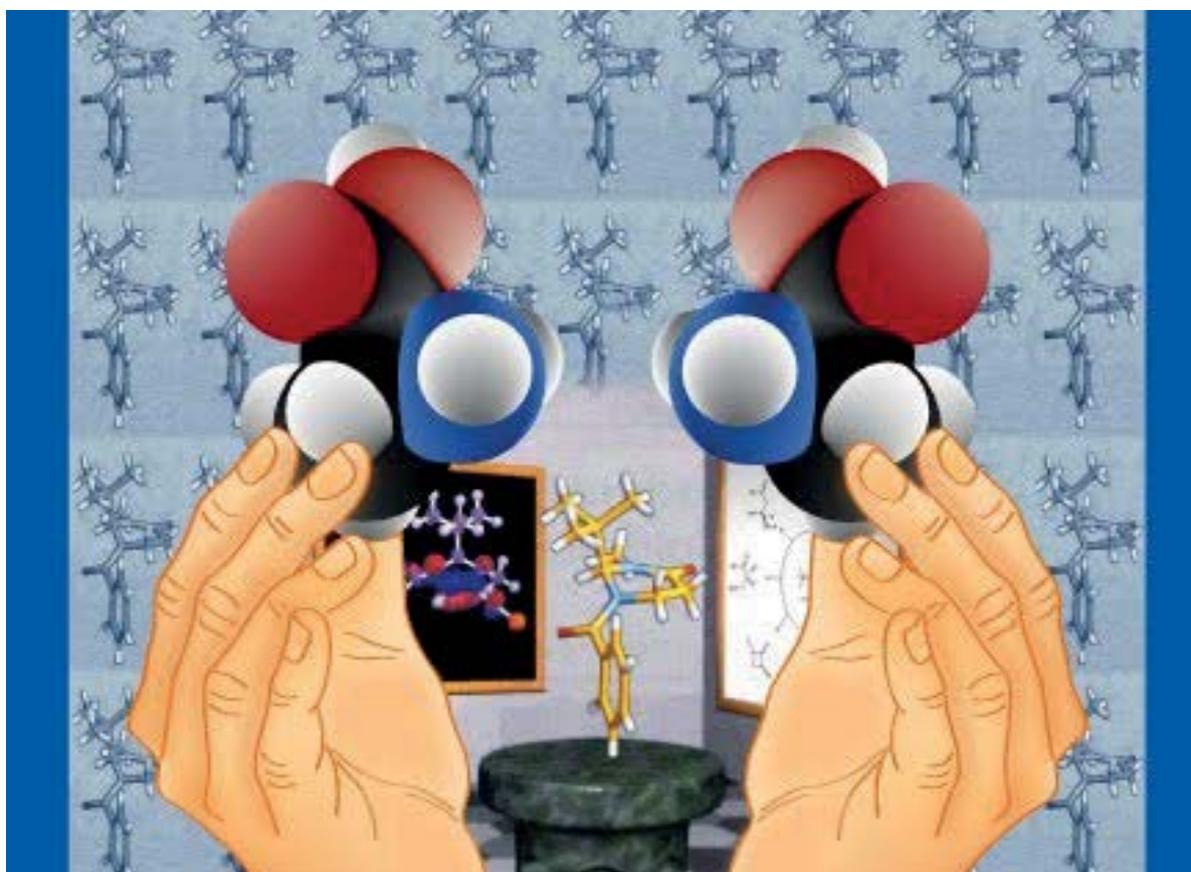


## Ade +

Actualmente, es obligatorio sintetizar ambos enantiómeros puros antes de comercializar un nuevo fármaco para determinar su actividad y sus posibles efectos secundarios.

Los resultados obtenidos durante la realización del proyecto de excelencia podrían tener un impacto socio-económico importante a medio plazo, ya que inciden directamente en industrias de gran interés, como la farmacéutica, la agroquímica y la de perfumes y aromas. En primer lugar, con las metodologías desarrolladas por el conjunto de expertos sevillanos se evita la síntesis del enantiómero no deseado, reduciendo los costes de materiales de partida y de recursos. Por otra parte, se minimiza todo lo posible el impacto medioambiental, especialmente evitando el empleo de metales pesados en las reacciones.

Los avances logrados por estos profesionales han sido divulgados a través de la publicación de diferentes artículos de investigación en revistas de prestigio internacional. Asimismo, las conclusiones derivadas del estudio se han recogido en tres tesis doctorales.



biente al utilizar una química que evita la toxicidad característica de algunos compuestos metálicos.

### Industria farmacéutica

Una elevada proporción de los compuestos activos que las industrias farmacológicas ofertan son quirales y hasta hace muy poco estas sustancias se vendían como mezclas racémicas, aunque los beneficios solo resi-

dieran en uno de los enantiómeros.

Algunos medicamentos como el ibuprofeno se han suministrado como mezcla, cuando realmente el efecto de erradicar el dolor solo lo posee uno de los enantiómeros. En la actualidad, ya se comercializa el enantiómero puro, cuyo efecto se produce a los 12 minutos, mientras que antes actuaba en una media hora.

El grupo de investigación ha

logrado desarrollar algunos tipos de reactividad esencialmente nuevos, que son altamente eficientes y selectivos hacia el enantiómero deseado, obteniéndose de manera directa productos precursores de diversos medicamentos. "Tenemos una solicitud de patente y el interés de industrias como Bayer Cropscience y Esteve en nuestras investigaciones" añade el profesor José M. Lassaletta.

## Galaxias ermitañas

Un grupo de investigadores del Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA), liderado por Jack Sulentic, ha recopilado información clave sobre la formación y evolución de una gran muestra de galaxias aisladas.

La frase '*Nature versus nurture*', acuñada por el científico británico Francis Galton, y cuya traducción aproximada es "se nace o se hace", establece una relación entre la influencia de la herencia, el ambiente en el que uno vive, y cómo este último puede afectarnos.

La mayoría de los seres humanos se establecen en ciudades o pueblos, únicamente un escaso porcentaje se encuentran solitarios en el campo, como ermitaños.

Algo parecido ocurre con las galaxias, ya que casi la totalidad se establecen en grupos y sólo un pequeño número permanecen aisladas. "En astronomía nos preguntamos qué propiedades de una galaxia son intrínsecas y cuales se deben al entorno en el que se ha formado. Si continuamos con el símil referente a los humanos, podríamos decir que nuestra propia galaxia, la Vía Láctea, no está aislada, sino que vive en un pequeño pueblo llamado El Grupo Local, perteneciente a una gran ciudad conocida como el Cúmulo de Virgo", explica Jack Sulentic.

### La evolución de las galaxias

El principal objetivo perseguido por el grupo de expertos del IAA de Granada ha consistido en el estudio de las galaxias más aisladas del Universo Local, es decir, de las que se encuentran relativamente cercanas.

En concreto, el proyecto AMIGA se ha centrado en la búsqueda de las galaxias menos afectadas por estímulos externos, sobre todo gravitatorios, producidos por las galaxias vecinas. Para ello, se han tomado imágenes de alta resolución de una muestra

de mil galaxias, de las cuales de rechazaron 200, ya que tenían vecinas que no se habían podido detectar con reproducciones de menor profundidad.

"Las galaxias aisladas tienen el gran potencial de brindarnos una visión poco común de sus propiedades, por lo que sirven como muestra de control y de comparación para el estudio de la influencia del entorno y su evolución", expone el responsable principal.

### Galaxias espirales

Durante cinco años, el principal propósito ha sido el estudio de un tipo de galaxias aisladas: las espirales. Los científicos han detectado un 80% de esta variedad, las cuales poseen grandes cantidades de gas en su disco y estrellas jóvenes. Existen creencias que indican que la concentración central de estrellas en una galaxia (el bulbo) va creciendo por influencia gravitacional externa de galaxias próximas.

### **Las galaxias espirales poseen grandes cantidades de gas en su disco y estrellas jóvenes**

"Los bulbos de las espirales aisladas se han mantenido pequeños, lo que concuerda con esta teoría, pero además nos indica que han permanecido en solitario desde su formación. Para este análisis, hemos excluido a las galaxias con bulbos grandes, ya que el tamaño de este último indica que pueden haber sufrido interacciones o choques con otras galaxias en el pasado, aunque sea remoto", comenta el experto.

Uno de los descubrimientos



**Proyecto:**  
AMIGA3: Naturaleza y Entorno en Galaxias

**Código:**  
P08-FQM-04205

**Centro:** Instituto de Astrofísica de Andalucía

**Contacto:**  
Jack Sulentic  
Tfno: 958 230 628  
e-mail: sulentic@iaa.es

**Dotación:** 544.000,00 €



más significativos corresponden al 14% de galaxias sin disco (elípticas) o casi sin él (lenticulares) halladas en la investigación. “El resultado fue inesperado porque esta variedad comúnmente se encuentran en grandes conglomerados o grupos”, aclara el científico.

Los siguientes pasos en el estudio han estado centrados en la determinación detallada de los colores.

Para ello, se han utilizado infrarrojos y ondas de radio. Las conclusiones revelan que las galaxias vecinas más próximas no han pasado cerca en al menos 2 o 3 millones de años. En esta parte del trabajo, han intervenido estudiantes procedentes de Valencia, Murcia, Almería y Málaga para la realización de sus doctorados, así como de Asturias, Portugal, Nueva Zelanda e India para proyectos posdoctorales.

Por último, el proyecto ha te-

## Ade +

El color y tamaño de los bulbos dan información clave sobre la edad de las estrellas. Alrededor de 1940, surgieron teorías que revelaron que la formación de galaxias se producía por el colapso gravitacional monolítico de una gran nube de gas. Según estas hipótesis, los bulbos deberían ser de color rojo, formados por estrellas antiguas, mientras que las jóvenes tendrían una tonalidad azul. A través de la base de datos que ha generado el proyecto, durante los últimos 3 años, se ha logrado determinar por separado el color rojo de los bulbos y de los discos de más de 300 galaxias aisladas, lo que confirma la teoría anterior.

Para la elaboración del trabajo se ha contado con el Gran Telescopio de Canarias (GTC). Este instrumento ha permitido obtener mediciones únicas de las estrellas estudiadas y de sus movimientos en galaxias que están a decenas de millones de años luz.

nido en cuenta un cálculo preciso para establecer el tamaño de estas galaxias. Los datos obtenidos han mostrado que las galaxias aisladas son más grandes que otras de la misma masa que permanecen en conjunto.

Según el investigador, “posiblemente, este hecho se debe a que a los encuentros gravitacionales con otras galaxias suelen dañar el gas más externo de ellas, por lo que se disminuye su tamaño”.



Esta galaxia se encuentra a una distancia relativamente cercana de unos 55 Megaparsecs (150 M de años luz). Muestra dos componentes: un disco azul y un bulbo central más rojo. Las estrellas jóvenes que se están formando en el disco le dan un color más azul que el del bulbo, donde se encuentran las estrellas antiguas. Nótese el alto grado de simetría estructural que refleja la ausencia de distorsiones causadas por influencias gravitacionales.

## Abstraerse en lo abstracto

En 2008, la Consejería de Innovación concedió el proyecto 'Análisis Matemático' a la Universidad de Sevilla (US). Un proyecto orientado básicamente a plantear y resolver problemas de la Ciencia de las Ciencias desde diferentes ramificaciones y perspectivas que se entrecruzan y sirven para diseñar armazones abstractos sin los que otras disciplinas no podrían caminar.



**Proyecto:**  
Análisis Matemático

**Código:**  
P08-FQM-03543

**Centro:**  
Universidad de Sevilla

**Contacto:**  
Tomás Domínguez Benavides  
Tfno: 954 557 982  
e-mail: tomasd@us.es

**Dotación:** 146.923,68 €

Entramos en una zapatería, la persona que trabaja en ella se nos acerca mientras que miramos los modelos de los estantes. Pero, en vez de qué número gasta, en qué color lo quiere, con cordones o de tacón, nos dice: "No se preocupe. Tenemos una horma de zapato que se adapta a todo tipo de pies y con la que podemos diseñar el modelo que prefiera". Sin salir de nuestra sorpresa pensamos: "¡por fin, se ha resuelto el problema!".

Salvando las abismales distancias en este ejemplo, gracias a las personas que investigan en matemáticas abstractas o puras, disciplinas de muy diversos tipos, como la matemática aplicada, física, medicina o la ingeniería, entre otras, tienen hormas de zapatos (soluciones matemáticas) que se ajustan a sus pies (problemas aplicados). El Análisis Matemático se desarrolla dentro de este contexto abstracto para ofrecer soluciones a cuantos más casos mejor.

### ***El Análisis Matemático permite entender situaciones naturales a través de la modelización***

En el caso concreto del proyecto de investigación FQM-03543 concedido a la US, hablamos de un grupo que tiene una amplia trayectoria de años trabajando en vertientes como el análisis funcional lineal o no lineal, teoría de operadores, teoría de integración, análisis armónico (de Fourier), análisis complejo, teoría analítica de números, o espacios de funciones como espacios de Hilbert, espa-

cios de Banach o espacios de Sobolev, entre otros.

### **Mundo ideal vs mundo real**

"El mundo se rige por ecuaciones diferenciales normalmente enmarcadas dentro de un espacio de funciones", explica Rafael Espínola, miembro del proyecto de excelencia.

Las soluciones de dichas ecuaciones diferenciales, que serían las que nos permiten entender, por ejemplo, los remolinos de vientos que se forman alrededor de las alas de un avión al despegar, son elementos de un cierto espacio de funciones.

El objeto del Análisis Funcional sería entender los elementos y la geometría de estos espacios de funciones.

Dentro del Análisis Funcional podemos distinguir el lineal y el no lineal. El primero sirve para dibujar un escenario más cercano a lo ideal, en el que todo es previsible, donde no hay sorpresas. El segundo, más parecido al real, contempla situaciones inesperadas (huracanes, corrimientos de tierra, terremotos, etc.,) con el objetivo de poder ofrecer una modelización fiable de la evolución temporal de estas situaciones.

También trabajan con problemas o situaciones propias del Análisis Convexo que, entre otras muchas aplicaciones, ha sido una herramienta fundamental en la economía. De hecho, John Nash, cuya figura fue dada a conocer gracias a la película *Una mente maravillosa*, recibió el Premio Nobel de Economía en 1994 por sus trabajos de aplicaciones del análisis con-



vexo a la economía de mercados. Además, otras de las líneas de investigación se centra en la teoría cuántica de la información, que, según muchos investigadores, supondrá la revolución en campos como la robótica o la informática.

## Desde Fourier hasta Banach

Otra de las herramientas en las que investiga el grupo es el Análisis Real y Complejo, en el que se engloba, por ejemplo, la teoría de la medida, que se aplica entre otras disciplinas a la economía, en concreto al transporte de masas para intentar minimizar los costes de producción (lo que le valió el Premio Nobel en Economía al matemático ruso Kantorovich).

También al análisis tomográfico que se utiliza para reconstruir imágenes que no están a simple vista (técnicas de escáneres en diagnóstico médico, reconstrucción del subsuelo, etc). En este tipo de instrumental se

## Renormability on non-separable spaces

T. Domínguez Benavides (2009)



Assume that  $X$  is a Banach space such that there exists a bounded one-one linear operator from  $X$  into  $c_0(\Gamma)$ . Then,  $X$  has an equivalent norm such that every non-expansive mapping  $T$  for the new norm defined from a convex weakly compact set  $C$  into  $C$  has a fixed point.

S. Phothi

Genericity of FPP under renorming

16 / 28

buscan nuevos algoritmos para mejorar la precisión y la calidad del análisis.

Por otro lado, también hay miembros en el grupo que avanzan en el Análisis de Fourier, fundamental en matemáticas, y

que, entre otras muchas aplicaciones, se usa para codificar y decodificar información, reconstrucción de imágenes y datos digitales. Los cd's o dvd's no serían posible sin esta rama de las matemáticas.

## Ade +

Los grandes problemas del milenio en matemáticas son 7 y se pueden encontrar descritos en [http://es.wikipedia.org/wiki/Los\\_siete\\_problemas\\_del\\_milenio](http://es.wikipedia.org/wiki/Los_siete_problemas_del_milenio).

De estos 7, el 4 y el 6 caen aceptablemente cerca de los campos de interés naturales del grupo de investigación y de este proyecto en concreto, aunque, en matemáticas, todo está interrelacionado.

El problema número 4, la Conjetura de Riemann, conecta el estudio de una función que surge de un modo natural en el Análisis Complejo – la función Zeta de Riemann – con el gran problema en Teoría de Números que es la distribución de los números primos. La distribución de los números primos consiste en entender bien cuándo los números primos pueden haber entre dos números naturales – y no necesariamente primos – dados. Por ejemplo, se puede contar cuántos números primos hay entre 1 y 100, después los que hay entre 100 y 1000, entre 1000 y 10000, y tratar de obtener alguna regla que ayude a anticipar cuántos pueden haber entre  $10^n$  y  $10^{n+1}$ .

En la distribución de los números primos se sabe relativamente poco aunque recientemente se ha avanzado mucho gracias a los trabajos de Terry Tao y sus colaboradores.

En relación al problema 4 de los del milenio, podemos destacar los estudios del Profesor Arias de Reyna para un mejor conocimiento de la función Zeta de Riemann. En concreto, uno de los investigadores del grupo se centra en la hipótesis sobre la función Zeta de Riemann, ejemplo paradigmático de que en matemáticas todo confluye.

El problema 6 tiene que ver con la modelización de los fluidos, es decir, cómo se comportan los líquidos y gases bajo ciertas condiciones.

Todas estas líneas están atravesadas por un eje transversal: la teoría de operadores y los espacios de Banach. Matemáticas del presente que se aplican a situaciones que pueden o no responder a problemas de la naturaleza, pero que sin duda están ahí cuando las demás ciencias las necesitan.

## Energía solar integrada en ventanas

Un equipo de investigadores, dirigido por Hernán Ruy Míguez, ha demostrado que la incorporación de un nuevo tipo de cristal fotónico puede mejorar el rendimiento de las celdas solares de colorante. Este estudio supone un paso más en la producción de ventanas fotovoltaicas.



### Proyecto:

Aplicaciones de cristales fotónicos en células solares: Aumento de la eficiencia de conversión de potencia mediante la amplificación de la absorción óptica

### Código:

P08-FQM-03579

### Centro:

Centro de Investigaciones Científicas Isla de la Cartuja

### Contacto:

Hernán Ruy Míguez García  
Tfno: 954 489 581 ext. 9231  
e-mail:  
hernan@icmse.csic.es

Dotación: 291.923,68€

Las celdas solares sensibilizadas por colorante tienen la ventaja de producir electricidad mediante un principio foto-electro-químico, al transformar la energía lumínica en energía eléctrica.

Conocidas también como celdas solares Graetzel en honor a su inventor, el químico suizo Michael Graetzel, se sirven, a menudo, de espejos traseros, que reflejan la luz de fondo en el dispositivo. Sin este espejo, la luz pasaría a través de la celda solar y no se generaría tanta electricidad, disminuyendo considerablemente su eficiencia. Normalmente estos espejos se fabrican con materiales opacos que, consecuentemente, hacen de la celda un panel con las mismas características.

Hernán Ruy Míguez García y su equipo de expertos del Instituto de Ciencia de Materiales de Sevilla (ICMS), perteneciente al Centro de Investigaciones Científicas Isla de la Cartuja (CICIC), han desarrollado un proyecto centrado en la fabricación de nuevas células solares de colorante, que integren en su estructura cristales fotónicos de distinto tipo, de tal modo que se pueda obtener un dispositivo fotovoltaico con una productividad mayor que la célula estándar de referencia.

### Cristales fotónicos

La labor principal de los científicos sevillanos ha consistido en el diseño de cristales fotónicos. Estos materiales nanoestructurados funcionan como espejos altamente reflectantes, y permi-

ten controlar el rango de longitudes de onda en los que el cristal refleja o transmite la luz.

El uso de cristales fotónicos como espejos traseros, colocados tras el material fotovoltaico, asegura que las celdas solares sigan siendo transparentes. "Esta característica permitirá que puedan emplearse en el desarrollo de ventanas integradas en edificios, capaces de aprovechar la energía lumínica procedente del sol para generar electricidad y, al mismo tiempo, permitir el paso de parte de la luz natural", comenta Hernán Ruy Míguez.

**Los cristales fotónicos permiten aumentar la eficiencia de las celdas de colorante y modificar su color, manteniendo su transparencia**

Para la consecución del objetivo del proyecto, este conjunto de profesionales ha llevado a cabo tareas relacionadas con la preparación de materiales, la modelización y caracterización de fenómenos de amplificación de absorción óptica en los mismos, así como la puesta en práctica de la fenomenología estudiada en dispositivos fotovoltaicos.

Del mismo modo, se ha realizado un estudio que muestra que la electricidad producida por las celdas solares de colorante que incorporan cristales fotónicos varía dependiendo del ángulo en el que la luz incide sobre ellas.

"Dicho trabajo ha puesto de manifiesto que es posible diseñar estos espejos con el fin de



## Ade +

El trabajo llevado a cabo en este proyecto de excelencia constituye un nuevo progreso en la consecución de ventanas fotovoltaicas, un ámbito científico que está siendo ampliamente estudiado a nivel internacional en los últimos años, puesto que se trata de una atractiva posibilidad de generar electricidad de manera sostenible, utilizando, además, sencillas técnicas de fabricación y materiales de bajo coste.

Principalmente, el estudio en torno a los espejos de las celdas solares de colorante, que han desarrollado los profesionales pertenecientes al grupo de Materiales Ópticos Multifuncionales, tiene la particularidad de conseguir aumentos en la eficiencia de las mismas, manteniendo su transparencia e incluso pudiendo elegir el color de la celda solar. Este avance ha abierto todo un espectro de aplicaciones decorativas en ventanas integradas en edificios, gracias a sus propiedades de transparencia y flexibilidad.

Por otro lado, las aplicaciones de estos materiales son muy amplias, pudiéndose incluso usar como dispositivos de carga a menor escala para alimentar pequeños electrodomésticos.

minimizar la pérdida de fotocorriente que se origina por la inclinación variable de la celda con respecto a la luz solar a distintas horas del día”, afirma el responsable principal.

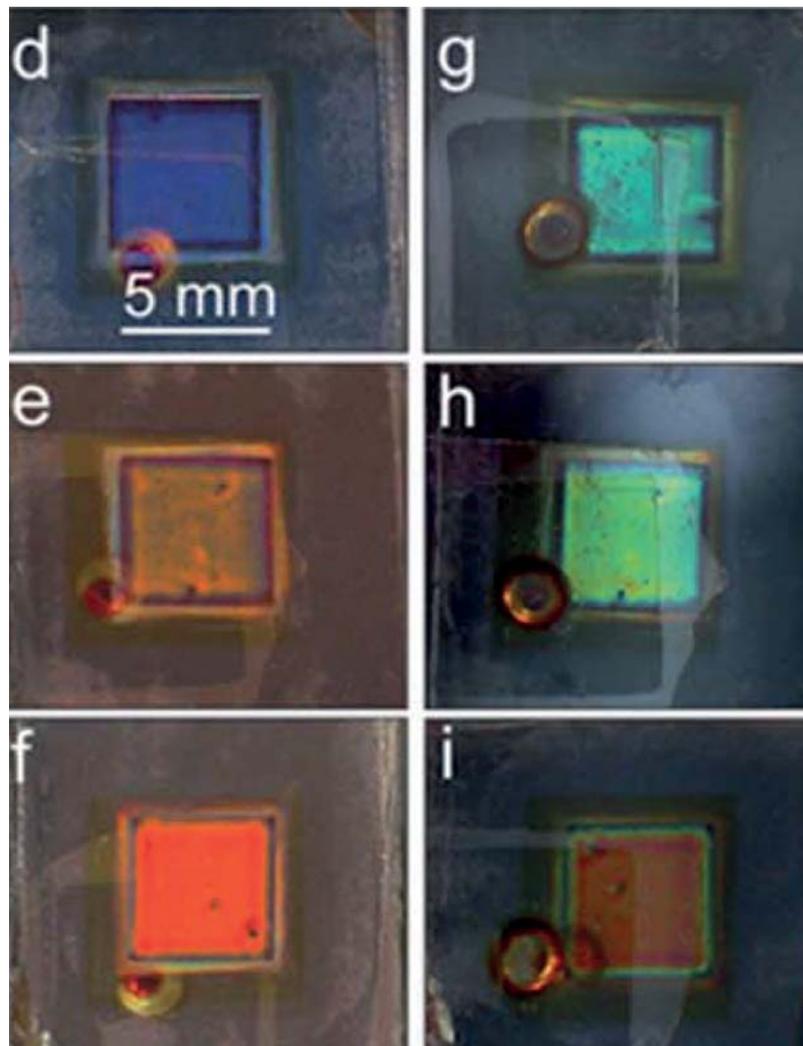
### Referencia internacional

La investigación supone una línea novedosa en el campo de las celdas de colorante en la que el grupo del Instituto de Ciencia de Materiales de Sevilla ha sido pionero y en la que actualmente supone una referencia internacional.

Este conjunto de científicos se ha encargado de difundir sus avances a través de numerosas publicaciones en revistas de gran impacto, tanto en el campo de los materiales como en el de las energías renovables. Los títulos más destacados son: *Energy & Environmental Science*, *Journal of Materials Chemistry* y *Journal of the American Chemical Society*.

Asimismo, “se han realizado varias tesis doctorales que contienen los resultados del proyecto de excelencia y hemos participado en numerosas charlas de diversos congresos relacionados con la temática de materiales fotónicos para fotovoltaica, celebrados tanto en España como en el extranjero (Italia, Bélgica, Estados Unidos y Holanda)”, añade el investigador.

**Fotografías de distintas celdas que integran cristales fotónicos, que demuestran que estos permiten no sólo mejorar su eficiencia sino también modificar su aspecto de manera controlada**



Por último, el trabajo realizado ha generado importantes colaboraciones con empresas de prestigio dedicadas al sector de

energías renovables como Exeger (Suecia), Abengoa Solar LLC (EEUU) y Abengoa Solar New Technologies (España).

## Fraudes en el aceite de oliva

Investigadores de la Universidad de Córdoba, coordinados por Alberto Marinas Aramendía, han diseñado herramientas para reducir el impacto medioambiental en la producción de aceites de oliva y detectar aquellos que son adulterados o cuya procedencia no coincide con la indicada.



España es el principal país productor de aceite de oliva y el 80% de esta producción nacional se sitúa en Andalucía. Este hecho, unido a los efectos saludables asociados al mismo, ha llevado a Alberto Marinas y a su grupo de profesionales a elaborar un proyecto orientado a proteger este componente fundamental de la dieta mediterránea.

El aceite de oliva virgen extra tiene un elevado precio de comercialización en el mercado que lo hace susceptible de sufrir adulteraciones con otros productos más baratos, tales como el aceite de avellana, girasol, soja o de oliva refinado, que alteran considerablemente sus índices de calidad.

Por otro lado, es necesario proteger las denominaciones de origen. Para detectar estos fraudes es preciso contar con procedimientos analíticos rápidos y económicos que requieran escasa manipulación de las muestras y que proporcionen información fiable.

### Calidad superior

El conjunto de expertos del Departamento de Química Orgánica de la Universidad de Córdoba ha creado una base de datos para asegurar la trazabilidad del aceite de oliva virgen extra procedente de siete campañas diferentes.

Esta información ha sido posible gracias a la aplicación de métodos estadísticos a los datos obtenidos por las técnicas de Resonancia Magnética Nuclear (1H RMN y 13C RMN), de Infrarrojo medio y cercano (MIR y NIR) y Raman. Asimismo, estos aceites han sido analizados mediante

cromatografía de gases, metodología de referencia para conocer el contenido en ácidos grasos saturados, monoinsaturados y poliinsaturados (SAFA, MUFA y PUFA, respectivamente).

Por otra parte, el grupo de investigadores ha sido pionero en el uso de Espectrometría de Masas de Isótopos Estables (IRMS) para el análisis de aceites de oliva. "La puesta en práctica de esta técnica ha sido posible gracias a la colaboración del Laboratorio Arbitral Agroalimentario de Madrid y el *Joint Research Centre* de Ispra (Italia), centros de referencia en agroalimentación a nivel español y europeo", comenta el investigador principal.

***El aceite de oliva virgen extra es susceptible de ser comercializado bajo una procedencia diferente a la real o de ser adulterado con productos de inferior calidad***

Las muestras utilizadas en el estudio proceden del banco de germoplasma de Córdoba, de las Cooperativas Hojiblanca de Málaga, Sevilla y Córdoba y de diferentes denominaciones de origen protegidas de Andalucía. Incluso, a efectos comparativos, también se ha contado con otras propias de Tarragona. Entre las distintas variedades analizadas han destacado: Hojiblanca, Picual y Arbequina.

### Aceite de oliva sostenible

Los científicos cordobeses han desarrollado una segunda investigación centrada en reducir el impacto ambiental ocasionado en la producción del aceite,

### Proyecto:

Química del aceite de oliva: trazabilidad y desarrollo sostenible

### Código:

P08-FQM-03931

### Centro:

Universidad de Córdoba

### Contacto:

Alberto Marinas Aramendía  
Tfno: 957 218 622  
e-mail: qo2maara@uco.es

Dotación: 167.773,68 €



mediante la utilización de luz solar. “Hemos experimentado con una técnica limpia como es la fotocatalisis, heterogénea (TiO<sub>2</sub>) y homogénea (Foto-Fenton), con el objetivo de degradar los posibles restos de pesticidas empleados en el olivar y que pudieran quedar en las aguas de lavado de las aceitunas”, explica Alberto Marinas.

Principalmente, estos profesionales han realizado estudios de destrucción de pesticidas (fluroxipir) y compuestos modelo de pesticidas (3-cloropiridina, 4-clorofenol) empleados en el olivar.

Dichos trabajos se han llevado a cabo en el Departamento de Química Orgánica de la Universidad de Córdoba, en el que se ha utilizado un simulador solar a escala de laboratorio y un reactor solar situado en una planta piloto. Los resultados obtenidos han puesto de manifiesto la posibilidad de descontaminar aguas mediante el empleo de energía solar.

“Los estudios de evolución de los contaminantes han sido completados con ensayos de toxicidad y biodegradabilidad para asegurarnos de que los com-

## Ade +

La base de datos creada en este proyecto tiene por objeto proteger denominaciones de origen de aceites para dar garantía tanto a consumidores como a productores.

La complementariedad de la información aportada por las diferentes técnicas utilizadas servirá para evitar la venta de este producto mezclado con otros aceites vegetales de inferior calidad o la comercialización como español de un aceite procedente de otro país. En concreto, mediante la técnica IRMS, se ha observado la influencia de factores como la variedad y campaña (a través de las distintas condiciones climatológicas) en los valores isotópicos. Para ello, se ha contado con datos de aceites de oliva italianos procedentes de cuatro zonas diferentes, correspondientes a la campaña 2005-2006, que han podido ser distinguidos de los andaluces.

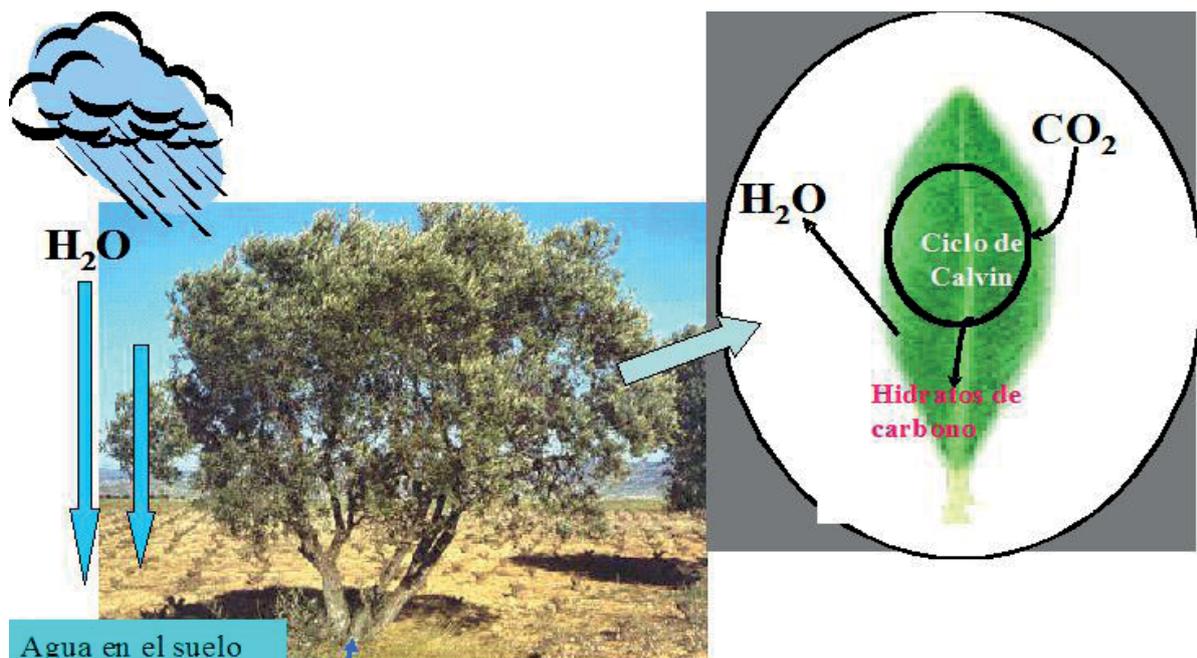
Por otro lado, las espectroscopias NIR y MIR han permitido que se desarrollen modelos predictivos del contenido en ácidos grasos de aceites de oliva. Asimismo, a través de espectroscopia Raman, se han creado modelos de predicción de la campaña, variedad, procedencia geográfica o Denominación de Origen Protegida de Lucena, Montoro-Adamuz y Priego de Córdoba.

puestos no eran transformados en otros más tóxicos”, manifiesta el responsable. Asimismo, se han realizado análisis preliminares con muestras reales, procedentes del agua de lavado de las aceitunas.

Los avances logrados en el proyecto se han difundido a tra-

vés de diversas publicaciones en revistas de alto índice de impacto, así como en presentaciones a congresos nacionales e internacionales.

Finalmente, las investigaciones llevadas a cabo han formado parte de dos tesis doctorales y tres trabajos fin de máster.



Representación esquemática del origen del oxígeno, hidrógeno y carbono presentes en una muestra de aceite. El llamado ciclo de Calvin es el ciclo fotosintético mediante el cual la planta produce sus nutrientes.

## Nanopartículas de oro

Investigadores de la Universidad de Cádiz, liderados por Ignacio Naranjo Rodríguez, han llevado a cabo un nuevo método de síntesis de nanopartículas metálicas, caracterizado por ser más respetuoso con el medio ambiente que los ya conocidos y mucho más económico.

En la actualidad, el estudio de los nanomateriales representa uno de los principales focos de atención para la comunidad científica. Sus posibles aplicaciones ocupan campos muy diversos, como la biomedicina, la cosmética, la industria de tejidos y envases, o la producción de materiales para procesos de catálisis.

El proyecto de investigación, dirigido por Ignacio Naranjo, ha conseguido abrir nuevas vías de síntesis de este tipo de materiales. En concreto, el grupo de expertos, pertenecientes a los Departamentos de Química Analítica y Química Física, ha centrado sus esfuerzos en el estudio de nanopartículas metálicas, principalmente de oro.

### Sonda de ultrasonidos

El trabajo ha sido posible gracias al uso de una herramienta en la que este conjunto de profesionales posee una amplia experiencia: la sonda de ultrasonidos de alta potencia. Este dispositivo permite focalizar la emisión de ultrasonidos generada en una punta de titanio, de forma que la energía se concentra en un volumen pequeño de disolución, permitiendo acelerar procesos que, de otro modo, se producirían en largos periodos de tiempo y con características diferentes.

"Nuestro método ha permitido sintetizar nanopartículas de oro en una media de cinco o seis minutos, manteniendo las propiedades y reactividad propias del material. En cambio, con los modelos clásicos podía prolongarse aproximadamente durante media hora", explica el responsable principal.

El instrumento utiliza un va-

lor de potencia máximo suministrado durante el proceso de síntesis muy bajo. Por tanto, no se requiere un gasto energético excesivo.

### **Se han sintetizado nanopartículas de oro utilizando extracto de hojas de geranio**

Asimismo, "estamos ante un medio más económico que los efectuados con anterioridad, ya que se disminuye la cantidad de reactivos que se necesitan", destaca el investigador. Un gramo de reactivo puede costar 180 euros; con los métodos tradicionales se requerían 50 mililitros de reactivos, ahora alrededor de 1.25 mililitros, lo que reduce el precio de la síntesis.

### Química verde

Las ventajas del nuevo método desarrollado implican el uso de reactivos completamente respetuosos con el medio ambiente. Con el fin de profundizar en la química verde o ecológica, se han empleado extractos vegetales como precursores para la síntesis de nanopartículas metálicas, con lo que se generan residuos vegetales que son fácilmente biodegradables, puesto que las extracciones se realizan en general con agua y sin la presencia de agentes químicos tóxicos.

De esta forma, "se ha puesto a punto una rápida vía para la biosíntesis *in situ* de nanopartículas de oro utilizando extracto de hojas de geranio", comenta el experto.

De igual modo, se han establecido otras rutas que emplean extractos de Drago; *Zostera noltii*



### Proyecto:

Síntesis, caracterización y aplicaciones de nuevos (bio)sensores sonogel electroquímicos basados en nanomateriales

### Código:

P08-FQM-04006

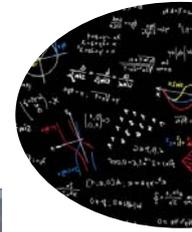
### Centro:

Universidad de Cádiz

### Contacto:

Ignacio Naranjo Rodríguez  
Tfno: 956 016 353  
e-mail:  
ignacio.naranjo@uca.es

Dotación: 291.923,68 €



(gimnosperma marina); *Nanochloropsis gaditana* (microalga); subproductos del vino (extracto de orujo de la variedad de uva Petit verdot); y residuos de cítricos, más concretamente, pieles de naranja. Varios de estos resultados están en proceso de protección con patente.

Los conocimientos obtenidos en el proyecto de excelencia han sido plasmados en numerosas publicaciones científicas de reconocido prestigio, comunicaciones a congresos internacionales y varias patentes. "A raíz de la divulgación de nuestros resultados, hemos establecido colaboración con la Fundación Innovar-cilla, entidad privada sin ánimo de lucro, que gestiona el Centro Tecnológico de la Cerámica de Andalucía", añade el científico.



## Ade +

El proyecto ha permitido avanzar en el estudio de otro tipo de materiales. Fundamentalmente, se han sintetizado polímeros conductores nanoestructurados modificados con nanopartículas de oro. Este procedimiento supone la obtención de nanopartículas mediante la aplicación, en un breve periodo de tiempo, de ultrasonidos de alta potencia a una mezcla acuosa del monómero y la sal metálica de oro.

La dilatada experiencia y formación de los miembros del proyecto en química electroanalítica ha permitido que los nanomateriales investigados puedan ser utilizados en el diseño de electrodos, dadas las características conductoras de la electricidad que demuestran. De esta forma, se han obtenido dispositivos para el análisis de diversas especies. Las más destacadas son: la aplicación en la determinación de ácido ascórbico en zumo comercial de manzana para bebé; el uso de la enzima lacasa para estimar el índice de antioxidantes en muestras de cerveza; y la acción inhibitora del cianuro sobre un dispositivo basado en la enzima peroxidasa.



## Materiales ópticos a la carta

Un grupo de investigadores de la Universidad de Cádiz (UCA), liderado por Juan María González Leal, ha desarrollado una vía original para estudiar la estructura de los materiales amorfos y fabricar elementos ópticos complejos.

Los materiales amorfos se caracterizan por no presentar un patrón ordenado de sus partículas. Un ejemplo lo constituye el vidrio, conocido desde antaño por sus múltiples aplicaciones tecnológicas.

Sin embargo, en la actualidad continúan sin descubrirse algunas de sus características estructurales fundamentales. La escasa información al respecto ha llevado a numerosos científicos a abandonar los modelos estocásticos que tradicionalmente se han usado en la modelización estructural de estos materiales y a experimentar nuevas técnicas que tenga en cuenta la influencia del tiempo y de potenciales externos en su organización.

### **Las lentes esféricas presentan ventajas en cuanto a la reducción de peso y complejidad de los sistemas ópticos**

Principalmente, "nuestro proyecto de excelencia nos ha permitido implantar una nueva técnica láser con la que hemos contribuido a la ciencia en el campo del control del orden estructural de los materiales en estado amorfo", explica Juan María González Leal, investigador principal.

### **Elementos ópticos esféricos**

El interés por el control y la fabricación de estructuras ópticas a la carta, que impulsen las tecnologías fotónicas, y que caracterizan el desarrollo de la industria actual, necesita igualmente del entendimiento de los fenómenos de organización para soslayar las limitaciones actuales impuestas por las técnicas de

fabricación empleadas, ya que la mayoría de ellas han sido importadas desde otras metodologías, electrónicas fundamentalmente, que están lejos de ser óptimas para estos propósitos.

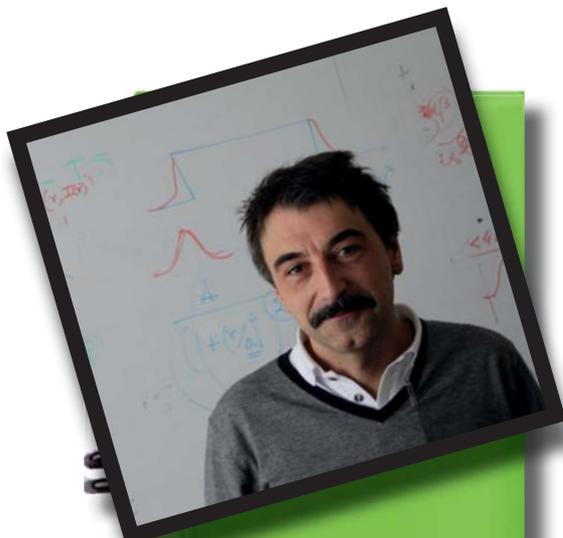
Durante los tres años en los que ha transcurrido este trabajo, el conjunto de científicos ha centrado sus esfuerzos en la fabricación de nuevos elementos ópticos esféricos, tanto refractivos como difractivos. Esos materiales representan un área emergente por las ventajas que suministran en cuanto a la reducción de peso y complejidad de los sistemas ópticos.

### **Técnicas con láser**

La investigación se ha llevado a cabo mediante la utilización de la técnica de deposición estructurada láser, que ha demostrado resultados prometedores en la fabricación de materiales ópticos innovadores y de interés comercial. En concreto, este método patentado por los expertos de la UCA ha contribuido a la fabricación de axicons para su explotación industrial.

A diferencia de las lentes esféricas que enfocan la luz en un solo punto, estos elementos esféricos, también conocidos como óptica de forma libre, consiguen enfocar la luz en un segmento más amplio, lo que generaría grandes ventajas, por ejemplo, en cirugía ocular.

Estos estudios han estado basados, principalmente, en modelos matemáticos complejos (óptica electromagnética y óptica cuántica). La nueva metodología se convierte en una plataforma viable para el análisis de un número significativo de fenómenos relacionados con la interacción



#### **Proyecto:**

Nuevo enfoque estructural y deposición láser de materiales amorfos

#### **Código:**

P08-FQM-04239

#### **Centro:**

Universidad de Cádiz

#### **Contacto:**

Juan María González Leal  
Tfno: 956 016 569  
e-mail:  
juanmaria.gonzalez@uca.es

**Dotación:** 218.760,00 €



entre la luz y la materia, como consecuencia de la propagación de radiación de alta intensidad a través de un medio material versátil y muy sensible a la presencia de potenciales externos.

“Hemos observado que los depósitos obtenidos presentan propiedades distintas en comparación con las observadas en aleaciones vítreas de la misma composición química, pero preparadas mediante otras técnicas, como el enfriamiento brusco de la mezcla fundida, la evaporación térmica, o la deposición química activada por plasma”, comenta el experto.

Esta actividad lleva implícita la preparación del material de partida, así como su caracterización geométrica, óptica y estructural.

Los resultados obtenidos son relevantes para diferentes áreas, como la aeronáutica, nanotecnología, espacio y tecnologías de la producción y la construcción. Estos avances han sido divulgados a través de numerosas publicaciones presentadas en foros internacionales y mediante la elaboración de varias tesis doctorales.

Asimismo, el proyecto ha generado dos patentes, que han

## Ade +

El proyecto ha contado con un equipo de profesionales con más de dos décadas de experiencia en el campo de los sólidos amorfos y un equipamiento de última tecnología. En concreto, estos especialistas han utilizado un perfilómetro para realizar las medidas de los perfiles de espesor de los depósitos. Asimismo, se han elaborado análisis composicionales de los materiales mediante un microscopio electrónico de barrido con accesorio de micro análisis por dispersión de energías.

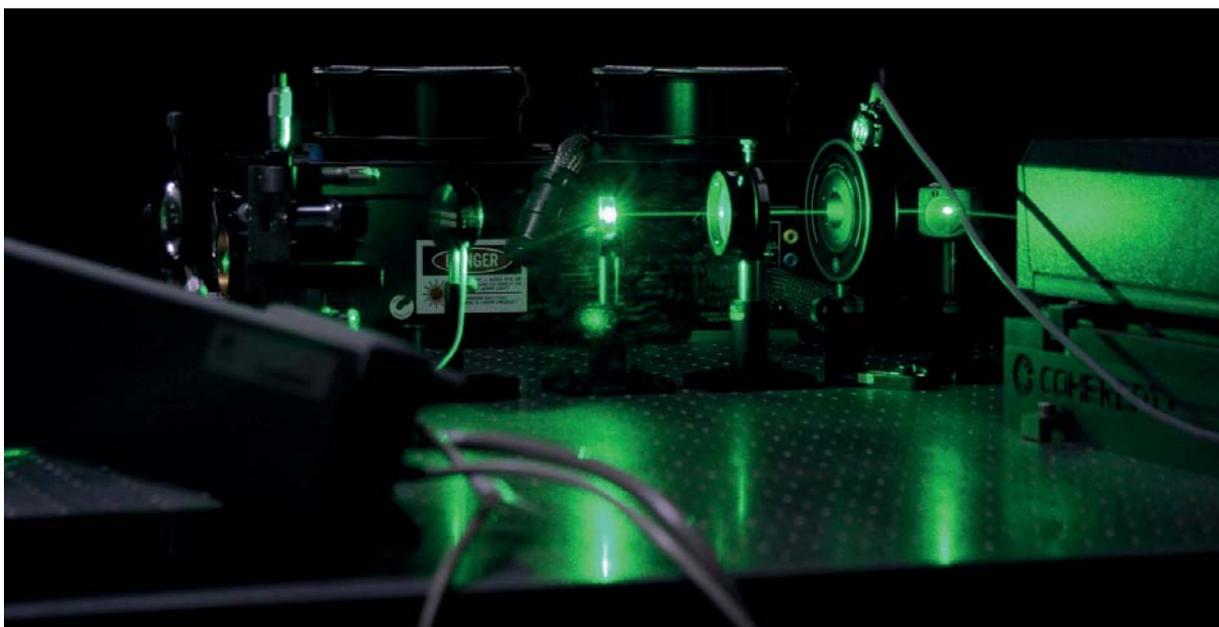
Para llevar a cabo las medidas de dureza y elasticidad de las muestras obtenidas se ha recurrido a la técnica de deposición estructurada láser, empleando un nano-indentador (Micromaterials Ltd., NanoTest). Además, se han llevado a cabo medidas de difracción de rayos X de los materiales bajo estudio, y se han observado diferencias notables entre los registros correspondientes a las muestras preparadas mediante esta técnica y aquellos observados en las mismas aleaciones obtenidas mediante otros métodos de fabricación de amorfos.

atraído el interés de empresas relacionadas con la industria óptica. En particular, se han establecido acuerdos de colaboración con el Departamento de Tecnología Óptica de Carl Zeiss (Jena, Alemania) y con el Instituto Max Born (Berlín).

Por último, el grupo perteneciente al Departamento de Física de la Materia Condensada ha participado en el desarrollo de

la plataforma de innovación ES-4FUN, basada en la realización de juegos sociales multimedios diseñados a partir de conceptos y fenómenos científicos universales, apoyados por tecnologías de audio y vídeo.

Esta herramienta tiene el fin de contribuir al Espacio Europeo de Enseñanza Superior e impulsar carreras científicas en los jóvenes.



Montaje experimental para la caracterización de los elementos ópticos fabricados mediante deposición estructurada láser

## Compuestos para la purificación de gases

Un grupo de expertos de la Universidad de Granada, encabezado por Antonio Rodríguez Diéguez, ha realizado un proyecto para estudiar las propiedades de redes metal-orgánicas y su posible aplicación en los procesos de separación y purificación de gases combustibles.



### Proyecto:

Diseño y Síntesis de Polímeros de Coordinación Multifuncionales Porosos

### Código:

P08-FQM-04228

### Centro:

Universidad de Granada

### Contacto:

Antonio Rodríguez Diéguez  
Tfno: 958248524  
e-mail: antonio5@ugr.es

Dotación: 175.423,68 €

El área de los compuestos metal-orgánicos se ha convertido en objeto de estudio de numerosas investigaciones científicas en los últimos años. Estos materiales, denominados MOF (del inglés, *Metal-Organic Framework*), son sólidos generalmente porosos, y están constituidos por iones metálicos y especies moleculares orgánicas (ligandos).

En los últimos años, se ha experimentado una importante evolución desde la descripción de nuevas topologías hasta la obtención de materiales funcionales prometedores. En un mundo eminentemente tecnológico, existe una demanda cada vez mayor de materiales polifuncionales que muestren propiedades múltiples (ópticas, magnéticas, eléctricas, de reconocimiento molecular, etc.). Además, estos compuestos poseen diversas aplicaciones prácticas como sensores, purificación de gases o almacenamiento seguro de gases combustibles, etc.

### Aplicaciones de los gases

Antonio Rodríguez y su compañero Antonio J. Calahorra, pertenecientes al Grupo de Química de la Coordinación del Departamento de Química Inorgánica que lidera el catedrático Enrique Colacio, han realizado un estudio basado en las propiedades estructurales de materiales metal-orgánicos y su respuesta a diferentes estímulos (temperatura, presión, luz, moléculas huésped, etc.).

Estos sistemas flexibles aportan a la sociedad una al-

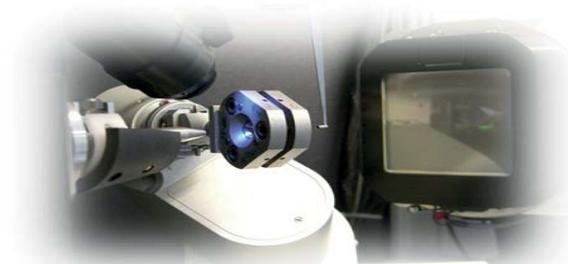
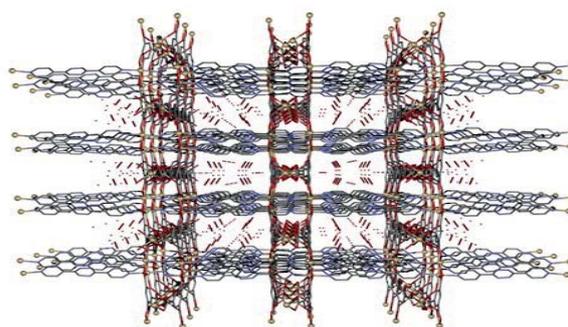
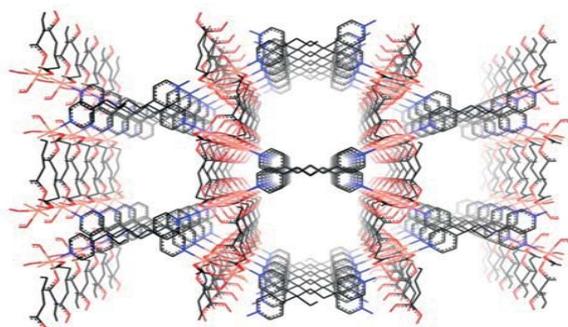
ternativa a los materiales que se utilizan actualmente, ya que existe un gran interés por el estudio de nuevos gases combustibles, tales como el hidrógeno o el gas natural, debido a su uso potencial en vehículos de nueva generación.

En este sentido, la eliminación de impurezas en el hidrógeno es una de las claves para conseguir su uso en pilas de combustible, puesto que estas son muy sensibles a venenos catalíticos, como el monóxido de carbono, que inactivan irreversiblemente los catalizadores incorporados a los electrodos.

**Los materiales MOF poseen aplicaciones prácticas como sensores, purificación de gases y almacenamiento seguro de gases combustibles**

Por tanto, "sería muy interesante encontrar un material poroso que mostrase una gran selectividad en procesos de separación de gases y, así, poder utilizarlo en la purificación de hidrógeno ( $H_2$ ) y metano ( $CH_4$ )", comenta Antonio Rodríguez.

Las conclusiones obtenidas en el proyecto han permitido entender y modular las propiedades físico-químicas de algunos materiales. La principal línea de investigación en este trabajo ha consistido en la obtención de polímeros de coordinación multifuncionales porosos con potenciales aplicaciones prácticas en la purificación de gases combustibles ( $H_2$  y  $CH_4$ ) y como sensores de gases de pequeño



tamaño ( $\text{CO}_2$ ).

“Para conseguir este resultado es fundamental obtener compuestos que, además de propiedades receptoras, posean otras características físico-químicas adicionales (propiedades ópticas, magnéticas, etc.) que se modifiquen como respuesta a la presencia de moléculas huésped en las cavidades de los polímeros de coordinación porosos”, afirma el responsable del proyecto.

### Nuevos sistemas selectivos

El método de trabajo ha consistido en el diseño y síntesis de estos materiales haciendo reaccionar metales con compuestos orgánicos nitrogenados. Para ello, se han utilizado distintos métodos de caracterización que han evaluado la estabilidad térmica y las propiedades de adsorción de estos materiales sintetizados, frente a gases de interés medioambiental, tales como  $\text{N}_2$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{CO}_2$  y  $\text{CH}_4$ .

“Asimismo, se han estudiado las propiedades magnéticas y ópticas de estos sistemas para determinar su viabilidad como sensores magnéticos u ópticos de gases moleculares pequeños”, explica el científico.

Los expertos granadinos del presente proyecto han sintetiza-

do y analizado estructuralmente más de 100 redes metal-orgánicas estudiando meticulosamente sus entramados cristalinos para optimizar sus propiedades y poder obtener una gran variedad de sistemas interesantes en los campos del magnetismo, luminiscencia y adsorción.

“Debemos resaltar, en este último, que se han obtenido unos nuevos sistemas que presentan una gran selectividad en procesos de separación de gases y, además, unas isotermas de adsorción inusuales que nos han

animado a seguir por esta línea con la idea de establecer los mecanismos de acción de los mismos”, añade Antonio Rodríguez.

Los conocimientos obtenidos han sido plasmados en la tesis doctoral de Antonio J. Calahorra, obteniendo la máxima calificación. Además, estos investigadores han publicado más de 20 artículos científicos recogidos en el *Journal Citation Reports*. Por último, han sido de especial relevancia las participaciones en más de 20 congresos nacionales e internacionales.

## Ade +

En los últimos diez años, este campo de investigación ha experimentado una apreciable evolución como consecuencia del empleo de estos compuestos en procesos de separación, adsorción de gases, magnetismo, sensores, catálisis heterogénea y aplicaciones biológicas para el nanotransporte de fármacos.

En este proyecto, se ha conseguido una gran variedad de polímeros de coordinación con interesantes propiedades magnéticas y ópticas, y se han obtenido algunos materiales porosos de relevante importancia debido a sus propiedades físicas tales como tamices de hidrógeno y sistemas selectivos de  $\text{CO}_2$  frente a  $\text{H}_2$  y  $\text{CH}_4$ .

Estos logros abren una nueva visión dentro de la adsorción en MOF y ha dado lugar a que se esté estudiando establecer una patente internacional con la Universidad de Cambridge, la cual está muy interesada en los resultados obtenidos con estos materiales porosos y selectivos frente a gases.

## La misión espacial CoRoT

Expertos del Instituto de Astrofísica de Andalucía, dirigidos por Rafael Garrido Haba, han llevado a cabo un proyecto centrado en la búsqueda de nuevos planetas y caracterización de estrellas mediante la explotación de los datos proporcionados por el satélite CoRoT.

CoRoT es un telescopio espacial de pequeño tamaño, que cuenta con un espejo de 27 cm de diámetro y con una cámara de cuatro detectores CCD, cuyo campo de visión es aproximadamente de tres por tres grados. Se trata de un observatorio dedicado a fotometría con una precisión extremadamente alta en observaciones de larga duración.

La participación española en este proyecto, tanto técnica como científica, ha sido coordinada por el Profesor Rafael Garrido, perteneciente al Instituto de Astrofísica de Andalucía del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (IAA-CSIC), ubicado en Granada.

### **CoRoT ha detectado planetas fuera del Sistema Solar**

El principal objetivo de la investigación ha consistido en la observación y explotación de los datos proporcionados por este satélite.

Tras más de siete años de funcionamiento, la misión del satélite CoRoT está siendo 'de-orbitada'. Este término ha sido acuñado para designar el procedimiento por el cual un satélite que orbita alrededor de la Tierra y ha quedado fuera de servicio es desintegrado en la atmósfera.

"Gracias a sucesivas maniobras se consigue que entre en la atmósfera terrestre con un ángulo preciso que permite su evaporación antes de llegar a la superficie. De esta manera, se logra no saturar el espacio más próximo a nuestro planeta

de basura espacial", comenta el responsable principal del proyecto.

CoRoT supone unos de los primeros ingenios espaciales que sigue un protocolo ecológico, algo muy novedoso.

Tras haber superado el doble de tiempo de vida esperado (unos dos años y medio), un mal funcionamiento de la mitad del detector que aún continuaba activa (la otra parte quedó inoperativa hace dos años) ha llevado a declarar este satélite fuera de servicio. No obstante, la inmensa base de datos ofrecida por CoRoT permite a este equipo de diez profesionales continuar sus estudios sobre las variaciones de brillo detectadas en las estrellas, y así llevar a cabo los dos principales objetivos en la misión.

### **Nuevos planetas**

El primer objetivo ha consistido en la detección de planetas fuera del Sistema Solar orbitando otras estrellas; de ahí su apelativo de exoplanetas. "Nuestra tarea está contribuyendo a aumentar de manera significativa el censo de exoplanetas, algunos de ellos rocoso, como la Tierra" añade el experto.

La detección de planetas extrasolares se realiza mediante el método de tránsitos planetarios, midiendo la caída del brillo que se produce cuando pasan delante de su estrella central.

Este hecho podría significar que en un futuro próximo se logre descubrir algún planeta semejante a la Tierra en la zona habitable de su estrella, es decir, que la orbite a una distancia adecuada como para que sea



#### **Proyecto:**

Contribución andaluza al proyecto espacial CoRoT

#### **Código:**

P08-FQM-04156

#### **Centro:**

Instituto de Astrofísica de Andalucía

#### **Contacto:**

Rafael Garrido Haba  
Tfno: 958 230 506  
e-mail: garrido@iaa.es

**Dotación:** 214.000,00 €



## Ade +

El proyecto ha generado nuevas incógnitas. Según las bases de la física, las variaciones de brillo observadas en las estrellas de la secuencia principal deberían ajustarse a una serie de senos o cosenos con sus desfases correspondientes. Sin embargo, se ha observado que quedan residuos que no son mero ruido.

Se podría pensar que estas variaciones provienen de muestrear una señal que no tiene la propiedad de ser continua, lo que resulta una idea inédita que, actualmente, ocupa gran parte de la actividad científica del grupo, y que podría suponer un avance en el análisis de las series de datos temporales.

Esta investigación ha marcado un antes y un después en la fotometría de precisión por sus medidas de alta calidad. Además, ha sido la primera misión espacial dedicada al estudio de los exoplanetas.

Como pionera ha abierto el camino a otras investigaciones posteriores, como la del observatorio espacial Kepler de la NASA y la futura misión PLATO de la ESA (Agencia Espacial Europea), en la que también participa el IAA y donde la experiencia adquirida con CoRoT será de gran utilidad.

posible la existencia de agua líquida en su superficie.

### El interior de las estrellas

El segundo objetivo de la misión CoRoT ha sido comprobar y caracterizar el interior de las estrellas mediante el análisis de sus pulsaciones. Esta técnica, denominada asteroisismología, es análoga a la sismología terrestre, la cual obtiene información del interior de la Tierra a partir de las ondas generadas por los movimientos en la corteza del planeta.

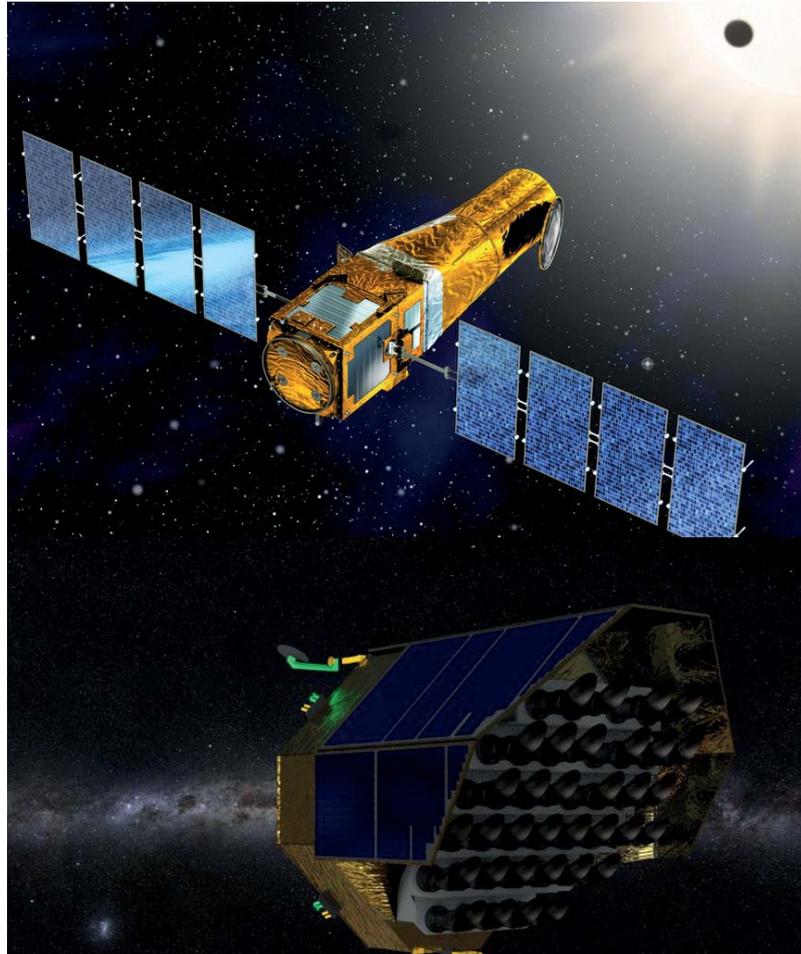
Los científicos han avanzado en el conocimiento de la estructura interna de las llamadas estrellas gigantes. Sin embargo las estrellas de secuencia principal, como el Sol, que brillan por estar quemando hidrógeno en su interior, muestran unas variaciones de luminosidad que aún no se comprenden completamente.

“Nuestros avances permitirán entender mejor sus estructuras, funcionamientos y propiedades; algo que es absolutamente necesario si se pretende caracterizar los exoplanetas que se detecten”, explica el profesor Garrido.

CoRoT fue lanzado en el 2006 y detectó uno de los primeros planetas de tipo terrestre.

El archivo de la misión sigue

Ilustraciones del satélite CoRoT (arriba) y su sucesor PLATO (abajo) (ESA, CNES/ D. Ducros)



siendo una fuente de datos excelente. La información proporcionada por el satélite es de uso público y universal. Cualquier persona puede acceder a decenas de miles de curvas de luz

(variaciones intrínsecas de objetos estelares, casi todos estrellas) desde la página española <http://sdc.cab.inta-csic.es/coro-tfa/> y la francesa <http://idoc-co-rot.ias.upsud.fr/>.

## Terapias con carbohidratos

Un grupo de jóvenes investigadores de la Universidad de Sevilla, coordinado por M<sup>a</sup> Isabel García Moreno, ha desarrollado compuestos derivados de azúcares para el tratamiento de diversas patologías.



El grupo de investigación de Química Bioorgánica de Carbohidratos de la Universidad Hispalense lleva varios años trabajando con compuestos derivados de azúcares para el tratamiento de enfermedades metabólicas raras y el cáncer.

En concreto, M<sup>a</sup> Isabel García Moreno, responsable del proyecto de excelencia, ha dirigido sus esfuerzos al desarrollo de glicofármacos, que interactúan con enzimas que procesan carbohidratos, y que pueden ser muy útiles para el desarrollo de terapias contra este tipo de patologías.

“La estrategia que hemos seguido en nuestro estudio supone una gran esperanza para el tratamiento de las enfermedades pertenecientes al grupo de almacenamiento lisosomal (Gaucher, gangliosidosis GM1 y Fabry). Estas enfermedades metabólicas raras implican un deterioro neurológico bastante importante. Desgraciadamente, hoy en día, no se han encontrado tratamientos satisfactorios”, explica la investigadora principal del trabajo.

### Gangliosidosis GM1

Los avances logrados por este equipo de profesionales, han permitido que, actualmente, se continúe trabajando en la obtención de un posible fármaco para tratar la gangliosidosis GM1.

Esta enfermedad implica un trastorno metabólico y neurodegenerativo que, en el caso del tipo 1, aparece en los primeros seis meses de vida, y hasta el momento, no tiene cura. Los pacientes que sufren estas dolencias tienen afectada una determinada proteína que al no plegarse

adecuadamente durante su biosíntesis no puede desempeñar su función, provocando la acumulación de sustancias en las células.

“Con nuestro trabajo, hemos conseguido desarrollar moléculas capaces de unirse fuertemente a proteínas mutantes que se encuentran mal plegadas y devolverles su forma correcta”, manifiesta la coordinadora del proyecto. En algunos casos, se ha demostrado la capacidad de estas moléculas para llegar al cerebro y regenerar las neuronas.

**Los glicofármacos pueden ser muy útiles para el desarrollo de terapias contra enfermedades metabólicas raras**

En concreto, la proteína causante de la enfermedad se llama beta-galactosidasa lisosomal, la cual provoca la acumulación del correspondiente sustrato, el gangliósido GM1, especialmente en el tejido nervioso central. La molécula que este equipo ha logrado sintetizar es un análogo de carbohidrato, un glicofármaco, capaz de forzar el plegamiento correcto de la enzima y activarla, eliminando así el exceso de gangliósido GM1 que causa el trastorno.

### Ratones transgénicos

La labor de estos profesionales resulta bastante compleja, ya que deben asegurarse de que la molécula activa no afecte a la función de otras enzimas, lo que podría provocar efectos secundarios.

Las pruebas realizadas en ratones genéticamente modificados han demostrado la capa-

### Proyecto:

Diseño de inhibidores de glicosidasas para el tratamiento de enfermedades lisosomiales: Síntesis de sp2-azaazúcares y evaluación en terapias de acompañante químico

### Código:

P08-FQM-03711

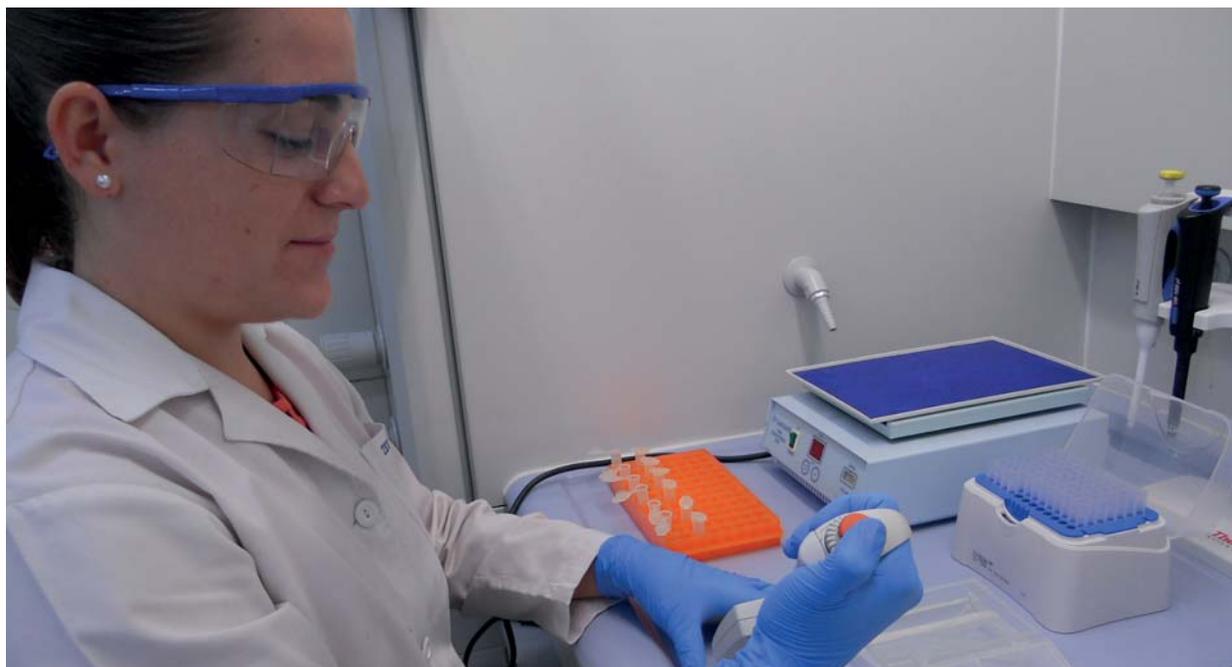
### Centro:

Universidad de Sevilla

### Contacto:

María Isabel García Moreno  
Tfno: 954 557 150  
e-mail: isagar@us.es

**Dotación:** 178.323,68 €



cidad de este compuesto para regenerar el tejido cerebral e inducir un aumento de la actividad de la beta-galactosidasa hasta cinco veces en el cerebro y el cerebelo.

Los resultados óptimos en el tratamiento aplicado a estos animales transgénicos han llevado a que el nuevo fármaco desarrollado se encuentre en fase de estudio preclínico, gracias a la financiación de 100 gramos del compuesto activo por parte del grupo farmacéutico Genzyme-Sanofi y a la colaboración con las universidades japonesas de Tokio y Tottori.

Durante los cuatro años en los que se ha desarrollado el proyecto, los profesionales sevillanos se han encargado de difundir los conocimientos alcanzados a través de más de una veintena de aportaciones a congresos de ámbito internacional y nacional, así como con numerosas publicaciones en prestigiosas revistas científicas.

Asimismo, los avances obtenidos han dado lugar a una tesis doctoral y al desarrollo de dos patentes.

Actualmente, “seguimos trabajando en esta línea de investigación con el objetivo de poder ofrecer una oportunidad a los

enfermos afectados por este tipo de enfermedades raras, ya que no se cuenta con el suficien-

te apoyo científico e institucional para ser estudiadas”, añade la experta.

## Ade +

El grupo de Química Bioorgánica de Carbohidratos de la Hispalense, cuya responsable es la catedrática Carmen Ortiz Mellet, lleva desde 1998 centrando su investigación en el estudio de las interacciones de los carbohidratos con biomoléculas y sus implicaciones en Biomedicina.

El objetivo de este grupo de científicos es llegar a ofrecer una oportunidad a los pacientes afectados por las enfermedades raras que tienen su origen en la disfunción de enzimas lisosomiales. Por esta razón, no sólo investigan tratamientos para la gangliosidosis GM1, sino también para otras patologías en las que igualmente se produce un defecto de plegamiento, como son la enfermedad de Gaucher y de Fabry.

Los conocimientos obtenidos en el proyecto de excelencia han permitido el desarrollo de nuevas líneas de investigación con resultados muy significativos.

En la actualidad, este grupo de profesionales se dedica al desarrollo de una tecnología para la preparación de caramelos enriquecidos en componentes con propiedades prebióticas y nutracéuticas.

Los llamados glicobióticos son formulaciones que se obtienen a partir de la fructosa o la glucosa, y que ayudan a prevenir y curar las enfermedades de inflamación intestinal, favoreciendo una flora bacteriana beneficiosa y el fortalecimiento del sistema inmunitario. Principalmente, se han realizado experimentos que demuestran que, en ratas, pollos y cerdos, estos caramelos previenen daños en el colon y aceleran la recuperación en el caso de úlceras o enfermedades como el síndrome de Crohn.