

BOLETÍN DE DIVULGACIÓN

Facultad de Ciencias Químicas. UCM



Octubre, un mes de celebración

Belén Yélamos López
Vicedecana de Ordenación Académica, Biblioteca y
Divulgación

En este mes, pero hace 50 años, la Facultad de ciencias formada por secciones, se dividió en las cinco facultades de ciencias que existe en la actualidad, entre ellas, la de Química. para celebrar esta fecha, nuestra facultad ha preparado algunas actividades como la exposición “50 aniversario. Ciencias Químicas: de Sección a Facultad” que se encuentra distribuida por nuestra facultad y en el edificio de la Biblioteca. Y, para ponerle música a esta celebración, lanzamos nuestra *playlist* con canciones relacionadas con la química.

Los estudiantes del grado en Bioquímica, Lucía Pérez y Diego Villa han escrito dos interesantes artículos. El primero de ellos sobre las nanopartículas Janus y el segundo sobre el desarrollo de los alimentos transgénicos para celebrar el Día Internacional de la Alimentación.

En este mes se dan a conocer los premios Nobel por lo que hablamos un poquito del Premio Nobel de Química que reconoce el importante papel que la inteligencia artificial tiene en este área científica.

Y lanzamos la III edición del Certamen de Proyectos Educativos de Química para que los estudiantes preuniversitarios den a conocer los interesantes proyectos que desarrollan en sus aulas junto a sus docentes.

EN ESTE NÚMERO

NOTICIAS.....2

**ACTIVIDADES DE
DIVULGACIÓN.....13**

**LA INVESTIGACIÓN EN LA
FACULTAD18**

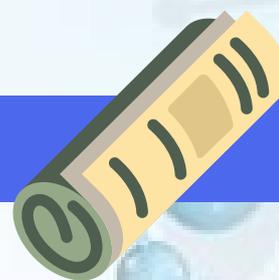
**DIVULGAR PARA
EDUCAR.....24**

¿Quieres divulgar con nosotros?

Envíanos tus ideas a

vdivulgacionquim@ucm.es

NOTICIAS DE DIVULGACIÓN



NANOTECNOLOGÍA BIFACÉTICA EL POTENCIAL DE LAS PARTÍCULAS JANUS

Lucía Pérez, Alfredo Sánchez. Dpto. de Química Analítica



Dios Janus. Imagen de

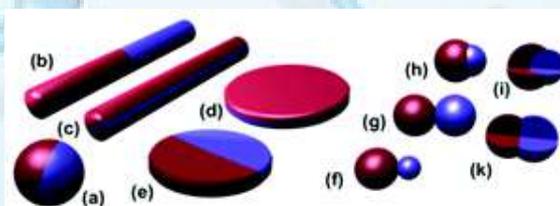
<https://quiमितologica.com/dios-jano/>

¿Alguna vez te has detenido a pensar en las dualidades que nos rodean? En la mitología romana el Dios Jano era representado con dos rostros que miraban en direcciones opuestas, uno hacia el pasado y otro hacia el futuro. Haciendo alusión a este símbolo de dimorfismo, podemos encontrar en el mundo de la nanotecnología una importante familia de partículas que ha atraído un gran interés en el ámbito científico: **las nanopartículas Janus**.

¿Y para qué pueden servir estas nanopartículas? La respuesta nos presenta un gran abanico de aplicaciones gracias a sus dos caras, desde su uso como catalizadores químicos hasta su papel como surfactantes y nanosensores. Sin embargo, el uso que despierta mayores esperanzas es su implementación como terapia innovadora en la lucha contra el cáncer. Este enfoque además surge en una era de gran necesidad ya que el cáncer ha sido denominado “*la pandemia silenciosa*”, una amenaza persistente que según la OMS afectará a una de cada cinco personas a lo largo de su vida. Es por ello, que la capacidad de las Janus para actuar de forma selectiva con distintos ambientes o compuestos químicos permite diseñar potentes herramientas de diagnóstico, así como tratamientos avanzados en el ámbito médico aprovechando el potencial de su dualidad.

Una de las grandes virtudes de estas nanopartículas es su **anisotropía**, es decir, su capacidad de presentar una estructura asimétrica fácilmente moldeable. Además, se ha demostrado que pueden convertir diversas fuentes de energía en movimiento y llegar a localizaciones específicas con precisión lo cual puede ser muy útil en cirugías, pudiendo definir así, el futuro de la medicina.

¿Cuál es la composición de estas fascinantes nanopartículas? Las Janus, son generalmente partículas de **naturaleza inorgánica**, aunque también son de gran importancia aquellas de **naturaleza polimérica**. Actualmente, son de especial interés las formadas a partir de sílices mesoporosas. Su relevancia en el campo farmacéutico es, sin duda, de crucial importancia. Con una estructura porosa que abarca alrededor de 100 nm se facilita no sólo la carga y la liberación controlada de fármacos, sino que también presentan una mayor superficie para interacciones químicas.



Diferentes tipos de partículas Janus.
Copyright 2013 American Chemical Society.

NOTICIAS DE DIVULGACIÓN

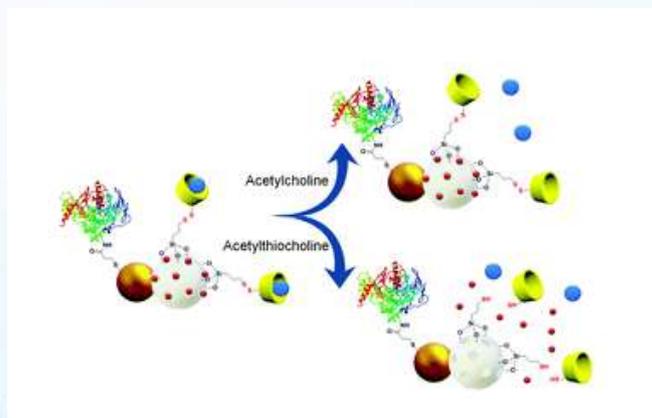


La dualidad de estas nanopartículas les otorga una habilidad extraordinaria: incluir una biomolécula de reconocimiento, entre las que se pueden encontrar anticuerpos, aptámeros y péptidos, así como añadir otra función como la liberación controlada de fármacos para el tratamiento de diversas enfermedades o la incorporación de agentes de contraste para la obtención de bioimágenes, mejorando así nuestra comprensión acerca de los procesos biológicos. Además, la biocompatibilidad de sus componentes reduce el riesgo de respuestas inflamatorias y de toxicidad celular, lo que nos invita a reflexionar sobre la delicada relación entre el avance científico y el bienestar humano.

Actualmente, el desafío principal de muchos tratamientos contra el cáncer radica en que la concentración del fármaco no alcanza en su totalidad el nicho tumoral, lo que limita su capacidad para frenar la progresión del cáncer. Sin embargo, el uso de Janus magnéticas hechas de nanoesferas de oro y de óxido de hierro representan una nueva esperanza. La presencia en su estructura de una biomolécula capaz de reconocer el tejido tumoral junto con unas propiedades magnéticas y fototérmicas ha permitido desarrollar un posible **tratamiento magneto-fototérmico** combinando ambas características que ha demostrado que tiene un gran potencial *in vitro* como inhibidor del crecimiento tumoral.

Otro de los enfoques relevantes en el tratamiento contra el cáncer es la mejora de la eficacia de la radioterapia, pues al incorporar elementos de alto número atómico como el oro o el bismuto, puede amplificar los efectos de la radiación en las células cancerosas (**radio-sensibilización**), lo que permite utilizar la radiación en dosis más bajas, reduciéndose así los daños que se pudiesen ocasionar a los tejidos sanos.

Incluso, gracias a su estructura dual una de las caras se podría diseñar de manera que reconozca y se una de manera específica a ciertas biomoléculas como proteínas o el ADN, lo que las convierte en grandes herramientas para la detección de biomarcadores relacionados con enfermedades como el cáncer o ciertas infecciones. Por ejemplo, las Janus se emplean para detectar de manera selectiva la sobreexpresión de microRNAs asociados a cáncer gástrico en ensayos clínicos.



Pérez-Calabuig, A.-M., Chem. Commun., 2020, 56, 6440-6443

NOTICIAS DE DIVULGACIÓN



Ya en el ámbito químico, las partículas Janus destacan como **catalizadores** únicos y versátiles. Como poseen dos caras asimétricas, pueden desempeñar un papel clave en el desarrollo de reacciones químicas diferentes al mismo tiempo o de manera secuencial, permitiendo así un control preciso en distintas etapas. Por ejemplo, las partículas Janus funcionalizadas con β -ciclodextrina pueden liberar dos compuestos distintos de manera sinérgica ante un estímulo como un sencillo cambio de pH. Otro enfoque innovador de estas nanopartículas es su capacidad para intercambiar información a través de señales químicas o físicas imitando procesos biológicos, lo que abre nuevas puertas en el mundo de la tecnología a nivel molecular.

Por último, e íntimamente relacionado con uno de los objetivos de desarrollo sostenible, el ODS6, las partículas Janus se erigen como una promesa pionera en la lucha contra uno de los mayores desafíos de la humanidad: la **purificación del agua potable**. En un mundo donde el acceso a agua libre de contaminantes se ha vuelto un bien escaso, estas nanopartículas ofrecen una solución innovadora y eficiente. A través de membranas con multi-electroafinidad inducida, las Janus logran, mediante interacciones electrostáticas e hidrofóbicas entre las interfases y los contaminantes, separar simultáneamente compuestos orgánicos y metales pesados del fluido, creando así un abordaje sostenible para la descontaminación del agua, la cual es necesaria para el desarrollo de vida. Además, dado que pueden responder de manera diferenciada a estímulos externos como cambios en el pH, la luz o la temperatura, las partículas Janus pueden emplearse como sensores en estudios de monitorización ambiental para comprobar la calidad del entorno y controlar la contaminación. Como por ejemplo, la detección de toxinas o metales pesados presentes en el terreno. Incluso, podrían emplearse para la detección de toxinas en muestras alimenticias, lo cual significaría un avance tecnológico de vital importancia en la seguridad alimentaria.

Después de conocer sus múltiples aplicaciones, está claro que las partículas Janus ofrecen un enfoque multifacético y prometedor en muchas áreas como la oncología proporcionando herramientas para diagnosticar, y monitorizar el cáncer con una alta precisión y eficiencia, actuando como un agente activo que reformula nuestra comprensión de lo vivo y la mejora de nuestra calidad de vida y el cuidado del medio ambiente. Es por ello, que las partículas Janus no solo representan una herramienta prometedora en la lucha contra las enfermedades y la contaminación, sino que también abren nuevas vías para la investigación científica e innovación tecnológica en el futuro.

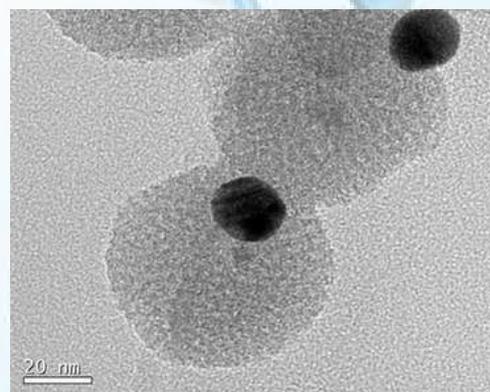
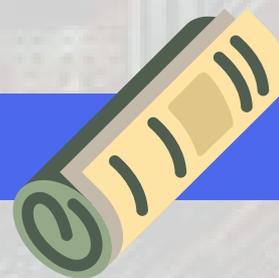


Imagen TEM de nanopartículas Janus de oro-sílice mesoporosa.

NOTICIAS DE DIVULGACIÓN



REVELAR EL SECRETO DE LAS PROTEÍNAS CON INTELIGENCIA ARTIFICIAL Premio Nobel de Química 2024 Belén Yélamos

El sueño de comprender y dominar las herramientas químicas de la vida, las proteínas, está ahora más cerca gracias a los galardonados con el Premio Nobel de Química 2024. **Demis Hassabis** y **John M. Jumper** han conseguido predecir la estructura de casi todas las proteínas conocidas empleando la inteligencia artificial, y David Baker ha diseñado proteínas totalmente nuevas gracias a su comprensión de los componentes básicos de la vida.

Las proteínas son unos polímeros biológicos formados por la unión de hasta 20 unidades, o aminoácidos, diferentes (Figura 1). La información que codifica todas nuestras proteínas se encuentra en nuestro ADN, y esta información es descodificada en el proceso de la traducción o síntesis de proteínas. Una vez creada esta cadena de aminoácidos, es necesario e imprescindible que alcancen una estructura tridimensional adecuada para que la proteína lleve a cabo la función para la que ha sido sintetizada: pueden ser proteínas con una función estructural presente en músculos o cuernos, una función de señalización celular como es el caso de las hormonas, de defensa como los anticuerpos o funcionar como catalizadores en reacciones que tienen lugar en nuestras células.

Ya en 1961, otro científico americano, **Christian Anfinsen**, concluyó que la estructura tridimensional de una proteína se rige enteramente por su secuencia de aminoácidos, lo que le valió el Premio Nobel de Química en 1972.

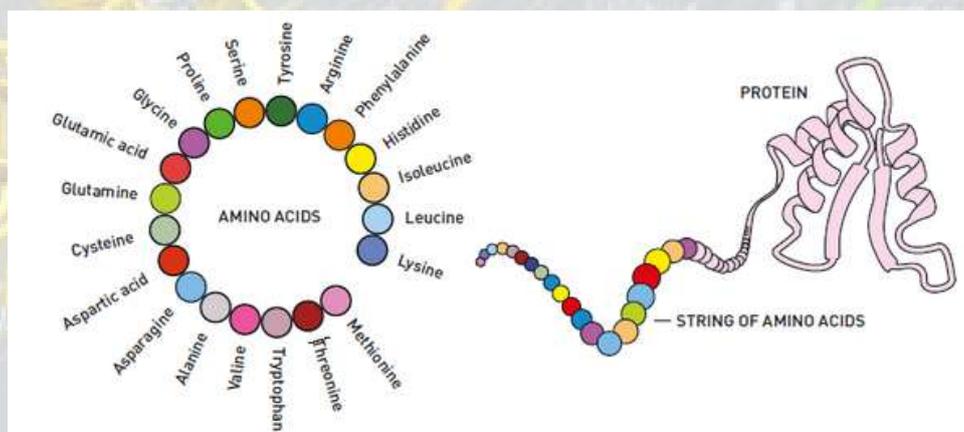
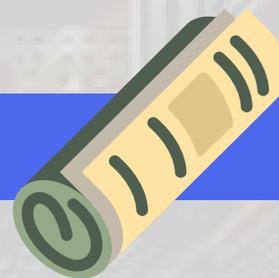


Figura 1. Una proteína puede estar formada por aminoácidos unidos mediante enlace peptídico en largas cadenas que han de plegarse hasta alcanzar la estructura tridimensional correcta o estructura nativa. Imagen: The Nobel Foundation.

NOTICIAS DE DIVULGACIÓN



El neurocientífico británico, **Demis Hassabis**, empleó todo lo que había aprendido sobre el cerebro para desarrollar redes neuronales para la inteligencia artificial. En 2010 cofundó **DeepMind**, una empresa que desarrollaba juegos de ordenador. Con uno de ellos logró en 2016 vencer al campeón de uno de los juegos de mesa más antiguos del mundo, el Go. Sin embargo, Hassabis estaba más interesado en resolver otros desafíos mayores para la humanidad. Así, al tener noticias de un concurso que consistía en la predicción de la estructura de las proteínas, la **competición CASP**, se inscribió junto a su equipo. Y ganaron resolviendo casi el 60% de las estructuras propuestas. El modelo de IA con el que compitieron fue el **AlphaFold**.

En 2017, **John Jumper** se unió a DeepMind. Su interés por las proteínas y su plegamiento comenzó en 2011, cuando inició su doctorado en física teórica, con el desarrollo de métodos sencillos e ingeniosos para simular la dinámica de las proteínas. Su experiencia en simulación de proteínas le permitió mejorar el modelo AlphaFold, y apareció el AlphaFold2. En este modelo se emplearon nuevas redes neuronales (*transformers*) que pueden encontrar patrones en enormes cantidades de datos de una manera más sencilla. Jumper y Hassabis entrenaron a AlphaFold2 con las bases de datos de todas las estructuras proteicas y secuencias de aminoácidos conocidas (**Figura 2**) y volvieron a participar en la CASP en 2020 con unos resultados impresionantes. En la mayoría de los casos, AlphaFold2 funcionó casi tan bien como la cristalografía de rayos X.

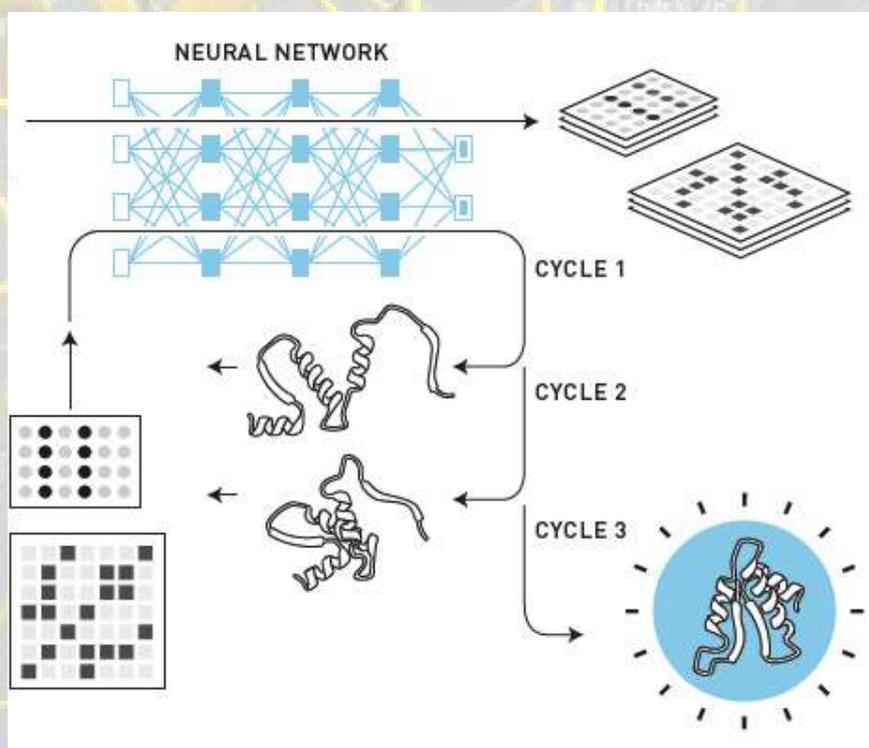
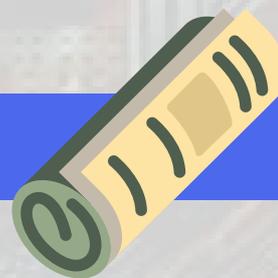
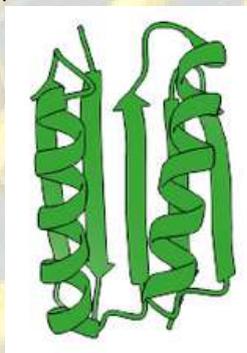


Figura 2. Después de entrenarse con numerosas bases de datos y realizar análisis de secuencias, AlphaFold2 refina este análisis mediante un proceso iterativo. El modelo de IA utiliza redes neuronales llamadas “transformers”. AlphaFold2 arma un rompecabezas de todos los aminoácidos y prueba las vías para producir una estructura hipotética. Después de tres ciclos, AlphaFold2 llega a una estructura determinada. Imagen: The Nobel Foundation

NOTICIAS DE DIVULGACIÓN



El bioquímico norteamericano **David Baker** comenzó a interesarse sobre la estructura de las proteínas cuando cayó en sus manos un ejemplar del libro “*Molecular Biology of the Cell*”. En 1990 comenzó a desarrollar un programa con el que también compitió en CASP, **Rosetta**, en 1998. Su éxito le condujo a una nueva idea: utilizar el mismo programa pero a la inversa, es decir, en lugar de introducir secuencias de aminoácidos en Rosetta y obtener la estructura de las proteínas, se podría introducir una estructura proteica determinada y obtener posibles secuencias de aminoácidos, lo que permitiría crear proteínas completamente nuevas. De esta manera, Baker se convirtió en un constructor de proteínas al sintetizar su primera proteína, Top7. Para ello, después de obtener la secuencia de ADN que codificaría la proteína, la introdujo en las bacterias, la expresó y la purificó. Para comprobar que la estructura que adoptaba esta proteína era la misma que se había introducido en Rosetta, determinó la misma con cristalografía de Rayos X. Y así se diseñó y contruyó una proteína de 93 aminoácidos que no existía en la Naturaleza.



Estructura tridimensional de la proteína Top7 creada por David Baker y su equipo.
Imagen: The Nobel Foundation.

Hasta el momento, Hassabis y Jumper han logrado determinar la estructura de prácticamente los 200 millones de proteínas que se han descubierto. El código de AlphaFold2 es un código abierto al que todo el mundo puede acceder, facilitando así el trabajo de los investigadores. Ahora, lo que se tardaba años en obtener se puede realizar en minutos. Por otro lado, la capacidad de crear proteínas con nuevas funciones puede ser útil para disponer de nuevos nanomateriales, fármacos específicos, vacunas, sensores, de una forma más sostenible, lo que redundará en beneficio de la humanidad.

Saber más: [Noble Prize](#)



DEMIS HASSABIS
(1976)
CEO de Google DeepMind



JOHN M. JUMPER
(1985)
Investigador en Google DeepMind



DAVID BAKER
(1962)
Profesor de la Universidad de Washington e
investigador del Howard Hughes Medical Institute.

NOTICIAS DE DIVULGACIÓN



ALIMENTOS TRANSGÉNICOS: LA BACTERIA QUE ASPIRA A COMPLETAR LA POKÉDEX.

Diego Villa Lázaro @biostorytime
Estudiante de Grado en Bioquímica

El **16 de octubre** se celebra el Día Internacional de la Alimentación con motivo del aniversario de la fundación de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Uno de los objetivos de esta entidad es luchar por asegurar el abastecimiento de provisiones para toda la población. Y sí, eso incluye también al sector del que sólo nos acordamos cuando un trabajador de una ONG nos para por la calle para pedirnos una suscripción para una donación mensual.

Por desgracia, los recursos son limitados, especialmente en la sociedad “anti-Robin Hood” donde los ricos se hacen cada vez más ricos a costa de lo poco que tienen los pobres. Sin embargo, ¿tiene la ciencia algo que decir ante todo esto? Desde hace unos cuantos años se ha trabajado de forma ardua para tratar de lograr el segundo de los 17 Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS) (Figura 1) que, desde la Universidad Complutense de Madrid, luchamos por divulgar y defender.



Figura 1. Objetivo del Desarrollo Sostenible 2: Hambre cero. ONU.

Uno de los grandes avances que la investigación en genética molecular ha logrado y que ocupará nuestra sección de este mes es la creación y el desarrollo de alimentos transgénicos, **Organismos vegetales Genéticamente Modificados (OGM)**, cuyo debate ha levantado tanto polvo en los últimos años que perfectamente podría provocar una calima. Pero ¿en qué consiste exactamente un alimento transgénico? Si estamos dispuestos a criticarlos, debemos estarlo también a conocerlos. Por definición, según la Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición (AESAN), un alimento transgénico es aquel que contiene o está compuesto por OGM o ha sido producido a partir de ellos y, estos, a su vez, son aquellos cuyo material genético haya sido modificado de una manera que no se produce naturalmente en el apareamiento ni en la recombinación natural [1].

¿Qué quiere decir esto? Con el proceso de modificación genética de la transgénesis alimentaria logramos especies nuevas con un genoma característico que, de otra forma, mediante evolución y selección natural, por ejemplo, nunca se habrían desarrollado. Sin embargo, estas modificaciones no son aleatorias, sino que buscamos genes que aporten una característica positiva a la planta o mejoren aquellas con las que estas ya contaban. Algunos ejemplos de genes de interés biotecnológico en este campo son aquellos que dotan a la planta de resistencia a parásitos, crecimiento más rápido sin perder sus características esenciales, resistencia a la temperatura y un sinfín más de “**mejoras**” que me recuerdan al concepto de evolución cuando de niño jugaba a los videojuegos de Pokémon.

NOTICIAS DE DIVULGACIÓN



Partíamos de una especie inicial y, a base de experiencia y mucho, mucho tiempo, lográbamos subir de nivel a nuestro compañero con el fin de evolucionarlo, hacer que cambiara su forma para que fuera más fuerte.

Aun así, introducir genes en una planta así como así no es algo tan sencillo como evolucionar a Pikachu. Sin embargo, los especialistas en la materia han desarrollado multitud de técnicas adaptadas a cada especie. De entre todas ellas, una de las más curiosas emplea técnicas generales de biotecnología y biología molecular. Todo comenzó con una bacteria: ***Agrobacterium tumefaciens*** (*A. tumefaciens*).



Figura 2. Tumor producido por *A. tumefaciens*.
Wikipedia.

Se sabía que esta especie aparecía en tumores benignos en plantas (Figura 2), pero no fue hasta principios de los años 70 que se descubrió que los tumores eran producidos por la propia planta con el fin de autoabastecerse de nutrientes, como si de Jesucristo en la multiplicación de los panes y los peces se tratase. Para ello, se describió la capacidad de esta bacteria de introducir material genético dentro de la planta para que esta aumentara su producción. Una vez infectada, el DNA permanece ahí de forma indefinida.

Para empezar, debemos conocer el gran plásmido con el que cuenta esta bacteria, *A. tumefaciens*. Este fragmento de DNA circular independiente del cromosoma bacteriano cuenta con unas secuencias determinadas (Figura 3). Las principales y únicas son la región T y la región VIR. Por un lado, la **región T** cuenta con los genes que se introducen dentro de las células vegetales, encerrados entre unas secuencias características que definen dónde empieza y dónde termina esta región, como si de un sándwich, en el que los panes definen los límites del bocadillo, se tratara.

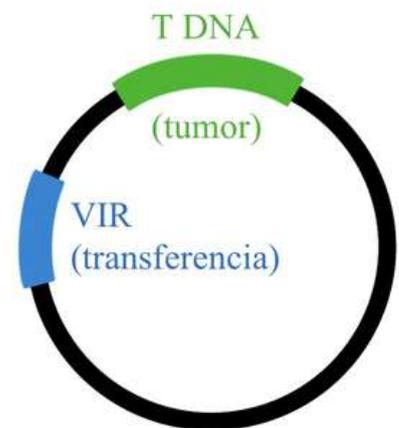


Figura 3. Esquema del plásmido de *A. tumefaciens*. Diego Villa.

Los genes de esta región están implicados en la formación del tumor y en la producción de opinas, moléculas que son aprovechadas como alimento por la bacteria. De esta forma, se acelera la proliferación celular, por lo que habrá más células infectadas, y la generación de alimento, por lo que esta contará con un banquete para poder vivir sin preocupaciones.

Por otro lado, la **región VIR** cuenta con todos los genes implicados en la transferencia de la región T a la célula vegetal, es decir, que la bacteria es capaz de producir toda la maquinaria necesaria para infectar la planta. Las proteínas para las que codifica este segmento se denominan con Vir seguido de una letra (VirA, VirG, VirD...)

NOTICIAS DE DIVULGACIÓN



La infección comienza cuando la planta sufre un daño físico (Figura 4). Esto produce la liberación de numerosas moléculas como la **acetosiringona**, que son reconocidas por bacterias del género *A. tumefaciens* gracias a un receptor de membrana codificado por la región VIR, llamado **VirA**. La activación de este produce la fosforilación de un factor de transcripción de la región VIR llamado **VirG**. De esta forma, la bacteria comienza a producir un gran número de proteínas VIR. Los productos funcionales de esta región son los que desencadenan la transferencia del plásmido.

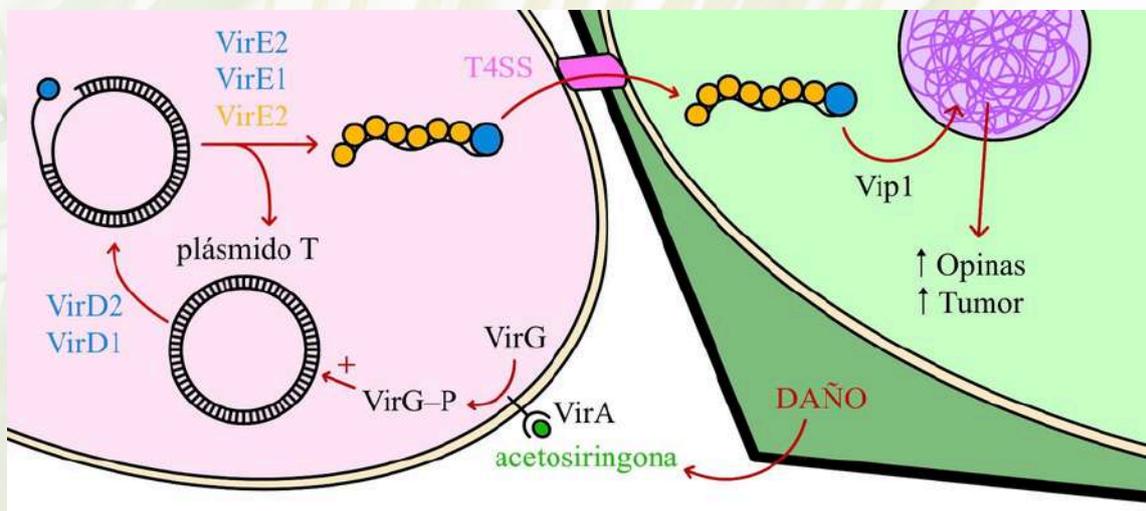


Figura 4. Esquema del mecanismo de transgénesis de *A. tumefaciens*. En morado, el citoplasma de la bacteria y, en verde, el de la célula vegetal. Diego Villa.

En primer lugar, la proteína **VirD2**, dependiente de **VirD1**, es capaz de reconocer los extremos de la región T, escindiéndolos en una de las dos cadenas complementarias de DNA. Esto produce que la maquinaria de la bacteria detecte la mella y trate de repararla. En este proceso, la región T de cadena simple es escindida y separada del plásmido, mientras se recubre de proteínas **VirE2** para evitar la actividad de las **endonucleasas** que reconocen DNA de cadena simple. En uno de los extremos, además, queda una molécula de **VirD2** unida (Figura 4).

Esta hebra de DNA viaja a través de un transportador del sistema de transferencia de la bacteria, llamado **T4SS**, que actúa como un túnel entre el microorganismo y la planta, permitiendo su inclusión en el citoplasma de la célula vegetal. Una vez allí, pasa al núcleo gracias a la proteína **Vip1**, que reconoce la molécula de **VirD2** unida a la cadena de DNA y la internaliza, como si un caballo de Troya se tratase. Ya en el núcleo, numerosas proteínas nucleares vegetales son capaces de internalizar el TDNA de la bacteria en el DNA de la planta tras reconocer una mella en este. De esta forma, la bacteria es capaz de transferir genes concretos dentro del material genético de una célula vegetal.

NOTICIAS DE DIVULGACIÓN



Casi una década fue necesaria para encontrar una aplicación a este mecanismo. ¿Quién pudiera pensar por aquella época que el tumor de una planta sería útil para algo? Sin embargo, en 1977 se publicó el artículo que contenía la primera aplicación biotecnológica de esta especie [2].

Las herramientas de **edición genética** nos permiten editar los genes a voluntad del usuario como si estuviéramos editando un documento de Word. Podemos escribir, borrar, copiar, cortar, pegar... y un sinfín de opciones ilimitadas. El equipo de Mary-Dell Chilton decidió hacer un “corta y pega” en *A. Tumefaciens* por primera vez y sustituir los genes funcionales del fragmento T por otros diferentes, comprobando que, del mismo modo, estos eran transferidos a la planta. Hoy en día es una práctica común que permite crear especies resistentes a herbicidas, metales pesados, químicos de todo tipo... en definitiva, súper plantas. Y, aunque no es la única técnica empleada en este sector, sí es una de las más llamativas y especiales para narrar.

Sin embargo, pese a que en la poyata del laboratorio (casi) cualquier idea, por muy descabellada que suene, es posible, en la vida real no sucede así. Para ampliar la producción un 500% gracias a la inserción de un gen en una planta, es necesario que esta pase numerosas pruebas y **controles de sanidad**. Volviendo al origen de este artículo, en los juegos de Pokémon no bastaba con subir de nivel y evolucionar nuestras especies, sino que nos teníamos que enfrentar a los gimnasios Pokémon, desafíos que ponían a prueba a nuestro equipo y que, sólo si lográbamos superar, se permitía aspirar a la cima, a ser un maestro de la Liga Pokémon.

Por ahora, tan solo 6 plantas transgénicas son legales para su comercialización en la Unión Europea: algodón, maíz, colza, soja, remolacha azucarera y patata [3], y alguna de las mejoras que se han conseguido incluyen resistencia a insectos, tolerancia a herbicidas, mejoras nutricionales y resistencia a estrés o a enfermedades vegetales [4], pero quién sabe qué nos deparará el futuro.

La única vía para el **avance social** será el caminar contigo de los científicos y los comités de bioética de la mano, donde las mejoras no sobrepasen los límites y cumplan todos los requisitos de seguridad. Lo importante en todo esto se traduce en respetar estas finas líneas sin tener miedo a la ciencia. Quizá algún día esta disciplina nos ayudará a solventar el segundo de los Objetivos del Desarrollo Sostenible. Quizá los transgénicos serán tratados con justicia por los medios de comunicación, huyendo de las “fake news” y sin asustar a la población. Quizá, y sólo quizá, algún día lograremos completar la pokédex de las plantas y alzarnos en la cima de la Liga Pokémon del progreso social.

NOTICIAS DE DIVULGACIÓN



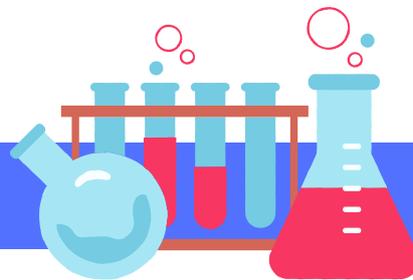
BIBLIOGRAFÍA

1. AESAN-Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición. (s. f.).
2. Chilton, M. D., Drummond, M. H., Merio, D. J., Sciaky, D., Montoya, A. L., Gordon, M. P., & Nester, E. W. (1977). Stable incorporation of plasmid DNA into higher plant cells: the molecular basis of crown gall tumorigenesis. Cell, 11(2), 263–271.
3. AESAN-Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición. (s. f.-c).
4. Kumar, K., Gambhir, G., Dass, A., Tripathi, A. K., Singh, A., Jha, A. K., Yadava, P., Choudhary, M., & Rakshit, S. (2020). Genetically modified crops: current status and future prospects. Planta, 251(4).

Y si prefieres una explicación más visual, Diego ha preparado este estupendo vídeo que te ayudará a comprender cómo se consigue hacer un alimento transgénico y al que puedes acceder con este código QR.



ACTIVIDADES DE DIVULGACIÓN

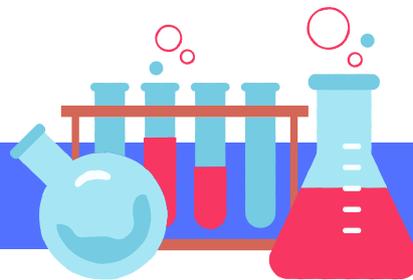


NOCHE DE LOS INVESTIGADORES Y DE LAS INVESTIGADORAS 2024

El pasado 27 de septiembre se celebró la Noche Europea de los Investigadores y de las Investigadoras. La UCM organizó nueve actividades en torno al tema del cáncer y su investigación desde diferentes disciplinas. La profesora de la facultad de Ciencias Químicas, **Juana M. Navarro**, junto con la profesora de la Facultad de Ciencias Biológicas, **Flor Govinda Guevara**, fue la responsable de la actividad **“Biólogo molecular por un día: detección por PCR de riesgo de cáncer”**. Se llevó a cabo un taller en el que los participantes aprendieron a realizar una PCR y un gel de agarosa para distinguir si una persona porta o no una mutación relacionada con tumores en el gen BRCA1.



ACTIVIDADES DE DIVULGACIÓN



ACTO DE CELEBRACIÓN DEL 50 ANIVERSARIO DE LA CREACIÓN DE LAS FACULTADES DE CIENCIA

El 9 de octubre celebramos que se cumplían cincuenta años del momento en que la Facultad de Ciencias de la UCM se dividió en las cinco Facultades de Ciencias que conocemos ahora: las de Ciencias Biológicas, la de Ciencias Físicas, la de Ciencias Geológicas, las de Ciencias Matemáticas y la de Ciencias Químicas.

Después del discurso de la Decana de la Facultad de Ciencias Químicas, **M. Teresa Villalba**, en representación de todos los decanos, el paleontólogo **Juan L. Arsuaga** impartió la conferencia "El método científico y Descartes"



Conferencia de Juan L. Arsuaga

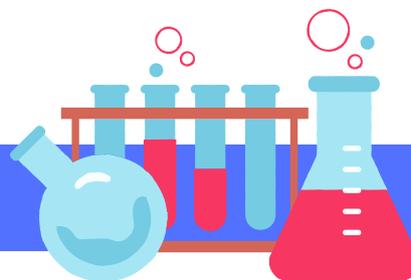
A continuación, se nombraron cinco *Alumni Ilustres*. En el caso de nuestra facultad, se propuso al químico **Mariano Barbacid**, investigador del Centro Nacional de Investigaciones Oncológicas (CNIO), que recibió esta distinción junto con un magnífico objeto de recuerdo realizado por nuestro maestro de vidrio, **Emilio Elvira**, que contó con la colaboración de la profesora de la facultad, **Lourdes Agüí**.



Mariano Barbacid, Alumnus Ilustre de la Facultad de Ciencias Químicas



ACTIVIDADES DE DIVULGACIÓN



EXPOSICIÓN "50 ANIVERSARIO: DE SECCIÓN A FACULTAD"

Coincidiendo con el acto de celebración del 50 aniversario, inauguramos la exposición en la que podrás conocer la historia de la Facultad: los acontecimientos más importantes que se produjeron en el año 1974, el año en que nació la facultad, la evolución de sus edificios, la docencia de antes y de ahora, y curiosidades como las series y películas que se rodaron en nuestras instalaciones o el instrumental de laboratorios que se usaba antiguamente. Y muchas cosas más. Puedes encontrar la exposición distribuida por los pasillos que rodean el Aula Magna y en la sala de exposiciones de la Biblioteca.



ACTIVIDADES DE DIVULGACIÓN



PLAYLIST "QUÍMICAS: 50 ANIVERSARIO"

Y seguimos celebrando el 50 aniversario. Esta vez con la música que puedes encontrar en la *playlist* que hemos preparado con canciones donde hay mucha química, y que puedes encontrar en [Youtube](#) o [Spotify](#).



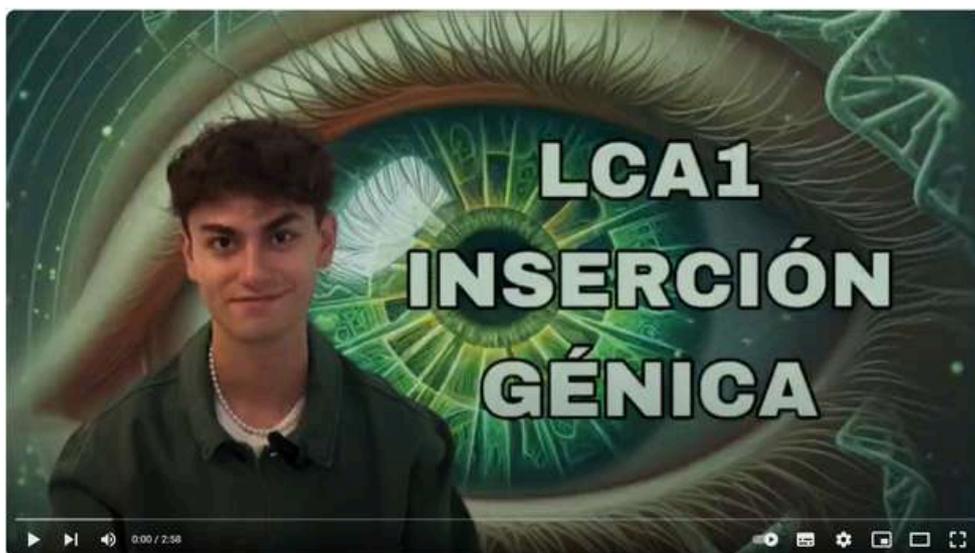
Y todo buen álbum viene acompañado de un [libreto](#). En este podrás saber qué relación con la química tiene cada canción.

ACTIVIDADES DE DIVULGACIÓN



LCA1 E INSERCIÓN GÉNICA. ABRAMOS LOS OJOS AL FUTURO

Diego Villa, además de explicarnos en un artículo el desarrollo de los alimentos transgénicos, ha preparado un vídeo con el que participa en el concurso de divulgación científica del V Congreso Nacional de Estudiantes de Biociencias (V CNEB). En este caso habla sobre la enfermedad llamada **amaurosis congénita de Leber (LCA)** y la posibilidad de utilizar la terapia génica para curarla.



Y ahora ha decidido lanzarse a la divulgación con su canal [BIOSTORYTIME](#). Síguelo en:



@biostorytime



@biostorytime_



@biostorytime



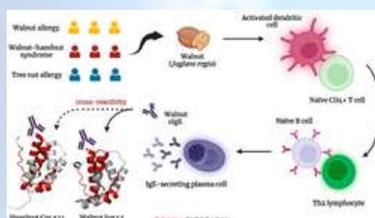
@biostorytime

LA INVESTIGACIÓN EN LA FACULTAD



Walnut Jug r 1 is Responsible for Primary Sensitization among Patients Suffering Walnut-Hazelnut 2S Albumin Cross-Reactivity

Estela S. Castromil-Benito, Diana Betancor, Jorge Parrón-Ballesteros, Cristina Bueno-Díaz, Gloria Gutiérrez-Díaz, Javier Turnay, Manuel de las Heras, Javier Cuesta-Herranz, Mayte Villalba, Carlos Pastor-Vargas

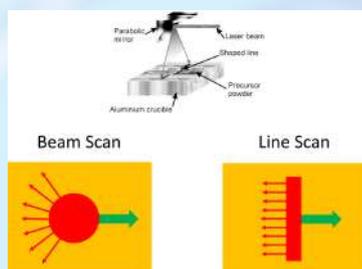


J. Agric. Food Chem. 2024, 72, 32, 18162-18170
<https://doi.org/10.1021/acs.jafc.4c03603>

La coalergia a nueces y avellanas es una manifestación frecuente en la práctica clínica cuya base molecular sigue sin estar clara. Con este fin, se evaluó la reactividad cruzada nuez-avellana en 20 pacientes alérgicos a uno o ambos frutos secos y sensibilizados a sus albúminas 2S. Los ensayos de inmunotransferencia mostraron que el 85% de los pacientes reconocían Jug r 1, la albúmina 2S de la nuez, que se asociaba al desarrollo de síntomas graves; el 50% de ellos co-reconocieron la albúmina 2S de la avellana, Cor a 14. Ambos alérgenos se aislaron mediante técnicas cromatográficas. Los ELISA de inhibición revelaron que Jug r 1 inhibía fuertemente la unión de IgE específica de Cor a 14, pero Cor a 14 sólo inhibía parcialmente la unión de IgE específica de Jug r 1. Nuestros resultados mostraron que los pacientes sensibilizados a las albúminas 2S de la nuez/la avellana no constituían una población homogénea. Había pacientes sensibilizados a epítopos específicos de las albúminas 2S de la nuez y pacientes sensibilizados a epítopos de reacción cruzada entre la nuez y la avellana, siendo Jug r 1 el principal sensibilizador.

Direct Laser Synthesis of Fe₂O₃ Modified TiO₂

V. V. Lennikov, A. Gómez-Herrero, L. A. Angurel, G. F. de la Fuente, L. C. Otero-Díaz



Z. Anorg. Allg. Chem. 2024
DOI: 10.1002/zaac.202400078

Se presenta un método de síntesis directa muy rápido y selectivo de escaneo lineal con láser de CO₂, que se ha aplicado para estudiar la formación de fases y defectos dentro de una mezcla irradiada de óxidos en polvo, como prueba de principio. Se eligió convenientemente un intervalo de composición nominal de 0 < x < 0,03 para el sistema TiO₂ + xFe₂O₃. Se utilizó el análisis de difracción de rayos X para determinar la composición de la fase cristalina principal. En las muestras con menor contenido en Fe₂O₃ (2, 1, 0,5% mol) sólo se observaron fases de rutilo con una microestructura compleja derivada de la presencia de cristales multigemados (011)r y (110)r y de CSP aislados y/u ordenados a corta escala de longitud. Las diversas microestructuras observadas en las muestras producidas con láser de CO₂ se correlacionan con las condiciones impuestas durante el tratamiento con láser, que incluyen velocidades de solidificación intrínsecamente altas y gradientes de temperatura pronunciados.

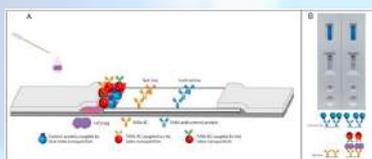
LA INVESTIGACIÓN EN LA FACULTAD



Development of a Lateral Flow Assay for the Detection of the Hepatitis C Virus Core Antigen

Erick Joan Vidal-Alcántara, Sonia Hernández Antón, Paloma Rueda, **María Belén Yélamos, Julián Gómez**, Salvador Resino, Alba Fresco-Taboada, Isidoro Martínez

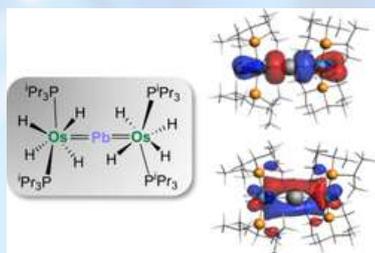
La infección por el virus de la hepatitis C (VHC) sigue siendo un reto sanitario mundial, con millones de personas afectadas cada año. Los métodos de diagnóstico actuales, basados en el cribado de anticuerpos y la detección del ARN viral, son complejos, costosos y a menudo inaccesibles, sobre todo en entornos con recursos limitados. **Objetivo:** Desarrollo de un ensayo basado en inmunocromatografía de flujo lateral para detectar el antígeno del núcleo de la hepatitis C (HCVcAg), altamente conservado. **Métodos:** El ensayo se basa en la interacción de cuatro anticuerpos monoclonales altamente específicos y de reactividad cruzada con HCVcAg recombinante de cinco genotipos diferentes en un formato sándwich de doble anticuerpo. Se evaluaron el látex y el oro coloidal como nanopartículas detectoras. **Resultados:** La evaluación exhaustiva de 32 combinaciones de anticuerpos condujo a la identificación de los pares de anticuerpos más sensibles. El ensayo elegido, denominado LN17, demostró una sensibilidad objetivo de 10 ng/tira, con implicaciones clínicas potenciales para la detección del VHC. Además, el estudio examinó los efectos de matriz en muestras de suero, proporcionando información valiosa para futuras aplicaciones clínicas. **Conclusiones:** El ensayo desarrollado es prometedor como una herramienta rápida, rentable y fácil de usar para mejorar la accesibilidad a la detección de la hepatitis C, especialmente en poblaciones de alto riesgo y entornos con recursos limitados.



Pharmaceuticals 2024, 17(8), 1022
<https://doi.org/10.3390/ph17081022>

A Lead- μ_2 -Tetrylide Complex with Osmium(IV) Terminal Components

Javier A. Cabeza, Miguel A. Esteruelas, **Israel Fernández**, Susana Izquierdo, Enrique Oñate



Inorg. Chem. 2024, 63, 34, 15563-15567
<https://doi.org/10.1021/acs.inorgchem.4c02520>

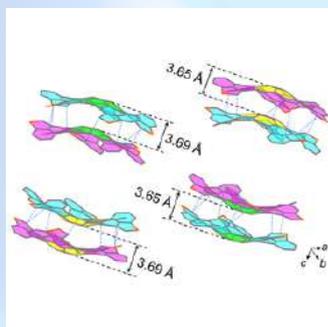
Un átomo de plomo es un ligando σ -donante capaz de enlazar linealmente y estabilizar dos unidades de un complejo polihidruro clásico, con un centro metálico de alto valor. Como prueba de concepto, hemos preparado y caracterizado el complejo μ_2 -tetrílide $(P^iPr_3)_2H_4Os-Pb-OsH_4(P^iPr_2)$. Aunque los enlaces Pb-Os presentan interacción electrostática, las principales interacciones orbitales resultan de dos enlaces σ dativos desde el átomo de plomo a los centros de osmio. Estos últimos también proporcionan retrodonaciones π mucho más débiles.

LA INVESTIGACIÓN EN LA FACULTAD



Chiral stacks of a curved nanographene

Zhongbo Zhang, Dániel Csókás, **Israel Fernández**, Mihaiela C. Stuparu

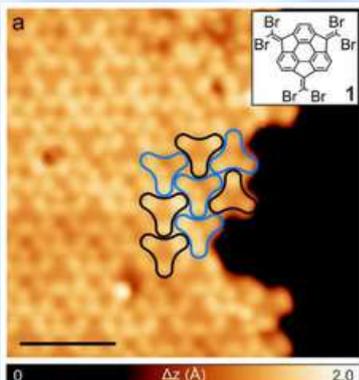


Chem, Volume 10, Issue 10, 3199 - 3211
DOI: [10.1016/j.chempr.2024.07.008](https://doi.org/10.1016/j.chempr.2024.07.008)

Los nanografenos son fragmentos del grafeno con excelentes propiedades optoelectrónicas y aplicaciones potenciales en tecnologías futuras. Por ello, el diseño y la síntesis de nuevas moléculas de nanografeno es actualmente una de las principales tareas de investigación. La principal estrategia sintética para lograr este objetivo se basa en la extensión de borde de pequeñas moléculas aromáticas. Sin embargo, la química de extensión se restringe sobre todo a las ortoanulaciones (extensión de la región bahía y de la región K). En este trabajo, mostramos la importancia de las perianulaciones, extensión de los bordes en zigzag, en la investigación del nanografeno. Demostramos que las perianulaciones dotan a una molécula de nanografeno de propiedades electrónicas superiores y de la capacidad de ensamblarse en nanoestructuras de carbono multicapa discretas.

Coronene-Based 2D Networks by On-Surface Skeletal Rearrangement of Sumanene Precursors

Elena Pérez-Elvira, Ana Barragán, Aurelio Gallardo, **José Santos**, Cristina Martín-Fuertes, Koen Lauwaet, José M. Gallego, Rodolfo Miranda, Hidehiro Sakurai, José L. Urgel, Jonas Björk, **Nazarío Martín**, David Écija



Angew. Chem. Int. Ed. 2024, e202414583
<https://doi.org/10.1002/anie.202414583>

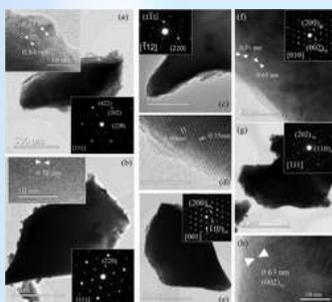
El diseño de nuevos materiales de carbono de baja dimensión está a la vanguardia de la química moderna. Recientemente, la síntesis covalente en superficie se ha revelado como una poderosa estrategia para sintetizar compuestos y polímeros previamente excluidos. En este trabajo se presenta un estudio de microscopía de barrido, complementado con cálculos teóricos, sobre la reorganización esquelética secuencial de precursores basados en sumaneno en una red organometálica basada en coroneno mediante reacciones escalonadas intra e intermoleculares sobre Au(111). Curiosamente, tras un recocido superior, las redes organometálicas formadas evolucionan a parches bidimensionales de enlace covalente basados en coroneno mediante reacciones de homocoplamiento intermolecular. Se propone un nuevo mecanismo de reacción basado en el papel de los motivos C-Au-C para promover dos acoplamientos carbono-carbono paso a paso para formar puentes de ciclobutadieno. Nuestros resultados allanan el camino para la conversión de precursores moleculares en superficies, permitiendo el diseño de materiales organometálicos y covalentes bidimensionales inexplorados.

LA INVESTIGACIÓN EN LA FACULTAD



Suppression of ferromagnetism and emergence of spin-glass-like behavior in the $\text{CuCr}_{2-x}\text{Sn}_x\text{S}_2\text{Se}_2$ spinels

Miguel Pardo-Sainz, Silvana Moris, Cristina Piquer, José Alberto Rodríguez-Velamazán, **María Luisa López**, **Inmaculada Álvarez-Serrano**, Antonio Galdámez, and Javier Campo



Phys. Rev. B 2024, 110, 064436
<https://doi.org/10.1103/PhysRevB.110.064436>

Se realizaron experimentos de magnetometría, difracción de neutrones y microscopía electrónica de transmisión de alta resolución (HRTEM) para estudiar el comportamiento magnético de las soluciones sólidas de $\text{CuCr}_{2-x}\text{Sn}_x\text{S}_2\text{Se}_2$ ($0,2 \leq x \leq 1,0$) y determinar experimentalmente la estructura magnética adecuada para estos sistemas.

Para todas las muestras, se refinó la fase principal con estructura normal de tipo espinela. Para bajas concentraciones de Sn aparece también una fase monoclinica minoritaria corroborada con análisis HRTEM. Junto con los resultados de los experimentos de magnetización, las medidas de difracción de neutrones permitieron establecer que para muestras con $x \leq 0,4$ existe un orden ferromagnético de largo alcance a altas temperaturas etiquetado con el $3d$ irrep $m\Gamma+4$ de $Fd\bar{3}m1'$, mientras que para $x > 0,4$ no se observa ninguna señal magnética, lo que indica que el comportamiento ferromagnético se suprime y se sustituye por un estado similar al vidrio de espín.

Sustained Long-Term Decline in Anti-HCV Neutralizing Antibodies in HIV/HCV-Coinfected Patients Five Years after HCV Therapy: A Retrospective Study

Daniel Sepúlveda-Crespo, Camilla Volpi, Rafael Amigot-Sánchez, **María Belén Yélamos**, Cristina Díez, **Julián Gómez**, Víctor Hontañón, Juan Berenguer, Juan González-García, Rubén Martín-Escolano, Salvador Resino, Isidoro Martínez



Pharmaceuticals 2024, 17(9), 1152
<https://doi.org/10.3390/ph17091152>

En este estudio se evaluaron los títulos y las amplitudes de los anticuerpos anti-E2 (anti-E2-Abs) y los anticuerpos neutralizantes contra el virus de la hepatitis C (VHC; anti-HCV-nAbs) en individuos coinfectados por VIH/VHC durante cinco años después de finalizar con éxito el tratamiento contra el VHC. Se analizaron retrospectivamente a 76 pacientes coinfectados por VIH/VHC que lograron una respuesta virológica sostenida tras el tratamiento contra el VHC y se determinaron los niveles plasmáticos de anti-E2-Abs y anti-HCV-nAbs frente a cinco genotipos del VHC (Gt1a, Gt1b, Gt2a, Gt3a y Gt4a) mediante ELISA y ensayos de microneutralización, respectivamente. Los resultados que se obtuvieron fueron que en comparación con el valor basal, los títulos de anti-E2-Abs disminuyeron al año y a los cinco años tras el tratamiento del VHC, así como los de nAbs anti-VHC. Estos resultados nos permitieron concluir que las respuestas inmunitarias humorales contra el VHC disminuyeron de forma constante uno y cinco años después del tratamiento contra el VHC, independientemente del genotipo del VHC y de la terapia previa contra el VHC o del tipo de tratamiento.

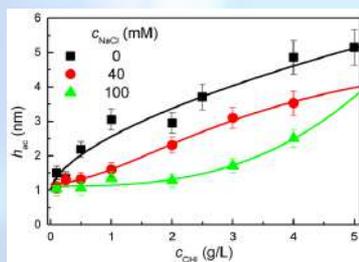
LA INVESTIGACIÓN EN LA FACULTAD



Roles of Polymer Concentration and Ionic Strength in the Deposition of Chitosan of Fungal Origin onto Negatively Charged Surfaces

María Ormeño-Martínez, Eduardo Guzmán, Laura Fernández-Peña, Andrew J. Greaves, Lionel Bureau, Francisco Ortega, Ramón G. Rubio, Gustavo S. Luengo

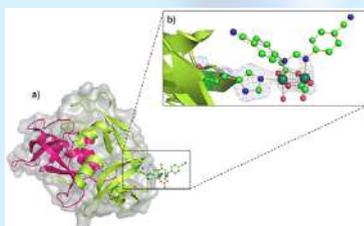
Este estudio examina el potencial del quitosano fúngico derivado del *Aspergillus niger* como alternativa sostenible a los ingredientes tradicionales de base petroquímica en productos cosméticos. En concreto, la investigación examina la solubilidad del quitosano fúngico en soluciones acuosas de distinta fuerza iónica y su adsorción en superficies cargadas negativamente que imitan la queratina del cabello humano. El comportamiento de adsorción, el contenido de agua y las propiedades de fricción de las películas de quitosano se evaluaron mediante una microbalanza de cristal de cuarzo con control de disipación y un aparato de fuerza superficial (SFA). Los resultados indicaron que el quitosano fúngico presenta una buena solubilidad a un pH de 4,5. Por el contrario, la adsorción del quitosano está sujeta a la influencia tanto de la concentración del polímero como de la fuerza iónica. A las fuerzas iónicas más bajas, se produce un proceso de adsorción potenciado por el tamizado como consecuencia de la reducción de la solubilidad del quitosano en presencia de sal. El resultado es el agotamiento de las cadenas poliméricas de la solución y su posterior deposición. Un aumento de la fuerza iónica por encima de 15-20 mM provoca un empeoramiento de la interacción quitosano-superficie, debido al cribado simultáneo tanto del quitosano como de las cargas superficiales. Esto supone un obstáculo para el proceso de adsorción. Las películas depositadas están muy hidratadas, y esta hidratación aumenta tanto con la concentración de polímero como con la fuerza iónica. Además, las películas muestran un comportamiento predominantemente elástico, y la respuesta de las películas bajo deformaciones por cizallamiento muestra una fuerte dependencia de la concentración de polímero. Estos resultados contribuyen al desarrollo de fórmulas cosméticas respetuosas con el medio ambiente que satisfagan las demandas de sostenibilidad de los consumidores.



Biomimetics 2024, 9(9), 534
<https://doi.org/10.3390/biomimetics9090534>

Exchange of equatorial ligands in protein-bound paddlewheel Ru2 5+ complexes: new insights from X-ray crystallography and quantum chemistry

Aarón Terán, Francesca Fasulo, Giarita Ferraro, Ana Edilia Sánchez-Peláez, Santiago Herrero, Michele Pavone, Ana Belén Muñoz-García, Antonello Merlino



Inorg. Chem. Front 2024
<https://doi.org/10.1039/D4QI01846J>

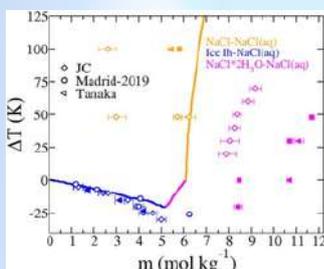
Aquí presentamos la unión de un complejo de dirutenio a la proteína modelo ribonucleasa pancreática bovina (RNasa A), investigada por primera vez mediante cristalografía de rayos X y Química Cuántica. La estructura cristalina revela que el compuesto se une a una cadena lateral de histidina con el núcleo de dirutenio anclado a la RNasa A en el sitio axial, sin alterar significativamente la estructura global de la proteína. La unión de la proteína al núcleo de dirutenio está asociada a la sustitución de un ligando ecuatorial de acetato por dos moléculas de agua. Se espera que esta especie sea altamente reactiva en ausencia de la proteína. Las investigaciones de química cuántica desvelan los posibles mecanismos de reacción y ayudan a diseccionar el papel de los ligandos axiales del grupo imidazol en la conveniente sustitución de los ligandos ecuatoriales de acetato por moléculas de agua.

LA INVESTIGACIÓN EN LA FACULTAD



Phase diagram of NaCl–water by computer simulations: performance of non-polarizable force-fields

Guillermo Cassinello, Eva G. Noya, Eduardo Sanz, Cintia P. Lamas

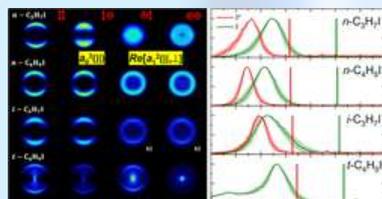


Molecular Physics, 2024
<https://doi.org/10.1080/00268976.2024.2398133>

Este estudio evalúa las capacidades de dos nuevos campos de fuerza iónicos junto con el modelo TIP4P/2005 para el agua en la reproducción del diagrama de fase NaCl-agua utilizando simulaciones de coexistencia directa de dinámica molecular. El rendimiento de estos campos de fuerza se compara críticamente con el diagrama de fase recientemente reportado para el campo de fuerza Joung Cheatham-TIP4P/2005. Se observa una excelente concordancia entre los tres campos de fuerza y los experimentos para la línea hielo-solución debido al predominio del modelo de agua en la localización de esta línea. Para la línea NaCl-solución, los modelos Tanaka y Madrid-2019 predicen con precisión la solubilidad a temperatura ambiente, pero subestiman algo la línea experimental a medida que aumenta la temperatura. El modelo JC subestima la solubilidad del NaCl tanto a temperatura ambiente como a altas temperaturas. Todos los modelos subestiman la estabilidad del sólido NaCl·2H₂O, que permanece metaestable con respecto al NaCl. El equilibrio del sistema NaCl·2H₂O - solución es difícil a bajas temperaturas debido a la lenta difusión de las soluciones concentradas de NaCl. Los diagramas de fases obtenidos sirven de base para el estudio de la nucleación cristalina y de las interfases sólido-solución, y proporcionan información muy valiosa para el desarrollo de campos de fuerza mejorados NaCl-H₂O.

Structural Effects on the Energy Disposal and Atomic Photofragment Alignment for the Photodissociation of Alkyl Iodides at Excitation Wavelengths of 254 and 268 nm

Javier Cachón, Pedro Recio, David Sorribes, Sonia Marggi Poullain, Luis Rubio-Lago, Luis Bañares



J. Phys. Chem. A 2024, 128, 39, 8312-8321
<https://doi.org/10.1021/acs.jpca.4c02217>

Este trabajo representa un avance en la comprensión de la ampliamente estudiada fotodinámica de los yoduros de alquilo en la primera banda de absorción. Se ha estudiado la fotodisociación ultravioleta (UV) de varios yoduros de alquilo (RI) a longitudes de onda de excitación de 254 y 268 nm, que corresponden al máximo de la primera banda de absorción A, combinando la detección por ionización multifotónica mejorada por resonancia (REMPI) de fotofragmentos atómicos y de imágenes de cortes pulsados. El examen detallado de las distribuciones de energía traslacional total de ambos fotofragmentos atómicos se ha combinado con información estereodinámica del proceso obtenida a partir de los parámetros de anisotropía β y alineación $a_{02}(\parallel)$ y $\text{Re}[a_{12}(\parallel, \perp)]$ para proporcionar una descripción del papel desempeñado por la estructura molecular de los yoduros de alquilo en la dinámica de fotodisociación adiabática y, especialmente, en la no adiabática a través de intersecciones cónicas o cruces evitados. Los presentes resultados sugieren que las estructuras lineales se acoplan más eficientemente con la coordenada de reacción C-I pura, mientras que para las estructuras ramificadas, el acoplamiento con modos vibracionales (de flexión) adicionales gana importancia, mostrando el proceso de disociación un carácter multidimensional.

DIVULGAR PARA EDUCAR



III CERTAMEN DE PROYECTOS EDUCATIVOS DE QUÍMICA

Lanzamos la III edición del Certamen de Proyectos Educativos de Química para el curso 2024-25. En esta edición habrá dos categorías:

CATEGORÍA A: estudiantes de 3º y 4º de la ESO y Grado de FP medio.

CATEGORÍA B: estudiantes de Bachillerato y Grado de FP superior.

Ya puedes encontrar las bases y el formulario de inscripción en este [enlace](#).





 FACULTAD DE
CIENCIAS QUÍMICAS

III CERTAMEN DE PROYECTOS EDUCATIVOS DE QUÍMICA

Facultad de Ciencias Químicas
Universidad Complutense de Madrid

Bases e Inscripciones



Con el apoyo y la colaboración de:









 Vicerrectorado de Estudiantes
Unidad de Orientación y Difusión




BOLETÍN DE DIVULGACIÓN. Nº 28

Facultad de Ciencias Químicas. UCM
Vicedecanato de Ordenación Académica, Biblioteca y Divulgación



Fotografía: Elena Espada Bernabé



FACULTAD DE
CIENCIAS QUÍMICAS
UNIVERSIDAD COMPLUTENSE MADRID