

Entrega de Premios y Distinciones 2022 de la RSEQ

El Aula Magna 'Antonio Casares' de la Facultad de Química de la Universidad de Santiago de Compostela albergó la entrega de los Premios y Distinciones de la RSEQ correspondientes a la edición anual 2022. Una sesión que pudo seguirse en directo a través del canal de YouTube de la RSEQ (<https://www.youtube.com/c/RealSociedadEspañoladeQuímica/live>).

La RSEQ entregó los premios en las modalidades de Medalla de la RSEQ, Excelencia Investigadora, Reconocimiento a Carreras Investigadoras Distinguidas, y a las Tareas Educativas y Divulgativas de Enseñanza Preuniversitaria. También se hizo un reconocimiento a los socios con cuarenta y cinco años de vinculación a la Sociedad y se entregaron las distinciones a los *Chemistry Europe Fellows Class 2020-2021*. Los premios correspondientes a la categoría Jóvenes Investigadores se entregarán durante el Simposio de Jóvenes Investigadores que se celebrará en el Centro de Investigaciones Científicas "Isla de la Cartuja" en Sevilla del 21 al 24 de noviembre del 2022.

En esta edición, la mesa presidencial estuvo conformada por el Dr. Antonio López Díaz, rector de la Universidad de Santiago de Compostela y presidente de la mesa; el Dr. Antonio M. Echavarren, presidente de la RSEQ; el Dr. José Alberto Díez de Castro, secretario general de universidades de la Xunta de Galicia, y el Dr. Jesús Sanmartín, decano de la Facultad de Químicas de la Universidad de Santiago de Compostela.

El rector de la USC tomó la palabra para agradecer la asistencia y recordó que «es una fecha relevante [...] porque se cumplen] 100 años ininterrumpidos de estudios y enseñanza de Química, aquí en Santiago de Compostela desde que en 1922 se creara la Facultad de Ciencias y su sección

de Química». Por su parte, el presidente de la RSEQ, el Dr. Echavarren apuntó que estos premios «deberían verse también como los premios más importantes de Química de España, son los premios que la comunidad química otorga a sus colegas» y explicó que «el año que viene cumpliremos 120 años de historia». La RSEQ cuenta con más de 5.000 miembros lo que la convierte en la «cuarta sociedad científica de Química de Europa» y cuenta con 27 grupos especializados y 20 secciones territoriales por toda España. A continuación, intervino el Dr. Sanmartín, quien destacó «el incuestionable papel de la Química en el avance del bienestar social [...] en ámbitos como la sanidad o la sostenibilidad». Por último, el Dr. Díez de Castro, agradeció la elección de Santiago para esta entrega de premios que es el «reconocimiento de una labor de muchos años, una labor sorda de mucho trabajo, estudio y laboratorio».

De la presentación de los premiados se encargó la secretaria general de la RSEQ, la Dra. Sonsoles Martín Santamaría que fue nombrando a cada uno de los galardonados.

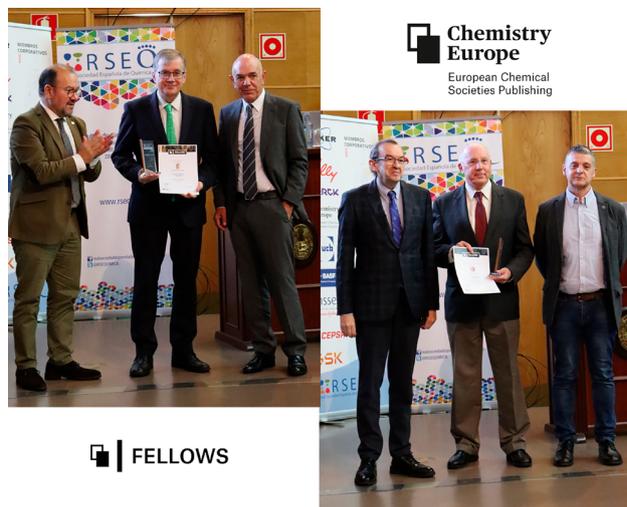
En primer lugar, se llevó a cabo el **Reconocimiento a los socios con 45 años de servicios a la RSEQ**.

- Alfonso Castañeiras Campos
- Vicente Fernández Herrero
- Agustín García Asuero
- Antonio Gil Serrano
- Manuel Rivas Moreno

Seguidamente se dio paso a la entrega de las distinciones a los **Chemistry Europe Fellows Class 2020-2021** al Dr. Fernando P.



Mesa Presidencial. De izquierda a derecha: Dr. José Alberto Díez de Castro (secretario general de Universidades de la Xunta de Galicia), Dr. Antonio López Díaz (rector de la Universidad de Santiago de Compostela), Dr. Antonio M. Echavarren (presidente de la RSEQ) y Dr. Jesús Sanmartín, decano de la Facultad de Químicas de la Universidad de Santiago de Compostela.



Chemistry Europe Fellows Class 2020-2021. Arriba, Fernando P. Cossío, acompañado por Antonio López Díaz y Antonio M. Echavarren y, abajo, Pau Ballester con José Alberto Díez de Castro y Jesús Sanmartín.



Premio a las tareas educativas y divulgativas de enseñanza preuniversitaria a Luis Moreno Martínez, entregado por José Alberto Díez de Castro y Jesús Sanmartín.



Premios reconocimiento a carreras investigadoras distinguidas. Izquierda, Francisco Lloret Pastor y, derecha, José Luis Serrano Ostáriz, acompañados por Antonio López Díaz y Antonio M. Echavarren.

Cossío de la Universidad del País Vasco y al Dr. Pau Ballester del Instituto Catalán de Investigación Química (ICIQ). El Dr. Cossío afirmó que estas distinciones «no son personales, sino que reconocen un trabajo colectivo» y haciendo suya una frase de Claude Bernard citó: «el ejercicio de la Ciencia es un ejercicio del nosotros más que del yo». Por su parte, el Dr. Ballester dijo sentir «una sensación de satisfacción y agradecimiento» por la distinción recibida.

A continuación, se entregó el **Premio a tareas educativas y divulgativas de enseñanza preuniversitaria** al Dr. Luis Moreno Martínez, profesor de enseñanza secundaria de la especialidad de Física y Química en el Colegio Público Vicente Aleixandre (Miraflores de la Sierra, Madrid), quién destacó el papel de los profesores como «democratizadores del conocimiento científico y un poco alquimistas [...] y, en ocasiones, despertamos vocaciones científicas que nutren a la propia química como disciplina».

La ceremonia continuó con los **Premios reconocimiento a carreras investigadoras distinguidas**, que recayeron en el Dr. Francisco

Lloret Pastor de la Universidad de Valencia, quien reflexionó sobre la evolución de la investigación química hasta nuestros días; y en el Dr. José Luis Serrano Ostáriz de la Universidad de Zaragoza quien comentó que «haber dedicado mi vida a la Química en la Universidad es un privilegio, porque permite compartir dos aspectos de forma gratificante, la investigación y la docencia».

Los **Premios a la Excelencia Investigadora** fueron entregados por los patrocinadores, acompañados por un miembro de la mesa presidencial. D. Josep Llovería Cros de Janssen-Cilag entregó el galardón de forma telemática a la Dra. Aitziber López Cortajarena del CIC biomaGUNE que intervino a través de videoconferencia. D. José M. Carracedo de BASF Española hizo lo propio con el Dr. Carlos Martí Gastaldo de ICMol-Universidad de Valencia. En nombre de CEPESA Química, D. Ignacio López Serrano entregó el premio al Dr. Iván Mora Seró de la Universidad Jaime I; mientras que Dña. Teresa de Haro de UCB Biopharma se encargó de conceder el último reconocimiento de esta categoría al Dr. Samuel Sánchez Ordóñez del IBEC.

En esta edición 2022, patrocinada por Bruker Española y entregada por D. Víctor García Pidal y D. Antonio M. Echavarren, la **Medalla de la RSEQ** recayó en el Dr. Francesc Illas Riera de la Universidad de Barcelona, quien agradeció el trabajo que hace la RSEQ «para vertebrar la química española cada día, para tenerla a nivel europeo, completamente coordinada con las otras sociedades europeas y por acercar la química a la sociedad, una sociedad que hoy en día se enfrenta a retos sin precedentes» porque «la única manera de solucionar todos los problemas que tenemos pasa por la química y la investigación».

La sesión finalizó con la conferencia “El laboratorio con vistas ‘moleculares’” impartida por el Dr. Víctor García Pidal, director general de Bruker Española.



Premios a la Excelencia Investigadora. Arriba – izquierda: Samuel Sánchez Ordóñez, premio entregado por Teresa de Haro (UCB Biopharma) y Jesús Sanmartín; derecha: Iván Mora Seró, con Ignacio López Serrano (CEPSA Química) y Antonio M. Echavarren. Abajo – izquierda: Carlos Martí Gastaldo, con José María Carracedo (BASF Española) y José Alberto Díez de Castro; derecha: Aitziber López Cortajarena, con Josep Llovería (Janssen-Cilag).



Medalla de la RSEQ a Francesc Illas Riera, entregada por Antonio M. Echavarrén y Víctor García Pidal (Bruker Española).



En la imagen, los premiados, los representantes de las empresas patrocinadoras, el rector de la USC y el presidente y la secretaria general de la RSEQ.

Noticias grupos especializados

La Dra. Teresa Blasco Premio Bruker 2022



Pedro Vázquez (Bruker) entrega el premio a Teresa Blasco Lanzuela

La Dra. Teresa Blasco Lanzuela, investigadora científica del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) y vicedirectora del Instituto de Tecnología Química (ITQ), centro mixto del CSIC y la Universidad Politécnica de Valencia, ha sido galardonada con el Premio GERMN-Bruker 2022.

Este premio, instituido por el Grupo Especializado de Resonancia Magnética Nuclear, GERMN, de la RSEQ desde el año 2002 está patrocinado por la empresa de instrumentación científica Bruker Española S.A. y se otorga a socios del GERMN con una trayectoria destacada en investigación, aplicación y promoción de la Resonancia Magnética Nuclear.

En esta edición 2022, el galardón reconoce el trabajo de la Dr. Blasco en el campo de la Resonancia Magnética Nuclear en estado sólido, técnica que ha aplicado en sus investigaciones en el ámbito de la catálisis heterogénea, y en el estudio y caracterización estructural de catalizadores sólidos y de otros materiales de interés como las zeolitas, de amplia aplicación en procesos industriales. Asimismo, la Dra. Blasco ha colaborado activamente en el GERMN, tanto como miembro de su Junta Directiva en ciertos periodos, como en la organización de congresos y eventos orientados a la enseñanza y difusión de la RMN en estado sólido.

¡Enhorabuena Teresa!

JUNTA DIRECTIVA GERMN

11th GERMN BIENNIAL NMR MEETING del Grupo Especializado de Resonancia Magnética Nuclear

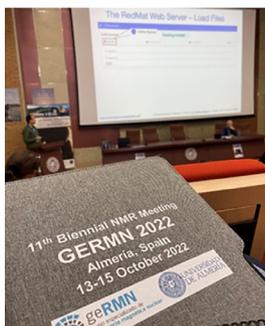
El Grupo Especializado de Resonancia Magnética Nuclear (GERMN) de la RSEQ celebró el 11th GERMN BIENNIAL NMR MEETING 2022 de forma presencial en Almería durante los pasados días 13 al 15 de octubre.

El congreso, organizado por los Profs Dr. Fernando López Ortiz y Dr. Ignacio Fernández de las Nieves de la Universidad de Almería, fue inaugurado y clausurado por el vicerrector de investigación e innovación D. Diego Luis Valera Martínez y tuvo lugar de forma presencial en las instalaciones modernas y funcionales del campus de esta Universidad.

La bienal del GERMN ha sido durante 20 años un foro para el intercambio de ideas innovadoras y la discusión de los temas claves en el campo de la espectroscopía de RMN. Esta edición hizo especial énfasis en los recientes avances en biomacromoléculas, RMN de estado sólido, metabolómica, moléculas pequeñas y aspectos metodológicos. Como actividad satélite al congreso se llevó a cabo la jornada "NMR Technicians: management, automation, collaborations, training" destinada a los Servicios Científico-Técnicos dedicados a la RMN.



© 2022 Real Sociedad Española de Química



Fotos de diferentes momentos del 11th GERMN BIENNIAL NMR MEETING 2022

El evento congregó a 101 asistentes nacionales e internacionales y contó con la participación de 25 conferencias, 34 pósteres, 14 presentaciones tipo flash y 15 patrocinadores. Durante el evento, el comité científico reconoció a las 5 mejores comunicaciones orales, presentaciones flash y posters, gracias a las dotaciones económicas de los patrocinadores. Así mismo, se hizo pública la resolución del premio GERMN-Bruker 2022 a la Dra. Teresa Blasco Lanzuela (Universidad

Politécnica de Valencia, Instituto de Tecnología Química de Valencia).

Como ya es habitual en este congreso, también se celebró la Junta General de Socios en la que, entre otras cosas, se anunció la celebración de la **12th GERMN BIENNIAL NMR MEETING 2024** en la ciudad de Bilbao.

ZULAY PARDO BOTERO, INSTITUTO IMDEA NANOCIENCIA



Asistentes a la 11th GERMN BIENNIAL NMR MEETING 2022

PREMIOS INTERNACIONALES

Oscar Millet, Premio Hispano-Alemán Hermanos Elhuyar – Goldschmidt 2022

La Sociedad Alemana de Química junto con la Real Sociedad Española de Química han concedido el premio Hispano-Alemán *Hermanos Elhuyar – Goldschmidt 2022* a Óscar Millet, Investigador Principal del "Precision Medicine and Metabolism Lab" en el CIC bioGUNE.

Oscar Millet es licenciado en Química (Univ. Ramon Llull, 1994) e ingeniero químico (IQS, 1995). Tras obtener el doctorado en Química Orgánica (Universidad de Barcelona, 1999) se incorporó al grupo de Lewis Kay para una estancia postdoctoral (Universidad de Toronto, 2000-2004). Regresó con un contrato de reincorporación Ramón y Cajal al Parc Científic de Barcelona (2004-2006) y actualmente es jefe de grupo del laboratorio de Medicina de Precisión y Metabolismo de CIC bioGUNE (2006 - actualidad).

Su línea de investigación se centra en el uso de la resonancia magnética nuclear (RMN) para el estudio de proteínas y enzimas biológicamente relevantes, prestando especial atención al delicado equilibrio existente entre la estabilidad y la dinámica de las proteínas. Dicho conocimiento se aplica en el desarrollo de nuevos compuestos con actividad terapéutica en el campo de las enfermedades raras, y se ha traducido en



Oscar Millet

la creación de ATLAS Molecular Pharma una empresa spin-off, de la cual Oscar es CEO. En ATLAS han encontrado una nueva chaperona farmacológica para el tratamiento de la porfiria eritropoyética congénita. Se trata de un fármaco reutilizado que ha obtenido el estatus de Designación de Medicamento Huérfano y se encuentra actualmente en fase clínica.

Además, también está interesado en la metabolómica de biofluidos basada en RMN para el diagnóstico de enfer-

medades raras y prevalentes. Ha sido galardonado con el premio de la Real Sociedad Española de Química a investigadores Jóvenes (2004), el premio del grupo español de RMN (2020) y nominado Académico de la Academia de Ciencias Médicas del País Vasco (2016).

Actualmente es el presidente del grupo especializado de Química Biológica de la RSEQ.  [0000-0001-8748-4105](https://orcid.org/0000-0001-8748-4105)

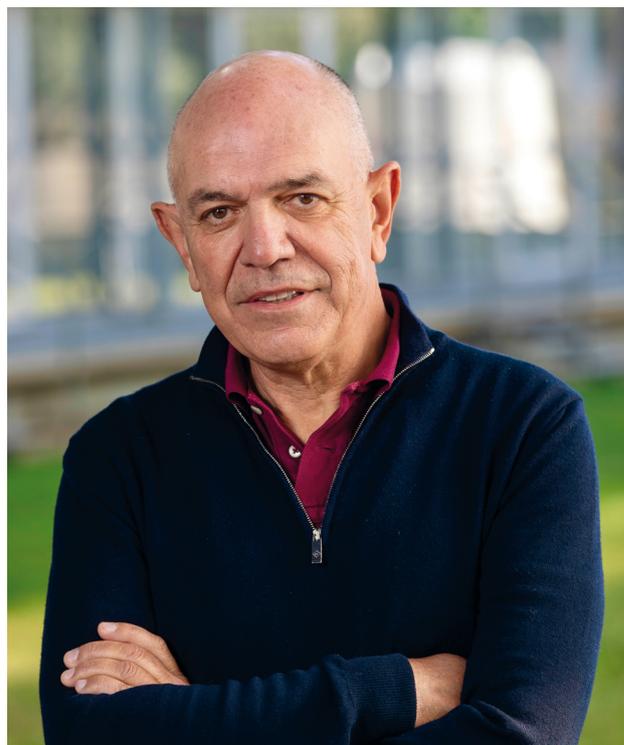
OTRAS NOTICIAS

Antonio M. Echavarren, Premio Nacional de Investigación Enrique Moles 2022

El reconocimiento más importante de España en el ámbito de la investigación científica, el **Premio Nacional de Investigación "Enrique Moles"** en el área de ciencia y tecnologías químicas en su edición de 2022 ha sido concedido al Prof. Antonio Echavarren, Presidente de la Real Sociedad Española de Química. La calidad y originalidad de sus contribuciones a la química orgánica sintética de gran impacto en el campo de la catálisis ha sido el motivo de este reconocimiento

Antonio M. Echavarren completó su Tesis Doctoral en la Universidad Autónoma de Madrid (UAM) en 1982 bajo la dirección del Prof. Francisco Fariña. Tras una estancia postdoctoral en el Boston College con el Prof. T. Ross Kelly, se incorporó a la UAM como Prof. Titular (1984–1986). Tras un periodo como NATO fellow en la Colorado State University con el Prof. John K. Stille (1986–1988), se trasladó al Instituto de Química Orgánica del CSIC en Madrid donde estuvo hasta 1992, año en el que se reincorporó a la UAM como Catedrático de Química Orgánica. Es también Profesor de Investigación del CSIC desde 2004. En marzo de 2004 se trasladó a Tarragona como Group Leader del Institut Català d'Investigació Química (ICIQ).

Recibió el premio Janssen-Cilag en Química Orgánica (2004) y la Medalla de la Real Sociedad Española de Química (2010), así como la Arthur C. Cope Scholar Award de la American Chemical Society (2015). En 2021 fue elegido miembro de la Academia Europaea. Ha sido, entre otros, Félix Serratosa Lecturer (Barcelona 2005), Liebig Lecturer (German Chemical Society, 2006), Abbot Lecturer (University of Illinois at Urbana-Campaign, 2009), Schulich Visiting Professor Lecturer (Technion, Haifa, 2011), Sir Robert Robinson Distinguished Lecturer (University of Liverpool, 2011), Bristol-Myers Squibb Lecturer (The Scripps Research Institute 2012), presidente de la 49th EUCHEM Bürgenstock conference (2014), Novartis Lecturer (Massachusetts Institute of Technology, 2015), Kurt Alder Lecturer (2017), University of California (Irvine) Organic Synthesis Lecturer (2019) y Gerhard and Lisolette Closs Memorial Lecturer (University of Chicago). Ha sido Vicedecano de la Facultad de Cien-



Antonio M. Echavarren

cias (1996–1998) y Delegado del Rector (1999–2002) en la UAM, Vice-Director de Asuntos Académicos del ICIQ (2009–2020) y es ahora Director Científico del programa Severo Ochoa (2020–2024) del ICIQ y Presidente de la Real Sociedad Española de Química desde 2018. Es autor de más de 300 publicaciones, ha obtenido dos ERC Advanced Grants (2012 y 2018) y ha dirigido 60 Tesis Doctorales, 47 Tesis de Máster y a más de 60 investigadores postdoctorales.

 [0000-0001-6808-3007](https://orcid.org/0000-0001-6808-3007)

Guillermo Mínguez, Premio Nacional de Investigación para Jóvenes María Teresa Toral

Guillermo Mínguez Espallarga ha sido reconocido con el Premio Nacional de Investigación para Jóvenes María Teresa Toral por la originalidad, potencial e impacto de sus aportaciones a la síntesis de compuestos con propiedades físicas y funcionalidades novedosas. Reconocimiento más importante de España en el ámbito de la investigación científica

Guillermo Mínguez Espallargas (1981) es Profesor Titular de la Universidad de Valencia y director del grupo Crystal Engineering Lab (CEL) del Instituto de Ciencia Molecular (ICMol). Se licenció en Ciencias Químicas por la Universidad de Sevilla en 2004 (Premio Extraordinario y Segundo Premio Nacional) y se doctoró en 2007 en la Universidad de Sheffield (Reino Unido), bajo la supervisión del Prof. Lee Brammer.

En 2008 se incorporó al ICMol, donde se formó en magnetismo molecular con el Prof. Eugenio Coronado. Allí empezó una línea nueva de investigación combinando su experiencia previa en ingeniería cristalina y el conocimiento adquirido en magnetismo para desarrollar polímeros de coordinación magnéticos con comportamiento dinámico. Actualmente lidera, como investigador garante, la línea estratégica "Metal-Organic Frameworks" del Programa de Excelencia María de Maeztu concedido al ICMol.

El trabajo del grupo de Guillermo se dirige tanto al desarrollo de materiales moleculares que formen redes porosas,



Guillermo Mínguez Espallargas

como a la síntesis de nuevos materiales bidimensionales análogos al grafeno. Ha obtenido financiación europea ("ERC-Consolidator Grant"), nacional, regional y privada.

Ha recibido, entre otros premios, el "Premio Fundación Princesa de Girona" en Investigación Científica, el "Premio a Jóvenes Investigadores de la Real Sociedad Española de Química", el "Dalton Young Research Award" de la Royal Society of Chemistry, y la Medalla de Oro del "European Young Chemist Award".  [0000-0001-7855-1003](https://orcid.org/0000-0001-7855-1003)

El "Rockefeller" cumple 90 años en la vanguardia de la investigación científica

El llamado edificio "Rockefeller", que actualmente alberga el Instituto de Química-Física Rocasolano, del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), ha cumplido noventa años en la vanguardia de la investigación científica.

Tras su inauguración en 1932 gracias a la financiación de 420.000 dólares de la Fundación estadounidense Rockefeller Jr., el edificio comenzó siendo la sede del Instituto Nacional de Física y Química, lo que supuso la materialización de los desvelos de la Junta de Ampliación de Estudios, desde su creación en 1907, por disponer de un Centro de Investigación, que por su contenido en medios humanos y materiales, fuera comparable a los existentes en los países más adelantados, y permitiera a España incorporarse plenamente a la corriente científica internacional en los campos de la Física y de la Química. En el sentido material, el edificio concebido por los arquitectos Luis Lacasa y Manuel Sánchez Arcas, sigue siendo un ejemplo único de diseño arquitectóni-

co, especialmente diseñado para la investigación por su gran funcionalidad y versatilidad. Y lo que es más importante, ya desde sus orígenes, el centro reunió a algunos de los investigadores más relevantes de la historia de la ciencia, entre ellos Blas Cabrera, Enrique Moles, Julio Palacios, Julio Guzmán, Miguel Ángel Catalán o Antonio Madinaveitia, siendo igualmente pionero en la promoción e incorporación de excelentes investigadoras durante aquellos primeros años, entre ellas Felisa Martín Bravo, Piedad de la Cierva, Carmen González, Dorotea Barnes, Jenara V. Arnal, Manuela González, Pilar Madariaga o María Teresa Salazar.

Durante casi un siglo, el edificio "Rockefeller" ha seguido albergando a excelentes investigadores de ambos sexos, sin perder ni un ápice de su carácter multidisciplinar de referencia, lo que a lo largo de los años le ha permitido no solo dar a luz nuevos Institutos de investigación, sino abordar y resolver importantes problemas que sin duda alguna



Instituto Nacional de Física y Química

requieren de múltiples enfoques científicos. Todo ello ha con-
ducido a que la investigación desarrollada entre sus paredes
se haya consolidado como uno de los mejores exponentes
del progreso de la ciencia en España durante casi un siglo.

Para celebrar este 90 aniversario, el pasado 19 de oc-
tubre de 2022 la Dirección del Instituto de Química-Física
Rocasolano (IQFR) organizó un acto presidido por la Dra.
Eloísa del Pino (Presidenta del CSIC) y una nutrida repre-
sentación de las restantes autoridades de la institución. La
jornada, presentada por el Prof. Juan A. Hermoso (Director
del IQFR), contó con cuatro magníficos conferenciantes: Prof.
Javier García Martínez (Presidente de la IUPAC), Prof. Miguel
A. de la Rosa (Presidente de la FEBS), Prof. Juan Manuel Gar-
cía Ruiz (Instituto Andaluz de Ciencias de la Tierra) y la Prof.
María Escudero Escribano (Instituto Catalán de Nanociencia
y Nanotecnología). Las conferencias fueron precedidas por
una entrañable introducción histórica a cargo del Prof. Javier

García Martínez, quién además regaló al IQFR un magnífico
poster conteniendo reproducciones de documentos antiguos,
una fotografía de la época y una tabla periódica.



Recuerdo del acto conmemorativo del 90 aniversario del "Rockefeller"

Previamente al acto mencionado se inauguró un laborato-
rio que, con el nombre "Enrique Moles", recrea fielmente un
ejemplo de las instalaciones del antiguo "Rockefeller" usan-
do parte del instrumental original de aquella época, como
galvanómetros, espectrógrafos, fluxómetros, condensadores,
potenciómetros y material de vidrio, conservados gracias a
una ambiciosa iniciativa del CSIC para recuperar y preservar
instrumentación científica de interés histórico.

ARMANDO ALBERT,
Instituto de Química-Física Rocasolano
(Prof. de Investigación del CSIC)

MARTÍN MARTÍNEZ-RIPOLL,
Instituto de Química-Física Rocasolano
(Prof. de Investigación "Ad Honorem" del CSIC)

Ciencia en Acción 2022: premios en la categoría 'Demostraciones de Química'

La XXIII edición del concurso internacional **Ciencia en Acción**
ha tenido lugar en Viladecans (Barcelona) del 7 al 9 de
octubre de 2022. Este concurso está dirigido a estudiantes,
profesores, investigadores y divulgadores de la comunidad
científica, y busca presentar la ciencia de una manera atra-
ctiva y motivadora, de modo que los jóvenes y el gran público
se interesen por ella.

La Real Sociedad Española de Química (RSEQ) es una
de las entidades coorganizadoras de estos galardones que
reconocen el trabajo realizado en cualquier disciplina científi-
ca, bajo catorce modalidades de premios. En esta edición, la
RSEQ estuvo representada por los Prof. Jesús María Arsuaga
Ferrerias y Vicente Martí Centelles que han formado parte del
jurado en la categoría 'Demostraciones de Química' (expe-
rimentos *in situ* relacionados con el campo de la química),
correspondiente a los Premios RSEQ.



Vicente Martí Centelles y Jesús María Arsuaga Ferrerias

El Primer Premio fue otorgado al trabajo *“Abordando los Objetivos de Desarrollo Sostenible desde el Currículo de Química”* del Colegio La Inmaculada de Algeciras (Cádiz). En este trabajo se mostraba la importancia de alcanzar los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) en los próximos años mediante ingeniosos y diversos experimentos, fáciles de reproducir, que permitían explicar y hacer entender la química que hay detrás de cada uno de los ODS.

Las Menciones de Honor fueron concedidas a los trabajos: *“Érase una vez... el pan y sus reacciones químicas”* del Museo Didáctico e Interactivo de Ciencias (MUDIC) de Orihuela (Alicante). Taller didáctico para público en general,

pero especialmente niños y personas de edad avanzada, en el que se explicaban las reacciones que tienen lugar en la formación del pan como paso previo a que los asistentes elaborasen su propio pan a partir de los componentes básicos

“El misterioso caso de la tinta que desaparecía: Investigación en Educación Primaria para resolver problema real” de la Escuela de Pequeñ@s Científic@s ESPICIENCIA de Espinosa de los Monteros (Burgos). Los estudiantes de Primaria mostraban las propiedades de las tintas de bolis y rotuladores borrables y no borrables y los efectos sorprendentes del frío y el calor sobre las tintas borrables.



Premio Nobel de Química 2022: click chemistry y química bioortogonal



Carolyn Bertozzi, Morten Meldal y Barry Sharpless

El premio Nobel de química en 2022 ha sido otorgado a Carolyn Bertozzi, de la Universidad de Stanford, Morten Meldal de la Universidad de Copenhague, y Barry Sharpless, del Scripps Research, de la Jolla, por el desarrollo de la química click y la química bioortogonal. Para Sharpless, se trata de su segundo premio Nobel, y también fue él quien acuñó por primera vez el término de "click chemistry" en un trabajo titulado: ["Click chemistry: diverse chemical function from a few good reactions"](#),¹ trabajo que ha sido citado más de 11 000 veces, convirtiéndose en el más citado del grupo de Sharpless.

En este artículo, Sharpless y colaboradores proponen una nueva forma de crear moléculas, basándose en las propiedades moleculares (función) y no en su apariencia (estructura). De este modo, la química click consiste en un

conjunto de reacciones eficaces, sencillas y selectivas para llevar a cabo conexiones moleculares imitando la forma en que la Naturaleza crea sus moléculas importantes para la vida, los metabolitos primarios, a través de la formación de enlaces carbono-heteroátomo y heteroátomo-heteroátomo. En este trabajo seminal, los autores describieron también las características que debe tener un proceso para alcanzar el status de click chemistry: deben ser reacciones eficientes, modulares, amplias en alcance, que transcurran con altos rendimientos, generando únicamente subproductos inofensivos que puedan eliminarse fácilmente mediante procedimientos no cromatográficos y que sean estereoespecíficas. Cabe destacar que estas características de los procesos click se deben a que termodinámicamente son muy favorables. Además, en el mismo artículo se proponen una serie de reacciones que cumplen los requisitos de la química click: entre ellas se encuentra la reacción de cicloadición entre azidas y alquinos, que se ha convertido, con el tiempo, en la joya de la corona de las reacciones click (Figura 1a).

Si bien esta reacción se conocía ya desde finales del siglo XIX, cuando está activada térmicamente la reacción entre una azida y un alquino es poco regioselectiva, de forma que si se emplea un alquino terminal conduce a la mezcla de dos regioisómeros, dando lugar a mezclas de reacción complejas (Figura 1b). La situación cambió drásticamente cuando Meldal y colaboradores descubrieron que el proceso era catalizado por sales de Cu(I), permitiendo llevar a cabo la reacción en condiciones suaves y, lo que es más importante, conduciendo selectivamente a uno de los dos posibles regioisómeros, el triazol 1,4-disustituido (Figura 1c).²

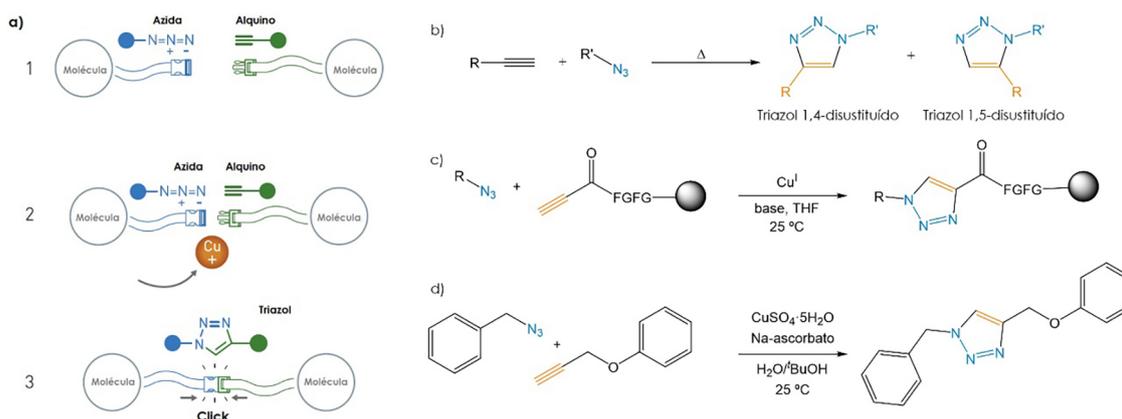


Figura 1. a) Representación del proceso de CuAAC (adaptada de ©Johan Jarnestad/The Royal Swedish Academy of Sciences); b) Cicloadición entre azidas y alquinos activada térmicamente; Reacciones catalizadas por cobre en: c) M. Meldal *et al.*²; d) K. B. Sharpless *et al.*³

De forma independiente, Sharpless y colaboradores también encontraron este carácter catalítico del Cu(I), pudiendo llevar a cabo la reacción empleando una sal de Cu(II), como sulfato de cobre, en presencia de un agente reductor, como ascorbato sódico (Figura 1d).³ En palabras del propio Sharpless, se trata de un proceso catalítico tan robusto y sencillo, e insensible a los parámetros habituales que afectan a las reacciones químicas, que era difícil de creer. Esta reacción se ha denominado CuAAC, por sus siglas en inglés (Copper Catalyzed Azide Alkyne Cycloaddition) y su uso se ha extendido tanto que se considera en ocasiones un sinónimo del propio concepto de click chemistry.

El éxito de la reacción de CuAAC, llevó rápidamente a querer utilizarla en sistemas biológicos. Sin embargo, el cobre es un metal citotóxico, por lo que es deseable emplear condiciones más amigables con el medio biológico. Bertozzi, revisando los trabajos realizados por Wittig y Krebs en los años 60, encontró que los alquinos cíclicos reaccionaban rápidamente con azidas debido a su naturaleza tensionada. Así, Bertozzi y colaboradores utilizaron la reacción entre ciclooctinos tensionados y azidas como alternativa a la CuAAC en entornos biológicos, ya que la reacción no precisa catalizador y puede llevarse a cabo a temperatura ambiente. Esta reacción, también basada en azidas, se denominó SPAAC (Strain Promoted Azide Alkyne Cycloaddition) (Figura 2a).⁴

Basándose en su trabajo previo sobre las superficies celulares, Bertozzi pudo introducir funciones azida en los glicanos de las paredes de células Jurkat empleando la ruta metabólica *in vivo* del ácido siálico. Posteriormente, estas azidas pudieron ser derivatizadas con los ciclooctinos adecuadamente funcionalizados. Si el ciclooctino incluye un marcador fluorescente, este procedimiento permite visualizar los glicanos de la superficie celular (Figura 2b). Además, este proceso pudo llevarse a cabo directamente en ratones vivos, e incluso, introduciendo diferentes poblaciones de glicanos

a lo largo del tiempo y una estrategia de detección multicolor, fue posible realizar un análisis espacio-temporal de los glicanos durante el desarrollo embrionario de diferentes organismos.⁵

En torno al año 2002, Bertozzi introdujo el término bioortogonal, definiendo las reacciones bioortogonales como aquellas que pueden tener lugar entre grupos funcionales tan selectivos entre sí que se pueden llevar a cabo en entornos biológicos altamente funcionalizados. El concepto de "ortogonal" había sido utilizado previamente por Merrifield y Barany en 1977 en relación a la desprotección específica de diferentes grupos protectores en la síntesis de péptidos.

Tras estas primeras reacciones tipo click y el desarrollo de la química bioortogonal, se han dedicado numerosos esfuerzos para encontrar nuevas reacciones que cumplan los requisitos de las reacciones click, así como su uso en organismos vivos. Entre ellas, cabe destacar la reacción IEDDA (inverse-electron-demand Diels-Alder), que está tomando gran relevancia debido a sus excepcionales propiedades.⁶ Este proceso consiste en la reacción entre un alqueno tensionado y una tetrazina derivatizada, conduciendo a la formación de una dihidropirazina estable con la única formación de nitrógeno como subproducto. Su rápida cinética y compatibilidad con un amplio rango de condiciones han permitido su extrapolación a animales vivos. Así, esta reacción es la base de la estrategia terapéutica desarrollada por la farmacéutica Sahsqi para el tratamiento del cáncer. Básicamente, la estrategia consta de un biopolímero funcionalizado con unidades de tetrazina, que puede ser inyectado directamente en un tumor. Por otro lado, un medicamento (por ej. Doxorubicina) conjugado con un *trans*-cicloocteno es administrado al paciente. Dicho profármaco será capturado por el biopolímero, liberándose el fármaco activo directamente en el tumor, permitiendo de este modo superar las limitaciones sistémicas de la quimioterapia convencional. Este tratamiento

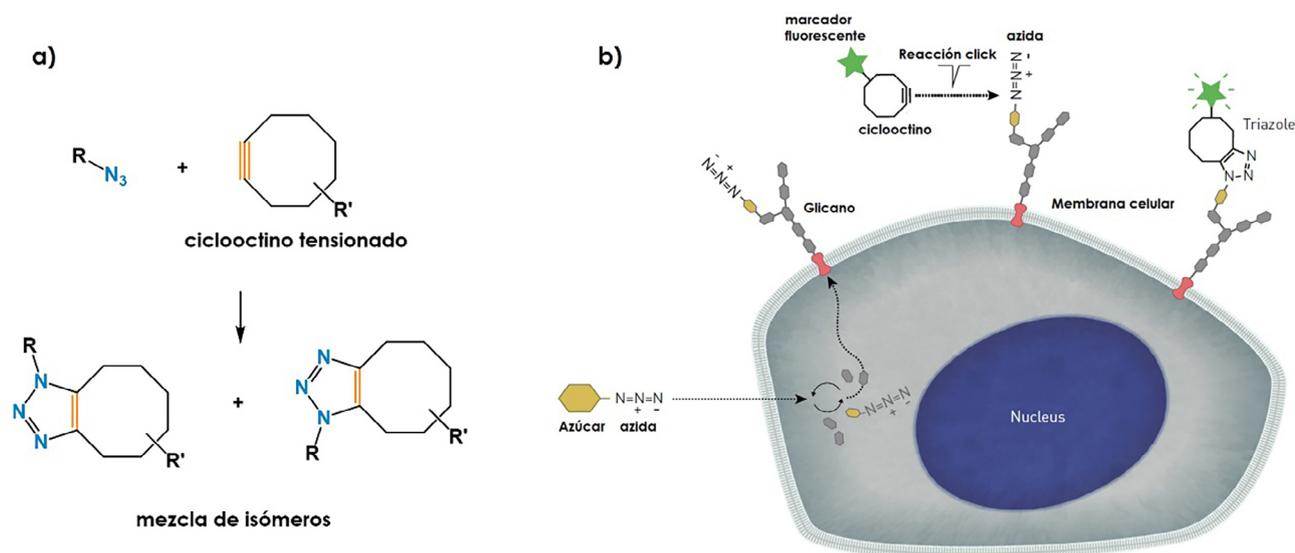


Figura 2. a) Proceso de SPAAC; b) Química bioortogonal para "iluminar" las células (adaptada de ©Johan Jarnestad/The Royal Swedish Academy of Sciences).

se encuentra actualmente en fase clínica y supone el primer uso de la química click en humanos.

El desarrollo de los dos conceptos premiados con el Nobel ha dado lugar a numerosas aplicaciones en diversas áreas de la química y afines, desde el descubrimiento de nuevos fármacos o terapias, al desarrollo de métodos de diagnóstico y sensado, polímeros o biopolímeros, matrices para regeneración de tejidos o estudio y trazado de complejos procesos biológicos, por nombrar algunos.

Las contribuciones de Carolyn R. Bertozzi, Morten Meldal y K. Barry Sharpless han tenido una enorme influencia en nuestra sociedad, a través del desarrollo de nuevos conceptos que, sin duda, han puesto en nuestras manos las herramientas para mejorar nuestras vidas, teniendo un gran impacto en la humanidad.

Referencias

- [1] Kolb, H. C.; Finn, M. G.; Sharpless, K. B. Click Chemistry: Diverse Chemical Function from a Few Good Reactions. *Angew. Chem. Int. Ed.* **2001**, *40*, 2004-2021.
- [2] Tornøe, C. W.; Christensen, C.; Meldal, M. Peptidotriazoles on Solid Phase: [1,2,3]-Triazoles by Regiospecific Copper(I)-Catalyzed 1,3-Dipolar Cycloadditions of Terminal Alkynes to Azides. *J. Org. Chem.* **2002**, *67*, 3057-3064.
- [3] Rostovtsev, V. V.; Green, L. G.; Fokin, V. V.; Sharpless, K. B. A Stepwise Huisgen Cycloaddition Process: Copper(I)-Catalyzed Regioselective "Ligation" of Azides and Terminal Alkynes. *Angew. Chem. Int. Ed.* **2002**, *41*, 2596-2599.
- [4] Agard, N. J.; Prescher, J. A.; Bertozzi, C. R. A Strain-Promoted [3 + 2] Azide-Alkyne Cycloaddition for Covalent Modification of Biomolecules in Living Systems. *J. Am. Chem. Soc.* **2004**, *126*, 15046-15047.
- [5] Laughlin, S. T.; Baskin, J. M.; Amacher, S. L.; Bertozzi, C. R. In Vivo Imaging of Membrane-Associated Glycans in Developing Zebrafish. *Science* **2008**, *320*, 664-667.
- [6] a) Blackman, M. L.; Royzen, M.; Fox, J. M. Tetrazine Ligation: Fast Bioconjugation Based on Inverse-Electron-Demand Diels-Alder Reactivity. *J. Am. Chem. Soc.* **2008**, *130*, 13518-13519; b) Neal K. Devaraj, N. K.; Ralph Weissleder, R.; Hilderbrand, S. A. Tetrazine-Based Cycloadditions: Application to Pretargeted Live Cell Imaging. *Bioconjugate Chem.* **2008**, *19*, 2297-2299.

Beatriz M. Illescas Martínez
Departamento de Química Orgánica
Universidad Complutense de Madrid