

Anales de

Química

de la RSEÖ

La revista de la Real Sociedad Española de Química

• Vol. 120 • N° 2 • www.analesdequimica.es •



Anales de Química de la RSEQ

Revista editada en Madrid por la Real Sociedad Española de Química

Editor General

Juan Ángel Casares González

Departamento de Química Física y Química Inorgánica, Universidad de Valladolid.

Comité Editorial

Fernando Cossío

IKERBASQUE Basque Foundation for Science, Bilbao, Bizkaia.

Vicepresidente de la RSEQ.

Gabriel Cuevas González

Instituto de Química de la UNAM (México).

Luis Alberto Echegoyen

Institut Català d'Investigació Química (ICIQ). Profesor emérito de la Universidad de Tejas, El Paso.

Ana M. Geer

Instituto de Síntesis Química y Catálisis Homogénea (ISQCH), CSIC-Universidad de Zaragoza.

Carlos Martí-Gastaldo

Instituto de Ciencia Molecular (ICMol), Universidad de Valencia.

Gabriel Pinto Cañón

Departamento de Ingeniería Química Industrial y del Medio Ambiente. Universidad Politécnica de Madrid.

Alfonso Salinas Castillo

Departamento de Química Analítica, Universidad de Granada.

Miquel Solà

Instituto de Química Computacional y Catálisis. Universidad de Girona.

Rolando Ángel Spanevello

Universidad Nacional de Rosario (Argentina).

Uxue Uribe

Departamento de Química Orgánica de la Universidad del País Vasco.

Otilia Val-Castillo

IES Lluís Simarro Lacabra, Xàtiva (Valencia).

Secretaría Editorial

Patricia Yáñez-Sedeño

Real Sociedad Española de Química

Facultad de Ciencias Químicas. UCM

28040, Madrid

www.analesdequimica.es

administracion@analesdequimica.es



Entidades colaboradoras



UNIVERSIDAD COMPLUTENSE
MADRID

Socios Corporativos



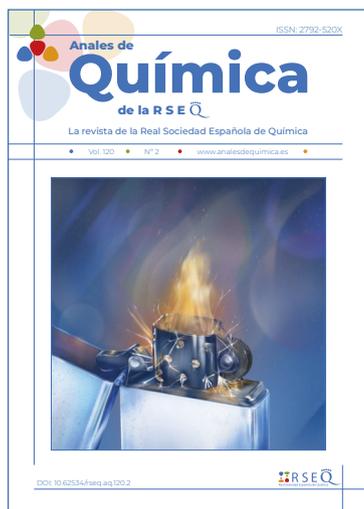
Johnson & Johnson
Innovative Medicine

MERCK



ANALES de Química de la RSEQ
Volumen 120 · Número 2 · abril-junio 2024

SUMARIO



An. Quím. RSEQ, 120 (2), 2024, 53-122
ISSN: 2792-520X
eISSN: 2792-5250
D. L.: M-232-1958

Carta del editor

Juan Á. Casares 56

Entrevista

Rubén Martín Romo, Medalla de la RSEQ 2024 57

Opinión

Sobre la innovación educativa en la enseñanza
de la química en las universidades españolas, Juan Quílez 61

Investigación Química

Detectando patrones anómalos de publicación científica
en España (II). Las causas: el impacto del sistema
de evaluación científica, Emilio Delgado López-Cózar
y Alberto Martín-Martín 67

Enseñanza de la Química

La química que se esconde tras los mecheros, Fernando
Ignacio Prada Pérez de Azpeitia 85

Historia de la Química

Francisco Buscarons Úbeda (1906-1989).
Químico analítico y rector, Elisabeth Bosch y Joaquim Sales 93

Imágenes de la Química

El retrato de Marie-Anne Paulze y Antoine Lavoisier,
Santiago Álvarez 99

Noticias 102

Obituario

Prof. Helmut Cölfen 119

Obituario

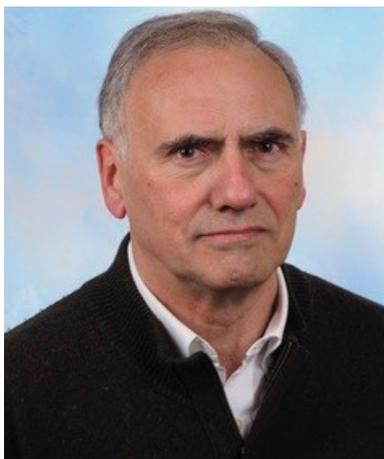
Dra. Pilar Jiménez Sierra 120

Carta del editor

Juan Á. Casares

Uno de los objetivos del equipo de Anales es mejorar la difusión de la revista. Como instrumento de la RSEQ para la difusión de la Química, Anales debería llegar a partes de la sociedad que están más allá de los miembros de la RSEQ. En ese sentido, y con la colaboración imprescindible de las Secciones Territoriales, estamos intentando dar a conocer Anales a todo el profesorado de Enseñanza Secundaria de habla hispana, empezando por los profesores en formación en los Máster en Profesor de Enseñanza Secundaria Obligatoria que se imparten en prácticamente todas las universidades españolas. Nuestra ambición es que cuando los alumnos de esos máster se incorporen a sus puestos de profesor hayan establecido un vínculo con Anales y puedan utilizar la revista para mantenerse en contacto con la actualidad química y con la comunidad científica.

Otra de las funciones de Anales es dar a conocer la RSEQ. Resulta sorprendente, y en ocasiones un tanto descorazonador, que nuestros propios alumnos en las Facultades de Ciencias no sepan lo que son las sociedades científicas ni el papel que han tenido en la historia y, en particular, que no conozcan lo suficiente de la RSEQ. Una sociedad científica en su segundo siglo de existencia, de la que han formado y forman parte los científicos españoles más importantes, y que aglutina y representa a prácticamente toda la investigación en química que se hace en nuestro país, es algo de lo que nuestros alumnos deberían sentirse orgullosamente partícipes. Y Anales debería ser capaz de acercar nuestra Sociedad a ese público que en el futuro próximo deberá nutrir. Es una tarea más compleja que acceder al profesorado de Enseñanza Secundaria, no solo tenemos que dar a conocer Anales entre nuestros estudiantes, queremos que la lean, así que también será necesario que -al menos- algunos de los contenidos de la revista resulten atractivos para ellos. En ese sentido, animo a los redactores de los artículos con contenido científico que se publican en Anales a que piensen en los alumnos al redactarlos. El mejor resultado de sus artículos será que un alumno brillante de un curso medio de Grado en Química o quizá de un máster piense después de leerlo: "¡Que cosas tan interesantes hace este grupo de



Juan Á. Casares.

investigación! Me gustaría hacer mi Máster o mi Tesis con ellos". Para impresionar a los colegas ya tenemos los congresos y las revistas científicas al uso; llamar la atención de un estudiante en una universidad a ochocientos kilómetros de distancia es más difícil, y quizá más importante. Obviamente, para que esto suceda el alumno ha de entender el artículo (al menos una parte significativa de él), y eso supone un muy importante esfuerzo en la redacción del texto y en el apoyo gráfico, pero estoy convencido de que ese esfuerzo será, a medio plazo, rentabilizado. Y, cómo no, de nuevo, para dar a conocer Anales entre nuestros alumnos necesitaremos la colaboración de las Secciones Territoriales y de los miembros de la

RSEQ implicados en docencia universitaria. De antemano os doy las gracias por ello.

En este número de Anales damos la bienvenida a una sección fija a cargo de Santiago Álvarez: Imágenes de la Química. En los tiempos apresurados en que vivimos, una mirada serena sobre una imagen interesante con seguridad será del agrado de un público muy amplio. En esta ocasión la imagen será el *Retrato de Antoine-Laurent Lavoisier y de su esposa*, de Jacques-Louis David. En Investigación Química tenemos un detallado análisis del efecto que la evaluación de la actividad científica a través del número de publicaciones y de los índices de impacto ha tenido en la proliferación de peculiares revistas científicas. El artículo mantiene abierta una discusión que está teniendo lugar a través de Anales acerca de la política de publicaciones "open access", el papel de las editoriales científicas, la abundancia de revistas, la -probable- sobreadundancia de artículos y la relación de todo ello con la evaluación de los científicos y de las instituciones. En la sección de "Historia de la Química" se publica una biografía del Prof. Buscarons, y en "Opinión" una visión crítica del impacto de las nuevas tendencias docentes cuando se aplican de forma indiferenciada en la enseñanza Universitaria. La chispa la pone en este número un artículo sobre la química en los procesos de ignición y combustión.

Feliz y provechosa lectura.



ENTREVISTA A

RUBÉN MARTÍN ROMO

Medalla de la RSEQ 2024

Entrevista realizada por:

Uxue Uria¹ y Juan Á. Casares²

¹ Comité editorial Anales de Química de la RSEQ

² Editor General Anales de Química de la RSEQ

Rubén Martín se licenció en Ciencias Químicas por la Universidad de Barcelona en el año 1999. Realizó su Tesis Doctoral bajo la dirección de Prof. Toni Riera y recibió el Título de Doctor en Ciencias Químicas (*cum laude*) por la misma universidad en 2003 tras realizar una estancia predoctoral de 3 meses en el instituto *Max-Planck für Kohlenforschung* (Mülheim, Alemania) bajo la supervisión de Prof. Alois Fürstner. En 2004 comenzó su primera estancia postdoctoral financiada por la beca postdoctoral *Alexander von Humboldt* y, de nuevo, bajo la dirección del Prof. Fürstner. En 2005 se trasladó al instituto *Massachusetts Institute of Technology (MIT) (Cambridge, EEUU)*, donde realizó una segunda estancia postdoctoral de 3 años en el grupo del Prof. Stephen L. Buchwald. Su carrera independiente comenzó en septiembre del 2008 al trasladarse como *group leader* al ICIQ con una Ramón y Cajal primero, y como profesor ICREA en 2013. Su investigación actual se centra en descubrir y desarrollar nuevos protocolos organometálicos sintéticamente útiles. Durante su etapa independiente ha recibido 4 proyectos ERC por el Consejo Europeo de Investigación y son muchos los premios y distinciones que ha recibido, destacando el más reciente, la "Medalla de la Real Sociedad Española de Química", que es el motivo de esta entrevista.

¿Cuál fue tu motivación para estudiar química?

El "despertar" científico por la química probablemente me surgió siendo muy pequeño, preguntándome por qué un cristal se rompía al tirarle una pelota mientras que un plástico se mantenía intacto, por qué un medicamento que se suministraba en forma de pastillas hacía que la gente se encontrara mejor y por qué los coches necesitaban gasolina para funcionar correctamente. No fue obviamente hasta la licenciatura donde pude comprobar las posibilidades que ofrecía la química, y durante ese tiempo ya surgió en mí una firme convicción para dedicarme a la investigación

y poder contribuir a nuestra sociedad trabajando en esta disciplina

¿Quién ha sido la persona que más te ha influenciado en tu carrera científica?

No hay que verse necesariamente reflejado en una figura concreta que te sirva como referencia, sino más bien en la actitud y en la forma de hacer las cosas. Hay que tener claro lo que quieres y a lo que aspiras sin renunciar a tu personalidad, pero no veo necesario idealizar a nadie. Por suerte he tenido mentores y figuras excepcionales en mi carrera y he podido aprender de todos ellos para forjar mi propio "*modus operandi*". A destacar mis padres, por ofrecerme una educación privilegiada, a mi director de tesis Toni Riera por instalar en mí la pasión por la investigación, a Alois Fürstner por la necesidad de llevar a cabo estudios mecanísticos rigurosos, y a Steve Buchwald por la necesidad de desarrollar nuevos métodos sintéticos solo si estos son prácticos, fácilmente adaptables y con un impacto industrial. Finalmente, destacar dos figuras fundamentales al empezar mi carrera académica, Miquel Pericàs y Antonio Echavarren, por ser faros de sabiduría y empatía sin límites, y por su amistad incondicional.

¿Quién ha sido la persona que te ha dado el mejor consejo y cuál ha sido?

Sin lugar a dudas mi mujer, Laura Herrero Rodríguez, una científica excepcional y profesora por la Universidad de Barcelona: "*El tiempo es el mayor regalo que se nos ha dado, hagamos un buen uso de ello*". Mi mujer realmente me ha enseñado que la investigación no puede, ni debe, ser el único motivo de nuestra existencia, hay que encontrar un equilibrio entre tu vida profesional y personal. Aunque hay ejemplos de todo tipo, en mi caso particular no concibo una vida dedicada a la investigación sin mi familia. Tengo la inmensa fortuna de tener una familia maravillosa y mi mujer y hijos son un pilar fundamental en mi vida.

Con Steve constaté que no tiene sentido alguno desarrollar métodos sintéticos sin que estos sean prácticos, sencillos y de aplicación directa en ámbitos industriales.

Mientras que tu tesis doctoral se basa en síntesis total, tanto tus estancias post-doctorales como tu carrera independiente se centra en metodología sintética. ¿A qué se debe este cambio? ¿La síntesis total te parece demasiado dura?

Soy un ferviente admirador de las síntesis totales de productos de interés farmacológico, y lo considero una formación privilegiada para cualquier científico, por ello no dudé en absoluto cuando mi director de tesis, Antoni Riera, me planteó un proyecto para la síntesis enantioselectiva de inhibidores de glicosidasas. No obstante, durante mi periplo investigador en MIT bajo la supervisión de Steve Buchwald pude constatar el impacto que puede tener el diseño de nuevos métodos sintéticos en nuestra industria farmacéutica sin dejar de lado la comprensión de dichos métodos a nivel molecular, sin duda alguna un legado de mi primer supervisor postdoctoral, Alois Fürstner (MPI). Por ello, mi carrera independiente se ha cimentado hasta la fecha en el diseño de nuevos métodos sintéticos, pero no descarto en absoluto dedicar parte de mi tiempo y recursos futuros a la síntesis total de productos de interés farmacológico.

Hoy en día, se publica muchísima nueva metodología, pero la aplicación en industria es pequeña. ¿Hay una ruptura entre las investigaciones que se hacen en los laboratorios y el paso de las mismas a la industria?

Con Steve [Stephen Buchwald] entendí que no tiene ningún sentido desarrollar métodos sintéticos a no ser que sean prácticos, versátiles y fácilmente adaptables en nuestra industria química y farmacéutica. Es una crítica constructiva que me hago yo a veces a mí mismo en los métodos que desarrollamos en el ICIQ. Por otro lado, como académicos debemos ofrecer soluciones a problemas actuales reales, y no generar problemas para poder justificar la ciencia que realizamos. Sin lugar a dudas, una mayor colaboración entre industria y academia facilitaría dicha transición, proporcionando un entorno ideal para poder aplicar los métodos desarrollados en universidades y centros de investigación en un entorno industrial.

Teniendo en cuenta la larga temporada que estuviste de estancias posdoctorales, ¿siempre tuviste claro que querías volverte a España?

A decir verdad, la primera opción que me planteé fue empezar mi carrera académica en Estados Unidos, probablemente



De izquierda a derecha: Rubén Martín, Antonio M. Echavarren, Alois Fürstner, Antón Vidal y Miquel À. Pericàs; Tarragona, septiembre 2008.

espoledo por conversaciones que tuve con Steve [Stephen Buchwald] durante mis segundos estudios postdoctorales en MIT. No obstante, todo cambió cuando surgió una oferta *tenure track* en el ICIQ. Tuve la suerte de constatar las instalaciones del centro y, sobre todo, vislumbrar el proyecto de futuro que tenía el director en aquel entonces, Miquel Pericàs, y no dudé en apostar por una carrera académica en España. Tuve la enorme suerte de conseguir la posición, y además mi mujer tuvo una plaza análoga en la Universidad de Barcelona para empezar su carrera académica.

Entre los trabajos de investigación que has desarrollado o dirigido, ¿cuáles crees que han sido decisivos para definir tu carrera investigadora? Es decir, ¿cuáles han marcado un punto de inflexión?

No creo que haya ningún trabajo que marque un punto de inflexión, pero sí los estudiantes que uno tiene para llevarlos a cabo. He sido, y sigo siendo, muy afortunado de tener unos estudiantes excepcionales, y son ellos el pilar sobre los que se cimienta la ciencia que realizamos. Sin lugar a dudas, hay que estar rodeado de un gran equipo de trabajo que comparta las mismas aspiraciones y que quieran tomar riesgos; después de todo, el riesgo es inherente en la investigación, y en ciencia básica, aquel que más arriesga, acaba triunfando. Tengo el enorme privilegio de tener 19 de mis ex-estudiantes llevando a cabo su carrera académica en Europa, Asia y América, y un número aún mayor en las principales compañías farmacéuticas del sector.

La química orgánica ha cambiado mucho en los últimos años gracias al uso de la computación. ¿Se usa habitualmente software de retro-síntesis en tu laboratorio para diseñar rutas sintéticas? ¿En qué medida los cálculos DFT son importantes en tu investigación?

Cualquier químico organometálico tiene la necesidad de intentar esclarecer cómo funcionan las reacciones a nivel molecular, y en mi caso tuve el privilegio de aprender de un químico excepcional que me instaló la pasión por los estudios mecanísticos rigurosos (Alois Fürstner). Sin lugar a dudas, sintetizar especies organometálicas intermedias no es una tarea sencilla y a ve-



De izquierda a derecha: Rubén Martín y Jorge García Fortanet, Boston, enero 2011.

Los estudiantes son, sin lugar a dudas, los héroes de cualquier galardón y de cualquier distinción que se le pueda dar a cualquier científico.

ces ni siquiera es viable, por lo que en muchas ocasiones es necesario aplicar técnicas multidisciplinares. Los cálculos DFT se presentan como una opción versátil, que han aportado luz a muchos métodos a nivel molecular. Es una técnica que suelo utilizar con frecuencia en colaboración con expertos en el campo, pero siempre con una base sólida experimental estructural que permita corroborar los estudios realizados.

¿Tú crees que un químico orgánico del futuro, de los que van a estar por ahí trabajando dentro de 10 años, debería saber utilizar química computacional?

Como científicos, deberíamos aprender todas las técnicas a nuestra disposición para llevar a cabo una ciencia de calidad. No obstante, creo que es igualmente importante recalcar que las colaboraciones con expertos en el ámbito computacional aportan no solo un plus de rigurosidad a las conclusiones que se puedan derivar de los métodos realizados, sino que también establece un puente entre ambos colectivos para poder optar a desafíos mucho más complicados en el futuro.

¿Es automatizable la investigación experimental? ¿Cómo valoras la evolución que han tenido las metodologías high-throughput synthesis?

En el año 2014, la Fundación Cellex, bajó el tutelaje de Miquel Pericàs, financió un laboratorio de *high-throughput* en el ICIQ. Al poco tiempo, pude constatar el enorme potencial que tenía dicha plataforma para optimizar reacciones químicas, y a día de hoy lo seguimos utilizando para poder discernir las variables que tienen más impacto en los métodos que desarrollamos. Es sin lugar a dudas una herramienta excepcional. Aunque nuestra

industria farmacéutica hace uso de ella de manera habitual, no está tan establecida en ámbitos académicos. La automatización va por el mismo camino, sin lugar a dudas una tecnología fantástica que minimiza el factor humano y permite combinar métodos multidisciplinares de manera sencilla. Una reciente colaboración con el Dr. Santiago Cañellas (Janssen, Toledo) me ha permitido constatar el enorme potencial que presenta la automatización, y hemos hecho uso de ella en un proyecto fascinante que espero vea la luz muy pronto.

¿Qué papel crees que puede jugar la inteligencia artificial en la investigación química? ¿Puede ayudar a sistematizar y a entender los procesos de síntesis?

Todos hemos constatado recientemente el potencial que presenta el *Machine Learning*, en especial para sistematizar y entender mejor los métodos de síntesis. Dichas tecnologías se basan en acumular datos – experimentales o computacionales – para establecer generalizaciones y predicciones con ayuda de software especializado. Puede resultar intimidante pensar que nuestro trabajo como químicos pueda quedar en segundo plano con el diseño de tecnologías de inteligencia artificial, pero no debemos olvidar que la intuición humana aún no puede automatizarse. Cualquier método o proyecto futuro se inicia con esa chispa, esa intuición química que nos hace únicos como químicos, pero no debemos obviar el potencial que nos ofrece la tecnología para establecer generalizaciones y predicciones de los métodos que desarrollamos. El *Machine Learning* no ha llegado a nuestras vidas para sustituirnos, sino para ofrecernos un peldaño más sobre el cual apoyarnos para optar a desafíos futuros.

¿Desde cuándo perteneces a la RSEQ?

Soy socio desde septiembre del año 2008, al poco de iniciar mi carrera independiente en el ICIQ.

¿La pertenencia a la RSEQ ha influenciado de alguna manera en tu investigación?

No creo que la pertenencia a la Real Sociedad haya influenciado la investigación que llevo a cabo en el ICIQ, pero el formar parte de dicho colectivo me ha permitido tomar conciencia del impacto que tiene en nuestro país. También me ha ofrecido la oportunidad de conocer en primera persona a científicos de nuestro país, con los que he establecido no solo amistades, sino también colaboraciones.

Has recibido numerosos premios y distinciones gracias a la excelente investigación que realizas. ¿Podrías realizar una valoración del papel que han tenido los premios en tu carrera científica? ¿Hasta qué punto son importantes?

Cualquier premio representa una gran satisfacción a título personal y un enorme impulso en la carrera de cualquier científico. Tengo la enorme suerte de haber recibido numerosos galardones, pero ello no hace más que constatar la enorme labor realizada por mi grupo de investigación. De hecho, son ellos [los miembros del equipo], sin lugar a dudas, los héroes de cualquier galardón y de cualquier distinción que se le pueda dar a cualquier científico. En cualquier caso, hay que saber relativizar los éxitos profesionales puesto que hay científicos increíbles que no han recibido galardones en su carrera y ello no los hace menos importantes. Por lo que respecta a la medalla de RSEQ, es sin lugar a dudas uno de los galardones que me hacen más ilusión. No solo por el

hecho de haber empezado mi carrera independiente hace apenas 15 años sino porque sea la mayor distinción que pueda otorgar la RSEQ. No obstante, me gustaría de nuevo recalcar que no es un premio a Rubén Martín, sino a la labor que ha realizado y sigue realizando un enorme equipo humano que ha compartido aspiraciones conmigo desde que empecé mi carrera en 2008.

¿Te interesa el uso que se pueda hacer en la industria de las reacciones que se hacen en tu laboratorio? ¿lo tienes en cuenta a la hora de diseñar tus experimentos?

Aprendí de Steve [Stephen Buchwald] la necesidad de desarrollar métodos sencillos, prácticos y que se puedan aplicar inmediatamente en nuestra industria farmacéutica. Siempre que he podido he adoptado esa línea de proceder, lo cual ha derivado en múltiples ocasiones en colaboraciones industriales. Ello no solo ha aportado una visión diferente de los métodos que hemos llevado a cabo, sino también ha permitido tener una vía de entrada profesional para muchos de mis estudiantes. A día de hoy, no concibo diseñar métodos sintéticos sin que ellos tengan una potencial aplicación en industria, y sin lugar a dudas seguirá siendo un objetivo fundamental de la ciencia que me planteo en el futuro.

Como académicos debemos ofrecer soluciones a problemas actuales reales, no generar problemas para poder justificar la ciencia que realizamos.

También has creado una spin off, ¿verdad?

En el año 2020, creamos Treellum Technologies y actualmente constamos 6 personas en el equipo (Esther Alza, Julio Lloret, Jose Luis León, Juan José Plan, Miquel Pericàs y yo mismo). La motivación fue crear fotorreactores para asegurar la reproducibilidad de los experimentos llevados a cabo en ámbitos académicos e industriales. Actualmente disponemos de prototipos muy atractivos y estoy convencido que la empresa conseguirá las metas que se ha planteado. Es fantástico trabajar con un equipo tan dinámico y muy gratificante constatar el potencial que tienen dichos fotorreactores para ciencia básica y aplicada.

¿Cómo valoras el avance que se ha hecho en "Química verde" en los últimos 15 o 20 años en lo que se refiere a la síntesis química? ¿crees que se han cumplido las expectativas de menor uso de disolventes, menor generación de residuos, reutilización y regeneración de productos etc.?

Nuestra sociedad tiene que entender el lenguaje de la ciencia, adquiriendo una mayor cultura científica, y los científicos hemos de comprender los problemas a los que se enfrenta nuestra sociedad para buscar soluciones pertinentes y sostenibles.



Rubén Martín y compañeros, Ischia, 2002.

La ciencia, la tecnología y la innovación deben conducirnos hacia un desarrollo más equitativo y sostenible. Lamentablemente, la investigación en el ámbito académico no siempre cumple con las expectativas de química verde que tiene nuestra industria farmacéutica, y que son necesarias para implementar allí los nuevos métodos. Este es, sin lugar a dudas, un aspecto que deberíamos mejorar para poder tener un impacto mayor en las aplicaciones reales de los métodos que desarrollamos, sobre todo cuando han de servir para producir grandes cantidades de productos y donde el proceso debe cumplir con una serie de requisitos rigurosos de seguridad y sostenibilidad.

¿Qué consejo le darías a un/a reciente doctor/a? ¿y a un/a joven investigador/a que intenta comenzar su carrera científica de manera independiente?

En primer lugar, hay que tener pasión, motivación, imaginación, tenacidad, ambición y, sin lugar a dudas un centro de investigación o departamento universitario que te apoye incondicionalmente. Aunque la suerte es importante, ésta no llama a tu puerta, hay que salir a buscarla. Por último, y no por ello menos importante, está el factor humano. Hay que estar rodeado de un gran equipo de trabajo que comparta las mismas aspiraciones y que quieran afrontar retos sin importar lo más mínimo la magnitud de los mismos. Sin lugar a dudas, no hay nada que me llene más de orgullo que ver cómo triunfan los estudiantes que he tenido en el ICIQ. A fin de cuentas, nuestro rol como investigadores no solo es producir ciencia de calidad, sino formar a nuestros estudiantes para que ellos sean quienes marquen la diferencia el día de mañana, ya sea en ámbitos académicos o industriales.

Muchas gracias, Rubén, por atendernos y compartir con nosotros/as tus experiencias y reflexiones. Mucha suerte en el futuro y esperemos que sigas cosechando tantos triunfos como hasta ahora.

Sobre la innovación educativa en la enseñanza de la química en las universidades españolas

On educational innovation in the teaching of chemistry in Spanish universities

Juan Quílez

GEDH – RSEQ

PALABRAS CLAVE:

Innovación educativa, investigación educativa en ciencias, química universitaria, éxito académico, motivación

RESUMEN:

Se realiza un análisis crítico sobre los supuestos beneficios formativos que serían inherentes al empleo de las nuevas metodologías en la enseñanza de la química universitaria. Se sugiere que estas acciones de innovación educativa deberían estar enmarcadas en el cuerpo de conocimientos provisto por la investigación en didáctica de las ciencias.

KEYWORDS:

Educational innovation, science education research, college chemistry, educational success, motivation

ABSTRACT:

It is carried out a critical analysis on the supposed intrinsic learning benefits that would be assumed to the use of the new methodologies in teaching university chemistry. It is suggested that these educational innovative actions should be framed into the body of the knowledge provided by science education research.

Introducción

Este estudio no trata de realizar una revisión exhaustiva sobre los métodos de enseñanza que están inspirando en la actualidad diferentes acciones de innovación educativa en las facultades de química españolas. Como artículo de opinión, tampoco contiene un examen pormenorizado de la situación real actual (grado de extensión, formas de aplicación, valoración del profesorado y del alumnado, resultados obtenidos, etc.). Estos análisis corresponderían a trabajos más ambiciosos de investigación educativa, lo que excede el ámbito de esta reflexión personal.

Este artículo tiene como propósito principal la realización de una valoración crítica sobre los métodos de innovación educativa que se están desarrollando actualmente en el espacio universitario. Este análisis pretende ayudar a despertar el interés sobre el tema a otros profesores de química, como estímulo inicial que posibilite abrir el debate sobre cómo mejorar de forma efectiva la calidad de la enseñanza de la química en la universidad.

Para iniciar este examen voy a exponer brevemente el marco de referencia general que sustenta el actual movimiento de innovación educativa. Posteriormente, presentaré con más detalle este planteamiento pedagógico.

Muchos de los nuevos métodos de enseñanza se apoyan en visiones del aprendizaje que se centran en facilitar ambientes de trabajo en el aula en los que el alumnado descubra o construya inductivamente su propio conocimiento,^[1] con lo que el profesorado

deja de tener un papel destacado. En consecuencia, este marco de referencia no valora adecuadamente el rol esencial que desempeñan los docentes, ya que su labor se manifiesta como uno de los factores principales que determinan el éxito académico de sus estudiantes.^[2] Este posicionamiento educativo no es estrictamente nuevo, ya que se basa en una amplia tradición histórica, fundamentada básicamente en las ideas de principios del siglo XX de Dewey y Kilpatrick y, posteriormente, de Bruner (inicio de la reforma post-Sputnik), que han resurgido periódicamente con diferentes nombres,^[1,d] como a continuación se indica.

Normalmente, en la justificación del empleo de los nuevos enfoques de innovación educativa, se reduce en exceso el análisis de un problema académico muy complejo, lo que permite a los defensores de las nuevas metodologías exponer su solución seductora. Particularmente, estos métodos alternativos se suelen motivar a partir de un posicionamiento que presenta un perfil general del profesorado limitado al de un mero transmisor de conocimientos ya elaborados. Una vez asumida como indiscutible esta premisa inicial, concluyen que, en ese marco simplificado, el alumnado sólo puede adoptar un papel pasivo de escucha y memorización de contenidos enciclopédicos. Su alternativa didáctica invoca, en consecuencia, invertir este protagonismo poniendo dinámicamente a los estudiantes en el 'centro del aprendizaje' (a hacer), actuando como si fueran científicos auténticos,^[3] mediante métodos pedagógicos que han recibido diferentes nombres a lo

largo del tiempo: aprendizaje por indagación, aprendizaje basado en problemas, aprendizaje experimental por descubrimiento o inductivo, apoyado en el desarrollo de competencias generales.^[4]

Pero la naturaleza de estos nuevos métodos de enseñanza resulta controvertida. Particularmente, el cuestionamiento de su efectividad, realizado en los primeros años de este siglo,^[4] generó un intenso debate.^[5] Estos pronunciamientos críticos no han impedido que esos nuevos marcos pedagógicos se hayan aceptado de forma amplia en los distintos niveles académicos, como luego detallaremos. Recientemente, se han vuelto a mostrar las limitaciones de estas novedosas perspectivas,^[6] reabiéndose la controversia inicial, aunque en esta ocasión se han formulado propuestas de consenso referidas a las circunstancias específicas en las que estas formas de enseñanza deben estar presentes en el aula.^[7] En este sentido, los profesores no deberían desconsiderar que el aumento de su protagonismo en sus clases produce un aprendizaje de una calidad superior^[8] a la de otros métodos de enseñanza que confían a los estudiantes la construcción de su propio conocimiento,^[9] dejando en este caso al profesorado un papel secundario, restringido al de mero guía o facilitador del aprendizaje de sus estudiantes.^[10] Además, este rol presenta, en la práctica, un amplio margen de posibles actuaciones en función del particular significado otorgado, en paralelo con otros términos relacionados, según se señala en el siguiente apartado.

Las nuevas metodologías activas de enseñanza

Cualquier situación de enseñanza siempre ha estado asociada a algún tipo de método didáctico. Como hemos señalado, desde los primeros años de este siglo, nuevas formas de innovación educativa han surgido. Se trata de metodologías que se presentan como alternativa a métodos clásicos, de modo que su supuesta idoneidad intrínseca justificaría su aplicación universal a cualquier nivel, contexto o situación de aprendizaje. Es decir, se han consolidado como técnicas pedagógicas generales, independientes respecto a los contenidos a enseñar, lo que supone un cambio de concepción respecto a planteamientos didácticos previos en la enseñanza de las ciencias.^[11]

Entre esos nuevos métodos didácticos, se pueden mencionar: la *clase invertida* (*flipped classroom*), la *gamificación*, el *escape room*, el *Aprendizaje Basado en Problemas* (PBL), el empleo de plataformas como *TikTok* o *kahoot*, así como *proyectos integrativos STEAM*.

Muchos de estos procedimientos didácticos comparten en cierta medida una serie de rasgos definitorios:^[12] se trata de enseñanzas *activas*, por *indagación* (*inquiry*), *centradas en el alumno*, en las que prima el enfoque *competencial*, que en muchos casos implica la realización de distintos *proyectos* sobre aspectos o problemas *prácticos* (*hands on*), mediante un aprendizaje *cooperativo*. Pero estos términos tan cautivadores, que *a priori* no habría que cuestionar, poseen en estos contextos innovadores un amplio espectro de significados y de formas de desarrollo en el aula. Esta ambigüedad conceptual y procedimental^[13] genera algunos peligros de interpretación, plantea varios interrogantes y deja sin resolver algunas dudas, por lo que suscita diversas cautelas.

Algunos peligros, interrogantes y cautelas sobre los nuevos métodos de enseñanza

A pesar de la indeterminación señalada, estas 'metodologías activas' han ganado una aceptable reputación como alternativa apropiada a lo que genéricamente se denomina 'clase tradicional'. De este modo, se les presupone una eficacia didáctica inherente, independiente del ámbito, los contenidos, el tipo y el nivel del alumnado o del tiempo de aplicación, quedando todavía

abiertos muchos interrogantes acerca de cómo, cuándo y por qué se deben emplear. Por ello, se pueden considerar como *modas* que se han asumido de forma acrítica por un amplio y creciente sector del profesorado como métodos seguros de mayor eficacia que los modelos de enseñanza convencionales.

En el contexto instruccional de estos nuevos procedimientos, los contenidos disciplinares suelen adquirir un papel secundario, ya que en algunos de estos escenarios innovadores habitualmente quedan difuminados^[14] y desestructurados.^[15] Sus defensores aducen su valor motivacional, dado el componente lúdico que presentan.^[16] Pero, como señala Gregorio Luri,^[17] una sobrevaloración del juego puede desvirtuar el papel de la escuela como generadora de conocimiento poderoso.^[18] Además, revisiones recientes señalan que en algunos de estos ambientes de trabajo los alumnos terminan perdiendo interés hacia el estudio de las materias científicas.^[19]

Sin negar *a priori* el potencial beneficio educativo de estas técnicas o métodos de enseñanza, aunque siempre dentro de su adecuado encaje disciplinar, no sólo habría que demostrar convenientemente su eficacia educativa (más allá de acciones puntuales y limitadas), sino que además habría que acotar sus principios teóricos, así como los modos de llevarlos a la práctica, señalando sus limitaciones, así como los posibles peligros o efectos no deseados que se pueden producir.

Como ya se ha señalado previamente, estas innovaciones docentes (en ocasiones, basadas en cursos breves de formación del profesorado sobre aspectos puramente metodológicos)^[20] tratan de aplicar unos métodos de enseñanza de forma general a cualquier proceso de aprendizaje, lo que produce un escepticismo sobre su capacidad de utilización absoluta. Estas dudas se acrecientan cuando se comprueba que no sólo adolecen de una imprecisa fundamentación teórica sino que además presentan serios interrogantes por resolver relativos a su implementación y a su rendimiento académico.^[1b-d, 9, 21]

A pesar del creciente número de estudios de algunas de estas novedosas metodologías,^[22] convendría mostrar cautela en la valoración de sus eventuales beneficios debido a:^[23]

- i) las debilidades de diseño (fiabilidad, validez, etc.) encontradas en varias de las investigaciones educativas realizadas y los sesgos de publicación a favor;
- ii) la heterogeneidad de las acciones con las que se llevan a la práctica (a veces inconsistentes con sus principios pedagógicos), lo que genera dudas acerca de la generalización y de la transferencia de los resultados obtenidos;
- iii) la ausencia de consenso claro que oriente acerca cómo se deben poner en práctica en contextos específicos;
- iv) la posible promoción de habilidades cognitivas de baja demanda conceptual;
- v) su éxito (o fracaso) está afectado por muchos factores.

Un ejemplo que muestra la multicausalidad asociada a la posible mejora producida es la amplia gama de marcos de referencia correspondientes al profesorado:^[24] 1) cuál debe ser su nuevo papel, 2) sus creencias pedagógicas, 3) su conocimiento en la elaboración de materiales y en la ejecución de las nuevas técnicas, 4) el tiempo que precisa para su diseño concreto y posterior desarrollo, 5) su habilidad y deseo de motivar al alumnado en el nuevo entorno de aprendizaje, 6) su entendimiento del propósito de la innovación y el desafío que supone su puesta práctica de forma efectiva, 7) su formación específica y su experiencia previa, 8) su fidelidad en la ejecución de las tareas con respecto a los presupuestos generales asumidos. A lo que habría que añadir otras barreras y diferentes retos para su adecuado desarrollo, como son la duración apropiada de la innovación, el

tipo de evaluación elegido, el contexto particular de aplicación, el perfil singular del grupo, la oposición de una parte del alumnado al cambio o su incumplimiento de las tareas asignadas, lo que dificulta el avance, así como otros de tipo operativo referidos al material necesario.

Estas formas de trabajo docente, 'centradas en el alumno', están bien asentadas desde hace tiempo en la educación infantil y primaria.^[16] Este hecho es una de las consecuencias de que en las facultades de educación (particularmente en el grado de magisterio) se dedique más tiempo lectivo al tratamiento de estas nuevas metodologías generales que al estudio didáctico de aspectos puramente disciplinares de las ciencias.

Pero, ninguna etapa educativa está actualmente exenta de estos supuestos métodos innovadores de enseñanza. En secundaria se están instalando fácilmente y en la universidad también han empezado a ser una realidad. Me voy a centrar en este último nivel, ya que el análisis de la situación actual en secundaria, con la implantación del enfoque competencial de la LOMLOE (como fin en sí mismo, mediante una minusvaloración de los contenidos), necesita un estudio más detallado, fundamentado y completo^[14, 25] que excede el campo de este estudio.

La innovación educativa en el marco de la investigación educativa

En muchas universidades españolas existen departamentos de innovación educativa que promueven este tipo de acciones docentes entre su profesorado. Como ejemplo de la extensión de estas nuevas metodologías a la educación superior en el contexto español se puede citar la *VIII Reunión de Innovación Docente en Química (INDOQUIM)*, celebrada en Valencia entre los días 21 y 23 del pasado mes de junio de 2023. En este encuentro presentaron comunicaciones grupos de profesores de química de 12 universidades (Barcelona, Granada, Vigo, Cádiz, Burgos, Alicante, Ramón Llull, UPV, Sevilla, Jaén, Córdoba y Rovira i Vigili). En la conferencia inaugural, el ponente informó con detalle del creciente impacto experimentado en su facultad de química de un conjunto de innovaciones educativas, aplicadas tanto en asignaturas de grado como de máster. Uno de los logros que resaltó fue que el profesorado 'innovador' había crecido en los últimos años de forma notable, aunque consideró que existía mucho camino por recorrer, ya que todavía quedaba una parte del cuerpo docente que no estaba predispuesta a realizar este cambio -a su juicio- positivo.

Al finalizar su conferencia, preguntado acerca de si disponía de datos que garantizaran que todo ese esfuerzo colectivo había supuesto una mejora formativa para los futuros químicos de su facultad, señaló que no se había efectuado ningún estudio evaluativo en este sentido. De modo que no disponía de resultados empíricos que avalasen su supuesta eficacia. Pero afirmó que estaba convencido de que con estas innovaciones los alumnos acaban los estudios mejor preparados. Mediante esta respuesta parece inferirse que sólo a partir de meras percepciones personales o de simples conjeturas estaría ya justificado seguir impulsando estas acciones de innovación educativa. No sólo puede sorprender esta postura subjetiva sino que además no se entiende por qué en su facultad el rigor empleado en las investigaciones científicas de las distintas áreas de conocimiento no se aplica también a las innovaciones metodológicas de esta nueva comunidad docente.

En el libro de resúmenes de estas jornadas de innovación en la enseñanza de la química, varias comunicaciones ni siquiera presentaron bibliografía. En otros casos, se hizo únicamente referencia a cursos de formación genérica o a proyectos realizados en la propia universidad, páginas web y publicaciones generales sobre los nuevos recursos (la clase invertida, *PBL*, etc.), con au-

sencia, en muchos casos, de una fundamentación sólida basada en trabajos de revistas de investigación educativa. Además, no se presentaron pruebas concluyentes de mejora del aprendizaje o de la motivación, ni se hizo referencia a que los nuevos métodos deberían conllevar cambios asociados en los sistemas de evaluación. Esta atención casi exclusiva sobre procedimientos educativos de amplio espectro, estaría impidiendo al profesorado de química de universidad contemplar la necesidad que tiene de desarrollar una base sólida del denominado *Pedagogical Content Knowledge (PCK)*^[26] para la mejora de su labor docente.

Resulta llamativo que en el ámbito universitario parece estar muy extendido que los criterios de perfección y de excelencia para evaluar la calidad de la investigación básica no se apliquen en el marco de la innovación docente. Esta omisión puede ser una consecuencia de que en este nivel se otorgaría un valor ontológico incuestionable de eficacia a estas nuevas metodologías. Por tanto, al parecer, este convencimiento no necesita en este contexto de pruebas que avalen académicamente el éxito asumido que producen.

Innovar no significa implantar la primera ocurrencia o la moda de turno en las aulas.^[27] No puede haber innovación educativa sin investigación.^[28] En este sentido, García-Carmona señala:^[29]

En la implementación de una innovación educativa no será suficiente con verificar si el alumnado mejora en algo, pues, incluso hasta el método, enfoque o recurso más *antipedagógico* puede propiciar algún aprendizaje. La pregunta que realmente habría que hacer, ante cualquier innovación educativa, es *si el alumnado aprendió más y/o mejor* sobre lo pretendido que con respecto al anterior método, enfoque o recurso que se empleaba con ellos para eso mismo. Esto se debe verificar, además, con rigor, es decir, mediante la obtención y análisis de *pruebas fiables*; y no con meras *sensaciones* habitualmente sesgadas por la complacencia personal del supuesto *profesor innovador*.

Existe un cuerpo de conocimientos consolidado en la didáctica de la química,^[30] con muchos investigadores trabajando en esta área científica, que publican sus trabajos en destacadas revistas de investigación educativa en ciencias y en otras áreas relacionadas. En consecuencia, más que intentar aprender unas técnicas de enseñanza, supuestamente innovadoras (como pretendidas creaciones de progreso y mejora), para aplicarlas de forma automática a cualquier caso, convendría primero fundamentarse bien en esta área de conocimiento. Esto ayudaría a formular las hipótesis de trabajo y a establecer los diseños de avance firme, así como a analizar finalmente su presunta eficacia (si supone impacto positivo significativo o no).^[31] Si bien la ilusión, el esfuerzo y el trabajo en equipo son elementos necesarios para el éxito de la labor docente, no parece que sean suficientes para garantizar que el alumnado adquiera una mejor preparación para su futura vida profesional.

Elementos básicos de cualquier innovación educativa

Partiendo del hecho de que la mera aplicación de nuevos métodos de enseñanza no garantiza el éxito educativo,^[24a, 31] se deben remarcar algunos aspectos que el profesorado de ciencias (en este caso, de química) debería tener siempre presentes, independientemente del tipo de innovación en la que participe.

Se han hallado múltiples factores que afectan tanto al interés del alumnado de ciencias^[32] como a su aprendizaje,^[33] lo que hace que su estudio sea de mucha complejidad y determine los múltiples aspectos a tener en cuenta en la formación del profesorado (en nuestro caso, universitario).^[20b, 34] Sin embargo, se puede afirmar que existen unos rasgos esenciales de manejo y dinámica de la clase,^[35] cuya ausencia dificulta al alumnado su

éxito académico, actuando también como obstáculo en el desarrollo de su motivación intrínseca hacia el estudio de las distintas asignaturas. Entre estos parámetros básicos, asociados a un apropiado ambiente instruccional, destacan los siguientes:

- i) talento, seguridad y entusiasmo del profesor percibidos por su alumnado, así como las altas expectativas de éxito depositadas en el grupo en un ambiente de valoración, cordialidad y estima hacia cada uno de sus componentes;
- ii) realización adaptaciones que tengan en cuenta el conocimiento previo de la clase con evaluaciones formativas de progreso y actividades que promuevan la participación;
- iii) favorecimiento de activaciones cognitivas mediante ayudas dialógicas, analogías apropiadas y ejemplos ilustrativos que propicien el metaconocimiento de los estudiantes;
- iv) existencia de un clima de apoyo y una orientación efectiva que destaquen los aspectos relevantes, su jerarquía y sus relaciones, actuando como guías para alcanzar las metas previamente establecidas;
- v) respeto de un hilo conductor claro, así como mantenimiento de la atención y del ambiente de trabajo que posibiliten un aprovechamiento efectivo del tiempo de clase;
- vi) establecimiento de una adecuada organización, una estructura correcta y un ritmo idóneo de avance que faciliten una progresión segura.

El alumnado puede valorar positivamente una clase de química si al acabar la misma tiene conciencia de que ha aprendido algo nuevo. Cognitivamente, esto se traduce en su percepción de que dispone de nuevas herramientas conceptuales y/o procedimentales que le han permitido modificar o ampliar su visión inicial en su comprensión y explicación de una propiedad o de un proceso físico-químico, lo cual le facilita su capacidad de resolución de problemas específicos, así como seguir aprendiendo de forma autónoma. En definitiva, este desarrollo mental (*minds on*)^[36] le posibilita generar nuevas formas de pensamiento para entender mejor, justificar, examinar y predecir las propiedades de la materia, que manifiesta mediante una mejora en las formas de comunicación tanto oral como de lectoescritura.^[37] De esta manera, transcurrido un cierto tiempo, podrá ser consciente de que ha logrado construir un conocimiento disciplinar conceptualmente bien organizado y jerarquizado, que le ayudará a que pueda apreciar su relevancia.^[38] Y ello, en buena medida, gracias a todas las acciones formativas realizadas por sus profesores en cada una de sus horas de clase, como agentes de singular importancia en esta mejora del aprendizaje de su alumnado,^[31, 35c, 36] para lo que precisan una amplia, cimentada y crítica formación docente disciplinar.^[20b, 34]

Como resultado, este conocimiento pedagógico específico^[39] puede ayudar al profesorado de química de universidad a explicar los modelos didácticos en los que basa su trabajo docente, de modo que le permita reflexionar acerca de la mejora en la planificación y el desarrollo en el aula de sus actividades académicas.^[40]

Conclusiones

Muchas de las nuevas metodologías que se están utilizando de forma creciente en la enseñanza de la química en la universidad se estarían asumiendo acríticamente como innovaciones auténticas. Normalmente, se instituyen como métodos universales de enseñanza de pretendida eficacia, aunque estén desligados de los contenidos específicos disciplinares. De esta forma, no suelen fundamentarse sobre una base científica sustentada en el cuerpo de conocimientos de la investigación educativa de esta materia. Además, en la práctica, normalmente no se realizan evaluaciones precisas sobre su supuesta efectividad.

Por todo ello, convendría que los criterios de rigurosidad y de calidad científica, asumidos por el profesorado universitario a la hora de realizar investigación básica, se extiendan al conocimiento y a las prácticas de sus tareas docentes. Estas actuaciones didácticas superarían las insuficiencias derivadas del simple empleo de métodos pedagógicos generales,^[41] al efectuarse sobre contenidos específicos de la química y, por tanto, estar enmarcadas en el desarrollo profesional de su PCK.^[26]

Esta evolución metacognitiva del PCK de cada docente posibilita la transformación progresiva de su necesario profundo saber epistemológico de esta disciplina en conocimiento didáctico específico para enseñar de forma idónea a sus estudiantes los conceptos, los procedimientos y los aspectos socio científicos del currículum de química que corresponda. El perfeccionamiento instruccional asociado a esta conversión de saberes precisa una sólida fundamentación teórica de los componentes que configuran el PCK,^[42] en conjunción con la reflexión compartida sobre la propia práctica.^[43]

Agradecimientos

El autor de este trabajo quiere manifestar su agradecimiento al profesor Antonio García-Carmona por las sugerencias y los comentarios realizados tras la lectura de los dos primeros borradores.

Bibliografía

- [1] a) S. Papert, *Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas*, Basic Books, **1980**; b) C. Haeck, P. Lefebvre, P. Merrigan, *Econ. Educ. Rev.* **2014**, 1, 137-160, <https://doi.org/10.1016/j.econedurev.2014.03.004>; c) M. Henrekson, J. Wennström, *J. Inst. Econ.* **2019**, 15(5), 897-914, <https://doi.org/10.1017/S174413741900016X>; d) J. Quílez, *An. Quím. RSEQ* **2022**, 118(3), 199-205.
- [2] a) L. Darling-Hammond, *Educ. Policy Anal. Arch.* **2000**, 8(1), <https://doi.org/10.14507/epaa.v8n1.2000>; b) J. A. C. Hattie, *Visible learning: A synthesis of 800+ meta-analyses on achievement*, Routledge, **2009**.
- [3] a) W. R. Van Joolingen, T. De Jong, A. W. Lazonder, E. Savelsbergh, S. Manlove, *Computers in Human Behavior*, **2005**, 21(4), 671-688, <https://doi.org/10.1016/j.chb.2004.10.039>; b) T. Bell, D. Urhahne, S. Schanze, R. Ploetzner, *Int. J. Sci. Educ.* **2010**, 32(3), 349-377, <https://doi.org/10.1080/09500690802582241>; c) E.M. Furtak, W.R. Penuel, *Sci. Ed.* **2019**, 103 (1), 167-186, <https://doi.org/10.1002/sce.21488>.
- [4] a) D. Hodson, *J. Curr. Stud.* **1996**, 28 (2), 115-135, <https://doi.org/10.1080/0022027980280201>; b) P. A. Kirschner, J. Sweller, R. E. Clark, *Educ. Psychol.* **2006**, 41(2), 75-86, https://doi.org/10.1207/s15326985sep4102_1; c) A. Tricot, J. Sweller, *Educ. Psychol. Rev.* **2014**, 26, 265-283, <https://doi.org/10.1007/s10648-013-9243-1>.
- [5] a) H.G. Schmidt, S.M.M. Loyens, T. van Gog, F. Paas, *Educ. Psychol.* **2007**, 42(2), 91-97, <https://doi.org/10.1080/00461520701263350>; b) C.E. Hmelo-Silver, R.G. Duncan, C.A. Chinn, *Educ. Psychol.* **2007**, 42(2), 99-107, <https://doi.org/10.1080/00461520701263368>; c) D. Kuhn, *Educ. Psychol.* **2007**, 42(2), 109-113, <https://doi.org/10.1080/00461520701263376>; d) J. Sweller, P. A. Kirschner, R. E. Clark, *Educ. Psychol.* **2007**, 42(2), 115-121, <https://doi.org/10.1080/00461520701263426>.
- [6] a) L. Zhang, *Sci. & Educ.* **2016**, 25, 897-915, <https://doi.org/10.1007/s11191-016-9856-0>; b) G. Ashman, S. Kalyuga, J. Sweller, *Educ. Psych. Rev.* **2020**, 32, 229-247, <https://doi.org/10.1007/s10648-019-09500-5>; c) L. Zhang, P. A.

- Kirschner, W. W. Cobern, J. Sweller, *Educ. Psych. Rev.* **2022**, 34, 1157-1176, <https://doi.org/10.1007/s10648-021-09646-1>.
- d) L. Zhang, J. Sweller, *Eur. J. Psych. Educ.* **2024**.
- [7] a) T. de Jong, A. Lazonder, C. Chinn, F. Fischer, J. Gobert, C. Hmelo-Silver, et al., *Educ. Res. Rev.* **2023**; b) J. Sweller, L. Zhang, G. Ashman, W. Cobern, P. A. Kirshner, *Educ. Psych. Rev.* **2024**.
- [8] a) J. Stockard, T. W. Wood, C. Coughin, C. R. Khoury, *Rev. Educ. Res.* **2018**, 88(4), 479-507, <https://doi.org/10.3102/0034654317751919>; b) C. Dugnath, M.V.J. Veeman, *Educ. Psychol. Rev.* **2021**, 33, 489-533, <https://doi.org/10.1007/s10648-020-09534-0>.
- [9] a) J. Wennström, *J. Educ. Pol.* **2019**, 35(5), 665-691, <https://doi.org/10.1080/02680939.2019.1608472>; b) M. Oliver, A. McConney, A. Woods-McConney, *Res. Sci. Educ.* **2021**, 51, 595-616, <https://doi.org/10.1007/s11165-019-09901-0>; c) L. Zhang, J. Van Reet, *Res. Sci. Educ.* **2022**, 52, 1435-1449, <https://doi.org/10.1007/s11165-021-09990-w>.
- [10] a) S. Pedersen, M. Liu, *ETR&D* **2003**, 51(2) 57-76, <https://doi.org/10.1007/BF02504526>; b) C. Maya, J. Iglesias, X. Giménez, *Revista de Educación* **2021**, 391, 15-39.
- [11] a) J. Pozo, M. A. Gómez-Crespo, M. Limón, A. Sanz-Serrano, *Procesos Cognitivos en la Comprensión de la Ciencia: Las Ideas de los Adolescentes sobre Química*, MEC, **1991**; b) D. Gil, J. Carrascosa, C. Furió, J. Martínez-Torregrosa. *La enseñanza de las ciencias en la educación secundaria*, Horsori, **1991**; c) D. Gil, *Ens. Cien.* **1994**, 12(2), 154-164, <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.4438>; d) I. Pozo, M. A. Gómez-Crespo, *Aprender y Enseñar Ciencia*, Morata, **1998**.
- [12] a) G. L. Huber, *Revista de Educación* **2008**, N.E., 59-81; b) J.M. Breiner, S.S. Harkness, C.C. Johnson, C.M. Koehler, *Sch. Sci. Math.* **2012**, 112(1), 3-11, <https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.2011.00109.x>; c) E.A. Dare, E.A. Ring, G.H. Roehrig, *Int. J. Sci. Educ.* **2019**, 41(12), 1701-1720, <https://doi.org/10.1080/09500693.2019.1638531>; d) K. Wilson, *Int. J. Sci. Math. Educ.* **2021**, 19, 881-897, <https://doi.org/10.1007/s10763-020-10103-8>.
- [13] a) M. R. Blanchard, S. A. Southerland, E. Granger, *Sci. Ed.* **2009**, 93, 322-360, <https://doi.org/10.1002/sce.20298>; b) E.M. Furtak, T. Seidel, H. Iverson, D.C. Briggs, *Rev. Educ. Res.* **2012**, 82, 300-329, <https://doi.org/10.3102/0034654312457206>; c) I. Willbergh, *J. Curr. Stud.* **2015**, 47(3), 334-354, <https://doi.org/10.1080/00220272.2014.1002112>; d) A. Tahirsylaj, D. Sundberg, *Curr. Persp.* **2020**, 40, 131-145, <https://doi.org/10.1007/s41297-020-00112-6>; e) M. A. Takeuchi, P. Sengupta, M.C. Shanahan, J. D. Adams, M. Hachem, *Stud. Sci. Educ.* **2020**, 56(2), 213-253, <https://doi.org/10.1080/03057267.2020.1755802>; f) D. Lombardi, T. F. Shiple et al., *PSPI*, **2021**, 22(1), 8-43; g) P. Doolittle, K. Wojdak, A. Walters, *Teaching & Learning Inquiry*, **2023**, 11, 1-23, <https://doi.org/10.20343/teachlearninq.11.25>.
- [14] H. Seviran, V. Talanquer, *Chem. Educ. Res. Pract.* **2014**, 15, 10-23, <https://doi.org/10.1039/C3RP00111C>.
- [15] B. M. Reynante, M. E. Selbach-Allen, D. R. Pimentel, *Sci. & Educ.* **2020**, 29(4), 785-803, <https://doi.org/10.1007/s11191-020-00121-x>.
- [16] a) K. Kapp, *The gamification of learning and instruction: Game-based methods and strategies for training and education*, Pfeiffer, **2012**; b) J. Rodrigues-Silva, A. Alsina, *Revista Práxis* **2023**, 20(1), 188-212, <https://doi.org/10.25112/rpr.v1.3170>.
- [17] G. Luri, *La escuela no es un parque de atracciones. Una defensa del conocimiento poderoso*, Ariel, **2019**.
- [18] a) M. Young, *J. Educ. Work* **2009**, 22, 193-204, <https://doi.org/10.1080/13639080902957848>; b) M. Young, *J. Curric. Stud.* **2013**, 45(2), 101-118, <https://doi.org/10.1080/00220272.2013.764505>; c) M. Young, J. Muller, *Rev. Educ.* **2013**, 1(3), 229-250, <https://doi.org/10.1002/rev3.3017>.
- [19] P. Shekhar, M. Borrego, M. DeMonbrun, C. Finelli, C. Crockett, K. Nguyen, *J. Coll. Sci. Teach.* **2020**, 49(6), 45-54, <https://doi.org/10.1080/0047231X.2020.12290664>.
- [20] a) J. L. González-Geraldo, F. Monroy, B. del Rincón Igea, *Educación XX1*, **2021**, 24(1), 213-232, <https://doi.org/10.5944/educxx1.26725>; b) R. Porlán, A. Pérez-Robles, G. Delord, *Ens. Cien.* **2024**, 42(1), 5-22, <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.5998>.
- [21] C. C. Johnson, C. M. Czerniak, en *Handbook of Research on Science Education*, vol. III, (Eds.: D. L. Zeidler, N. G. Lederman, J. S. Lederman), Routledge, **2023**, pp. 559-585.
- [22] a) M. K. Seery, *Chem. Educ. Res. Pract.* **2015**, 16, 758, <https://doi.org/10.1039/C5RP00136F>; b) M. I. Zakaria, S. M. Maat, F. Khalid, *Creative Education* **2019**, 10, 2671-2688, <https://doi.org/10.4236/ce.2019.1012194>; c) A. Manzano-León, P. Camacho-Lazarraga, M. Guerrero, L. Guerrero-Puerta, J. Aguilar-Parra, R. Trigueros, A. Alias, *Sustainability* **2021**, 13, 2247, <https://doi.org/10.3390/su13042247>; d) A. Veldkamp, L. van de Grint, M.C.P. Knippels, W.R. van Joolingen, *Educ. Res. Rev.* **2020**, 31, 100364, <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2020.100364>; e) C. Bosch-Farré; J. Cicres; J. Patiño-Masó, P. Morera-Basuldo, P. Toran-Monserrat, A. Lladó-Martínez; M. C. Malagón-Aguilera, *Educación XX1* **2024**, 27(1), 19-56, <https://doi.org/10.5944/educxx1.35773>.
- [23] a) T. Lag, R.G. Saele, *AERA Open* **2019**, 5(3), 1-17; b) C. L. Harvis, *C & EN* **2020**, 98(3); c) G. Zhu, *Education Tech. Research Dev.* **2021**, 69, 733-761, <https://doi.org/10.1007/s11423-021-09983-6>; d) M. Kapur, J. Hattie, I. Grossman, T. Sinha, *Front. Educ.* **2022**, 7, 956416, <https://doi.org/10.3389/feeduc.2022.956416>; e) F. I. McLure, K. S. Tang, P. J. Williams, *Int. J. STEM Educ.* **2022**, 9(1), <https://doi.org/10.1186/s40594-022-00390-8>.
- [24] a) T. M. Andrews, M. J. Leonard, C. A. Colgrove, S. T. Kalinowski, *CBE Life Sci. Educ.* **2011**, 10, 394-405, <https://doi.org/10.1187/cbe.11-07-0061>; b) M. Stains, T. Vickrey, *CBE Life Sci. Educ.* **2017**, 16(1), 1-11, <https://doi.org/10.1187/cbe.16-03-0113>; c) C. K. Lo, K.F. Hew, *Res. Pract. Tech.* **2017**, 12(4); d) S. F. Bancroft, M. Jalaeian, S. R. John, *J. Chem. Educ.* **2021**, 98, 2143-2155, <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c01327>.
- [25] a) I. Willbergh, *Nordic Journal of Pedagogy & Critique* **2016**, 2, 111-124; b) M. Young, J. Muller, *Eur. J. Educ.* **2010**, 45(1), 11-27, <https://doi.org/10.1111/j.1465-3435.2009.01413.x>; c) J. Muller, M. Young, *Curric.* **2019**, 30(2), 196-214, <https://doi.org/10.1080/09585176.2019.1570292>; d) J. Quílez, *Anales de Química RSEQ* **2021**, 117(1), 7-8; e) J. A. De Azcárraga, *Rev. Esp. Pedagog.* **2022**, 80(281), 111-129, <https://doi.org/10.22550/REP80-1-2022-08>; f) F. López-Rupérez, *Rev. Esp. Pedagog.* **2022**, 80(281), 55-68, <https://doi.org/10.22550/REP80-1-2022-05>.
- [26] a) L. S. Shulman, *Educ. Res.* **1986**, 15(2), 4-14, <https://doi.org/10.3102/0013189X015002004>; b) L. S. Shulman, *Harv. Educ. Rev.* **1987**, 57(1), 1-22, <https://doi.org/10.17763/haer.57.1.j463w79r56455411>; c) V. Kind, K. K. H. Chan, *Int. J. Sci. Educ.* **2019**, 41(7), 964-978, <https://doi.org/10.1080/09500693.2019.1584931>; d) J. H. van Driel, A. Hume, A. Berry, en *Handbook of Research on Science Education*, vol. III, (Eds.: D. L. Zeidler, N. G. Lederman, J. S. Lederman), Routledge, **2023**, pp. 1123-1161.
- [27] A. Galán, *Educación XX1* **2022**, 25(2), 9-11.
- [28] E. Liesa, P. Mayoral, *Ámbitos de Psicopedagogía* **2019**, 50, 63-77; b) J. L. del Río, *Márgenes. Revista de Educación de la Universidad de Málaga* **2023**, 4(1), 7-19, <https://doi.org/10.24310/mgnmar.v4i1.15923>.

- [29] A. García-Carmona, *Cuestiones Pedagógicas. Revista de Ciencias de la Educación* **2023**, 2(32), 43-64.
- [30] a) J. K. Gilbert, O. De Jong, R. Justi, D. Treagust, J. van Driel, *Chemistry Education: towards Research-based Practice*, Kluwer, **2003**, <https://doi.org/10.1007/0-306-47977-X>; b) K. S. Taber, *Chem. Educ. Res. Pract.* **2015**, 16, 6-8, <https://doi.org/10.1039/C4RP90014F>; c) M. M. Cooper, R. L. Stowe, *Chem. Rev.* **2018**, 118, 6053-6087, <https://doi.org/10.1021/acs.chemrev.8b00020>; d) K. S. Taber, *DISER* **2019**, 1(1), 5.
- [31] J. Hattie, *Scholarsh. Teach. Learn. Psychol.* **2015**, 1(1), 79-91.
- [32] a) J. Osborne, S. Simon, S. Collins, *Int. J. Sci. Educ.* **2003**, 25(9), 1049-1079, <https://doi.org/10.1080/0950069032000032199>; b) A. Krapp, M. Prenzel, *Int. J. Sci. Educ.* **2011**, 33(1), 27-50, <https://doi.org/10.1080/09500693.2010.518645>; c) P. Potvin, A. Hasni, *Stud. Sci. Educ.* **2014**, 50(1), 85-129, <https://doi.org/10.1080/03057267.2014.881626>.
- [33] a) G. Sirham, *J. Tur. Sci. Educ.* **2007**, 4(2), 2-20; b) B. L. L. Ng, W. C. Liu, C. K. Wang, *Int. J. Sci. Math. Educ.* **2016**, 14, 1359-1376, <https://doi.org/10.1007/s10763-015-9654-1>; c) C.-L. Wang, P.-Y. Liou, *Int. J. Sci. Educ.* **2017**, 39(7), 898-917, <https://doi.org/10.1080/09500693.2017.1310410>.
- [34] J. Quílez, C. Segura, M. Cardenosa, E. Thibaut, J. Olmo, R. Crespo, J. M. Azkarraga, *MSEL* **2017**, 10(1), 113-133, <https://doi.org/10.4995/msel.2017.6545>.
- [35] a) M. C. Wang, G. D. Haertel, H. J. Walberg, *Rev. Educ. Res.* **1993**, 63(3), 249-294, <https://doi.org/10.3102/00346543063003249>; b) M. Kunter, J. Baumert, O. Köller, *Learning and Instruction* **2007**, 17, 494-509, <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2007.09.002>; c) J. Hattie, *Visible learning for teachers*, Routledge, **2012**, <https://doi.org/10.4324/9780203181522>.
- [36] J. Osborne, *Sci. Ed.* **2019**, 103(5), 1280-1283, <https://doi.org/10.1002/sce.21543>.
- [37] a) J. Quílez, *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências* **2016**, 16(2), 449-476; b) J. Quílez, *Educación Química* **2016**, 27(2), 105-114, <https://doi.org/10.1016/j.eq.2015.10.002>; c) J. Quílez, *Stud. Sci. Educ.*, **2019**, 55(2), 121-167, <https://doi.org/10.1080/03057267.2019.1694792>; d) J. Quílez, *Int. J. Sc. Educ.* **2021**, 43(9), 1459-1482, <https://doi.org/10.1080/09500693.2021.1918794>; e) K. S. Tang, *Discourse strategies for science teaching & learning: Research and practice*, Routledge, **2020**, <https://doi.org/10.4324/9780429352171>; f) A. Ramos, *Educación Química* **2022**, 33(3), 1-8, <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2022.3.83073>.
- [38] I. Eilks, A. Hofstein. *Relevant Chemistry Education. From Theory to Practice*, Sense, **2015**, <https://doi.org/10.1007/978-94-6300-175-5>
- [39] a) C. Winch, A. Oancea, J. Orchard, *Oxf. Rev. Educ.* **2015**, 41(2), 202-216, <https://doi.org/10.1080/03054985.2015.1017406>; b) J. Hordern, M. T. Totto, *Oxf. Rev. Educ.* **2018**, 44(6), 686-701, <https://doi.org/10.1080/03054985.2018.1438254>.
- [40] J. Sjöström; I. Eilks; V. Talanquer, *J. Chem. Educ.* **2020**, 97(4), 910-915, <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.9b01034>.
- [41] P. Hanley, R. Thompson, *Teach. Teach. Educ.* **2021**, 98, 103233, <https://doi.org/10.1016/j.tate.2020.103233>.
- [42] J-M. G. Rodríguez, M. H. Towns, *J. Chem. Educ.* **2019**, 96, 1797-1803, <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.9b00415>.
- [43] J. Bond-Robinson, *Chem. Educ. Res. Pract.* **2005**, 6(2), 83-103, <https://doi.org/10.1039/B5RP90003D>.



Juan Quílez

GEDH – RSEQ

C-e: jquilez@uji.es

ORCID: 0000-0001-5428-4617

Juan Quílez es doctor en Ciencias Químicas. Ha sido catedrático de Física y Química, director de instituto, asesor en centros de formación permanente y profesor de formación inicial del profesorado en las universidades de Valencia y Jaume I. Sus principales líneas de investigación educativa son el lenguaje de la química, la historia de la química, el estudio didáctico del equilibrio químico y el análisis crítico del currículum de química de secundaria, así como del enfoque STEM integrado. También ha publicado libros de texto de Física y Química de bachillerato.

Detectando patrones anómalos de publicación científica en España (II). Las causas: el impacto del sistema de evaluación científica

Detecting anomalous patterns of scientific publication in Spain (II).
The causes: the impact of the scientific evaluation system

Emilio Delgado López-Cózar* y Alberto Martín-Martín

Facultad de Comunicación y Documentación. Universidad de Granada

PALABRAS CLAVE:

Comunicación científica, publicación científica, revistas científicas, editoriales científicas, tendencias de publicación, evaluación científica, evaluación rendimiento investigador, indicadores bibliométricos, Web of Science, Journal Citation Reports, MDPI, Frontiers, España

KEYWORDS:

Scholarly communication, academic publishing, scientific journals, scientific publishers, publication trends, scientific evaluation, research performance evaluation, bibliometric indicators, Web of Science, Journal Citation Reports, MDPI, Frontiers, Spain

RESUMEN:

Constatada la alteración en los patrones de publicación científica en España en la última década pero especialmente entre los años 2017 y 2021, este trabajo pretende buscar explicaciones que esclarezcan los motivos que los han provocado. El factor clave que explica el cambio en el comportamiento de publicación de los científicos españoles es el sistema de evaluación científica imperante que premia preferentemente la publicación y las actividades editoriales en revistas bien posicionadas en los Journal Citation Reports o sucedáneos. Los méritos contemplados para la acreditación del profesorado universitario así como los indicios de calidad empleados para otorgar los sexenios (complementos de productividad en investigación) son testimonio explicativo de este fenómeno. Esta demanda de publicación será satisfecha por editoriales de nuevo cuño que necesitadas de clientes (autores y artículos) para hacer florecer sus negocios despliegan una estrategia de puertas abiertas y unas prácticas editoriales muy eficientes (gran rapidez a módicos costes publicando en acceso abierto) que las hace enormemente atractivas para investigadores como los españoles tan necesitados de publicación y de méritos editoriales. Se describen pormenorizadamente estas estrategias que han llevado a estas editoriales a fagocitar el sistema de publicación científica en España

ABSTRACT:

Given the observed alteration in the patterns of scientific publication in Spain over the last decade, but especially between 2017 and 2021, this work focuses on seeking explanations that clarify the reasons that have caused them. We argue that the key factor that explains the changes in the publication behaviour of Spanish researchers is the system of research evaluation currently in effect. The Spanish system preferentially rewards publications and editorial activities in journals that are highly ranked in the Journal Citation Reports or substitutes. These criteria permeate in the evaluation programmes that regulate access of researchers to tenure track and tenure positions, as well as the subsequent research evaluations to which Spanish researchers can subject themselves regularly. Positive outcomes in these evaluations result in economic and career benefit. The demand for publication in Spain is thus now increasingly being served by young publishers that operate under the APC business model, and which have successfully enlisted the collaboration of a large number of researchers by offering highly expeditious publishing services, lower prices than competing publishers, and the opportunity to participate in editorial roles. These strategies, which are increasingly absorbing the Spanish scholarly publishing system, are described in detail.

1. El impacto del sistema español de evaluación científica.

Que los sistemas de evaluación de la investigación adoptados en un país tienen efectos sistémicos sobre la orientación de la ciencia en dicho país es una evidencia que no necesita de proclamaciones solemnes en manifiestos,^[1-2] ni revisiones bibliográficas más o menos exhaustivas.^[3]

Como atinadamente señalan Smaldino y McElreath “cuando los investigadores son recompensados principal-

mente por publicar entonces se seleccionan los hábitos que promueven la publicación. Desafortunadamente esos hábitos pueden socavar directamente el progreso científico y (...) tener consecuencias particulares en la ecología de las comunidades científicas” llevando a lo que ellos llaman el proceso de “la selección natural de la mala ciencia”.^[4] Esta dinámica no requiere ninguna estrategia consciente (ni trampa ni holgazanería deliberada) por parte de los científicos,

CÓMO CITAR: E. Delgado López-Cózar, A. Martín-Martín.. An. Quím. RSEQ 2024, 120, 67-84, DOI: 10.62534/rseq.aq.1946

* Ce: edelgado@ugr.es

sólo que la publicación sea el factor principal para el avance profesional.

Pues bien todos estos efectos y, muy especialmente la alteración de los comportamientos y hábitos de publicación de los científicos han sido advertidas reiteradamente en España desde los años noventa del siglo pasado hasta hoy: "Changes on publishing behavior in response to research policy guidelines...";^[5] "Impact-factor rewards affect Spanish research";^[6] "Impact of the impact factor in Spain";^[7] "Los efectos del efecto Aneca...";^[8] "Reception of Spanish sociology by domestic and foreign audiences differs and has consequences for evaluation";^[9] "El factor de impacto de las revistas científicas sigue siendo ese número que devora la ciencia española: ¿hasta cuándo?";^[10] "Análisis de las dinámicas de producción de conocimiento científico bajo el sistema de evaluación de la calidad de la educación superior y la ciencia";^[11] "The footprint of a metrics-based research evaluation system on Spanish philosophical scholarship...";^[12] "Luces y Sombras del Proceso de Acreditación a Catedrático de Universidad: El Caso de las Áreas de Educación (2018-2022)".^[13]

El razonamiento es muy simple y de una lógica concluyente:

- Si la investigación es la dimensión más y mejor valorada por un sistema de evaluación académico, los científicos dedicarán todos sus afanes a cultivar esta dimensión, orillando o abandonando, si llega el caso, todas aquellas actividades que la entorpezcan.
- Si las publicaciones, especialmente en formato de artículos de revista, son los resultados preferentemente valorados dentro de las actividades investigadoras, los académicos volcarán toda su energía en ello.
- Si la publicación de un número de artículos, variable según campo científico, en revistas que figuren en los *Journal Citation Reports* (JCR) o sucedáneos, bien posicionadas en los rankings (normalmente Q1-Q2 o Q3-Q4, según los casos) es el requisito exigido obligatoriamente para obtener una puntuación que permita la acreditación en las distintas escalas docentes (acceder y progresar en la carrera académica) o un sexenio de investigación, requerimiento imprescindible para poder desenvolverse en muchas actividades académicas (desde poder avalar becas, dirigir tesis doctorales, participar en tribunales hasta poder formar parte del plantel docente de las enseñanzas de master o doctorado o, incluso, afectar a la distribución de las cargas de trabajo en la universidad –"cargas docentes=horas de clase"-) los académicos procurarán hacer esto a toda costa; y desgraciadamente lo harán por todo tipo de vías. Su entrada y progreso en la academia está en juego.

1.1 El d-efecto ANECA: méritos para prosperar en la academia española

Aunque España lleva desde la última década del siglo pasado una política encaminada en esta dirección (el efecto CNEAI fue acuñado en 2002, el efecto ANECA en 2011, transformado en d-efecto ANECA en 2015),^[8,14-15] creemos que los anómalos cambios detectados en los hábitos de publicación de los científicos españoles en este estudio tienen sus causas inmediatas en la reforma de los criterios de acreditación iniciados por ANECA en 2015^[16] y concretados en los criterios aparecidos en 2017.^[17] Justamente en ese año se reajustan los requisitos obligatorios en las distintas escalas y se formalizan diversos criterios complementarios y específicos que han actuado de poderosos incentivos para modelar la conducta publicadora de los científicos. Sumariamente estos estímulos han sido los siguientes:

- A. Exigir como méritos obligatorios un número de artículos pu-

blicados preferentemente en revistas JCR, SJR o sucedáneos, que van desde unas decenas a más de un centenar según campos de conocimiento, de los cuales una buena porción de ellos deben figurar en revistas de primer nivel (normalmente Q1-Q2 o Q3-Q4, según los casos). Estos son los méritos imprescindibles y decisivos para acreditarse. Para que pueda observarse el rango de publicaciones exigidas según categoría profesional hemos mostrado en el Anexo 1 los requisitos necesarios obligatorios mínimos (calificación B) para superar la evaluación en la categoría de méritos por actividades de investigación en las acreditaciones a Profesor Titular (Calificación B), así como los requisitos que aseguran la máxima calificación (calificación A) en el caso de los Catedráticos, la figura con la que se corona la carrera académica. De esta manera, presentamos los mínimos para ser profesor funcionario estable y los máximos posibles que indicarían la excelencia desde el punto de vista de nuestro sistema evaluativo.

- B. Contemplar como méritos que pueden apoyar o complementar la evaluación positiva, todas aquellas publicaciones que, cumpliendo unas determinadas características, no hayan podido ser incluidas en los méritos obligatorios.
- C. Introducir toda una serie de actividades editoriales que pueden emplearse como méritos complementarios que coadyuven a una evaluación positiva (Anexo 2). A saber: Ser editor o editor asociado de una revista JCR o similar, actuar de editor invitado, formar parte de comités editoriales de revistas JCR o similar, ser revisor habitual de revistas JCR o similar. En el anexo 2 se incluyen agrupadas por ramas de conocimiento todas las formulaciones de los méritos que figuran en los distintos campos en que se desenvuelve la evaluación en ANECA.

Y no sólo este tipo de méritos son exigidos en los procesos de acreditación y contratación del profesorado y los investigadores sino que afectan a todo el ecosistema español de ciencia. En otro lugar escribíamos que los incentivos a la publicación y las métricas de revistas "han penetrado en todas las instituciones con responsabilidades sobre la investigación que se genera en el país (agencias de financiación, evaluación, universidades, centros de investigación, hospitales, centros culturales) aplicándose inmisericordemente a todos los niveles, desde autores o grupos a instituciones pasando por becas, programas, proyectos y planes de toda clase y condición. Este requisito está omnipresente en los textos de las convocatorias promovidas por las principales agencias de evaluación y financiación de España".^[10]

Pues bien, estos poderosos incentivos estimularon a los investigadores españoles a buscar acomodo en revistas que les permitieran cumplir sus sueños editoriales facilitando la obtención de todos estos méritos.

2. La irresistible atracción de las editoriales de nuevo cuño: MDPI y Frontiers

La demanda fue y sigue estando actualmente satisfecha por una serie de editoriales, de nuevo cuño, que bajo el señuelo del acceso abierto al conocimiento han construido un floreciente negocio basado en el pago por publicación de APCs (Article Processing Charges) con unas técnicas comerciales calificadas como piramidales.^[18]

Estas editoriales han desplegado una estrategia de puertas abiertas y unas prácticas editoriales muy eficientes (gran rapidez a módicos costes) que las hacen enormemente atractivas para investigadores como los españoles tan necesitados de pu-

Tabla 1. Posicionamiento según cuartiles en los JCR de las 39 revistas editadas por MDPI y Frontiers que han publicado más artículos de autores españoles entre 2017 y 2021

Revista	2017	2018	2019	2020	2021	N artículos aut. esp.
Sustainability	Q2	Q2	Q2	Q2	Q2	4.066
Int. J. Environmental Research Public Health	Q2	Q1	Q1	Q1	Q1	3.942
Sensors	Q2	Q1	Q1	Q1	Q2	2.638
Applied Sciences	Q3	Q2	Q2	Q2	Q2	2.238
International Journal of Molecular Sciences	Q2	Q2	Q1	Q1	Q1	2.078
Nutrients	Q1	Q1	Q1	Q1	Q1	1.625
Frontiers in Psychology	Q2	Q2	Q2	Q2	Q1	1.598
Journal of Clinical Medicine	Q1	Q1	Q1	Q1	Q2	1.533
Energies	Q2	Q3	Q3	Q3	Q3	1.506
Molecules	Q2	Q2	Q2	Q2	Q2	1.196
Materials	Q2	Q2	Q2	Q1	Q1	1.118
Mathematics		Q1	Q1	Q1	Q1	1.096
Foods		Q2	Q1	Q2	Q1	927
Cancers		Q1	Q1	Q1	Q2	895
Polymers	Q1	Q1	Q1	Q1	Q1	887
Frontiers in Microbiology	Q2	Q1	Q1	Q1	Q1	879
Remote Sensing	Q2	Q1	Q2	Q1	Q1	879
Animals		Q1	Q1	Q1	Q1	802
Water	Q2	Q2	Q2	Q2	Q2	790
Frontiers in Immunology	Q1	Q2	Q1	Q1	Q1	742
Frontiers in Plant Science	Q1	Q1	Q1	Q1	Q1	729
Agronomy		Q1	Q1	Q1	Q1	726
Nanomaterials		Q1	Q1	Q1	Q1	717
Electronics	Q2	Q3	Q2	Q3	Q3	665
Antioxidants		Q1	Q1	Q1	Q1	596
Frontiers in Physiology	Q1	Q2	Q1	Q1	Q1	493
Metals		Q1	Q1	Q2	Q2	470
Cells		Q1	Q2	Q2	Q2	449
Frontiers in Marine Science		Q1	Q1	Q1	Q1	428
Symmetry		Q2	Q2	Q2	Q2	428
Pharmaceutics		Q1	Q1	Q1	Q1	425
Plants		Q2	Q1	Q1	Q1	413
Catalyst		Q2	Q2	Q2	Q2	399
Microorganisms		Q2	Q2	Q2	Q2	389
Entropy		Q2	Q2	Q2	Q2	382
Forests		Q2	Q1	Q1	Q1	371
Genes		Q2	Q2	Q2	Q2	333
Frontiers in Pharmacology	Q1	Q1	Q1	Q1	Q1	313
Biomolecules		Q1	Q2	Q2	Q2	300
Total artículos						40.461

Fuente de datos: Elaboración propia a partir de datos de JCR y Woscc

blicación y de méritos editoriales. El por qué los autores españoles quedaron y siguen estando seducidos se entenderá con facilidad al comprobar la sugestiva oferta de estas editoriales: publicar en revistas con impacto, muy rápido, barato, acceder a cargos editoriales fácilmente especialmente como editores de números especiales, con evaluaciones más suaves, publicando en acceso abierto con lo que se cumplen los mandatos gubernamentales al respecto. A continuación, desgranemos cada uno de estos estimulantes acicates.

2.1 Publicar en revistas con impacto

La mayoría de las revistas patrocinadas por MDPI o Frontiers no sólo están indexadas en la *Web of Science* y *Scopus*, especialmente aquellas que son más productivas, sino que ostentan prominentes índices de impacto con lo que aseguran que la mayoría de los artículos publicados sean rentables académicamente para los investigadores españoles. A día de hoy, de los 1.184.381 artículos producidos por MDPI según *Scilit*, 1.098.027 (92,7%) están indexados en *Woscc* (*Web of*

Science core collection); en el caso de *Frontiers* el porcentaje alcanza el 84,1% (405.129 indicados en la *Woscc* de 481.559 publicados). Pero lo más importante es que la mayoría de las revistas de estas editoriales, las más productivas, están muy bien posicionadas según su índice de impacto (Q1-Q2, Q3) en *JCR* (Tabla 1) o sucedáneos. Los artículos publicados en estas editoriales sirven para alcanzar las más altas calificaciones fijadas por las agencias de evaluación españolas, tal como hemos visto en el anexo 1. Mayoritariamente sirven tanto para acreditarse como para obtener sexenios. Como las revistas pueden clasificarse en diferentes categorías temáticas y alcanzar posiciones distintas en cada una de ellas, ANECA da la opción de elegir el factor de impacto más alto, esto es, el que más beneficia a los intereses del solicitante. Este punto es clave. Como puede apreciarse en la Tabla 1, donde hemos incluido las 39 revistas de *MDPI* y *Frontiers* con más producción de autores españoles en la *Woscc*, prácticamente todas oscilan entre el Q1 y Q2 en los rankings de los *JCR*. La rentabilidad académica que proporcionan los 40.461 artículos publicados por españoles en esas revistas entre 2017 y 2021 es máxima.

Lo cierto y verdad es que muchos autores españoles consiguieron colocar sus artículos en revistas tan bien posicionadas en términos de cuartiles gracias a estas editoriales, pudiendo presentar currículos esplendorosos.

Por último, no podemos concluir este apartado sin mencionar un hecho relevante que ha acaecido en marzo de 2023^[19] y que muestra a las claras lo determinante que es el factor de impacto de una revista para su desempeño y buena salud y como este actúa como su principal reclamo. Nos referimos a la expulsión de la *Web of Science* del *International Journal of Environmental Research and Public Health*, la revista con más artículos publicados por los autores españoles en 2021 y 2022 en la *Woscc* y la revista más productiva de *MDPI*. Esta expulsión implica no solo la no indización del contenido publicado a partir de ahora en la base de datos sino dejar de recibir el factor de impacto para la revista en los *JCR* a partir de 2023. Como puede apreciarse en el Gráfico 1, esta decisión ha conducido al desplome del número de artículos publicados por la revista. Si en enero de 2023 habían publicado 1.818 artículos (cifra récord de la revista desde su fundación en 2004), en octubre solo se habían publicado 135, un valor que retrotrae a la revista a un nivel por debajo del alcanzado en 2017. Evidentemente la revista deja de ser atractiva para los autores, entre ellos, los españoles que ya le están dando la espalda.

2.2. Publicar muy rápido

Estas revistas aseguran publicar inmediatamente. En algo más de dos semanas se posee una primera decisión sobre la suerte del artículo; y en poco más de un mes puede el artículo ser publicado. En el cuatrienio 2018-2021 *MDPI* tuvo una mediana de 39 días entre la recepción y publicación.^[21] En el caso de *Frontiers* era de 89 días.^[22] Revistas de la competencia tenían tiempos que oscilaban entre 144 y 200 días.^[23-24]

Estos datos vienen a coincidir sustantivamente con los arrojados por un estudio donde se cuantifica la producción científica de autores húngaros^[25] (Gráfico 2). Aunque *MDPI*

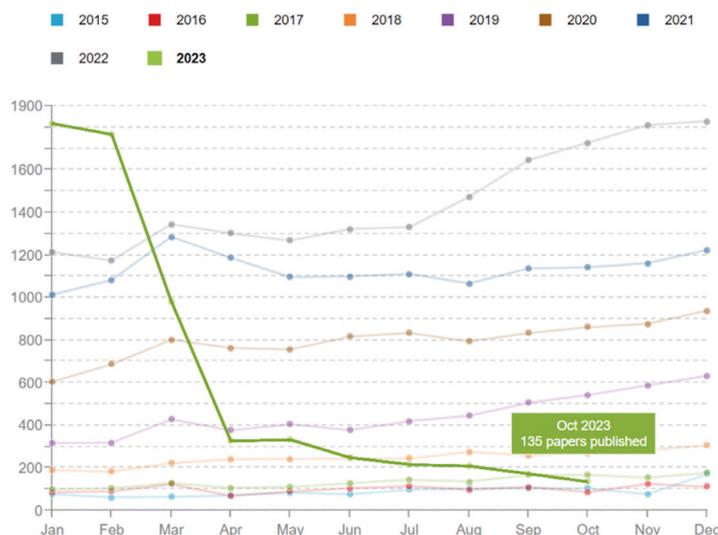


Figura 1. Evolución del número de artículos publicados mensualmente en el *International Journal of Environmental Research and Public Health* entre 2015 y 2023. Reproducido de Ref. [20].

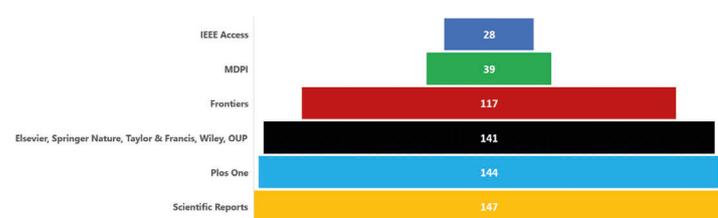


Figura 2. Número de días que media entre la recepción y publicación online de los artículos firmados por autores húngaros en revistas indizadas en SCI y SSCI en 2021. Reproducido de Ref. [25].

es aventajada por una revista multidisciplinar de computación (*IEEE Access*) supera en rapidez de publicación a todas las editoriales de la competencia.

Para contextualizar adecuadamente y ponderar lo que significan estos datos de velocidad de publicación hay que compararlos con lo que ocurre a nivel mundial. Petrou^[26] en un estudio longitudinal basado en una muestra de 700.000 artículos publicados en 10.000 revistas editadas por las principales multinacionales de la edición (*Elsevier, Springer Nature, Wiley, MDPI, Taylor & Francis, Frontiers, ACS, Sage, OUP, Wolters Kluwer*), que concentran más de dos tercios de los artículos publicados en el mundo, encontró una reducción de los tiempos de publicación de 36 días entre los años 2011-2012 (199 días) y 2019-2020 (163 días).

Pero lo realmente sorprendente es que mientras todas las editoriales estudiadas excluidas *MDPI* sólo redujeron el tiempo del proceso de revisión (la fase más crítica en la publicación científica) en un día (151 a 150) en la última década, *MDPI* fue capaz de bajar de 54 días a 37. *American Chemical Society* (*ACS*) la siguiente editorial más rápida en ese estudio tardaba 74 días, justamente el doble que *MDPI*. No sólo *MDPI* se aleja de patrón normal de publicación de las editoriales en el mundo sino que lo más milagroso es que a medida que *MDPI* se hizo más grande más reducía el tiempo necesario para la velocidad general de revisión por pares y el resto de tareas necesarias para la publicación. Recuérdese que *MDPI* multiplicó su producción

Tabla 2. Tiempos de publicación en 2022 y variaciones respecto a 2016 de las top25 revistas más productivas de la editorial MDPI

Revistas	Tiempos de publicación	
	2022 Días	Cambio 2016-2022 %
Int. J. Env. Research Public Health	42	-36,3
Sustainability	42	-40,7
Int. J. Molecular Sciences	34	-34,2
Applied Sciences	37	-37,8
Sensors	37	-42,9
Energies	36	-48,9
Materials	36	-30,8
Molecules	33	-35,9
Journal of Clinical Medicine	39	-35,4
Remote Sensing	43	-46,7
Cancers	38	-36,9
Polymers	32	-33,7
Nutrients	33	-43,9
Mathematics	36	53,2
Nanomaterials	32	-39,0
Electronics	34	-49,0
Water	40	-44,6
Cells	41	-18,4
Foods	35	-39,3
Animals	43	-40,0
Plants	35	-43,1
Biomedicines	37	-26,9
Agronomy	36	-42,1
Diagnostics	36	-38,1
Pharmaceutics	37	-41,5

Fuente: Datos tomados de Ref. [27].

por treinta entre 2013 y 2022 (de 10.000 artículos al año a 300.000).

Igualmente resulta muy raro que todas las revistas exhiban un comportamiento uniforme (Tabla 2). Todas publican a velocidades similares (32-42 días) y todas bajan los tiempos de publicación en porcentajes muy parecidos (34-49%) entre 2016 y 2022, a excepción de Cells (18%). ¿Cómo es posible una conducta constante teniendo en cuenta que cada revista es un mundo con temáticas diferentes, equipos editoriales diversos, autores y revisores con idiosincrasias muy particulares?

Para un investigador publicar rápido es uno de los factores atractivos en tanto en cuanto implica dar a la luz pública sus ideas y descubrimientos sin dilación. Pero, además, ofrece inigualables oportunidades para incrementar su rendimiento de cara a los procesos de publicación. Así a un buen ritmo en un par de años se pueden conseguir entre seis y diez artículos. Si el trabajo es realizado en grupo (3-6 autores) y se aplica el principio de “división social del trabajo” pero

bajo una “autoría compartida” (todos firman todo) se puede llegar a publicar un imponente número de papers, más que suficientes para poder acreditarse y obtener sexenios en plazos reducidos.

2.3. Publicar barato

Publicar es barato en estas editoriales comparativamente con los precios que cobran grandes multinacionales de la edición como Elsevier,^[28] Springer-Nature,^[29] Wiley.^[30] Si por término medio el precio en 2022 del APC en una revista de Elsevier y Springer Nature oscila en torno a los 3.000 dólares, en Frontiers está en torno a los 2.000, en MDPI está en 1.360. No obstante, si nos atenemos al precio de las revistas cubiertas en WoScc más usadas por los investigadores españoles en 2022 (Tabla 3) el precio medio se eleva a 2.415 dólares en el caso de MDPI y a 2.834 en Frontiers. Obviamente, las revistas más demandadas alcanzan precios más onerosos.

Por otra parte, se constata el draconiano incremento de precios de las revistas más exitosas de MDPI y Frontiers conforme ganaban en aceptación y reputación. En la Tabla 3 puede apreciarse la evolución de los precios de las 39 revistas de MDPI y Frontiers indizadas en la WoScc más usadas por los investigadores españoles entre 2017 y 2023. En promedio las tarifas se han duplicado, aunque hay casos tan extremos como el de la revista *Mathematics* donde el precio se ha multiplicado por siete (de 403\$ en 2017 a 2990\$ en 2023). Es en las revistas de MDPI donde se han producido variaciones más acusadas; en Frontiers se aprecia estabilidad y subidas más comedidas, aunque bien es verdad que sus precios eran sustancialmente más elevados que los de MDPI.

Debe advertirse que estos precios no coinciden en la mayoría de los casos con los pagados realmente por los investigadores. MDPI, y en menor medida Frontiers, ha desarrollado una política de descuentos que hacen especialmente golosas sus revistas pues ofrece exenciones de tasas o rebajas parciales a revisores y distintos miembros de sus comités editoriales. Por cada revisión realizada los revisores reciben un bono descuento para su próxima publicación. Un incentivo retroalimentado: capturas a un revisor, lo fidelizas y lo transformas en autor; una fuente de negocio permanente e inagotable. Asimismo, los editores y, especialmente, los editores de números especiales poseen exención parcial o total, según los casos, en la publicación de próximos artículos.

Por último, cabe mencionar los descuentos que tanto MDPI como Frontiers ofrecen a aquellos autores que estén afiliados a alguna de las instituciones (universidades, sociedades, consorcios bibliotecarios...) que hayan firmado acuerdos o convenios de colaboración para la publicación. En el caso de MDPI, dentro del Institucional Open Access Program (IOAP) España tiene una presencia notable. En 2021 era el tercer país del mundo con más instituciones que habían firmado este acuerdo (Gráfico 3); sólo nos superan Estados Unidos y Alemania, pero dado el peso y tamaño que estos países tienen en la ciencia, podemos afirmar sin lugar a duda que España es el país líder en estos acuerdos en términos relativos. Otra anomalía que no debe pasar desapercibida y que ayuda a explicar los atípicos comportamientos de publicación españoles en estos últimos años.

En España, los autores de 72 instituciones pagan aproximadamente un 10% menos de la tasa fijada para cada revista (Anexo 3). Como puede apreciarse en el listado aquí figuran casi todas las universidades españolas, instituciones tan importantes en investigación como el CSIC y algunas sociedades científicas muy representativas en sus campos de conocimiento.

Tabla 3. Precios de los APCs de las Top39 revistas MDPI con más producción de autores españoles en la Web of Science entre 1997 y 2023

Revistas	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Sustainability	1610	1610	1610	2070	2185	2300	2760
Int. J. Env. Research Public Health	1840	1840	1840	2300	2645	2875	2875
Sensors	2070	2070	2070	2300	2530	2760	2990
Applied Sciences	1380	1610	1610	2070	2300	2645	2645
Int. J. Molecular Sciences	2070	2070	2070	2300	2300	2645	3335
Nutrients	1840	2070	2070	2300	2760	2990	3335
Frontiers in Psychology	2490	2950	2950	2950	2950	2950	3225
Journal of Clinical Medicine	748	748	1150	2300	2530	2760	2990
Energies	1725	1840	1840	2070	2300	2530	2990
Molecules	2070	2070	2070	2300	2300	2645	3105
Materials	1725	1840	1840	1840	2300	2645	2990
Mathematics	403	403	403	1150	1840	2070	2990
Foods	633	633	633	1840	2300	2530	3335
Cancers	978	1150	1150	2300	2530	2760	3335
Polymers	1610	1725	1725	2070	2530	2760	3105
Frontiers in Microbiology	2490	2950	2950	2950	2950	2950	3225
Remote Sensing	1840	2070	2070	2300	2760	2875	3105
Animals	748	748	1150	1840	2070	2070	2300
Water	1610	1725	1725	2070	2300	2530	2990
Frontiers in Immunology	2490	2950	2950	2950	2950	2950	3225
Frontiers in Plant Science	2490	2950	2950	2950	2950	2950	3225
Agronomy	633	633	1150	1840	2070	2300	2990
Nanomaterials	1380	1725	1725	2300	2530	2760	3335
Electronics	403	633	978	1610	2070	2300	2530
Antioxidants	633	633	633	1610	2300	2530	3335
Frontiers in Physiology	2490	2950	2950	2950	2950	2950	3225
Metals	1150	1380	1380	1840	2070	2300	2990
Cells	633	633	1150	2300	2300	2530	3105
Frontiers in Marine Science	1900	1900	1900	2490	2950	2950	3225
Symmetry	1150	1380	1380	1610	2070	2070	2760
Pharmaceutics	633	633	1150	2070	2530	2760	3335
Plants	633	633	633	1840	2070	2530	3105
Catalyst	1150	1495	1495	2070	2300	2530	3105
Microorganisms	403	633	633	1840	2300	2530	3105
Entropy	1725	1725	1725	1840	2070	2070	2990
Forests	1380	1610	1610	2070	2070	2300	2990
Genes	1380	1840	1840	2300	2300	2760	2990
Frontiers in Pharmacology	2490	2950	2950	2950	2950	2950	3225
Biomolecules	748	748	748	2070	2300	2415	3105
Promedio	1430	1594	1663	2175	2423	2608	3065

Fuente de datos: elaboración propia a partir de los datos incluidos en las páginas web registradas en Internet Archive

2.4. Acceder a cargos editoriales fácilmente

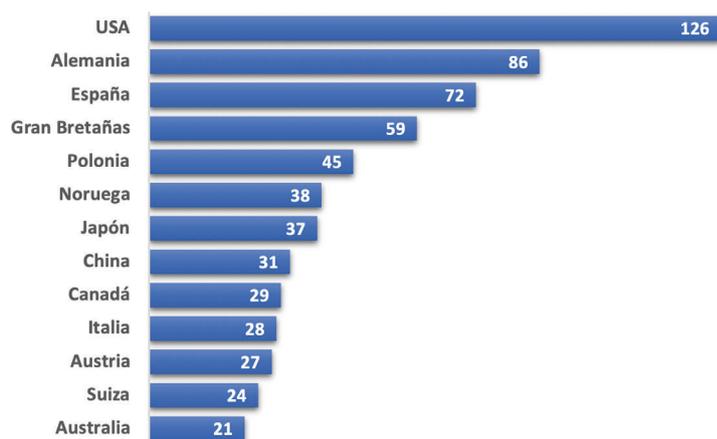
Estas nuevas revistas favorecen la incorporación a los distintos cargos editoriales que conforman el entramado científico de las revistas: editores, editores asociados de distinta naturaleza, editores invitados, revisores. Las estructuras de las oficinas editoriales no son uniformes y tienen cierta complejidad. Así en MDPI existen los siguientes puestos *Editor-in-Chief*, *Section Editor-in-Chief*, *Associate Editors*, *Advisory Board Members*, *Editorial Board Members*, *Section Board Members* cuyas responsabilidades están perfectamente definidas;^[33] en el caso de *Frontiers*, se cuenta con las siguientes figuras *Field Chief Editor*, *Speciality Chief Editor*, *Associate editor*.^[34] Basta para compro-

bar la efectividad de esta política de puertas abiertas con los números de científicos incorporados a sus equipos editoriales. En la Tabla 4 puede verse la composición actual de los comités editoriales y de los revisores de una muestra de revistas editadas por *Frontiers*.

De los datos anteriores se colige que el tamaño de los equipos editoriales es bastante superior a lo que tradicionalmente había sido la composición de los comités editoriales de las revistas científicas. En un estudio centrado en la comparación de los comités editoriales (*editorial boards*) de 54 revistas de MDPI que figuran en JCR en los años 2018 con las revistas líderes en impacto en sus respectivas categorías temáticas se

Tabla 4. Número de miembros de los equipos editoriales de una muestra de seis revistas editadas por Frontiers

Revistas	Nº Field Chief Editor	Nº Speciality Chief Editor	Nº Associate editor	Nº Review editor
Frontiers in Immunology	1	34	2980	10317
Frontiers in Marine Science	1	40	1187	5289
Frontiers in Microbiology	1	33	2235	9002
Frontiers in Pharmacology	1	1	1904	8043
Frontiers in Physiology	1	37	2174	9585
Frontiers in Plant Science	1	26	2032	8321
Frontiers in Psychology	1	6	2068	9079

**Figura 3.** Número de instituciones por país con acuerdos sobre publicación en acceso abierto con la editorial MDPI en 2021. Datos tomados de Ref. [19].

encontraron notables diferencias (Oviedo-García 2021). Así, mientras que las revistas MDPI tenían comités editoriales formados por una media de 222 componentes las revistas objeto de comparación tenían 16. Varias revistas de MDPI superaban los mil miembros: *Sustainability* con 1.145, *International Journal of Molecular Sciences* con 1.113, *Molecules* con 1.019.

Los reclamos incitando a los autores a presentar manuscritos, actuar como revisor o unirse al equipo editorial figuran por doquier en los portales web de las revistas (Anexo 4). Estas apelaciones suelen llegar a las cuentas de correo electrónico machaconamente constituyendo una suerte de spam académico que ya ha sido objeto de estudio.^[35-36] El bombardeo al que está sometida la bandeja de entrada del correo de un académico es constante: unos días tentándote a figurar en los comités editoriales, otros incitándote a ser editor de números especiales, y los más, espoleándote a ser autor o revisor, así como toda suerte de peticiones para que participes en algún evento o espacio creado por la editorial. En una encuesta realizada por Brockington^[37] para pulsar la opinión de los investigadores sobre diferentes prácticas de MDPI, el 81,6% de los científicos (952 de 1167) declararon haber recibido tres o más tipos diferentes de invitación bien fuera para revisar, enviar un artículo, editar un número especial o formar parte de un consejo editorial.

Utilizan todos los ardidés posibles, pero los más sofisticados son aquellos en los que los robots de mensajería de que disponen remiten automáticamente mensajes firmados por colegas conocidos, más o menos cercanos a tu persona, para conseguir que las invitaciones sean más creíbles y tentadoras.

Especialmente incisivos y atractivos son los ruegos para sugerir números monográficos (special issue en MDPI, research topic en Frontiers) donde se ocupará la apetecible posición de editor invitado (guest editor). Se anima a cualquier autor a postularse como editor de un número especial cuyo tema será definido por él mismo y en donde se encargará de sugerir potenciales artículos, autores y revisores (Anexo 5). De esta manera el editor invitado se convierte en un miembro más de la propia revista y en su principal agente comercial. Para la editorial el negocio es notable: legitima científicamente la revista, es un medio excelente de captación de artículos que al ser de pago aseguran el negocio editorial, externaliza el principal trabajo editorial (búsqueda de autores, revisores, promoción del número entre las redes personales de los editores invitados) a coste cero. A cambio, el editor invitado aparte de publicar gra-

uitamente en el número con un descuento especial si lo desea, recibe su certificado y su mérito correspondiente al mismo tiempo que consolida su red social y asienta su poder académico mediante la distribución de oportunidades de publicación y revisión; porque invitar a otros colegas a ser autores y/o revisores de una revista que cuenta -en términos de méritos para ANECA- es muy rentable en cuanto que genera servidumbres académicas muy provechosas para las futuras carreras profesionales. En fin, un negocio redondo para todos como bien ha sido atestiguado en un estudio de caso sobre *Sustainability*.^[38]

La cantidad de números especiales publicados por las revistas de estas editoriales ha alcanzado tal magnitud que ha sido objeto de detallada investigación. En un estudio centrado sobre los artículos publicados entre 2016 y 2020 en las 74 revistas de MDPI con factor de impacto calculado en JCR, Crosetto^[37] encontró que prácticamente el 70% de los artículos se habían publicado en números especiales con un crecimiento explosivo de este tipo de fascículos (de 990 números especiales en 2016 a 6.756 en 2020). (Gráfico 4).

Los datos que arroja el análisis de *Frontiers* son prácticamente idénticos. Petrou^[38] en un estudio sobre el número de artículos publicados en fascículos dirigidos por un editor invitado (guest editor) encontró que estos alcanzaban en el período 2016-2022 el 66% de lo publicado en revistas de *Frontiers* (Gráfico 5). También aquí el crecimiento de este tipo de fascículos había sido espectacular pues pasó del 49% en 2016 al 70% en 2022 (Figura 5).

La pregunta que cabe hacerse es ¿resulta normal que una revista publique más números especiales ("extraordinarios")

Tabla 5. Top países por número de miembros en los equipos editoriales de revistas científicas patrocinadas por las editoriales Elsevier, Sage, Cambridge University Press, Royal Society of Chemistry, Frontiers y MDPI en 2022

Posición	General			Elsevier			Sage			Cambridge Univ Press			R Soc of Chemistry			Frontiers			MDPI		
	Países	N edit.	%	Países	N edit.	%	Países	N edit.	%	Países	N edit.	%	Países	N edit.	%	Países	N edit.	%	Países	N edit.	%
1	USA	156624	26,3	USA	32843	29,1	USA	25006	43,2	USA	4478	35,9	USA	601	20,5	USA	63007	22,6	USA	1762	20,2
2	China	49585	8,3	China	8846	7,8	UK	6972	12,0	UK	2182	17,5	UK	292	9,9	China	31421	11,3	Italy	1618	18,5
3	Italy	38346	6,4	UK	8462	7,5	Australia	2624	4,5	Canada	663	5,3	China	370	12,6	Italy	24203	8,7	Spain	726	8,3
4	UK	27933	4,7	Italy	4089	3,6	Canada	2476	4,3	Australia	649	5,2	Germany	151	5,1	UK	17107	6,1	UK	616	7,1
5	Germany	23280	3,9	France	4695	4,2	India	1573	2,7	Germany	373	3,0	Japan	113	3,8	Germany	13124	4,7	France	439	5,0
6	Australia	20793	3,5	Germany	4536	4,0	China	1476	2,5	Netherlands	272	2,2	India	97	3,3	Spain	10892	3,9	Australia	409	4,7
7	Spain	19358	3,3	Spain	4261	3,8	Germany	1312	2,3	Italy	270	2,2	Canada	90	3,1	France	9507	3,4	Germany	366	4,2
8	Canada	18846	3,2	Australia	4214	3,7	Italy	1265	2,2	France	266	2,1	Australia	86	2,9	Australia	8859	3,2	Canada	296	3,4
9	France	18425	3,1	Canada	4116	3,6	France	946	1,6	China	237	1,9	France	77	2,6	Canada	7815	2,8	Portugal	229	2,6
10	India	15967	2,7	Japan	3247	2,9	Netherlands	975	1,7	Spain	181	1,4	Spain	62	2,1	India	7886	2,8	Greece	218	2,5
7	Spain	19358	3,3	Spain	4261	3,8	Germany	1312	2,3	Italy	270	2,2	Canada	90	3,1	France	9507	3,4	Germany	366	4,2
8	Canada	18846	3,2	Australia	4214	3,7	Italy	1265	2,2	France	266	2,1	Australia	86	2,9	Australia	8859	3,2	Canada	296	3,4
9	France	18425	3,1	Canada	4116	3,6	France	946	1,6	China	237	1,9	France	77	2,6	Canada	7815	2,8	Portugal	229	2,6
10	India	15967	2,7	Japan	3247	2,9	Netherlands	975	1,7	Spain	181	1,4	Spain	62	2,1	India	7886	2,8	Greece	218	2,5
11							Japan	677	1,2												
12							Spain	647	1,1												

Fuente: Datos tomados de Ref. [39].

Tabla 6. Número de editores de números especiales que figuran en una muestra de miembros del Editorial Board y Topical Advisory Panel en las revistas de MDPI Sustainability y International Journal of Environmental Research Public Health en 2023

Revistas	Consejo editorial					
	Muestra N	Españoles		Editores números especiales N	Españoles	
		%			%	
Sustainability	1020	100	9,8	666	62	9,3
Int. J. Env. Research Public Health	1020	63	6,2	545	40	7,3
Panel asesor temático						
Sustainability	1020	130	12,7	395	54	13,7
Int. J. Env. Research Public Health	878	144	16,4	511	83	16,2

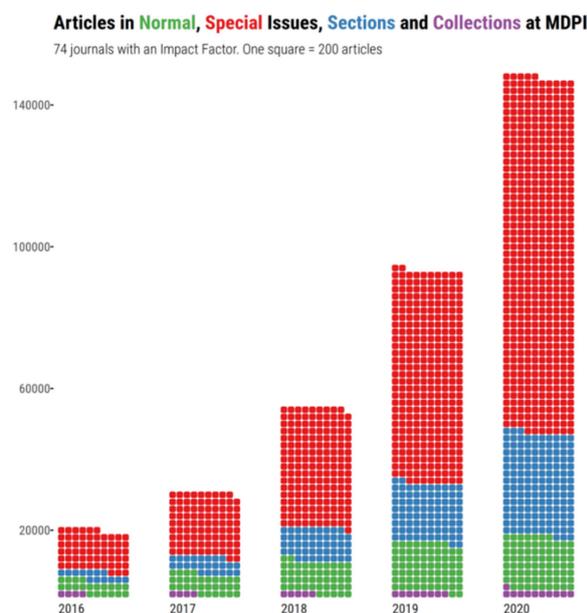


Figura 4. Número de artículos publicados en 74 revistas de MDPI con factor de impacto en JCR en distintos tipos de fascículos (2016-2020). Reproducido de Ref. [37]. Copyright con permiso de P. Crosetto

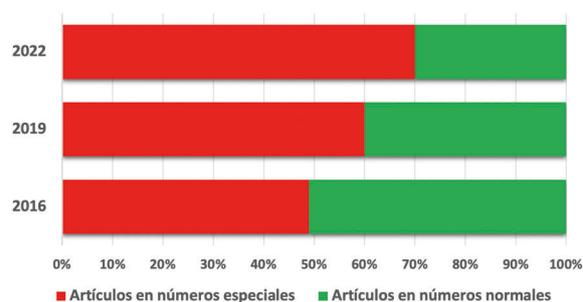


Figura 4. Número de artículos publicados en 74 revistas de MDPI con factor de impacto en JCR en distintos tipos de fascículos (2016-2020). Reproducido de Ref. [37]. Copyright con permiso de P. Crosetto

que ordinarios? ¿Es razonable que las 216 revistas de Frontiers hayan abierto 38.415 números especiales o que una revista como Sustainability mantenga abiertos a día de hoy 6.239 números especiales? ¿Es esta práctica editorial normal y razonable? Parece claro, a la vista de los datos aquí sinteti-

zados, que el crecimiento tan excepcional que han alcanzado estas editoriales en tan pocos años se asienta fundamentalmente en la publicación de este tipo de fascículos especiales.

Se trata de una estrategia editorial muy diferente a las empleadas por las elitistas revistas tradicionales donde no se ingresa a petición del científico sino por invitación muy selectiva de las propias revistas. Es bastante difícil figurar en equipos y comités editoriales que están controlados por reducidos círculos científicos que filtran y vetan el acceso a las elites académicas. No obstante, ante esta eficiente y lucrativa política de puertas abiertas las editoriales tradicionales empiezan ya a imitar y seguir la senda de las nuevas.

Podemos ofrecer datos que evidencian como estas estrategias editoriales han repercutido incisivamente en España. En un análisis de los datos ofrecidos por Open Editors,^[39] que recopila

toda la información de equipos editoriales de las revistas académicas publicadas por 26 editoriales, nos permite evidenciar que España presenta un comportamiento anómalo en su peso en la composición de los equipos editoriales (Tabla 5). Si en las revistas publicadas por estas 26 editoriales el porcentaje de investigadores españoles que participan en los equipos es del 3,3%, ocupando la séptima posición a nivel mundial, en el caso de MDPI se alcanza la posición tercera con el 8,3%. En el caso de *Frontiers*, que es la otra editorial donde mejor se posiciona España, se alcanza el sexto puesto con el 3,9%, por encima de la media española a nivel mundial. No obstante, conviene advertir que este portal web presenta carencias no sólo en su cobertura (sólo recoge 26 editoriales con ausencia notables como las revistas de *Wiley*, *Taylor & Francis*) sino en la calidad de sus datos (los referidos a las revistas de *Springer-Nature* no son fiables) y en la falta de normalización de nombres de entidades. Aun con estas deficiencias resulta una herramienta útil y valiosa para caracterizar los rasgos de los comités que ejercen el control científico en las revistas académicas. En cualquier caso, cabe también señalar que estos cálculos, realizados a partir de búsquedas directas en el portal web de Open Editors, vienen a coincidir sustancialmente con los ofrecidos por otros estudios.^[40-41]

El protagonismo de los científicos españoles tanto como miembros de los comités editoriales y como editores invitados españoles queda atestiguado en un análisis de una muestra de editores que sirven en los comités editoriales de las revistas de más éxito de MDPI (*Sustainability* y *International Journal of Environmental Research Public Health*). Como puede apreciarse en la tabla 6 tienen una presencia más que destacada.

2.5 Publicar es más fácil: ¿una revisión por pares rigurosa?

A pesar del esfuerzo de estas editoriales en demostrar que cumplen con los más rigurosos estándares editoriales, su política de puertas abiertas basada en un modelo de negocio de pago por publicación favorece el incentivo de publicar más. La lógica que subyace es simple: la cifra de negocio se incrementa si el número de artículos publicados es mayor. Esto lleva a que el proceso de publicación se convierta, en última instancia, en una forma de sortear cuando no remover todos los obstáculos que se opongan a la publicación. Por principio, no se trata tanto de rechazar artículos como de mejorarlos. Esta filosofía puede colisionar si no lo hace abiertamente con los controles científicos tradicionales basados en la revisión por pares.

De hecho varios de los escándalos que ensuciaron la reputación editorial de algunas de estas revistas surgieron de conflictos con algunos comités editoriales que se negaron a seguir estas directrices y dimitieron o fueron cesados en bloque. Sonados fueron en 2015 los casos de *Frontiers in Medicine* y *Frontiers in Cardiovascular Medicine* después de que los editores se quejaran de que el personal de *Frontiers Media* estaba "interfiriendo con las decisiones editoriales y violando los principios básicos de la publicación médica",^[42] o en 2018 el caso de la revista *Nutrients* de MDPI donde el consejo editorial renunció en masa lamentando las presiones de la editorial para bajar el nivel de calidad y permitir la publicación de más artículos.^[43]

No es de extrañar que en las redes sociales generales (*Twitter*) y científicas (consúltese la sección de búsqueda y respuestas de *ResearchGate*) proliferen preguntas, interpelaciones y discusiones que muestran dudas, recelos, sospechas y desconfianzas acerca de la calidad e integridad de los procesos de arbitraje de estas editoriales. Tomemos como botón de muestra los siguientes casos, todos ellos muy bien documentados. En 2022, los editores de un número especial de la revista *Frontiers in Research Metrics and Analytics* se vieron obligados a denun-

ciar en un blog las deficientes prácticas editoriales en el proceso de revisión por pares de *Frontiers*,^[44] la falta de voluntad para discutir estas preocupaciones y, lo que es peor, la prohibición a los editores de escribir sobre sus desazones en el editorial del número especial que precisamente versaba sobre la revisión por pares. Su detallado retrato del funcionamiento interno de la edición de un número especial en *Frontiers* se centra en la falta de control real de los editores del proceso editorial especialmente en lo relativo a la búsqueda e identificación de revisores y a un control de la calidad de las revisiones. Presionados para que en dos o tres días encuentren revisores para los artículos asignados, un robot interno, de manera mecánica e independiente, selecciona automáticamente a un elevado número de potenciales revisores en función de las palabras clave de los artículos que confrontan con bancos de datos internos. Dado que esta selección no está controlada por los propios editores, que se supone son los especialistas en el tema de investigación sobre el que versa el número especial, es muy frecuente que los revisores seleccionados no sean adecuados, lo cual repercute, obviamente, en la calidad de las revisiones. Se envían peticiones de revisión a un elevado número de potenciales revisores; inmediatamente se les urge a evacuar sus informes en plazos de una semana y si no lo hacen sufren una catarata de correos encareciéndoles a que los cumplan. Una vez que obtienen al menos dos informes favorables a la publicación se alienta a los editores a aceptar los manuscritos independientemente de cuántos otros revisores recomienden el rechazo.

Este relato es confirmado no sólo por los comentarios que acompañan al post, sino por otras experiencias narradas en hilos de Twitter muy ilustrativos. Es el caso de Damien Debecker quien, en una revista adscrita al grupo MDPI donde servía como editora, muestra como recibió los informes de dos revisores días antes de aceptar si enviar a revisión dicho artículo.^[45] O el caso de Mara Mather que confirma milimétricamente el modo de proceder de estas editoriales.^[46]

Al margen de estos sucesos que podrían ser considerados como anecdóticos creemos que afloran indicios indirectos que evidencian controles científicos débiles cuando no inadecuados en estas editoriales. A saber:

1. El uso predominante de números especiales frente a los ordinarios, donde los controles científicos pueden ser más laxos y que permiten la edición de fascículos que son auténticos trajes a medida para los artículos propiciados por sus editores y sus círculos más cercanos. Muchos de ellos con temáticas tan difusas que permiten encajar sin dificultad cualquier tipo de artículo. Por otra parte, no es descabellado pensar que los números especiales puedan ser usados de manera fraudulenta como medios de publicación de trabajos falsarios. La experiencia de *Hindawi* está demasiado reciente. *Wiley*, que había adquirido esta editorial en 2021, suspendió la publicación de los números especiales de las revistas de *Hindawi* entre octubre de 2022 y enero 2023,^[47] lo cual supuso una merma de 9 millones de dólares en los ingresos, lo cual afectó severamente a las cuentas de resultados de la compañía.^[48] En marzo de 2023^[49] *Hindawi* cerró cuatro de las revistas más afectadas y en abril se retractaban 1.200 artículos cuya revisión por pares estaba afectada por prácticas deshonestas.^[50] ¿Están MDPI y *Frontiers*, que basan buena parte de sus publicaciones en números especiales, libres de las prácticas fraudulentas denunciadas? Un estudio en profundidad del caso de los números especiales de *Hindawi* arroja resultados preocupantes.^[51] Petrouj^[38] plantea interrogantes y desafíos a afrontar más que necesarios en el escenario actual: "In any event, publishers pursuing the Guest Editor model at

Tabla 7. Tasas de aceptación de artículos en las 34 revistas editadas por MDPI con más producción de autores españoles (2015-2021)

Journal	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	Tendencia
Agronomy	49,3	54,4	49,7	40,1	37,5	47,0	51,1	▲
Animals	73,1	75,2	67,3	50,5	55,2	51,0	58,2	▼
Antioxidants	50,0	50,5	68,2	68,0	46,6	39,5	51,6	▲
Applied Sciences	20,1	23,4	30,5	30,8	33,6	40,8	56,0	▲
Biomolecules	90,0	66,7	73,6	58,8	47,4	42,6	52,2	▼
Cancers	73,9	65,9	60,0	30,7	37,7	46,2	53,4	▼
Catalysts	61,4	55,6	53,8	64,0	69,1	73,3	79,0	▲
Cells	66,1	81,8	69,4	47,9	47,6	57,6	69,0	▲
Electronics	32,0	23,5	36,4	30,1	38,8	41,3	56,5	▲
Energies	38,7	39,0	42,0	43,3	42,0	50,1	60,9	▲
Entropy	47,1	48,4	46,2	47,1	47,2	49,7	50,6	▲
Foods	63,4	71,7	73,4	63,7	41,2	40,6	46,3	▼
Forests	44,5	44,6	49,2	48,0	43,3	46,9	56,0	▲
Genes	42,9	30,1	52,2	42,7	45,8	47,3	52,5	▲
Int. J. Environmental Research and Public Health	46,7	43,2	42,5	44,4	47,1	45,5	55,1	▲
Int. J. of Molecular Sciences	37,1	36,2	36,6	39,2	40,2	44,5	49,8	▲
Journal of Clinical Medicine	61,9	54,2	57,0	24,5	31,9	40,3	52,1	▼
Materials	43,9	44,0	46,7	48,0	52,2	61,1	72,0	▲
Mathematics	40,5	18,2	40,6	27,1	28,3	30,6	42,8	▲
Metabolites	70,9	85,7	83,5	68,5	68,1	55,6	62,6	▼
Metals	49,0	49,5	45,0	47,6	51,7	55,5	68,6	▲
Microorganisms	49,5	61,5	76,6	61,1	59,5	49,3	52,3	▲
Molecules	47,4	51,8	51,9	50,4	45,6	50,3	61,3	▲
Nanomaterials	38,7	34,9	50,7	52,0	45,7	55,9	60,3	▲
Nutrients	48,7	50,2	52,2	50,3	50,2	48,2	52,3	▲
Pharmaceutics	66,1	59,4	55,7	53,3	51,7	55,5	55,4	▼
Plants	63,9	54,9	55,7	56,0	42,5	44,9	50,8	▼
Polymers	41,0	59,2	63,3	60,0	54,0	64,0	71,5	▲
Remote Sensing	40,2	41,0	41,1	39,1	40,0	47,2	49,6	▲
Sensors	41,7	45,2	43,1	44,4	43,5	46,5	60,1	▲
Sustainability	38,2	37,8	38,0	39,1	36,8	38,2	47,9	▲
Symmetry	43,8	46,6	30,8	34,1	33,9	38,1	46,4	▲
Water	35,3	40,4	45,1	49,0	47,3	52,5	60,2	▲
General	42,5	42,0	43,2	42,6	42,2	46,0	55,1	▲

Fuente: Datos tomados de Ref. [53].

scale ought to be transparent about the safeguards that they have in place to uphold their journals' editorial integrity. Do they prevent malicious behavior with technological solutions and rigorous processes? Do they seek anomalous patterns post-publication, in historical records? Are they challenging the effectiveness of their own systems the same way a bank might utilize 'ethical hackers'? Publishers such as MDPI and Frontiers owe this level of transparency to the millions of researchers that have trusted their journals to publish their work".^[38]

- Los tan inauditos breves tiempos de revisión como hemos visto en el epígrafe 2.2 junto a las dinámicas de funcionamiento que estos imponen como acabamos de narrar hacen pensar en revisiones más inciertas, descontroladas, vagas y superficiales. La velocidad, por otra parte, implica un mayor riesgo de cometer errores. Motivo que acrecienta el recelo es lo sorprendente que MDPI haya conseguido que todas sus

revistas posean un patrón casi idéntico en sus tiempos de publicación. ¿Cómo es posible esta uniformidad en revistas de muy distintas disciplinas con prácticas de investigación y publicación tan diferentes? ¿cómo se puede conseguir esta casi exacta regularidad cuándo la mayoría de los artículos se publican en números especiales que cuentan con cientos de editores de experiencia y circunstancias tan diversas? Hay que reconocer que a pesar de estas sospechas las dudas sobre el rigor del proceso de revisión solo se resolverán cuando las revisiones sean transparentes y puedan ser consultadas. MDPI declara que en 2021 el 22,2% de sus artículos se publican en la opción de open peer review.^[21]

- Las tasas de aceptación de artículos aunque variables según revistas son elevadas lo que indicaría filtros más suaves. Frontiers declara que sus tasas de aceptación han pasado del 59,2% en 2017 al 56,6% en 2021 (Gráfico 6). Desgraciadamente hay que tomar los datos con cierta cau-

tela, pues se advierten ligeras discrepancias con las tasas de rechazo que figuran en la última columna. Por otra parte, no podemos saber los datos desagregados por revista lo cual impide valorar en su justa medida la evolución de cada publicación.

En cambio, gracias al trabajo de Brockington,^[53] que descargó los datos estadísticos ofrecidos por MDPI, pudimos saber las tasas de aceptación de sus revistas entre 2015 y 2021. Lamentablemente a finales de 2022 MDPI dejó bruscamente de ofrecer datos sobre las tasas de aceptación y rechazo. ¿Tendrá esta medida que ver con las tendencias que se han ido consolidando durante estos años?

La tasa de aceptación promedio de las 34 revistas de MDPI con más artículos firmados por autores españoles subió considerablemente entre 2015 (42,5%) y 2021 (55,1%) (Tabla 7). Este ascenso se produce en la mayoría de las revistas. En algunas de ellas los incrementos son más que notables (*Applied Sciences, Catalysts, Electronics, Materials, Nanomaterials, Polymers, Sensors, Water*). Parece claro que salvo excepciones (*Animals, Biomolecules, Cancers, Entropy, Journal of Clinical Medicine, Metabolites, Pharmaceuticals, Plants*) la tendencia es clara: cada vez resulta más fácil publicar en las revistas más atractivas de MDPI para los autores españoles. Pensar que en este escenario se estén publicando trabajos de peor calidad y significación no es una hipótesis descartable. No obstante, este extremo debe validarse con datos.

Brockington^[53] tras su análisis de 378 revistas MDPI entre 2015 y 2021 concluye que al mismo tiempo que crece el número de publicaciones decrecen las tasas de rechazo, esto es, se publica más en términos absolutos y se aceptan más artículos en términos relativos. Sostiene que es en los últimos años, a partir de 2019, el crecimiento de las publicaciones en MDPI parece sustentarse en una política de incremento de las tasas de aceptación.

- Percepción deficiente de las actividades editoriales desplegadas por estas empresas. Entre las pocas encuestas independientes que se han realizado solicitando opinión sobre las actuaciones de estas editoriales se detecta insatisfacción y apreciaciones negativas. La encuesta realizada por Brockington^[53] acerca de la experiencia con la editorial MDPI a 1068 investigadores arroja datos reveladores. El hecho de que la muestra no se haya realizado aleatoriamente resta poder extrapolador a los resultados. No obstante, es una primera aproximación que denota la opinión de los sondeados. De los 1.068 encuestados el 64,3% había revisado artículos para MDPI, el 57,6% había enviado artículos, el 56,3% habían publicado, el 18,2% habían editado números especiales y el 12% pertenecían o habían pertenecido a los comités editoriales.

Conocer cuáles son las actividades editoriales que un investigador estaría dispuesto a hacer en el futuro para MDPI en función de las tareas que ya había realizado anteriormente nos da una idea del grado de satisfacción que exhiben los investigadores que han tenido dicha experiencia. Pues bien, el grado de implicación es generalmente bajo, aunque variable según la función (Tabla 8). Los investigadores que están más predispuestos a ser revisores son aquellos que han pertenecido a los comités editoriales (67,9%) o han editado números especiales (66%), cifras que bajan considera-



Figura 6. Número de artículos presentados, aceptados y rechazados en las revistas de Frontiers entre 2017 y 2021. Tomado de Ref. [52].

blemente para aquellos que han publicado (52%), enviado artículos (41,9%) o revisado (42,7%) (Tabla 8). Resulta muy significativo que menos de la mitad de los que han revisado artículos quieran volver a hacerlo. Un patrón de comportamiento parecido emerge cuando analizamos las actitudes que muestran a la hora de publicar un artículo. De nuevo, los más proclives son los que han pertenecido a los comités editoriales (65,7%) o han editado números especiales (55,4%), mientras que son menos de la mitad los que ya han publicado (46%), enviado artículos (37,9%) o revisado (36,8%) (Tabla 8). Estos datos ponen de manifiesto una clara insatisfacción con experiencia de haber publicado en las revistas MDPI. No son tantos, en cambio los que estarían dispuestos a editar números especiales, actividad a la que se muestran más favorables los que han pertenecido a los comités editoriales (35,4%) o los que ya han actuado como editores (29,3%); en cambio, es una tarea nada apreciable para los que ya publicado (19,6%), enviado artículos (15,3%) o revisado (15,2%) (Tabla 8). Igualmente escaso es el deseo de los investigadores pertenecer a los comités editoriales de las revistas MDPI. A excepción de los que ya han tenido dicha experiencia, que a duras penas superan la mitad de los encuestados (55%), el resto no muestran ningún interés, especialmente los que han enviado artículos (18,9%), revisado (19,2%) o publicado (22,9%).

En general, se aprecia una débil inclinación a relacionarse con MDPI, aunque esta predisposición aumenta en la medida en que se ha tenido una mayor vinculación con la revista.

La opinión de los investigadores encuestados sobre la reputación, prestigio y rigor de la editorial MDPI es bastante baja (Tabla 8). No obstante, existen matices que conviene subrayar. La inmensa mayoría consideran que el rigor no es un término que pueda asociarse a la actividad editorial. Y esta opinión la sostienen entre el 70 y 80% de los encuestados. Resulta muy significativo que los más reticentes sean los que han sido revisores, pues solo el 18,5% de ellos consideran que el rigor presida la acción de MDPI. Esta negativa opinión no implica, sin embargo, que la mayoría consideren que el término "predator" pueda asociarse a MDPI. Sólo entre el 20 y 28% lo ven así, aunque también es llamativo que casi la mitad de los que han revisado artículos para MDPI (47,4%) consideren que es un término apropiado para la editorial (Tabla 10). Son cifras para no sentirse muy orgulloso de la editorial. Y es que son una inmensa minoría (10-18%) los que consideran prestigiosa a la editorial o importante (22-36%). De nuevo son los que han revisado artículos los que se muestran más críticos.

Tabla 8. Predisposición de los investigadores a trabajar para MDPI y opinión sobre la reputación de la editorial

Tareas que estaría dispuesto a realizar en el futuro	Tareas que ha realizado									
	He revisado		He enviado		He publicado		He editado		Estoy o he estado	
	0,0		un artículo				números especiales		en el Editorial Board	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
Sería revisor	321	42,7	282	41,9	342	52,0	140	66,0	95	67,9
Editar un número especial	114	15,2	103	15,3	129	19,6	75	35,4	41	29,3
Publicar un artículo	276	36,8	255	37,9	303	46,0	126	59,4	92	65,7
Participar en el Editorial Board	144	19,2	127	18,9	151	22,9	71	33,5	77	55,0
Su percepción de MDPI: Indica si estás muy de acuerdo o de acuerdo con las siguientes palabras asociadas a la marca MDPI										
	He revisado		He enviado		He publicado		He editado		Estoy o he estado	
			un artículo				números especiales		en el Editorial Board	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
	Riguroso	139	18,5	128	19,0	163	24,8	64	30,2	39
Apresurado, precipitado	458	61,0	268	39,8	350	53,2	103	48,6	68	48,6
Importante	164	21,8	149	22,1	187	28,4	77	36,3	46	32,9
Prestigiosa	80	10,7	76	11,3	96	14,6	38	17,9	18	12,9
Predadora	356	47,4	125	18,6	245	37,2	61	28,8	39	27,9
Conveniente	392	52,2	422	62,7	415	63,1	131	61,8	84	60,0
Molesta	380	50,6	201	29,9	260	39,5	63	29,7	45	32,1
Explotadora	418	55,7	231	34,3	304	46,2	81	38,2	55	39,3

Fuente: Datos tomados de Ref. [35].

Por otra parte, prácticamente la mitad de los investigadores asocian las palabras de apresuramiento o precipitación a MDPI (40-49%), siendo los que han servido como revisores los que más lo destacan (61%) (Tabla 8). Son también minoritarios los que vinculan en término molesto (30-51%) y explotador a MDPI (38-56%), aunque los porcentajes no son despreciables puesto que más de un tercio entienden que estos adjetivos pueden describir a la editorial. Vuelven a ser los que han sido revisores los que tienen una visión más negativa.

En definitiva, a la luz de todas las evidencias que hemos aportado creemos que existen fundadas sospechas y dudas más que razonables sobre la calidad de los procesos editoriales de estas nuevas revistas.

2.6 Presión por publicar en abierto: los mandatos OA

Desde hace unos años los responsables de políticas científicas españolas en agencias de financiación y evaluación a todos los niveles han empezado a incitar, cuando no exigir, a los investigadores que se aseguren de que sus publicaciones sean de libre acceso.

Una de las novedades en la ley de la ciencia española aprobada en 2011^[54] fue un "posicionamiento a favor de las políticas de acceso abierto a la información científica". En el mismo preámbulo de la ley se "...dispone que todos los investigadores cuya actividad haya sido financiada mayoritariamente con los Presupuestos Generales del Estado están obligados a publicar en acceso abierto una versión electrónica de los contenidos aceptados para publicación en publicaciones de investigación". En el artículo

37 de la ley se concretan las exigencias de la siguiente manera:

2. El personal de investigación cuya actividad investigadora esté financiada mayoritariamente con fondos de los Presupuestos Generales del Estado hará pública una versión digital de la versión final de los contenidos que le hayan sido aceptados para publicación en publicaciones de investigación seriadas o periódicas, tan pronto como resulte posible, pero no más tarde de doce meses después de la fecha oficial de publicación.
3. La versión electrónica se hará pública en repositorios de acceso abierto reconocidos en el campo de conocimiento en el que se ha desarrollado la investigación, o en repositorios institucionales de acceso abierto.
4. La versión electrónica pública podrá ser empleada por las Administraciones Públicas en sus procesos de evaluación.^[54]

La ANECA en un documento que fue discutiendo a lo largo de 2021^[55] sobre la reforma de los procedimientos de evaluación y acreditación del profesorado lanzó una propuesta que iba todavía más allá que la obligatoriedad de publicación en abierto. A saber: exigir como criterio previo de evaluación la disponibilidad en repositorios institucionales de las publicaciones en abierto. En concreto la directriz aprobada era la siguiente:

Se recomienda que tanto las aportaciones presentadas para obtener el sexenio de investigación como las 4 aportaciones relevantes que deben identificarse en ACADEMIA estén depositadas en un repositorio con Green Open Access como los repositorios institucionales de los que dispo-

nen las universidades. En el futuro será obligatorio, salvo impedimento legal o imposibilidad técnica, este depósito para todas las aportaciones mencionadas.^[55]

La nueva ley de la ciencia aprobada en 2022^[56] reforzó los principios consagrados en 2011 introduciendo modificaciones en la línea de eliminar obstáculos al acceso abierto de las publicaciones como el período de embargo, exigiendo su accesibilidad de manera inmediata. El artículo 39 de la ley se expresa en los siguientes términos:

2. El personal de investigación del sector público o cuya actividad investigadora esté financiada mayoritariamente con fondos públicos y que opte por diseminar sus resultados de investigación en publicaciones científicas, deberá depositar una copia de la versión final aceptada para publicación y los datos asociados a las mismas en repositorios institucionales o temáticos de acceso abierto, de forma simultánea a la fecha de publicación.
3. Los beneficiarios de proyectos de investigación, desarrollo o innovación financiados mayoritariamente con fondos públicos deberán cumplir en todo momento con las obligaciones de acceso abierto dispuestas en las bases o los acuerdos de subvención de las convocatorias correspondientes. Los beneficiarios de ayudas y subvenciones públicas se asegurarán de que conservan los derechos de propiedad intelectual necesarios para dar cumplimiento a los requisitos de acceso abierto.
4. Los resultados de la investigación disponibles en acceso abierto podrán ser empleados por las Administraciones Públicas en sus procesos de evaluación, incluyendo la evaluación del mérito investigador.^[56]

La Ley de Universidades recientemente aprobada en 2023,^[57] en línea con lo sugerido por ANECA, ha consagrado no sólo la obligatoriedad de publicar en abierto, pues ha facultado a las agencias de evaluación a incluir en sus criterios de evaluación la exigencia de accesibilidad de los resultados de investigación. En estos términos se expresa el artículo 12 de la ley:

2. El personal docente e investigador deberá depositar una copia de la versión final aceptada para publicación y los datos asociados a la misma en repositorios institucionales o temáticos de acceso abierto, de forma simultánea a la fecha de publicación.
3. La versión digital de las publicaciones académicas se depositará en los repositorios institucionales, sin perjuicio de otros repositorios de carácter temático o generalista.
(...)
8. Las agencias de calidad estatal y autonómicas incluirán entre sus criterios y requisitos de evaluación la accesibilidad en abierto de los resultados científicos del personal docente e investigador.^[57]

En este contexto es lógico que los investigadores españoles encuentren en las editoriales que ofrecen publicar en abierto sus trabajos de forma, además, rápida y poco onerosa, el destino ideal para sus artículos. Responden así eficientemente a la presión que empiezan a ejercer los mandamientos públicos a favor del OA y lo hacen de una forma académicamente rentable ofreciendo sus trabajos a las nuevas editoriales que abren sus puertas gustosas a recibir sus trabajos.

Recuérdese que una de las principales señas de identidad de editoriales como *MDPI* y *Frontiers* es que todas sus revistas

Tabla 9. Top 25 revistas que publican más revisiones en la Web of Science core collection (2015-2023)

Editorial	Revistas	Documentos	Revisiones	
		N	N	%
MDPI	INTERNATIONAL JOURNAL OF MOLECULAR SCIENCES	70223	21014	29,9
Frontiers	FRONTIERS IN IMMUNOLOGY	31978	9595	30,0
MDPI	CANCERS	23883	8282	34,7
MDPI	MEDICINE	34803	7939	22,8
MDPI	MOLECULES	42504	6985	16,4
Elsevier	RENEWABLE SUSTAINABLE ENERGY REVIEWS	9183	6442	70,2
CUREUS	CUREUS JOURNAL OF MEDICAL SCIENCE	40247	6072	15,1
MDPI	JOURNAL OF CLINICAL MEDICINE	26487	6026	22,8
Frontiers	FRONTIERS IN ONCOLOGY	23399	5805	24,8
MDPI	NUTRIENTS	25563	5454	21,3
MDPI	CELLS	14718	5298	36,0
Cochrane	COCHRANE DATABASE OF SYSTEMATIC REVIEWS	5479	5250	95,8
MDPI	INTERNATIONAL JOURNAL OF ENVIRONMENTAL RESEARCH AND PUBLIC HEALTH	53717	4926	9,2
Frontiers	FRONTIERS IN PHARMACOLOGY	19499	4903	25,1
BMJ	BMJ OPEN	28626	4584	16,0
MDPI	SUSTAINABILITY	71527	4556	6,4
PLOS	PLOS ONE	167426	3958	2,4
Frontiers	FRONTIERS IN CELL AND DEVELOPMENTAL BIOLOGY	10187	3614	35,5
MDPI	APPLIED SCIENCES BASEL	54436	3557	6,5
Frontiers	FRONTIERS IN ENDOCRINOLOGY	11407	3361	29,5
Frontiers	FRONTIERS IN MICROBIOLOGY	29003	3336	11,5
MDPI	ENERGIES	43721	3287	7,5
Taylor&Francis	CRITICAL REVIEWS IN FOOD SCIENCE AND NUTRITION	3307	3248	98,2
MDPI	SENSORS	50419	2980	5,9
Frontiers	FRONTIERS IN PHYSIOLOGY	14405	2938	20,4

Tabla 10. Número y porcentaje de documentos altamente citados que son revisiones en las Top 25 revistas que publican más revisiones en la Web of Science core collection (2015-2023)

Trabajos altamente citados en la Web of Science core collection				
Editorial	Revistas	Documentos	Revisiones	
		N	N	%
MDPI	INTERNATIONAL JOURNAL OF MOLECULAR SCIENCES	467	431	92,3
Frontiers	FRONTIERS IN IMMUNOLOGY	218	186	85,3
MDPI	CANCERS	168	142	84,5
MDPI	MEDICINE	11	4	36,4
MDPI	MOLECULES	229	196	85,6
Elsevier	RENEWABLE SUSTAINABLE ENERGY REVIEWS	946	825	87,2
MDPI	JOURNAL OF CLINICAL MEDICINE	96	55	57,3
Frontiers	FRONTIERS IN ONCOLOGY	98	80	81,6
MDPI	NUTRIENTS	477	354	74,2
MDPI	CELLS	147	125	85,0
Cochrane	COCHRANE DATABASE OF SYSTEMATIC REVIEWS	139	139	100,0
MDPI	INTERNATIONAL JOURNAL OF ENVIRONMENTAL RESEARCH AND PUBLIC HEALTH	202	77	38,1
Frontiers	FRONTIERS IN PHARMACOLOGY	194	152	78,4
BMJ	BMJ OPEN	82	35	42,7
MDPI	SUSTAINABILITY	182	41	22,5
PLOS	PLOS ONE	592	93	15,7
Frontiers	FRONTIERS IN CELL AND DEVELOPMENTAL BIOLOGY	16	13	81,3
MDPI	APPLIED SCIENCES BASEL	98	37	37,8
Frontiers	FRONTIERS IN ENDOCRINOLOGY	60	52	86,7
Frontiers	FRONTIERS IN MICROBIOLOGY	184	141	76,6
MDPI	ENERGIES	91	47	51,6
Taylor&Francis	CRITICAL REVIEWS IN FOOD SCIENCE AND NUTRITION	174	167	96,0
MDPI	SENSORS	172	145	84,3
Frontiers	FRONTIERS IN PHYSIOLOGY	49	44	89,8

se publican en acceso abierto. Sustentadas en el modelo de negocio de APCs pagados por los autores o financiadores facilitan que los artículos se publiquen en plataformas digitales muy bien construidas (amigables, usables) pero sobre todo muy visibles, fácilmente localizables y accesibles. Utilizan el OA, sabiamente para sus intereses, como un señuelo. Los autores perciben, además, que optando por la ruta del acceso abierto maximizan la difusión e impacto de sus publicaciones. Las editoriales excitan a los autores recordándoles que publicar sus artículos en abierto repercute muy positivamente en la difusión de su trabajo pues los artículos OA son más citados, reciben más descargas y más menciones mediáticas (impacto alométrico) que los que no lo son.

2.7 Publicar revisiones es atractivo y lucrativo académicamente hablando

No existen restricciones a la publicación de revisiones bibliográficas, sistemáticas o análisis bibliométricos sobre los más variados temas; todo lo contrario, son bienvenidos por su alto potencial de citación. Muchos autores españoles huérfanos de investigaciones originales, con limitadas capacidades para obtener financiación y con necesidades de añadir artículos bien posicionados a la cesta de papers de sus cv tienen una vía rápida para publicar. Estos trabajos en términos de costes son extraordinariamente baratos, fáciles de ejecutar frente a las onerosas exigencias de la investigación primaria original. Además, hay que tener en cuenta que en las acreditaciones de ANECA, no se excluyen este tipo de artículos del cómputo de publicaciones obligatorias. En sexenios, la aceptación depende de los campos de conocimiento.

La inclinación de MDPI y Frontiers a publicar revisiones sistemáticas queda al descubierto simplemente hojeando la lista de las revistas que más artículos de este tipo publican en toda la Woscc (Tabla 9). 19 de las top25 revistas con más revisiones entre 2015 y 2023 pertenecen a MDPI (12) o Frontiers (7). Solo tres revistas especializadas en publicar este tipo de trabajos logran situarse entre las más prolíficas. Ya indicábamos en la primera parte de esta investigación^[58] que el promedio mundial de artículos de revisión dentro de una revista se situaba entre el 3,4% de 2015 y el 6,6% en 2021. Los porcentajes de la Tabla 9 hablan por sí solos; la mayoría de las revistas quintuplican o sextuplican la media mundial. Es todo un contrasentido que revistas de investigación original sean tan productivas en este tipo de trabajos.

Asimismo, ya explicábamos en la primera parte de este trabajo que la publicación de revisiones, bien en su modalidad de estados de la cuestión bibliográfica o en su modalidad cuantitativa de metanálisis o revisiones sistemáticas, es una actividad muy golosa para la dirección editorial de una revista por dos razones. En primer lugar, porque permite publicar trabajos de "fácil factura" en tanto en cuanto no requieren procesos costosos de recogida de datos en investigaciones originales de campo; esto se traduce en incrementar los ingresos y, por tanto, el negocio editorial. En segundo lugar, porque estos trabajos al fijar lo que se sabe sobre un tema de investigación tienen la potencialidad de ser muy leídos y, por ende, muy citados. Incrementar el peso de estos trabajos en la revista puede ser una estrategia para incrementar los índices de impacto de la revista.

La demostración de la rentabilidad científica de estas publicaciones queda más que abiertamente manifestada en la Tabla 10.

Comprobar cuántos de los documentos altamente citados por las revistas que publican más revisiones en la WoScc en el período 2015-2023 son revisiones y cuál es el porcentaje que representan sobre el total de los trabajos más relevantes de una revista por su impacto pone en evidencia la dependencia de las revistas respecto a este tipo de artículos e indirectamente la posible existencia de una estrategia editorial consciente e intencionada que tenga por propósito aprovecharse de estos trabajos para cimentar el crecimiento del impacto de la revista en los rankings bibliométricos.

Que en 13 de las 19 revistas de MDPI y *Frontiers* las revisiones publicadas representen porcentajes superiores al 75% de los documentos altamente citados es muy revelador. Este patrón es especialmente acusado en las revistas de *Frontiers*, cuyos documentos altamente citados son casi en su totalidad revisiones. De otro lado, esta extraña homogeneidad en el comportamiento tratándose de revistas de campos científicos tan distintos es un patrón muy anómalo. No publicar trabajos de investigación original altamente citados exhibe el bajo nivel de relevancia científica de estas revistas, por un lado, y un indicio muy serio de que el impacto global de las revistas deban buena parte de su prestancia a este selecto tipo de trabajos.

En definitiva, como ha podido comprobarse a lo largo de este epígrafe, las revistas patrocinadas por editoriales como MDPI o *Frontiers* han generado una espiral de beneficios muy tentadora para los científicos españoles necesitados de progresar en su carrera académica: publicar rápido, barato, fácil, en abierto y en revistas con impacto (de las que cuentan) y con algo más de implicación se consigue un todo en uno: ser editor invitado de un número monográfico, autor de un artículo en dicho número, revisor de uno o varios artículos y, todo eso a un precio de ganga (con descuentos) cuando no gratis. Tres méritos para ANECA no es algo a lo que se pueda rehusar.

Las razones aquí aducidas para explicar la inclinación de los autores españoles por las revistas MDPI y *Frontiers* coinciden plenamente con las expresadas por los investigadores húngaros que, como ya vimos en la primera parte de este trabajo^[58] presentaban un perfil similar de publicación al español. En una encuesta a 629 autores húngaros de al menos un artículo publicado en revistas MDPI indizadas en los *Science Citation Index* y *Social Sciences Citation Index de la Web of Science* en 2021,^[25] declararon que las principales motivaciones para elegir revistas MDPI para publicar sus artículos habían sido por este orden: la buena clasificación de las revistas en los Q1 y Q2 del ranking SJR (79,8%), la rapidez de revisión y publicación (71,7%), el alto factor de impacto de las revistas (62,8%), la publicación en acceso abierto (61,7%) y la indización de la revista en la *Web of Science* o *Scopus* (48%).

Está claro que tanto para los investigadores húngaros como los españoles elegir publicar en estas editoriales les es útil y rentable académicamente. Ahora bien, cuando se les pide a los autores húngaros que elijan las tres editoriales académicas que patrocinaran las revistas más reputadas en su campo de investigación,^[25] resulta que MDPI no figura en primer lugar. La mayoría de los investigadores (76,9%) seleccionaron a *Elsevier* como la editorial con las revistas más reputadas, seguida de *Springer Nature* (58,67%) y *Wiley* (33,2%). MDPI ocupó el cuarto lugar (25,7%).

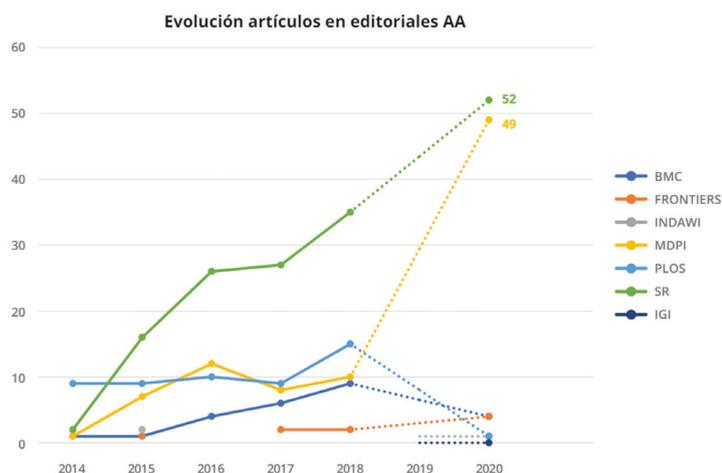


Figura 7. Número de artículos en editoriales de acceso abierto en solicitudes de sexenios en el campo de la Química (2014-2020). Reproducido de la Ref. [24].

3. Los incentivos de la política científica: explicando los patrones anómalos de publicación en España

Las evidencias empíricas que demuestran una relación de causa-efecto entre los incentivos de nuestro sistema de evaluación y los cambios en los comportamientos de publicación en España son de dos tipos. En primer lugar, como ya evidenciamos en la primera parte de este trabajo,^[58] es sobre todo a partir de 2017 y muy acusadamente en 2018, cuando el número de artículos publicados en MDPI asciende de manera desorbitada, hasta el punto de convertirse en 2020 en la segunda editorial que más artículos españoles en la WoScc publicaba (en 40 universidades era ya la primera), duplicando la posición de esta editorial a nivel mundial. Era solo en las editoriales MDPI y *Frontiers* donde España adquiere mayor protagonismo muy por encima de lo que es su nivel productivo a nivel mundial.

En segundo lugar, contamos con el análisis de Oviedo-García *et al.*^[24] sobre las editoriales de acceso abierto donde se publicaron las aportaciones presentadas en las solicitudes de sexenios entre 2014 y 2020. Los datos se muestran agrupados según las 11 comisiones en que la ANECA agrupa los campos de conocimiento. En la figura 7 y en el Anexo 6, donde se reproducen sintéticamente los gráficos elaborados por Oviedo-García *et al.*,^[24] quedan manifiestamente patentes dos fenómenos:

1. En cuanto a las aportaciones seleccionadas por el personal investigador en sus solicitudes de sexenios hay una editorial que descuella por encima del resto en casi todos los campos de conocimiento: es MDPI; sólo en dos (Matemáticas y Física, Química) ocupa la segunda posición. Pero su predominio respecto al resto de editoriales y revistas de acceso abierto es abrumador: llega a concentrar diez veces más aportaciones que la editorial que le sigue en campos como Tecnologías mecánicas y de la producción, Ingenierías de la Comunicación, Computación y Electrónica, Ciencias Económicas y Empresariales, En el caso de Arquitectura, Ingeniería Civil, Construcción y Urbanismo se multiplica por dieciocho.
2. El momento en que se dispara el número de publicaciones en estas editoriales y revistas suele ser en el bienio 2017-2018. Recuérdese que el decreto que da pie a la reforma de la acreditación se aprueba en 2015 y que los nuevos criterios que bareman los méritos se hacen públicos en 2017. La reforma de 2019 y los retoques introducidos

recientemente, han suavizado y flexibilizado la aplicación de los criterios pero no han cambiado el rumbo. Así, ocurre que desde 2017 a 2020 se multiplica por treinta el número de aportaciones MDPI presentadas en Ciencias Sociales, Políticas, del Comportamiento y de la Educación, por diez en Ciencias Biomédicas, multiplicándose por cinco, seis o siete en otros cinco campos.

A la vista de estos datos no cabe extrañarse que se haya hecho popular en los ambientes académicos españoles la expresión sexenios, titulares o catedráticos MDPI, aludiendo a la decisiva contribución de las publicaciones aparecidas en esta editorial para alcanzar la acreditación u obtener el sexenio. Estamos seguros que si dispusiéramos de acceso a la base de datos de ANECA y pudiéramos cuantificar los títulos de revistas alegados dentro de los méritos obligatorios antes de 2017 y después de esta fecha clave observaríamos un panorama muy parecido al descrito por Oviedo-García et al.^[24]

Acaba de publicarse un trabajo referido al área de Educación que viene a corroborar estos datos.^[13] Centrado en el período 2018-2022 constata la práctica generalizada de los profesores acreditados a Cátedra en el área de Educación de publicar en revistas MDPI no especializadas en el área educativa. Ninguna de ellas figura en las categorías temáticas JCR propias de este campo de conocimiento (Education & Educational Research, Education, Special, Psychology, Educational), pero todas ellas se sitúan en los cuartiles 1 y 2 del JCR, lo cual proporciona a los aspirantes a acreditarse artículos a incluir en los méritos obligatorios exigidos por ANECA (Anexo 7). El 75,4% de los profesores acreditados a cátedra (89 de 118) había publicado en revistas del grupo editorial MDPI. De ellos, el 51,7% había publicado tres o más artículos y el 11% dos. Las dos revistas preferidas (*International Journal Environmental Research Public Health* y *Sustainability*), a mucha distancia del resto, son dos revistas que de facto se comportan como publicaciones multidisciplinares (megarevistas) que acogen en su seno trabajos procedentes de todos los campos de conocimiento. El 20 de marzo de 2023 Clarivate Analytics anunciaba la expulsión de la Web of Science del *International Journal of Environmental Research and Public Health* porque no existe una correspondencia entre el "scope" declarado por la revista y el tipo de trabajos publicados. En fin, ¿qué sentido tiene que ocho de cada diez profesores acreditados a Cátedra de Educación hayan publicado en revistas de salud pública, ambiental, nutrición...? ¿Cómo puede aceptarse que dichos trabajos hayan servido de ayuda para obtener el máximo grado académico en España?

4. Conclusión

Cualquiera de nosotros sabe por propia experiencia que en la vida todo lo que hacemos tiene consecuencias: unas previstas otras imprevistas, unas deseadas, otras indeseadas, unas positivas otras negativas.

Huelga decir que las políticas públicas, aquellas que pretenden gobernar, regir e intervenir en los asuntos de todos, tienen efectos sobre las sociedades y las vidas de los ciudadanos. Obviamente, como consecuencia de todo ello las personas verán modificadas sus dinámicas individuales y sociales.

En este contexto, se entenderá que la adopción de un sistema de evaluación científica no sea algo neutro, sino todo lo contrario: el sistema tiene consecuencias estructurales sobre el comportamiento de los científicos y, más aún, sobre la orientación de la ciencia misma. Esto es así porque actúa como el mecanismo de distribución de los recursos (humanos y financie-

ros) y por ello mismo determina en qué se investiga (agendas), quiénes lo van a hacer, dónde, cuándo y cómo.

Además, los sistemas de evaluación científica actúan como medios directos para otorgar recompensas (promoción profesional, reputación y estatus académico y reconocimiento social). Gracias a Merton,^[59] sabemos de la relevancia del sistema de recompensas en la ciencia: apela a lo más esencial de la actividad de un científico, afectando a las bases de su psicología y, por tanto, comportamiento. Los científicos aman el reconocimiento tanto o más que el propio conocimiento. No sólo su vida y hacienda dependen de ellos, sino su propio ser como científico.

Es por ello por lo que los científicos son muy sensibles al sistema de evaluación de su rendimiento. En definitiva, no es exagerado decir que el modelo de evaluación, y sobre todo, los criterios imperantes de valoración operan sobre los propios engranajes del motor que hace girar la ciencia de un país.

Dentro de este sistema de recompensas científicas la publicación y la citación aseguran ese mecanismo básico que impulsa al científico a actuar (re-conocimiento): si la publicación asegura la propiedad intelectual de las ideas y descubrimientos; la prioridad en los mismos y la certificación del conocimiento (revisión por pares), las citas son la moneda con la que se pagan las deudas intelectuales a otros científicos convirtiéndose en una señal inequívoca de reconocimiento. No es de extrañar que cuando en los años ochenta del siglo XX empieza a extenderse la evaluación en la ciencia fueran las publicaciones y sus citas (impacto) los elementos elegidos para medir el rendimiento de científico e instituciones; y que estas medidas sean razonablemente aceptadas por la comunidad científica.

España no fue una excepción; más bien al contrario se puso al frente de las naciones que decidieron asignar un papel determinante a las publicaciones, fundamentalmente artículos de revistas indexadas en bases de datos de "reconocida reputación", e introdujo como principal metro para medir esa calidad las métricas de impacto de las revistas contadas a partir de su número de citas.

Lo que en 1989 era un simple complemento de productividad (el sexenio) dirigido a incentivar y premiar la actividad investigadora, se transmutó, especialmente a partir de la LOU en 2001, en la llave que abría todas las puertas del desarrollo, promoción y ascenso en la carrera profesional universitaria (acceso a plazas, obtención de proyectos de investigación, participación en enseñanza de máster oficial, doctorado, dirección tesis, presencia tribunales, etc.), y, desde el famoso decreto Wert de reorganización de las cargas docentes (los famosos 32 créditos de dedicación laboral del profesorado universitario)^[60], un elemento de distribución de las cargas de trabajo y de jerarquización social de los cuerpos docentes.

No debemos olvidar que en 1989, en paralelo, se creó otro complemento de productividad (quinquenios) que premiaría la calidad docente. El por qué los sexenios se alzaron como un elemento reputacional de primer nivel y los quinquenios se convirtieron en unos trienios más, obtenidos mecánicamente cada cinco años, es fácil de entender.^[61] Mientras que los sexenios de investigación fueron gestionados por una comisión nacional (la CNEAM), pilotada por expertos en los distintos campos de conocimiento, los quinquenios docentes se administraron por las propias universidades. Los resultados no han podido ser más dispares: mientras que los primeros han sido selectivos, los segundos eran repartidos a escote. Pero los efectos han sido mayúsculos para todo el sistema universitario, ya que el disponer de sexenios, un indicador exclusivamente de suficiencia investigadora, por su naturaleza discriminadora y selectiva, se

empleó para todo y en todas las ocasiones, sean adecuadas o no. La ANECA, con sus criterios de evaluación (2007, 2017, 2019), vino a consagrar este desequilibrio, otorgando un peso decisivo a la investigación y, dentro de ella, a la publicación. El mensaje que se retiene es que, si se investiga y además se obtiene buen nivel de publicaciones, se progresa.

A día de hoy lo que importa al investigador o profesor español es disponer de una cesta repleta de papers que cumpla con los requisitos de las agencias de evaluación (ANECA o anequitas, entiéndase las autonómicas), y de universidades, opis y otros organismos que le aseguren una promoción cómoda y sin sobresaltos. ¿Quién va a objetar una evaluación positiva si cumples con el número de JCRs o sucedáneos que posean los Qs correspondientes?

En este ecosistema tan propicio las universidades españolas se han convertido en macrogranjas de gallinas ponedoras de papers, ansiosas por brillar en los podios donde se dirimen hoy los honores académicos (los rankings de universidades) sabedores todos que sus luces atraerán hacia los campus a los mejores estudiantes y profesores y, por derivación, fondos para crecer. Una lógica aplastante y una espiral endemoniada.

El problema radica en que es bien sabido que unas políticas, criterios o indicadores evaluativos si se mantienen en el tiempo, como mínimo pueden tender a perder eficacia (Ley Godhart^[62]) cuando no, lo normal es que tiendan a distorsionarse o corromperse (Ley Campbell^[63]) e incluso, llegado el caso, producir efectos contrarios a los previstos inicialmente (Efecto cobra^[64]).

Si bien es verdad que el sistema español de evaluación implantado en el siglo pasado ha tenido sus efectos positivos,^[65] creemos que hoy día, el persistente uso, abuso y mal uso de las métricas de revistas como criterio supremo de evaluación durante tanto tiempo no es que se haya distorsionado sino que se ha corrompido como incentivo y está produciendo efectos contrarios a los previstos y deseados.^[12] Cuando el medio (publicar) se convierte en un fin en sí mismo, cuando se considera que investigar es publicar lo normal es que se termine publicando por publicar (inflación de publicaciones insustanciales, redundantes llenas de meras palabras y datos que no de descubrimientos); o lo que es mucho peor parecer por publicar con todos los efectos indeseables que arrostra esta cultura.

A día de hoy, creemos que nuestro sistema de evaluación si no es que está dañando seriamente a la academia y la ciencia española, resulta en un esfuerzo vano y estéril.

Al final todo es tan simple como esto: se empieza evaluando lo que se hace y se termina haciendo lo que se evalúa. Este trabajo es una prueba más de que es hora de proceder a un cambio radical del sistema de evaluación científica en España,^[66-67] y de que, siguiendo a Smaldino y McElreath,^[4] la solución pasa simplemente por eliminar los incentivos que premian las conductas deficientes y no por emitir más directrices etéreas.

Material suplementario

Los anexos de este documento se encuentran disponibles en la web de la revista Anales de Química de la RSEQ.

Bibliografía

- [1] D. Hicks, P. Wouters, L. Waltman, S. De Rijcke, I. Rafols, *Nature* **2015**, 520, 7548, 429-431, <https://doi.org/10.1038/520429a>.
- [2] D. Hicks, P. Wouters, L. Waltman, S. de Rijcke, I. Rafols, "El manifiesto de Leiden sobre indicadores de investigación [traducción]" disponible en <https://www2.ingenio.upv.es/es/manifiesto> (consultado: 03/06/2024)

- [3] P. Wouters, M. Thelwall, K. Kousha, L. Waltman, S. de Rijcke, A. Rushforth, T. Franssen, *The Metric Tide*, HEFCE, Bristol, **2015**.
- [4] P. Smaldino, R. McElreath, *R. Soc. open sci.* **2016**, 3, 160384, <https://doi.org/10.1098/rsos.160384>
- [5] J. Rey, M.J. Martín, L.M. Plaza, J.J. Ibáñez, I. Méndez, *Scientometrics* **1998**, 41, 1-2, <https://doi.org/10.1007/BF02457971>.
- [6] E. Jiménez-Contreras, E. Delgado López-Cózar, R. Ruiz-Pérez, V.M. Fernández, *Nature* **2002** 417, 6892, <https://doi.org/10.1038/417898b>.
- [7] E. Delgado López-Cózar, R. Ruiz-Pérez, E. Jiménez-Contreras, *British Medical Journal* **2007**, 334.
- [8] P. Masip, *Anuario ThinkEPI* **2011**, 5, 206-210.
- [9] C. López Piñero, D. Hicks. *Research Evaluation* **2015**, 24, 1, 78-89, <https://doi.org/10.1093/reseval/rvu030>.
- [10] E. Delgado López-Cózar, A. Martín-Martín, *Anuario ThinkEPI* **2019**, 13, e13e09, <https://doi.org/10.3145/thinkepi.2019.e13e09>.
- [11] C. Corona Sobrino, *Análisis de las dinámicas de producción de conocimiento científico bajo el sistema de evaluación de la calidad de la Educación Superior y la Ciencia*, **2021**.
- [12] R.A. Feenstra, E. Delgado López-Cózar, *Research Evaluation* **2023**, 32, 1, 32-46, <https://doi.org/10.1093/reseval/rvac020>.
- [13] M. Ruiz-Corbella, B. Arteaga-Martínez, E. López-Gómez, A. Galán, *REICE* **2023**, 21, 4, 65-85, <https://doi.org/10.15366/reice2023.21.4.004>.
- [14] E. Jiménez-Contreras, F. Moya Anegón, E. Delgado López-Cózar, *Research Policy* **2003**, 32, 1, 123-142, [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(02\)00008-2](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(02)00008-2).
- [15] E. Delgado López-Cózar, *La universidad española en el diván*, Unión Editorial, Madrid, **2016**.
- [16] Real Decreto 415/2015, de 29 de mayo, por el que se modifica el Real Decreto 1312/2007, de 5 de octubre, por el que se establece la acreditación nacional para el acceso a los cuerpos docentes universitarios, *BOE* 17 jun **2015**, n. 144, 50319-50337, disponible en https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2015-6705 (consultado: 19/03/2024).
- [17] <http://www.aneca.es/Programas-de-evaluacion/Evaluacion-de-profesorado/ACADEMIA/Criterios-de-evaluacion-noviembre-2017> (consultado: 19/03/2024)
- [18] I. Aguillo, Isidro F, *Anuario ThinkEPI* **2021**, 15, e15303, <https://doi.org/10.3145/thinkepi.2021.e15e03>.
- [19] MDPI, *Annual Report 2021*, **2021**.
- [20] <https://www.mdpi.com/journal/ijerph/stats> (consultado: 03/06/2024).
- [21] MDPI, *Response to: 'Bibliometric Analysis and Impact of Open-Access Editorials in Spain' report from ANECA*, **2021**.
- [22] <https://zendesk.frontiersin.org/hc/en-us/articles/202026471-How-long-does-the-review-process-take> (consultado: 19/03/2024).
- [23] C. Petrou, *MDPI's Remarkable Growth*, **2020**.
- [24] M. A. Oviedo-García, J. Casillas Bueno, M. R. González Rodríguez, *Análisis bibliométrico e impacto de las editoriales open-access en España*, **2021**.
- [25] G. Csomós, J.Z. Farkas, *Scientometrics* **2022**, 128, 803-824, <https://doi.org/10.1007/s11192-022-04586-1>.
- [26] C. Petrou, *Publishing Fast and Slow: A review of publishing speed in the last decade*, **2022**.
- [27] <https://twitter.com/PaoloCrosetto/status/1638526128657776640> (consultado: 03/06/2024).
- [28] <https://www.elsevier.com/about/policies/pricing> (consultado: 19/03/2024).
- [29] <https://www.springernature.com/gp/open-research/journals-books/journals> (consultado: 19/03/2024)

- [30] <https://authorservices.wiley.com/asset/Wiley-Journal-APCs-OnlineOpen.xlsx> (consultado: 19/03/2024).
- [31] https://www.mdpi.com/editors#Editorial_Board_Responsibilities (consultado: 19/03/2024).
- [32] <https://www.frontiersin.org/about/how-we-publish#editorial-roles> (consultado: 19/03/2024).
- [33] A. I. Petrisor, *DJIT*, **2018**, 38, 199-207, <https://doi.org/10.14429/djit.38.3.12551>.
- [34] J. Soler, Y. Wang, *Predatory publishers' spam emails as a symptom of the multiple vulnerabilities in academia*, Routledge, Londres, **2023**, <https://doi.org/10.4324/9781003170723-3>.
- [35] D. Brockington, *MDPI Experience Survey Results*, **2021**.
- [36] R. Repiso, A. Merino-Arribas, A. Cabezas-Clavijo, *Profesional de la Información* **2020**, 30(4), e300409, <https://doi.org/10.3145/epi.2021.jul.09>.
- [37] P. Crosseto, *Is MDPI a predatory publisher?* **2021**.
- [38] C. Petrou, *Of special issues and journal purges*, **2023**.
- [39] <https://openeditors.ooir.org> (consultado: 19/03/2024).
- [40] A. Nishikawa-Pacher, T. Heck, K. Schoch, *Research Evaluation* **2022**, rvac037.
- [41] A. Rivero Nguer, *Roles editoriales en revistas académicas desempeñados por investigadores en España: el caso de la editorial MDPI*, **2023**.
- [42] https://en.wikipedia.org/wiki/Frontiers_Media#Controversies (consultado: 19/03/2024).
- [43] J. de Vrieze, *Science Insider* **2018**.
- [44] S. Horbach, M. Ochsner, W. Kaltenbrunner, *Reflections on guest editing a Frontiers journal* **2022**, <https://doi.org/10.59350/kbccp-fcp39>.
- [45] <https://twitter.com/deuxbeck/status/1425919087222345753> (consultado: 19/03/2024).
- [46] <https://twitter.com/MaraMather/status/1581755232668639232> (consultado: 19/03/2024).
- [47] <https://retractionwatch.com/2023/03/09/wiley-paused-hindawi-special-issues-amid-quality-problems-lost-9-million-in-revenue/> (consultado: 19/03/2024).
- [48] <https://newsroom.wiley.com/press-releases/press-release-details/2023/Wiley-Reports-Third-Quarter-Fiscal-Year-2023-Results/default.aspx> (consultado: 19/03/2024).
- [49] <https://retractionwatch.com/2023/05/02/hindawi-shuttering-four-journals-overrun-by-paper-mills/> (consultado: 19/03/2024).
- [50] <https://retractionwatch.com/2023/04/05/wiley-and-hindawi-to-retract-1200-more-papers-for-compromised-peer-review/> (consultado: 19/03/2024).
- [51] D.V.M. Bishop, *Red flags for paper mills need to go beyond the level of individual articles: a case study of Hindawi special issues* **2023**, <https://doi.org/10.31234/osf.io/6mbgv>.
- [52] <https://web.archive.org/web/20230315010316/https://www.frontiersin.org/about/fee-policy> (consultado: 03/06/2024).
- [53] D. Brockington, *MDPI Journals: 2015-2021* **2022**.
- [54] Ley 14/2011, de 1 de junio, de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación. BOE, no. 131, 02 jun. **2011**.
- [55] ANECA. *Principios y directrices para la actualización de criterios de evaluación de la investigación de ANECA 2021*, ANECA, Madrid, **2021**, disponible en <https://www.aneca.es/documents/20123/48615/210930-Principios+y+directrices.pdf/cfeeede9-4f47-89db-b377-d474d18ba57c?t=1658212529828>
- [56] Ley 17/2022, de 5 de septiembre, por la que se modifica la Ley 14/2011, de 1 de junio, de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación, BOE 06 sept **2022**, no. 214.
- [57] Ley Orgánica 2/2023, de 22 de marzo, del Sistema Universitario, BOE 23 mar **2023**, no. 70.
- [58] E. Delgado López-Cózar, A. Martín-Martín, *An. Quim. RSEQ* **2023**, 119(2), 71-86, <https://doi.org/10.62534/rseq.aq.1877>.
- [59] R. K. Merton, *La sociología de la ciencia*, Alianza Editorial, Madrid, **1977**.
- [60] Real Decreto-ley 14/2012, de 20 de abril, de medidas urgentes de racionalización del gasto público en el ámbito educativo, BOE 21 abr. **2012**, no. 96.
- [61] E. Delgado López-Cózar, *Anuario ThinkEPI* **2022**, 16, <https://doi.org/10.3145/thinkepi.2022.e16a37>.
- [62] https://es.wikipedia.org/wiki/Ley_de_Goodhart (consultado: 03/06/2024).
- [63] https://es.wikipedia.org/wiki/Ley_de_Campbell (consultado: 03/06/2024).
- [64] https://es.wikipedia.org/wiki/Efecto_cobra (consultado: 03/06/2024).
- [65] E. Delgado López-Cózar, *Medes: Medicina en Español* **2010**, 4.
- [66] E. Delgado López-Cózar, I. Ràfols, E. Abadal, *Profesional de la Información* **2021** 30(3), <https://doi.org/10.3145/epi.2021.may.09>.
- [67] E. Delgado López-Cózar, I. Ràfols, E. Abadal, *RPA*. **2022**, 27(2), <https://doi.org/10.6035/recerca.6308>.



Emilio Delgado López-Cózar

Facultad de Comunicación y Documentación.
Universidad de Granada

E-mail: edelgado@ugr.es
ORCID: 0000-0002-8184-551X



Alberto Martín-Martín

Facultad de Comunicación y Documentación.
Universidad de Granada

E-mail: albertomartin@ugr.es
ORCID: 0000-0002-0360-186X

Catedrático de Documentación en la Facultad de Comunicación y Documentación de la Universidad Granada. Especialista en evaluación de la ciencia y de la comunicación científica en los últimos años centra su atención en el estudio de las nuevas fuentes de información, acceso y evaluación científica, en el esclarecimiento de las nuevas métricas usadas para medir la visibilidad e impacto de la actividad científica así como en la repercusión de las políticas de evaluación basadas en métricas de publicación e impacto en el comportamiento de los científicos y de la ciencia misma.

Profesor Titular del Departamento de Información y Comunicación de la Universidad de Granada. Especialista en bases de datos bibliográficas académicas y comunicación científica. Su investigación se ha centrado en la evaluación de las características, funcionalidades y el impacto de las bases de datos bibliográficas utilizadas en análisis bibliométricos, especialmente Google Scholar, así como en el análisis de la evolución de las innovaciones y patrones de comunicación científica

La química que se esconde tras los mecheros

The chemistry behind the lighters

Fernando I. de Prada Pérez de Azpeitia

Grupo Especializado de Didáctica e Historia de la Física y la Química (RSEF y RSEQ)

PALABRAS CLAVE:

Encendedor
mechero de bolsillo
isobutano
ferrocerio

RESUMEN:

Los mecheros de bolsillo están presentes en casi todos los hogares y laboratorios didácticos, para obtener fuego de forma rápida y segura en cualquier momento. Los encendedores utilizan materiales y procesos en los que la química desempeña un papel fundamental. Bajo esta perspectiva, son un atractivo e interesante recurso didáctico en los niveles preuniversitarios.

KEYWORDS:

Pocket lighter
burner
isobutane
ferrocerium

ABSTRACT:

Pocket lighters are present in almost all homes and teaching laboratories, to get fire quickly and safely at any time. Lighters use materials and processes in which chemistry plays a key role. From this perspective, they are an attractive and interesting teaching resource at pre-university levels.

Introducción

"Todo lo que pueda contribuir a despertar el interés por la ciencia siempre es útil"
(Sheldon Glashow. Premio Nobel 1979)

Uno de los fundamentos de la civilización es la capacidad de producir y transportar fuego. A lo largo de la historia, se ha ideado numerosas formas y dispositivos para ello. Hoy en día, crear fuego de forma eficaz y segura no es un problema gracias a un gran invento utilizado en todo el mundo; los mecheros o encendedores de bolsillo. Desde su invento, a principios del S. XIX, han ido evolucionando en sus diseños y materiales, sustituyendo a las tradicionales cerillas. Los modelos actuales más comunes contienen un combustible en estado líquido, que se inflama por efecto de chispas, generadas por fricción con un material pirofórico o por compresión de un material piezoeléctrico. Otros tipos, menos frecuentes, son los de supervivencia, los clásicos Zippo y los de arco de plasma.

Las ventajas que presentan los mecheros para la enseñanza de la química radica en su fácil adquisición, bajo coste y la posibilidad de comprobar la utilidad de la química en objetos de nuestra vida cotidiana, que nos facilitan áreas domésticas, como encender cocinas de gas, calentadores de agua, cigarrillos y velitas de cumpleaños.

Los contenidos generales que se incluyen en esta propuesta didáctica, están englobados dentro de los actuales currículos de ESO y Bachillerato; la materia y sus propiedades, procesos físicos y químicos.

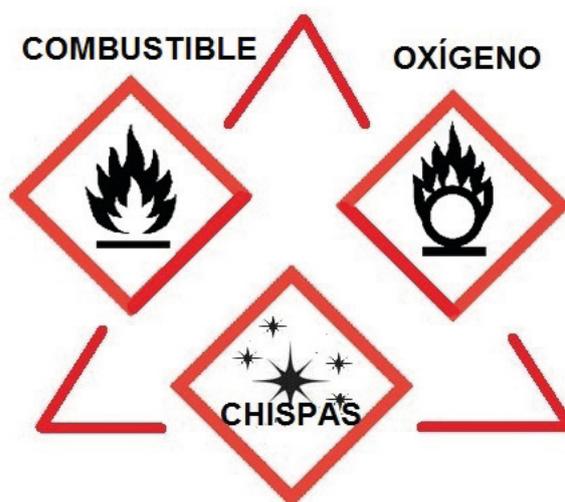


Figura 1. Triángulo del fuego creado mediante fricción.

A continuación, se analizan, bajo una visión didáctica y divulgativa, los mecheros más usuales, complementados con experiencias y demostraciones para ser realizadas en el aula o en el laboratorio, con las adecuadas medidas de seguridad y bajo supervisión directa del docente.

1. Mecheros de supervivencia

Los mecheros de supervivencia son herramientas fabricadas con aleaciones pirofóricas que, por frotamiento contra super-

ficies duras y rugosas, desprenden chispas brillantes con alto poder calorífico. No crean una llama directamente, son iniciadores de fuego. Las chispas generadas tienen la capacidad de crear fuego al encender materiales inflamables, como la yesca, hojas secas, papel fino de celulosa, etc. Son los encendedores más utilizados por excursionistas y alpinistas de alta montaña porque, a diferencia de otros sistemas de hacer fuego (cerillas, mecheros de gas), son capaces de generar chispas incandescentes, a pesar de las inclemencias meteorológicas: viento fuerte, humedad, nieve o temperaturas muy bajas.

Este tipo de mechero inicia el fuego cuando coinciden tres elementos propios del triángulo del fuego: combustible, comburente y chispas con la energía térmica suficiente para superar la energía de activación de la combustión (Figura 1).

Los kits de hacer fuego contienen una barra, fabricada con una aleación de ferrocerio, unida a un raspador de acero con un lateral estriado. El cerio es el elemento más abundante de las tierras raras, superando al estaño, cobalto y plomo. Descubierta en 1803 por J. Berzelius, lo llamó cerio en honor al asteroide Ceres, descubierta dos años antes.

La aleación de ferrocerio está formada principalmente por cerio ($\approx 40\%$), al que se le añaden otros metales con el fin de generar mayor cantidad de chispas muy brillantes, como hierro ($\approx 20\%$), lantano ($\approx 20\%$), y en menor proporción, magnesio, y otros lantánidos: neodimio y praseodimio. Para aumentar la dureza de la aleación, se añaden óxidos de hierro y magnesio.^[1] La proporción de cerio y hierro de la aleación, se puede obtener a partir del hidrógeno liberado en su reacción con ácido sulfúrico.^[2]

El cerio, y la aleación de ferrocerio, presenta propiedades pirofóricas: puede incendiarse si se rasca o lima. Al frotar la barra de la aleación con un raspador de acero, se desprenden pequeñas limaduras de la aleación que, en contacto con el oxígeno, se inflaman espontáneamente por el calor generado en la fricción y dada la baja temperatura de ignición del cerio ($\approx 160^\circ\text{C}$). En la reacción de combustión, se forman diversos óxidos, entre ellos CeO_2 , alcanzándose temperaturas superiores a los 3000°C , suficiente para que arda el papel de celulosa (Figura 2).

En efectos especiales del cine, para filmar a un coche derrapando de forma vistosa, se le colocan unas barras de una aleación de lantano y cerio, que al rozar contra el asfalto crean espectaculares estelas de chispas muy brillantes.^[3]

En algunos países europeos, a este tipo de aleaciones se las llama Auermetall, en honor al químico e inventor austriaco Carl Auer von Welsbach, quien en 1903 creó el ferrocerio, una aleación que revolucionó la forma de hacer fuego por la eficacia de sus chispas y asequibilidad. También es conocida bajo el nombre de origen alemán Mischmetal, que significa metales mixtos. En algunos casos, a la aleación pirofórica de ferrocerio se la denomina erróneamente pederrial, por la similitud con la antigua forma de encender fuego al golpear una piedra de pederrial o sílex, contra otros materiales duros (pirita, acero...) Pero químicamente, son totalmente diferentes. Tampoco es correcto llamarlos encendedores de magnesio, porque solo contiene un pequeño porcentaje de este metal ($\approx 4\%$).

Para facilitar la formación de fuego, algunos kits incluyen un bloque metálico de magnesio con una barra de fe-



Figura 2. Mechero de supervivencia y creación de chispas de ferrocerio.



Figura 3. Kit de supervivencia de ferrocerio y magnesio.

rocerio incrustada (Figura 2). Como el magnesio tiene una temperatura de ignición superior al ferrocerio, primero, hay que raspar el bloque para desprender pequeñas virutas y depositarlas sobre el material combustible que queremos encender. A continuación, hay que frotar la barra de ferrocerio con el raspador y generar chispas incandescentes, que al caer sobre las virutas de magnesio, provocan su combustión, transformándose en óxido de magnesio y liberando mucho calor, que se propaga al material combustible que queremos prender situado sobre una superficie ignífuga (cápsula de porcelana, azulejo, etc.).

Con el kit de magnesio y ferrocerio, se pueden realizar varias demostraciones: a) a diferencia del magnesio en barra, en forma de limaduras arde fácilmente: la mayor superficie aumenta notablemente la velocidad de la reacción, b) las virutas de magnesio desprenden más energía calorífica que el ferrocerio: la mayor entalpía de combustión favorece la ignición de los materiales combustibles, c) la barra de magnesio, a diferencia de la de ferrocerio, no origina chispas incandescentes al ser raspada: lo impide la mayor energía de activación de la combustión del magnesio.

2. Mecheros de gas con rueda de fricción

La mayoría de mecheros de gas, utilizan un combustible isómero de cadena del n-butano; el isobutano (metilpropano). Un producto con una amplia gama de aplicaciones en la industria, dado su bajo impacto ambiental y alta eficiencia energética. Debido a su elevada presión de vapor, el isobutano es un excelente propelente, por esta propiedad se emplea como agente propulsor en aerosoles (sprays) de lacas, cremas de afeitar y ambientadores. Además, al no tener color ni olor, se utiliza en la industria alimentaria como aditivo propulsor (E-943b), por ejemplo, en aerosoles de pas-



Figura 4. Partes del mechero de rueda con detalle de la llama originada por las chispas.

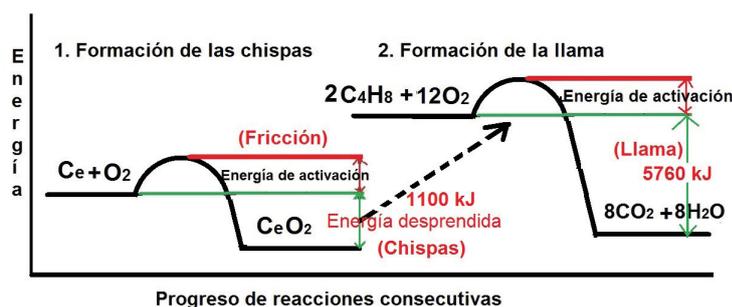


Figura 5. Diagrama energético de la secuencia de reacciones que forman la llama.

tería (nata). Y debido a su capacidad de transferir calor, se emplea como gas refrigerante en frigoríficos y aparatos de aire acondicionado.

Para almacenar mayor cantidad de combustible en el mechero (≈ 5 g), el hidrocarburo se encuentra, dentro de un pequeño depósito fabricado con un resistente polímero termoplástico (p. ej. polyoximetileno o delrinR), presurizado a una presión entre 6-10 bares y licuado. Para ello, previamente ha sido sometido a temperaturas muy bajas (por debajo del punto de ebullición) en criogeneradores, de esta forma se reduce la energía cinética de las moléculas del gas y permite que se agrupen en estado líquido. Una vez enfriado, se presuriza para que ocupe menos volumen y se mantenga en estado líquido dentro del tanque del mechero. Si abrimos al máximo la válvula del combustible, sin accionar la rueda, la expansión del gas al salir origina una disminución brusca de la temperatura, ya que la distancia entre sus moléculas aumenta y su energía se reparte en un mayor volumen (Efecto Joule-Thomson).

Algunos mecheros además de isobutano contienen pequeñas cantidades de n-butano. Ambos hidrocarburos, son gases a 20°C y 1 atm, ejercen una presión de vapor de 304 kPa (3,0 atm) y 213.7 kPa (2,1 atm) respectivamente, presentan valores parecidos de entalpía de combustión (≈ 2870 kJ/mol) y poder calorífico (≈ 49.000 kJ/kg).^[4] La ventaja del isobutano radica en que su combustión genera menos residuos y en su menor punto de ebullición (-12°C), inferior al del n-butano ($-0,5^\circ\text{C}$), lo que le hace soportar temperaturas más bajas manteniéndose en estado gaseoso. Así, por ejemplo, a la temperatura de -1°C el n-butano saldría del mechero en estado líquido y al contacto con la chispa, se formaría una llama más extensa que podría quemar la mano.

Para iniciar el fuego en los mecheros con rueda, de acero dentado y templado, hay que hacerla girar con el dedo

pulgar, para que raspe contra la superficie de la pieza de ferrocerio. Como resultado de la fricción, se liberan pequeños fragmentos de la aleación, que se oxidan rápidamente en presencia del oxígeno del aire, formándose chispas de alta temperatura. Al presionar la palanca, que abre la válvula del depósito, se libera un flujo constante de combustible (Figura 4). Debido a la diferencia de presión, al salir el combustible líquido, cambia a estado gaseoso (si la temperatura es superior al punto de ebullición) y, se mezcla con el aire circundante para originar la combustión, acompañada de una llama regular.

La energía térmica liberada por las chispas proporciona la energía de activación necesaria para iniciar la combustión del isobutano, como indica el diagrama (Figura 5).

Los mecheros, y los botes de aerosoles, aunque estén casi vacíos, no hay que arrojarlos al fuego ni someterlos a altas temperaturas. El depósito de isobutano líquido no debe superar el 85 % de su capacidad (Norma ISO 9994), para permitir cierta expansión frente al calor. Al aumentar mucho la temperatura (y a volumen constante), según la ley de Charles, se produciría un gran aumento en la presión, pudiendo provocar la explosión del mechero. Por otro lado, las aerolíneas prohíben facturar mecheros de gas en el equipaje, debido a que una despresurización repentina podría provocar su rotura, con peligro de incendio. Con el fin

de reforzar la estructura del mechero, y que soporte mejor un cambio de presión, el depósito de combustible contiene un tabique central de plástico, que forma dos cámaras unidas por la parte superior.

- Determinación de la masa molar del isobutano

Con un mechero de gas de bolsillo y unos materiales básicos (balanza, probeta, barómetro, cubeta, termómetro, soporte universal, pinza), se puede determinar experimentalmente, la masa molar relativa del isobutano.^[5, 6] Experiencia que se puede realizar en todos los niveles educativos que incluyan en su currículo la ley de los gases ideales.

El procedimiento a seguir consta de los siguientes pasos:

1. Llenar la cubeta con agua a temperatura ambiente.
2. Medir la temperatura del agua (que supondremos igual a la del gas al burbujear) y la presión atmosférica, que en una primera aproximación supondremos la misma que la presión del gas recogido.
3. Anotar la masa del mechero de gas, utilizando una balanza de sensibilidad 0,01 g.
4. Introducir una probeta llena hasta el borde y boca abajo en la cubeta, sin que queden burbujas de aire en su interior.
5. Sumergir el mechero hasta colocarlo justo en la boca de la probeta y presionar con el dedo la salida del gas, para que burbujee en el interior y ascienda, hasta almacenar unos 90 mL de gas (Figura 6).
6. Alinear el nivel del agua de la probeta con el nivel del agua en la cubeta, para igualar la presión interna del gas con la atmosférica, y medir el volumen final de gas recogido. Que coincidirá con el de gas isobutano porque se considera insoluble en agua,
7. Sacar el mechero, secarlo con papel absorbente y medir su masa.

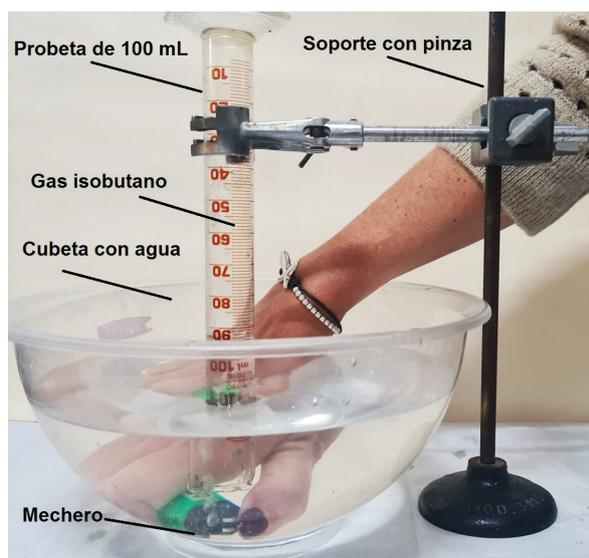


Figura 6. Montaje para la determinación experimental de la masa molar del isobutano.

La masa molar relativa del isobutano (M), se determina experimentalmente, asumiendo comportamiento ideal, a partir de los moles obtenidos aplicando la ecuación de los gases ideales:^[7]

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T \rightarrow n = P \cdot V / R \cdot T; M = m / n$$

Donde P es la presión que ejerce el gas, V el volumen que ocupa, n los moles del gas, T la temperatura absoluta, R la constante de los gases ($0,082 \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$) y m la masa del gas. Con la masa y el volumen se puede obtener un valor aproximado de la densidad.

Como el gas dentro de la probeta es una mezcla de isobutano y vapor de agua, la presión parcial del isobutano ($P_{\text{isobutano}}$) en la mezcla, se obtiene a partir de la ley de Dalton, teniendo en cuenta la presión de vapor del agua ($P_{\text{H}_2\text{O}}$) (Tabla 1) en la presión total (P):

$$P_{\text{isobutano}} = P - P_{\text{H}_2\text{O}}$$

Tabla 1. Presión de vapor del agua a diferentes temperaturas.^[8]

Temperatura y presión de vapor del agua			
T (°C)	Presión (mm Hg)	T (°C)	Presión (mm Hg)
15,0	12,788	21,0	18,650
16,0	13,634	22,0	19,827
17,0	14,530	23,0	21,068
18,0	15,477	24,0	22,377
19,0	16,477	25,0	23,756
20,0	17,535	26,0	25,209

Una vez determinada la masa molar experimental, se calcula el error cometido a partir del valor teórico (58 g/mol), analizándose las posibles causas que afectan a la exactitud del resultado. Si bien, no siempre el gas que contienen los mecheros

es isobutano puro, el hecho de contener pequeños porcentajes de butano, no afectaría al resultado final. No ocurre lo mismo si contiene otros combustibles (propano) de diferente masa molar.

Entre los principales errores de procedimiento que afectan al resultado, destacar los siguientes: - el volumen de las burbujas de aire que se puedan meter dentro de la probeta invertida, - el volumen de las burbujas de gas que no entran en la probeta, - la dificultad de secar totalmente el mechero mojado para obtener la masa final. Aunque se seque muy bien, siempre quedará algo de agua en sus recovecos. Para reducir este error, se introduce inicialmente el mechero en agua y, después de secarlo, se mide la masa inicial. De esta forma, la medida de la masa inicial y final del encendedor se realiza siguiendo el mismo procedimiento.

Para eliminar el gas de la probeta, sacarla del agua y ponerla derecha, acercarla a una ventana para, en posición invertida, evacuarlo: es el doble de denso que el aire.

3. Mecheros de gas piezoeléctricos

Otro tipo de mechero que emplea isobutano utiliza el encendido piezoeléctrico. La única diferencia es la forma en que se produce la chispa. Para crearla, se utiliza un cristal piezoeléctrico (del griego piezin: presionar) como el cuarzo (SiO_2), o materiales PZT cerámicos, que tienen la propiedad de generar una carga eléctrica cuando son sometidos a presión (Figura 7). El dedo es el que ejerce la fuerza sobre el pulsador del mechero, presionando el cristal de cuarzo. Como resultado, se produce un elevado voltaje ($\approx 3000 \text{ V}$), responsable de que salte una pequeña chispa eléctrica. A la vez, se abre la válvula del combustible y se libera en estado gaseoso, inflamándose y formando la llama.

De forma semejante, para transformar la energía mecánica en eléctrica, los cristales piezoeléctricos se utilizan en estufas y calentadores de gas. El efecto inverso también es posible, al aplicarles una diferencia de potencial, experimenten una deformación o, en el caso de los relojes de cuarzo, una oscilación de frecuencia constante.

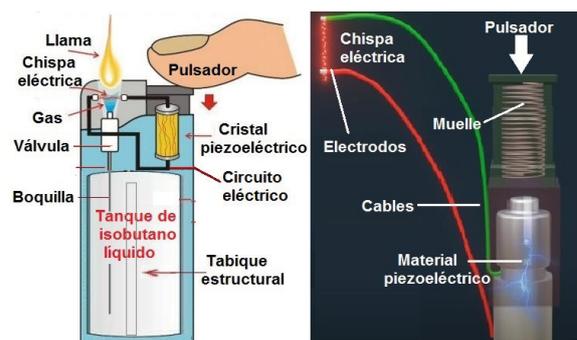


Figura 7. Partes del mechero con detalle del circuito piezoeléctrico.

-¿Cómo se origina la chispa en el cuarzo?

Al analizar la estructura del cristal de cuarzo bajo un ángulo determinado, se observa una geometría hexagonal entre los átomos de oxígeno y silicio, que comparten un electrón, pero como el oxígeno es más electronegativo, ejercerá mayor fuerza de atracción. Como resultado, el oxígeno adquiere una fracción de carga negativa y el silicio una fracción positiva, dispuesto de forma que la posición promedio de las cargas negativas coincide con las de las cargas positivas. Al aplicar una fuerza de compresión sobre la

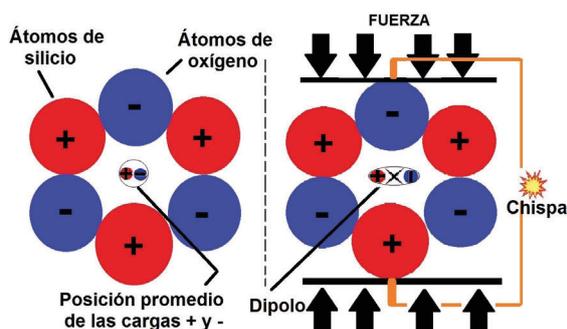


Figura 8. Representación gráfica del efecto piezoeléctrico en un cristal de cuarzo.

zona, su estructura experimenta una pequeña deformación y las posiciones de las cargas se desplazan; sus centros ya no coinciden y se crea un efímero dipolo (Figura 8). Como la estructura de cuarzo está formada por numerosos hexágonos, conectados en serie, las separaciones de las cargas individuales de cada hexágono se sumarán para generar una diferencia de potencial entre ambos lados del cristal, que induce una corriente eléctrica.^[9] Para que la carga circule de un extremo a otro, y salte la chispa responsable de la ignición del combustible, hay que conectar el cristal a dos cables, separados una pequeña distancia.

- Experiencia: espuma inflamable de isobutano

Esta demostración permite comprobar, de una forma espectacular, la liberación de la energía química almacenada en los enlaces del isobutano y su transformación en energía calorífica y luminosa. Los materiales necesarios para formar las burbujas inflamables, son: recipiente de agua (cristalizador o cubeta), bote cargador de isobutano para mecheros, mechero con tubo largo, agua y detergente jabonoso, colador metálico de rejilla, guantes largos resistentes al calor y pantalla facial de seguridad.

En primer lugar, hay que introducir, boca abajo, el bote de combustible en un cristalizador con agua jabonosa (agua con un chorro de lavavajillas) y presionar la boquilla de salida del gas contra el fondo del recipiente: el gas saldrá burbujeando y generando mucha espuma. A continuación, con el guante de seguridad, se recoge la espuma de la parte superior de líquido (o se rebañan con un colador metálico) y acercar la llama del mechero a las burbujas (Figura 9). El calor de la llama producirá la combustión del isobutano contenido dentro de la espuma, originando una



Figura 9. Obtención y combustión de espuma inflamable de isobutano.

espectacular llamada, que se apagará en unos segundos. La experiencia debe realizarse por el profesor, o bajo supervisión directa, manteniendo la distancia de seguridad adecuada y lejos de cualquier material inflamable.

Para eliminar los restos de combustible que contiene la espuma del recipiente, basta con acercar la llama de un mechero para que arda. Operación que debe efectuarse lejos de materiales inflamables o en vitrina de laboratorio. El agua absorberá todo el calor, dado su elevado calor específico, y el fuego se extinguirá en unos segundos.

4. Mecheros de gas tipo soplete

Los encendedores *jet*, antorcha o soplete, contienen un mecanismo de encendido piezoeléctrico junto a una cámara de combustión. La diferencia con otros mecheros es el sistema a presión de suministro de combustible, que al estar propulsado por aire, crea una intensa, tipochorro o antorcha, de alto poder calorífico y de color azulado, semejante a las llamas formadas por los mecheros Bunsen de laboratorio (Figura 10). La elevada temperatura que alcanzan estas llamas, superiores a 1300 °C, permite fundir a muchos metales (cobre, aluminio) y realizar tareas como soldar e, incluso, cocinar.

En los mecheros de soplete, la salida de combustible se realiza a través de un estrecho orificio, que actúa regulando la cantidad de combustible y creando una fina corriente (chorro) de gas a alta velocidad y a menor presión (efecto Venturi). Esto provoca que al pasar por los orificios de entrada de aire de la cámara de mezcla sea succionado y forme una mezcla estequiométrica de combustible y aire que fluye ascendiendo por la boquilla. Al llegar a la parte superior, la mezcla se combina con la fuente de ignición (chispa creada al pulsar el botón piezoeléctrico) y se produce una combustión completa, formándose una potente e intensa llama.

En los mecheros de gas que no utilizan este sistema, el combustible solo se mezcla con el oxígeno atmosférico en la zona superior y exterior. Como resultado de esta combustión incompleta, se genera una llama luminosa y amarillenta, de menor intensidad calorífica y temperatura), responsable de la formación de hollín. Proceso que se puede comprobar, al poner la llama en contacto con una superficie fría de vidrio o porcelana, por las partículas de carbono que se depositan sobre ella. Tiznado que no se aprecia si la llama procede de un mechero *jet*.

Con el fin de aumentar la energía calorífica generada por el mechero y la superficie a quemar, algunos modelos contienen un sistema múltiple de inyección de combustible que origina una llama formada por varios chorros de fuego.



Figura 10. Elementos de un mechero Jet con detalle de la cámara de combustión.

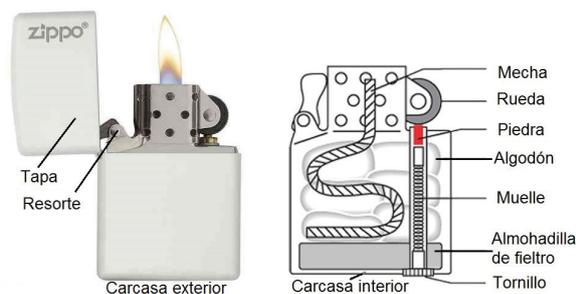


Figura 11. Elementos de un mechero Zippo.

5. Mecheros tipo Zippo

Los mecheros *Zippo* se diferencian de los de gas en la clase de combustible y en la forma de suministrarlo. Utilizan una mezcla de líquidos combustibles derivados del petróleo (gasolina especial) que asciende por capilaridad, desde unas bolas empapadas en la gasolina, a través de una mecha de algodón, que contiene dentro un fino hilo de cobre para mayor consistencia. La fricción de la rueda con la piedra de ferrocerio proporciona la energía de activación necesaria para que arda el combustible que impregna la mecha.

Todo el conjunto está contenido en una carcasa interior de latón que se puede sacar, de otra carcasa mayor, para recargar el combustible. La llama es resistente al viento gracias a una cubierta (o chimenea) metálica con orificios, que deja entrar al aire para crear la llama pero la protege del viento, actuando de cortavientos (Figura 11). El mechero *Zippo*, se caracteriza porque el suministro de combustible es continuo, no necesitan de una válvula de suministro, la llama permanece encendida sin necesidad de apretar un pulsador para liberar el gas. Para apagarla hay que cerrar la tapa, con lo que se retira el oxígeno requerido para la combustión.

La mecha de algodón del mechero se va ennegreciendo por el uso, debido a la deposición de partículas de carbono resultantes de la combustión incompleta del combustible.

6. Mecheros eléctricos

Los mecheros eléctricos más modernos son los de plasma, que no contienen combustible, ni forman llama directa, sino una pequeña batería recargable de litio, encargada de transformar la energía química en electricidad y, esta, en energía térmica.

La batería origina una descarga entre los electrodos de tungsteno (wolframio), originando un arco voltaico de color púrpura (Figura 12) formado por el cuarto estado de la materia (plasma), de forma semejante a la formación de los rayos en una tormenta eléctrica. La temperatura del arco no origina una llama, pero produce la energía térmica suficiente para iniciar el fuego y prender materiales inflamables con los que se pone en contacto.

Al no utilizar hidrocarburos inflamables, los mecheros eléctricos de plasma cuentan con las ventajas de no producir carbonización, encenderse desde cualquier posición, y funcionar en condiciones meteorológicas adversas. Se recargan mediante un conector a un puerto USB y dado la elevada potencia de descarga de la pila incorporan un temporizador de apagado automático (≈ 10 s) como sistema de economizar energía y proteger los electrodos de las altas temperaturas.



Figura 12. Mechero eléctrico de plasma (izqda.) y de incandescencia (dcha.).

La mayoría de los encendedores de plasma contienen en los terminales un sistema doble de electrodos para conseguir mayor potencia calorífica. Al presionar el botón de encendido, los electrodos se ionizan al máximo, extendiéndose la ionización al aire circundante. El movimiento de los electrones hace que la chispa se desplace entre los electrodos opuestos, formando un doble arco de plasma en forma de "X".

A pesar de que en un video publicado en diversas redes,^[10] se muestre un mechero comercial de plasma afirmando que es un arma encubierta y prohibida, semejante a una pistola táser, parece ser simplemente un mechero que no produce descargas eléctricas peligrosas, solo la necesaria para crear un arco de plasma con el que poder iniciar fuego; ni afecta al sistema nervioso, anulando las funciones motoras, ni origina incontrolables espasmos musculares.

Otros tipos de encendedores eléctricos, utilizan un cabezal de ignición formado por una bobina o resistencia de tungsteno. Al paso de la corriente, el alambre de la bobina se calienta hasta la incandescencia (efecto Joule). Este mismo tipo de mechero se encuentra instalado en muchos automóviles para encender cigarrillos. Incluso, existen mecheros que combinan el sistema de incandescencia con el de gas combustible, creando una doble ignición que genera una llama de color rojizo.

7. Conclusiones

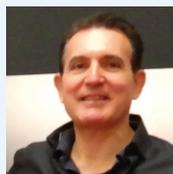
Parafraseando al Premio Nobel S. Glashow, todo lo que pueda contribuir a despertar el interés por la química siempre es útil para el docente. A esto, pueden contribuir unos ingenios tan cotidianos como los mecheros de bolsillo; aparatos que funcionan gracias a la química, de la mano de la física y la tecnología.

La facilidad de manejo, accesibilidad y coste reducido, hacen de los encendedores un interesante recurso didáctico con el que los estudiantes pueden comprobar, de forma práctica, cómo la química proporciona numerosos materiales a la tecnología para crear instrumentos y dispositivos útiles que nos hacen la vida más cómoda y segura.

Bibliografía

- [1] K. Reinhardt, H. Winkler, *Cerium Mischmetal, Cerium Alloys and Cerium Compounds*, Wiley-VCH, 2012, (8), 41-54.
- [2] F. C. Hentz Jr., G. G. Long, *J. Chem. Educ.* 1976, 53, 651, <https://doi.org/10.1021/ed053p651>.
- [3] T. Gray, *Los elementos*, Larousse Ed. 2011, p. 137.
- [4] *Fichas Internacionales de Seguridad Química*, INSST, 2018, ICSC: 0901, 0232.

- [5] D. A. Davenport, *J. Chem. Educ.* 1976, 53, 306, <https://doi.org/10.1021/ed053p306>.
- [6] G. M. Bodner, L. J. Magginnis, *J. Chem. Educ.* 1985, no. 62, 434-435, <https://doi.org/10.1021/ed062p434>.
- [7] B.S. Shakhshiri, *Chemical Demonstrations*, vol. 2, The University of Wisconsin Press, 1985, 48-50.
- [8] W.M. Haynes, *Handbook of Chemistry and Physics*, CRC Press, 2015, Sec. 6-5, <https://doi.org/10.1201/b17118>.
- [9] B. Haraoubia, *Nonlinear Electronics 1*, Elsevier, 2018, 345-346, <https://doi.org/10.1016/B978-1-78548-300-4.50001-4>.
- [10] Policía Nacional. "¿Conocías esta arma prohibida?" disponible en https://www.tiktok.com/@policia/video/7207023433111129350?is_from_webapp=1&sender_device=pc, 2023 (consultado: 05/05/2024).



Fernando I. de Prada Pérez de Azpeitia

Grupo Especializado de Didáctica e Historia de la Física y la Química (RSEF y RSEQ)

C-e: fernando.pradaperez@educa.madrid.org

ORCID: 0000-0002-4897-2082

Fernando de Prada, licenciado en Ciencias Químicas (UAM). Profesor de instituto de Física y Química (Comunidad de Madrid). Miembro del Grupo Especializado de Didáctica e Historia de la Física y Química (RSEQ/RSEF). Entre sus colaboraciones se encuentran entidades variadas; Grupo SM, Parque de Atracciones de Madrid, RSEQ, RSEF, Comunidad de Madrid, Ministerio de Educación, Museo Nacional del Prado... Forma parte activa en eventos de divulgación científica (Feria Madrid es Ciencia, Ciencia en Acción, El Pati de la Ciència...).

Galardonado en diversos certámenes de mejora de la calidad de enseñanza e innovación educativa (Premio Salvador Senent de la RSEQ, Premio Enseñanza y Divulgación de la Física de la RSEF, Premio Giner de los Ríos del MEC...).

XLII Reunión del **GEOO**
 Grupo Especializado en **Química Organometálica**
 SEVILLA, del 11 al 13 de Septiembre de 2024

Organiza:

UNIVERSIDAD DE SEVILLA
 RSEQ
 GEOO
 CSIC

Francisco Buscarons Úbeda (1906-1989). Químico analítico y rector

Francisco Buscarons Úbeda (1906-1989).
Analytical chemist and rector

Elisabeth Bosch¹ y Joaquim Sales^{2*}

¹ *Catedrática jubilada de Química Analítica. Universidad de Barcelona.*

² *Catedrático jubilado de Química Inorgánica. Universidad de Barcelona.*

PALABRAS CLAVE:

Francisco Buscarons
Química Analítica
Rector
Universidad de Barcelona

RESUMEN:

Se presenta una aproximación biográfica de Francisco Buscarons Úbeda, catedrático de Química Analítica de la Universidad de Barcelona (1945-1975) y rector de la misma (1951-1956). Su trayectoria permite conocer aspectos significativos de la universidad española en la época franquista. A pesar de las limitaciones del momento supo, como investigador, establecer una escuela de química analítica y, como rector, hacer frente a los primeros movimientos de protesta estudiantiles con una actitud digna frente la política represora del régimen.

KEYWORDS:

Francisco Buscarons
Analytical Chemistry
Rector
University of Barcelona

ABSTRACT:

A biographical approach of Francisco Buscarons Úbeda, professor of Analytical Chemistry (1945-1975) and rector (1951-1956) at the University of Barcelona is presented. His trajectory allows us to know significant aspects of the Spanish university during the Franco dictatorship. Despite the limitations of the period, he was able as a researcher to establish a fruitful school of analytical chemistry. As rector he faced, with a dignified attitude, the first student protest movements against the repressive policy of the regime.

Una breve descripción del marco universitario español a mediados del siglo XX servirá de introducción a la figura de Francisco Buscarons Úbeda como docente, investigador y gestor en la Universidad de Barcelona (UB). Para la institución universitaria, como en todos los ámbitos de la sociedad, la Guerra Civil y el franquismo supusieron la destrucción de lo que había representado la universidad republicana y la configuración de un ambiente político basado en el nuevo ideario imperante. Desde un primer momento –antes incluso de la promulgación de la Ley de ordenación universitaria de 1943– se aplicaron directrices generales con el objetivo de eliminar todo aquello que se opusiera a la homogeneización de la universidad española. La nueva ley, vigente hasta la Ley general de educación de 1970, supuso, en la práctica, el regreso a la Ley Moyano de 1857 que implicaba un control absoluto por parte del ministerio. Se consideraba la universidad como una corporación a la cual el estado confiaba una empresa espiritual: realizar y orientar las actividades científicas, culturales y educativas de la nación con la norma de servicio que imponía la rea-

lidad española del momento. El rector, nombrado directamente por el Gobierno, era la máxima autoridad. Se involucraba en la labor universitaria a la Iglesia (incorporación de la asignatura de Religión), el Ejército (responsable de la asignatura de Educación Física) y la Falange (con la asignatura de Formación Política) –conjunto de asignaturas conocido popularmente como las “tres marías”–. Además, era obligatoria la afiliación de los estudiantes al Sindicato Español Universitario (SEU)¹ y del profesorado al Servicio Español del Profesorado Universitario. Algo más tarde, en las décadas de los 50 y 60, el régimen franquista empezó a ser cuestionado por diferentes sectores de la sociedad y en las universidades, de modo tímido y necesariamente limitado, comenzaron los primeros conatos de revueltas y protestas ante la falta de las libertades más elementales, movimientos que comportaron una represión dura que incluyó la expulsión de un número significativo de profesores y especialmente de estudiantes.

En líneas generales se admite hoy que la misión de la universidad es la transmisión del conocimiento, la creación de nuevos

1. Sindicato creado en 1933 por José Antonio Primo de Rivera (1903-1936), fundador de Falange Española, con el objetivo de introducir los principios del nacionalsindicalismo en la Universidad.

El retrato de Marie-Anne Paulze y Antoine Lavoisier

The Portrait of Marie-Anne Paulze and Antoine Lavoisier

Santiago Álvarez

Catedrático Emérito de Química Inorgánica.

Departament de Química Inorgànica i Orgànica, Secció de Química Inorgànica; Institut de Química Teòrica i Computacional UB; Universitat de Barcelona.

En un análisis de imágenes prediseñadas ("cliparts") relacionadas con la ciencia, Schummer y Spector encontraron que más del 40% se pueden asociar a la química,^[1] lo que indica que la química domina el estereotipo visual popular de la ciencia en su conjunto. Según ese estudio, los objetos más emblemáticos de la química son los aparatos de laboratorio de vidrio, tales como vasos de precipitados, balones, erlenmeyers o tubos de ensayo, y, en menor medida, el mechero Bunsen. De la misma manera, la imagen emblemática de las ciencias biomédicas es el microscopio, la de la astronomía el telescopio y la de las matemáticas son las ecuaciones. Aunque la tabla periódica contiene una carga simbólica mucho mayor, a la que se han dedicado en los últimos años numerosas publicaciones,^[2] posiblemente no ha entrado en la lista de éxitos de Schummer y Spector debido a que su estudio se limitaba a cliparts.

A pesar de su elevado potencial simbólico, otras imágenes como los modelos atómicos o moleculares, el fuego, las explosiones, las substancias tóxicas o el "científico loco" parecen tener menos preeminencia en la iconografía contemporánea. Por ello en esta columna iré revisando imágenes de la química de fuerte contenido simbólico que suelen pasar inadvertidas o que, como un guardiana, desaparecen durante una temporada de nuestro entorno visual para reaparecer esporádicamente, sin que muchas veces seamos conscientes de su potencial evocador.

Para esta primera entrega he elegido el archiconocido el óleo de grandes dimensiones (260 x 195 cm) *Retrato de Antoine-Laurent Lavoisier y de su esposa* que el pintor neoclásico francés Jacques-Louis David (1748-1825) hizo en 1788 que se conserva actualmente en el Metropolitan Museum of Art de Nueva York. Esa obra está considerada una de las mejores imágenes de la Wikipedia en inglés y aparece en numerosos libros y artículos de historia de la química. David fue un artista reconocido que supo adaptarse a los profundos cambios de la sociedad francesa a finales del siglo XVIII y principios del XIX, como puede verse en la evolución de sus obras más famosas. A título de ejemplo podemos citar en primer lugar *El juramento de los Horacios* (1784, Museo del Louvre), realizada por encargo de Luis XVI, que se considera como una alegoría de la fidelidad al rey. Tras la Revolución Francesa, David pasó a ser

uno de los artistas más destacados de la República Francesa y pintó otro cuadro histórico, *La muerte de Marat* (1793, Museos Reales de Bellas Artes de Bélgica, Bruselas), para realzar la figura del líder revolucionario, amigo suyo (como lo fue también Robespierre) y enemigo declarado de Lavoisier. Eso no le impidió, tras haber pasado por la cárcel en la última fase de la Revolución y después del golpe de estado de Napoleón Bonaparte en 1799, convertirse en el pintor oficioso del nuevo régimen napoleónico. Ese status se manifiesta en las cinco versiones de la espectacular obra *Napoleón cruzando los Alpes*, pintadas entre 1801 y 1805, así como en *La consagración de Napoleón*, un óleo de casi diez metros de ancho (1806-1807, Museo del Louvre) y en el *Retrato de Napoleón en su gabinete de trabajo* (1812, Galería Nacional de Arte, Washington).

Mucho se ha escrito sobre el papel histórico de Lavoisier en el desarrollo de la química como ciencia y sobre el importante trabajo de observación e ilustración de los experimentos por parte de su esposa Marie-Anne, al cual se le atribuye una mayor relevancia con el paso de los años. En un libro publicado recientemente por Francesca Antonelli se analiza ese papel utilizando nuevos detalles obtenidos tras una detallada disección de los cuadernos de laboratorio de Lavoisier y de la abundante correspondencia de la pareja.^[3] Marie-Anne actúa en muchos de esos cuadernos como secretaria, dotándolos de una tabla de contenidos, redactando porciones no desdeñables de ellos, o anotando tiempos –cronómetro en mano– en los experimentos con gases, pero también contribuye dibujando las láminas del *Traité de Chimie*, o traduciendo al francés *An Essay on Phlogiston, and the constitution of acids* (1787) de Richard Kirwan, traducción que aparecería tan sólo un año después de la edición original. Tampoco su papel en este libro se limita a la traducción, y adopta también el papel de editora, redactando un prólogo crítico con la teoría del flogisto de Stahl y Kirwan y favorable a las tesis de Lavoisier, y añadiendo a la versión francesa comentarios de químicos antiflogísticos como Lavoisier, Guyton de Morveau, Berthollet o de Fourcroy. Por último, mantiene una abundante correspondencia con numerosos científicos europeos, en un empeño de hacerles llegar las ideas y publicaciones de Lavoisier, y recibe a muchos de ellos en los salones de sus sucesivas residencias, donde tienen ocasión de observar



Figura 1. Retrato de Antoine-Laurent y Marie-Anne Paulze Lavoisier, 1788. Óleo sobre tela de Jacques-Louis David. Imagen de dominio público.

demonstraciones de los experimentos de su marido. Ese trabajo de promotora de la “nueva química” de Lavoisier, continúa incluso después de la muerte de éste, y es coronado con la aparición de las *Mémoires de physique et de chimie* (1805), una recolección en dos volúmenes de todas las memorias leídas por él en la *Académie des Sciences*.

El lector interesado en los avatares del matrimonio Lavoisier encontrará más información en algunas de las biografías disponibles o en la ingente obra de Marco Beretta sobre los Lavoisier.^[4-7] Incidentalmente, en los cuatro libros aquí citados se reproduce el retrato de David que aquí comentamos.

Volviendo al retrato, éste fue realizado a finales de 1788, en vísperas de la Revolución Francesa, al mismo tiempo que Lavoisier completaba la redacción de su *Traité élémentaire de chimie*. Aparte de los dos protagonistas, el cuadro muestra algunos instrumentos de los que utilizaba Lavoisier para sus experimentos, así como un manuscrito sobre el que trabaja, sin duda el de su *Traité*, que se publicaría en 1789. Se observa también la presencia de una carpeta a la izquierda, que podría contener las ilustraciones que Marie-Anne había hecho para el libro. El centro de atracción del retrato, sin embargo, es el rostro de Marie-Anne, que aparece más centrado y mejor iluminado que el de su marido, mirando frontalmente al observador. Incluso la mirada de Lavoisier apunta hacia el rostro de ella, que se recuesta en su hombro y lo tapa parcialmente con sus brazos y manos. Según Beretta,^[8] en esa imagen, Lavoisier mira a su esposa «como si fuera una musa inspiradora», suspendiendo momentáneamente la escritura del

Traité. Por último, la composición evidencia una diagonal que apunta a la cara de Marie-Anne, formada por su brazo derecho y la pierna derecha de su marido, reforzada por un pliegue del paño que cubre la mesa y por la mano izquierda de ella y la pluma que sostiene Lavoisier en la mano. Con esa composición, David parece darle a Marie-Anne el protagonismo que tuvo realmente en la carrera académica de Lavoisier y en su conversión en un personaje central de la “nueva química”,^[9,10] protagonismo que fue poco valorado durante muchos años por la historiografía de la química.

Después de más de cuarenta años de estar expuesto en el Metropolitan Museum of Art de Nueva York, el cuadro de David ha sido sometido recientemente a un minucioso examen mediante microscopía óptica, reflectografía infrarroja (IRR), un mapeado mediante macro-fluorescencia de rayos X (MA-XRF), espectroscopía Raman, microscopía electrónica de energía dispersiva (SEM-EDS), y el microanálisis de muestras de pintura.^[11] La imagen IRR pone al descubierto el dibujo al carboncillo sobre el que se realizó la pintura, así como restos de pigmentos ocultos bajo la última capa, datos a partir de los cuales los autores del estudio pueden deducir algunos cambios de último momento introducidos por David, sobre los cuales Philip Ball ha escrito unos comentarios muy acertados.^[12] Veamos cuáles son esos cambios.

En primer lugar, los instrumentos de laboratorio no aparecían en la primera versión del cuadro, lo que hace suponer a Ball que originalmente Lavoisier no se presentaba como químico, sino haciendo su trabajo de *Fermier Général*, es decir, recaudador de impuestos para Luis XVI.

En segundo lugar, un ribete de bronce, que decoraba los laterales de la mesa inicialmente, quedó finalmente cubierto por el paño rojo, igual que una papelería colocada debajo de la mesa y que la pierna izquierda de Lavoisier.

En tercer lugar, el esbozo original mostraba unas estanterías llenas de libros en el extremo superior derecho de la pared. A mi entender, David las eliminó para evitar elementos circunstanciales que restaran protagonismo a la pareja, dejando una pared lisa sobre la que destacan más los protagonistas.

El descubrimiento más sorprendente del estudio es que la cabeza de la dama estaba cubierta con un enorme sombrero con cintas negras y rojas, festoneado de flores. Según Ball, era de un estilo muy de moda en aquellos años, característico de la ostentación de la clase dominante.

Mientras Lavoisier terminaba su libro y David su retrato, flotaba en la atmósfera de Francia una desazón que presagiaba la Revolución que no tardaría en llegar. Al descontento de agricultores y otros grupos sociales con el sistema feudal se añadían una sucesión de años de malas cosechas y los intentos de la monarquía por salir de su déficit financiero permanente con más impuestos.^[13] Ello condujo a una inflación y a la consiguiente disminución del poder adquisitivo de la gran masa de la población que tenía problemas para el abastecimiento de pan y de leña o carbón. En resumen: paro, hambre, carestía, problemas financieros de la monarquía derivados de los préstamos bancarios solicitados para poder mantener el ejército en la guerra de independencia americana y una feroz competencia de los productos manufacturados británicos, eran

los nubarrones que se cernían sobre la sociedad francesa. A todo ello hay que añadir la construcción en 1784 de una nueva muralla para controlar la circulación de mercancías en la capital, con el fin de evitar el contrabando y asegurar el pago de impuestos, proyecto cuyo principal responsable a ojos de los parisinos era Lavoisier, quien fue objeto de ataques en diversas publicaciones.^[3]

Todo ello debió ser detectado por el perspicaz David, de cuya habilidad para saber de dónde soplaban los vientos ya hemos hablado, quien introduciría los cambios necesarios en su obra para evitar mostrar a los Lavoisier como parte de la clase dominante y destacar su perfil de químico y autor. O tal vez David realizó los cambios siguiendo las instrucciones de un Lavoisier que empezaba a olfatear el peligro que podía suponer en esos tiempos el ser un recaudador de impuestos de la monarquía. Lo cierto es que esos esfuerzos resultaron baldíos. Finalizados el retrato y el libro, la Revolución explotaría con la Toma de la Bastilla el 14 de julio de 1789. A pesar de los intentos de Lavoisier de poner sus capacidades de recaudador de impuestos al servicio de la República, no pudo escapar de la guillotina y perdió la cabeza (literalmente) el 8 de mayo de 1794, a los 50 años. Que sepamos, David no se encargó de inmortalizar esa muerte como había hecho con la de Marat.

Bibliografía

- [1] J. Schummer, T. I. Spector, en *Science Images and Popular Images of the Sciences* (Eds.: B. Hüppauf, P. Weingart) Routledge, New York, **2007**, pp. 69-95.
- [2] S. Shaik, E. Cremades, S. Alvarez, *Angew. Chem. Int. Ed* **2019**, 58, 13194-13206, <https://doi.org/10.1002/anie.201904584>.
- [3] F. Antonelli, *Scrivere e sperimentare. Marie-Anna Paulze-Lavoisier, segretaria de la "nuova chimica" (1771-1836)*, Viella, Roma, **2022**, <https://doi.org/10.52056/9791254693018>.
- [4] I. Pellón. *Un Químico ilustrado: Lavoisier*, Nivola, Tres Cantos, **2002**.
- [5] M. Smart Bell, *Lavoisier en el año uno de la Revolución: el nacimiento de una nueva ciencia en la era de las revoluciones*, Antoni Bosch, Barcelona, **2010**, pp. 13-41.
- [6] A. Muñoz Páez, *Lavoisier, la química moderna: la revolución está en el aire*, RBA, Barcelona, **2013**.
- [7] J. R. Bertomeu Sánchez, A. García Belmar, *La revolución química. Entre la historia y la memoria*, Universitat de València, Valencia, **2006**, pp. 243-245.
- [8] M. Beretta, en *Science and the Visual Image in the Enlightenment* (Ed. W. R. Shea) Science History Publications, Canton (MA), **2000**, pp. 57-88.
- [9] M. Bermejo, S. Casas Fernández, M. V. Castaño Palazón, *Antoine Laurent Lavoisier. Tratado elemental de Química*, Universidade de Santiago de Compostela, Santiago de Compostela, **2009**; pp. 68-72.
- [10] R. Hoffmann, *Am. Sci.* **2002**, 90, 22-24, <https://doi.org/10.1511/2002.13.3317>.
- [11] S. Centeno, D. Mahon, F. Carò, D. Pullins, *Herit. Sci.* **2021**, 9, <https://doi.org/10.1186/s40494-021-00551-y>.
- [12] P. Ball, *Chem. World* **2021**, 18, 21.
- [13] A. Vilademunt, *Cuadernos Historia* **16** **1995**, 13, 4-22.



Santiago Álvarez

Catedrático Emérito de Química Inorgánica. Departament de Química Inorgànica i Orgànica, Secció de Química Inorgànica; Institut de Química Teòrica i Computacional UB

Universitat de Barcelona, Martí i Franquès 1-11, 08028 Barcelona.

Noticias de la RSEQ

PREMIOS RSEQ

Rubén Martín Romo, Medalla de Oro RSEQ 2024

Rubén Martín (Barcelona, 1976) obtuvo su doctorado por la Universidad de Barcelona en 2003 bajo supervisión del Prof. Antoni Riera. En 2004, realizó estudios postdoctorales en Max-Planck Institute für Kohlenforschung (Alemania) bajo supervisión del Prof. Alois Fürstner, donde desarrolló métodos catalíticos catalizados por hierro para acoplamientos cruzados y reacciones de cicloisomerización. En 2005, llevó a cabo un segundo periplo postdoctoral en el Massachusetts Institute of Technology (USA) bajo supervisión del Prof. Stephen L. Buchwald, donde diseñó nuevos métodos catalíticos de acoplamiento cruzado catalizados por paladio y cobre.

En octubre de 2008 inició su carrera independiente en el Instituto Catalán de Investigación Química (ICIQ), centrandó su investigación en nuevas metodologías organometálicas para preparar compuestos de alto valor añadido a partir de precursores simples y fácilmente accesibles. En 2013 obtuvo el rango de profesor asociado, y ese mismo año Profesor de investigación ICREA. El grupo del Prof. Rubén Martín ha contribuido a la adaptación de la catálisis de níquel para funcionalizar enlaces C-H, C-heteroátomo y C-C. Concretamente, ha sido pionero en el diseño de métodos catalíticos de fijación de CO₂ para preparar ácidos carboxílicos y el desarrollo de acoplamientos cruzados con derivados de fenol simples. Recientemente, ha podido constatar el potencial sintético de procesos *chain-walking* que permiten funcionalizar de manera selectiva enlaces C-H en hidrocarburos (in)saturados y métodos multidisciplinarios que combinan luz visible y catálisis de níquel, ofreciendo nuevos métodos sintéticos con aplicaciones directas en el ámbito farmacéutico. La investigación del Prof. Rubén Martín no solo se centra en proporcionar herramientas sintéticamente útiles a problemáticas actuales, sino también a esclarecer los mecanismos de reacción de dichos procesos a nivel molecular, permitiendo una mayor comprensión de la



Prof. Rubén Martín

catálisis de níquel y su potencial para revolucionar la química sintética preparativa.

La investigación del Prof. Rubén Martín ha sido galardonada con distinciones que incluyen, entre otros, el Premio Jóvenes investigadores RSEQ (2010), Premio Eli Lilly (2011), Premio Excelencia RSEQ (2015), Premio Marcial Moreno (2017), Premio OMCOS (2017), Premio Banc Sabadell a las Ciencias y la Ingeniería (2018), Premio Arthur Cope Scholar Award (2019) y ha sido incluido en la lista Forbes de los 50 españoles más galardonados (2021). Por otro lado, ha recibido en cuatro ocasiones financiación del European Research Council, incluyendo ERC-StG (2011) y ERC-AdvG (2021). Por otro lado, destacar su rol como mentor, con 25 tesis doctorales defendidas (+15 en curso) y con 19 antiguos estudiantes llevando a cabo su carrera académica independiente en España (3), Alemania (4), Colombia (2), India (2), China (6), Japón (1) y Estados Unidos (1). ORCID: [0000-0002-2543-0221](https://orcid.org/0000-0002-2543-0221)

Premios de Reconocimiento a una Carrera Distinguida de la RSEQ, 2024

Mercedes Amat (Castellón de la Plana, 1956) se licenció en Farmacia (1979) por la Universidad de Barcelona y obtuvo el grado de Doctor por la misma Universidad en 1984 bajo la dirección del Prof. Joan Bosch. Posteriormente, se trasladó a la Universidad de Virginia (USA) donde realizó estudios postdoctorales en el grupo del Prof. Richard J. Sundberg gracias a la concesión de una beca Fulbright/MEC. En 1987 se incorporó al Departamento de Farmacología y Química Terapéutica de la Universidad de Barcelona donde inicialmente fue Profesor Titular y, a partir de 1997, Catedrática de Química Orgánica.

Desde el año 2000, como responsable de un grupo de investigación, ha desarrollado una metodología sintética basada en la utilización de lactamas derivadas de aminoalcoholes quirales como plataformas en la síntesis de heterociclos nitrogenados enantiopuros y su aplicación a la síntesis asimétrica de productos naturales y compuestos bioactivos relacionados. La eficiencia y versatilidad del procedimiento se ha puesto de manifiesto con la síntesis total o formal de más de cincuenta alcaloides pertenecientes a una gran variedad de tipos estructurales, en algunos casos por vez primera, lo que ha permitido confirmar su estructura.

Sus trabajos se han publicado en más de 150 artículos científicos y se han presentado en 4 conferencias plenarios y 50 invitadas, habiendo dirigido 30 Tesis Doctorales. Ha desempeñado diversos cargos de gestión, como Directora del Departamento de Farmacología y Química Terapéutica de la UB (2005-2013), Vicepresidenta del Grupo Especializado de Productos Naturales (GEPRONAT, 2010-13), Presidenta de la Sección Territorial Catalana (ST-Cat, 2018-2022) de la Real Sociedad Española de Química (RSEQ) y, desde 2021, Presidenta de la Comisión de Ciencias de la Comisión para la Evaluación de la Investigación (CAR) de la Agencia para la Calidad del Sistema Universitario Catalán (AGU). Ha sido distinguida con la Medalla Félix Serratosa (2015), concedida por el Grupo Especializado de Química Orgánica (GEQOR, RSEQ) y ha recibido el Premio a la Excelencia en la Investigación (2018), concedido por el GEPRONAT. [0000-0002-9551-4690](https://doi.org/10.1002/9781118469000)

Clara Viñas i Teixidor se licenció en Químicas (UAB 1975) y en Farmacia (UB 1980). Comenzó su tesis doctoral en 1981 en la Universidad de Michigan bajo la dirección del Prof. Ralph Rudolph en el campo de la química de los clústeres de boro. Sin embargo, la repentina muerte del Prof. Rudolph y la cancelación de sus proyectos la obligaron a regresar a España en 1982 sin completar su tesis. Por circunstancias personales, no pudo retomar su investigación de inmediato, posponiendo su disertación. Desde 1985 trabajó en el Laboratori Municipal de l'Ajuntament de Sabadell, donde fue directora (1988-1990), y combinó este trabajo con su tesis, doctorándose en Farmacia en 1990. En 1991, se



Prof.ª Mercedes Amat



Prof.ª Clara Viñas i Teixidor

incorporó al ICMAB-CSIC como científica titular, alcanzando los puestos de investigadora científica en 2002 y de profesora de investigación en 2006.

Desde su ingreso en el CSIC, ha realizado una destacada contribución en Química Organometálica y los clústeres de boro. Su trabajo se ha centrado en la síntesis de derivados de carborano y metalacarborano, buscando siempre nuevas aplicaciones. Ha combinado sus conocimientos en química y farmacia para avanzar en i) Catálisis fotoredox en la oxidación en medio acuoso de alcoholes, alcanos, alquenos e hidrocarburos aromáticos; ii) medio ambiente: tratamiento de aguas residuales y residuos radiactivos y iii) Medicina: Desarrollo de nuevos antibióticos, antifúngicos y agentes anticancerígenos para BNCT y PBFT. Su investigación abarca su participación en 64 proyectos internacionales/nacionales/industriales (liderando 18), la dirección de 16 tesis doctorales (5 con premio extraordinario UAB, 1 con premio Antoni de Martí i Franquès y 2 con premio Sant Jordi) y 7 patentes. Ha difundido sus resultados en 328 eventos y tiene 398 artículos en la WOS, con 12,867 citas (índice h = 57). Ha publicado 20 capítulos de libros y 1 de enciclopedia. Es coeditora del libro "Boron-Based Compounds: Potential and Emerging Applications in Medicine", seleccionado por Wiley para "The Periodic Table of Wiley Books" en el año internacional de la tabla periódica (2019).

Fue destacada en el volumen especial "Woman in Chemistry" del Año Internacional de la Química (2011) de la revista Chemistry-A European Journal. Participó en el panel de la IUPAC para la revisión de la nomenclatura de los clústeres de Boro (2012-2016). Fue elegida académica de la sección de química de la Academia Europaea (2021), siendo una de las dos únicas mujeres españolas en recibir este honor. Recibió el premio a la excelencia científica de la Sociedad Catalana de Química (2022). La Prof. Viñas ha sido reconocida en el top 2% de los químicos más citados por la Universidad de Stanford-Elsevier en el ranking de toda la carrera y en del período 2020-2023. [0000-0001-5000-0277](https://doi.org/10.1002/9781118469000)

Premios a la Excelencia Investigadora

Susana Campuzano se doctoró en Química Analítica por la UCM en 2004. Desde 2005 trabaja como Profesora del Departamento de Química Analítica de la Facultad de Ciencias Químicas de la UCM, donde actualmente es Catedrática e investigadora principal del Grupo de Investigación de Electroanálisis y (Bio)Sensores Electroquímicos (GEBE-UCM). Disfrutó de un contrato Juan de la Cierva en el Centro de Investigaciones Biológicas Margarita Salas-CSIC (2008-2009) y de un contrato postdoctoral en el reconocido Grupo dirigido por el Prof. Joseph Wang en la Universidad de California San Diego (2010-2011). Sus áreas de interés incluyen el desarrollo de plataformas bioelectroanalíticas multiómicas y multiplexadas para nutrición y medicina personalizadas. Su trayectoria investigadora ha abierto líneas de trabajo pioneras explorando nuevos conceptos de biosensorización electroanalítica para la implementación de bioherramientas de vanguardia capaces de responder satisfactoriamente a los grandes retos que plantea el diagnóstico clínico personalizado de enfermedades oncológicas, neurodegenerativas, autoinmunes e infecciosas, así como la seguridad alimentaria (detección de alérgenos y adulteraciones). También ha participado en contribuciones innovadoras enfocadas a la implementación de nano/micromotores artificiales para aplicaciones biomédicas de vanguardia.

La Dra. Campuzano es (co)autora de más de 290 artículos revisados por pares, 20 capítulos de libro, 9 patentes y 1 modelo de utilidad. Ha impartido más de 30 conferencias invitadas/plenarias en congresos internacionales. Está incluida en el 2% de los científicos más influyentes en la lista de Stanford de 2023. Ha liderado 12 proyectos de investigación competitivos y participado en 27. Ha (co)supervisado 12 Tesis Doctorales defendidas (7 con Mención Europea/Internacional, 6 de ellas reconocidas con numerosos premios) y codirige 4 en proceso. Es Editora asociada de la revista internacional *Electroanalysis* y miembro del consejo editorial de las revistas *Anal. Bioanal. Chem.*, *Talanta*, *Biosens. Bioelectron.*, *X*, *Microchim. Acta* y *Analysis & Sensing*. Es miembro de la RSEQ e ISE y tesorera del Grupo GCTbA-RSEQ. Investigaciones en las que ha participado

activamente han sido reconocidas con el Premio Internacional otorgado por la Empresa Dropsens al mejor trabajo de investigación en Química Electroanalítica Aplicada (2014) y con el Premio Fundación Instituto UCM-Roche en Medicina Personalizada de Precisión en su III convocatoria (2022). [0000-0002-9928-6613](https://doi.org/10.1000-0002-9928-6613)

Alberto Escarpa es Catedrático de Química Analítica en la Universidad de Alcalá desde 2017. Es coordinador del grupo de investigación «Miniaturización y Nanotecnología Analíticas» (MINYNANOTECH), el cual funda en 2003 después de su estancia posdoctoral en EE. UU. en 2001 donde disfrutó de una beca OTAN para realizar una estancia de investigación en la *New Mexico State University*. El objetivo conceptual de su trayectoria científica ha sido abordar la detección y el análisis en la micro y en la nanoescala, estudiando los fenómenos físicos y químicos que se dan en dicho escalado. Todo ello ha conducido a establecer y consolidar sus líneas de investigación basadas en el diseño y el desarrollo de aproximaciones vanguardistas de biosensado, principalmente en los ámbitos de la microfluidica electroquímica y de los micromotores artificiales. En este contexto, ha liderado como investigador principal numerosos proyectos de investigación en el ámbito internacional, nacional y autonómico de forma ininterrumpida desde 2003.

Es coautor de más de 200 artículos en revistas internacionales de reconocido prestigio y de alto impacto, reseñados en numerosas ocasiones. Ha sido incluido en el 2% (1% del ranking) de los químicos más citados del mundo por la Universidad de Stanford (2020-23) y presenta un índice h de 55 (WoS). Es editor y coautor de los libros «*Miniaturization of Analytical Systems: principles, designs, and applications*» (Wiley, 2009), «*Food Electroanalysis*» (Wiley, 2015) y «*Carbon-based Nanomaterials in Analytical Chemistry*» (RSC, 2018), coautor de 11 capítulos de libros y coinventor de 6 patentes.

Es miembro del *Editorial Board* de *Analytical Chemistry* y desde 2019 es *Editor in Chief* de *Microchimica Acta*. Ha impar-



Prof. ^a Susana Campuzano



Prof. Alberto Escarpa



Dr. Guillermo Mínguez Espallargas

tido más de 50 conferencias invitadas en foros internacionales de reconocido prestigio. Ha recibido el «Premio de Jóvenes Investigadores» por la Universidad de Alcalá en 2003, el Premio Internacional *Dropsens* al «Mejor Trabajo de Investigación en Química Electroanalítica Aplicada» (finalista) en 2015 y recientemente el «Premio a la Excelencia Investigadora» de la RSEQ en 2024.

Ha dirigido 20 Tesis Doctorales que en su conjunto han sido merecedoras de 24 premios y en este contexto ha recibido también el premio a la «Excelencia en la dirección de Tesis Doctorales» de la Universidad de Alcalá en 2021.

De 2018 a 2023 ha sido Gestor de la Agencia Estatal de Investigación en el área de Ciencias y Tecnologías Químicas de la División de Coordinación, Evaluación y Seguimiento Científico Técnico. [0000-0002-7302-0948](https://doi.org/10.1000-0002-7302-0948)

Guillermo Mínguez Espallargas es Profesor Titular de Química Inorgánica en la Universidad de Valencia y director del grupo «Crystal Engineering Lab» en el Instituto de Ciencia Molecular (ICMol). Se licenció en Ciencias Químicas en la Universidad de Sevilla en 2004 («Premio Extraordinario» y «Segundo Premio Nacional») y obtuvo su doctorado en 2007 en la Universidad de Sheffield (Reino Unido) bajo la dirección del Prof. Lee Brammer. En 2008 se incorporó al grupo del Prof. Eugenio Coronado en el ICMol, iniciándose en magnetismo molecular. Tras un año de formación en esta área, inició 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 con el apoyo de un proyecto «ERC-Consolidator».

Actualmente lidera una de las líneas de investigación estratégicas (Metal-Organic Frameworks) del programa científico María de Maeztu como investigador garante. Su actividad investigadora se centra en el desarrollo de nuevos materiales de naturaleza híbrida orgánica e inorgánica desde un enfoque de *crystal engineering*, para estudiar propiedades fundamentales



Dr. Emilio M. Pérez

y sus posibles usos en almacenamiento y separación de gases, como sensores, y en catálisis.

Guillermo ha recibido, entre otros, el Premio Nacional de Investigación para jóvenes «María Teresa Toral» (2022), el Premio Princesa de Girona (2018) y el Premio a Investigadores Noveles de la Real Sociedad Española de Química (2016).

Forma parte de las Juntas de Gobierno de dos Grupos Especializados de la RSEQ: el GENAM, del que es Secretario desde 2021, y el GE3C, del que es Vocal desde 2019. [0000-0001-7855-1003](https://doi.org/10.0000-0001-7855-1003)

Emilio M. Pérez es Investigador Senior y Director Ejecutivo de Estrategia Científica en IMDEA Nanociencia. Su grupo tiene intereses en tres líneas de investigación: 1) el desarrollo de nuevos métodos de modificación química de nanotubos de carbono mediante enlace mecánico ([Chem. Soc. Rev. 2022, 51, 9433](https://doi.org/10.1002/chem.202201943)); 2) la química covalente y supramolecular de materiales bidimensionales, como MoS₂ y grafeno ([Nat. Chem. 2022, 14, 695](https://doi.org/10.1039/c2cc36956a)); y 3) la química supramolecular a nivel de molécula sencilla ([Nat. Commun. 2018, 9, 4512](https://doi.org/10.1039/c8cc00041a)).

Recibió su PhD en el grupo del Prof. David A. Leigh (U. Edinburgh) y fue Juan de la Cierva en el grupo del Prof. Nazario Martín (U. Complutense de Madrid). En 2008 empezó su carrera en IMDEA Nanociencia como investigador como Ramón y Cajal. Fue distinguido con una ERC Starting Grant (2012-2017) y Proof-of-Concept (2019-2021). Ha publicado más de 115 artículos de investigación, de los cuales más del 75% están entre el 25% de documentos más citados (Scopus). Es autor de seis patentes, de las cuales cinco están licenciadas para su uso. A lo largo de su carrera, ha recibido otras distinciones como el IUPAC Prize for Young Chemists (2006), el Premio RSEQ Sigma-Aldrich para Investigadores Noveles (2009), el Premio Joven de la Fundación Universidad Complutense de Madrid (2010) y el Premio Miguel Catalán para Investigadores menores de 40 años (2014). Recientemente, ha sido incluido entre el 2% de científicos más influyentes a nivel mundial en la [lista de Stanford](https://doi.org/10.1000-0002-8739-2777). [0000-0002-8739-2777](https://doi.org/10.0000-0002-8739-2777)

Premio Joven Investigador – Modalidad “Líder de Grupo”



Dra. Alicia Casitas

Alicia Casitas es Assistant Professor en química orgánica en la Universidad Philipps de Marburgo (Alemania). Alicia nació en Girona, donde también realizó sus estudios universitarios y recibió la licenciatura de química por la Universidad de Girona en 2007. En la misma universidad, completó su doctorado en 2012, financiado con una beca FPU, bajo la dirección de los profesores Xavi Ribas y Miquel Costas. Durante este periodo realizó estancias de investigación en los laboratorios del Prof. Shannon S. Stahl (Madison, USA) y Matthew J. Gaunt (Cambridge, UK). Posteriormente obtuvo una beca Fundación Ramón Areces para realizar su postdoctorado en el grupo del Prof. Alois Fürstner, en el Instituto Max-Planck de Conversión del Carbón (Mülheim an der Ruhr, Alemania). En el 2016 se incorporó al grupo del Prof. Julio Lloret-Fillol en el Instituto Catalán de Investigación Química (ICIQ, Tarragona) con una beca postdoctoral Juan de la Cierva-Incorporación. En 2018 consiguió una beca LaCaixa Junior-Leader que le permitió empezar su carrera independiente en el Instituto de Química Computacional y Catálisis (IQCC) de la Universidad de Girona. Desde 2019, Alicia dirige su propio grupo de investigación en la Universidad Philipps de Marburgo, donde también imparte clases y seminarios de química orgánica en inglés y en alemán. En términos generales, sus líneas de investigación se centran en el desarrollo de metodologías de síntesis más sostenibles y catalizadas por metales abundantes de la primera serie de transición (manganeso, hierro, cobalto). Con este fin, los proyectos desarrollados son multidisciplinarios, abarcando desde áreas tradicionales como la química orgánica y organometálica hasta la foto- y electrocatálisis. Además, dichos proyectos integran métodos espectroscópicos y teóricos para llevar a cabo investigaciones mecanísticas que permitan dilucidar los ciclos catalíticos y sus intermedios de reacción. Su trabajo ha sido reconocido con varios premios internacionales como el Thieme Chemistry Award 2021, la beca JSP 2023 para investigadores júnior de la conferencia Bürgenstock, y en 2024 ha recibido el premio para jóvenes investigadores de la RSEQ. [0000-0001-6989-1751](tel:0000-0001-6989-1751)

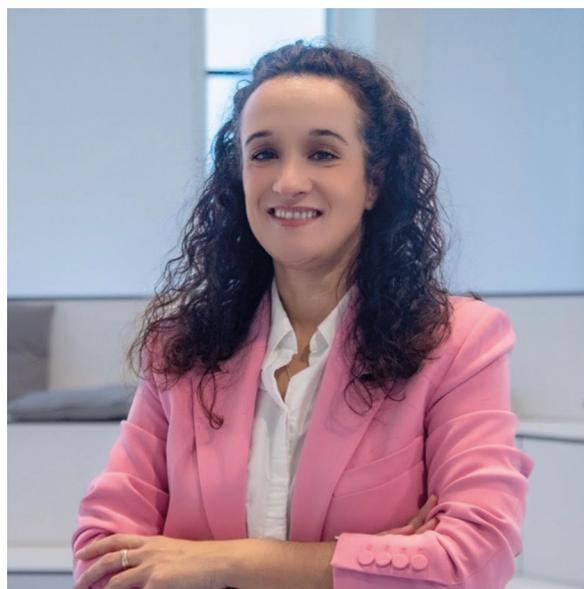
María Cuartero es Profesora Catedrática en UCAM (Murcia, España), donde lidera la unidad de investigación UCAM-SENS constituida por más de 20 investigadores, y siendo actualmente receptora de una ERC Starting Grant sobre el desarrollo de nuevos sensores electroquímicos. Académica de Número de la Academia Joven de España, presidenta electa de la División 1 de Electroanálisis de la International Society of Electrochemistry (ISE) y Editora Asociada de la revista *Analytical Chemistry*.

María obtuvo su Doctorado en Química por la UMU en 2014 y su investigación fue destacada con el premio extraordinario de Doctorado en Química y el premio a la mejor tesis de la Sociedad Española de Química Analítica. Su etapa postdoctoral se caracterizó por una estancia de tres años en la Universidad de Ginebra (Suiza) y la obtención de un proyecto individual Marie Curie, lo que le permitió comenzar con su carrera investigadora independiente en KTH (Suecia) llegando a ser Associate Professor con un grupo de unas 15 personas en 2022.

En 2018, María fue galardonada con el premio para jóvenes investigadores en el campo de la electroanalítica “Early Career Analytical Electrochemistry Prize” de la ISE. En 2023, fue destacada con “the Analyst Emerging Investigator Lectureship Award” de la Royal Society of Chemistry y “the Young Investigator Award 2022” de la revista *Chemosensors*. En 2024, ha recibido el premio “Rising Stars in Measurement Science” de la American Chemical Society y el “Jóvenes Investigadores” en la modalidad Líderes de Grupo de la Real Sociedad Española de Química.

María es autora de más de 110 artículos científicos en el ámbito de la digitalización química por medio de sensores electroquímicos aplicados principalmente al análisis de la salud y medioambiental. Su investigación actual es financiada por fondos diversos de carácter europeo, sueco y español, además de ser fundadora de dos startups, tener 2 patentes y liderar varios proyectos y contratos con empresas.

María participa muy activamente en conferencias y workshops científicos internacionales, además de acciones que



Dra. María Cuartero

promueven los tándems mujer-ciencia, sociedad-ciencia, y la internacionalización. [0000-0002-3858-8466](https://doi.org/10.1002-0002-3858-8466)

Sergi García-Segura es Licenciado en Química por la Universidad de Barcelona, Ingeniero Superior de Materiales por la Universidad Politécnica de Cataluña y posee un Máster en Electroquímica por la Universidad de Alicante. Realizó sus estudios de doctorado en Química Física en la Universidad de Barcelona bajo la dirección del Prof. Enric Brillas.

Desde 2020, ejerce de Assistant Professor en la Arizona State University (ASU) en Estados Unidos, donde lidera su propio grupo de investigación. Durante su carrera académica, el Dr. García-Segura ha llevado a cabo estudios pre y postdoctorales en prestigiosas instituciones internacionales como la University of Queensland en Australia, la Universidade Federal do Rio Grande do Norte en Brasil y la Bonn Universität en Alemania, entre otras.

El grupo de investigación del Dr. García-Segura en ASU se dedica al desarrollo de procesos químicos y tecnologías centradas en procesos interfaciales y catalíticos aplicados en el nexo agua-alimentos-energía. Reconociendo la importancia crítica del acceso al agua potable y al saneamiento, uno de los pilares fundamentales de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas, su trabajo aborda los desafíos multifacéticos relacionados con los recursos hídricos. Sus proyectos de investigación están financiados por organizaciones como la NASA, la National Science Foundation, el Departamento del Interior de los Estados Unidos, la Herman Frasch Foundation y la Gates Foundation, entre otros. Su grupo ha sido galardonado con dos Marie Curie Global Postdoctoral Fellowships y mantiene colaboraciones de investigación activas con instituciones en Europa. El Dr. García-Segura ha publicado más de 180 artículos científicos, los cuales han recibido más de 12.600 citas, alcanzando un índice h de 57.

Su trabajo ha sido reconocido con varios premios internacionales. En el área de electroquímica ha recibido el Premio de Electroquímica Ambiental de la Sociedad Internacional de Electroquímica 2014, el Electrochimica Acta Travel Award 2017 para jóvenes electroquímicos, y el Premio de Electroquímica Aplicada 2020 de la Sociedad Internacional de Electroquímica. En el área de sostenibilidad y agua ha recibido el Premio Green Talents 2015 del Ministerio Federal

de Educación e Investigación de Alemania, mientras que en nanotecnologías y catálisis ha recibido el Premio a Investigador Emergente 2024 de la Organización de Nanotecnología Sostenible, y el Premio Quentin Mees 2024. Su trayectoria investigadora ha sido reconocida con Premios a Jóvenes Investigadores incluyendo el Premio Antonio Aldaz a la mejor tesis doctoral en electroquímica, el premio Jóvenes Investigadores 2018 del Grupo de Electroquímica de la RSEQ, y el Premio Joven Investigador Alejandro J. Arvia 2022 de la Sociedad Iberoamericana de Electroquímica. [0000-0002-1417-6416](https://doi.org/10.1000-0002-1417-6416)

María Moros se licenció en Farmacia en la Universidad de Navarra (2003) y posteriormente en Bioquímica por la Universidad de Zaragoza (2011). Realizó su tesis doctoral en el Instituto de Nanociencia de Aragón (Zaragoza) en el área de nanomedicina (2012).

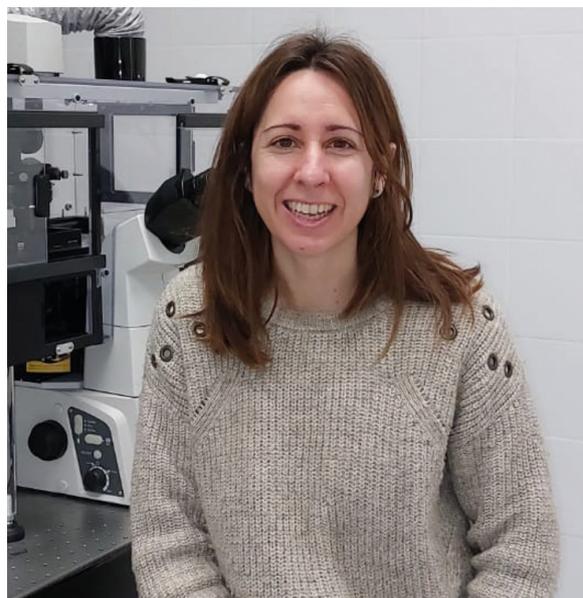
En septiembre de 2015, fue galardonada con una prestigiosa Marie Curie Fellowship y se trasladó al *Institute of Applied Sciences and Intelligent Systems* (CNR) de Nápoles (Italia) para comenzar un proyecto que involucraba el uso de un animal modelo invertebrado (*Hydra vulgaris*) para estudiar la toxicidad y la actividad de distintas nanopartículas. Este animal es un gran modelo para regeneración tisular, ya que al cortar un animal se pueden generar dos pólipos enteros.

Desde 2018 desarrolla su carrera científica en el Instituto de Nanociencia y Materiales de Aragón, primero como Juan de la Cierva, luego como Ramón y Cajal y por último como Científico Titular. En 2020 comenzó su proyecto SIROCCO (ERC Starting grant) para desarrollar nanopartículas magnéticas que sean capaces de estimular mecanorreceptores celulares de manera precisa, como herramienta para activar vías intracelulares y aumentar la regeneración tisular. Actualmente es investigadora principal de un proyecto nacional y de una MSCA-PF, coordinadora de un proyecto M-ERANET y académica de número de la academia Joven de España.

Desde 2020 lidera un grupo de investigación multidisciplinario compuesto por 7 investigadores. Su trabajo de investigación se centra principalmente en la síntesis y funcionalización de nanopartículas magnéticas para aplicaciones biomédicas, especialmente para estudiar procesos de mecanotransducción. [0000-0002-2861-2469](https://doi.org/10.1000-0002-2861-2469)



Dr. Sergi García-Segura.



Dra. María Moros.

Premio Joven Investigador – Modalidad “Investigador Postdoctoral”

Celia Castillo Blas (Madrid, 1990) se graduó en Química por la Universidad Complutense de Madrid (UCM), donde un año después completó su Máster en Ciencia y Tecnología Químicas. En 2019 se doctoró en Química en el Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid (ICMM-CSIC) por la UCM, bajo la supervisión del Dr. Felipe Gándara y la catedrática Ángeles Monge. Durante su tesis, Celia desarrolló nuevos materiales porosos (o MOFs, del inglés Metal-Organic Frameworks) controlando el orden de múltiples metales dentro de los clústeres metálicos. Los trabajos publicados durante su tesis fueron galardonados con el Premio “Xavier Xolans” 2018 (del Grupo Especializado en Cristalografía y Crecimiento Cristalino de la RSEQ) y con el Accésit a la mejor tesis doctoral en Química de la RSEQ en 2020.

Posteriormente, en abril de 2019, la Dra. Castillo-Blas se unió como investigadora postdoctoral al grupo de la Dra. Ana Platero-Prats en la Universidad Autónoma de Madrid, donde estudió la modificación postsintética de MOFs de zirconio para la degradación de contaminantes en aguas. Después, en noviembre de 2020, se incorporó como investigadora postdoctoral en el grupo del Prof. Thomas D. Bennett en la Universidad de Cambridge, donde, junto al Prof. David Keen (ISIS), ha investigado la estructura de vidrios híbridos y sus composites a través de la Pair Distribution Function.

Desde septiembre de 2021, la Dra. Castillo-Blas está también afiliada al Saint John’s College (University of Cambridge) como College Research Associate. En 2022, Celia ganó una Excellence Postdoctoral Fellowship con la Universidad de Jena para realizar una estancia postdoctoral de 6 meses como investigadora postdoctoral visitante en el grupo del Prof. Lothar Wondraczek para investigar las propiedades mecánicas y ópticas de los vidrios y composites híbridos. La Dra. Castillo-Blas es coautora de 24 artículos científicos publicados en revistas de alto impacto y de 1 capítulo de libro.



Dra. Celia Castillo Blas



Dra. Coralie Jehanno

Además, Celia ha participado en 4 proyectos nacionales y 3 internacionales relacionados con la síntesis y caracterización estructural de MOFs y sus aplicaciones. [0000-0002-9481-5395](https://doi.org/10.1002/9481-5395)

Coralie Jehanno obtuvo su Máster en Ciencias Químicas y Físicas en el ENSMAC en Burdeos (Francia). Posteriormente, se unió al grupo de Polímeros Innovadores del instituto POLYMAT (San Sebastián) en diciembre de 2015 como becaria predoctoral Marie Curie en el proyecto europeo SUS-POL, bajo la supervisión del Dr. Fernando Ruipérez y el Prof. Haritz Sardón. Su tesis doctoral, en co-tutela con la Universidad de Warwick (Reino Unido), se enfocó en el reciclaje químico de polímeros, realizando investigaciones tanto experimentales como computacionales. Tras este periodo, realizó estancias en diferentes laboratorios de prestigio internacional, como en el Centro de Investigación de IBM Almadén en San José, CA (EE. UU.), bajo la supervisión del Dr. James Hedrick, y en la Universidad de Birmingham (Reino Unido) con el Prof. Andrew Dove. Completó su tesis doctoral en julio de 2019, la cual fue reconocida con el accésit a la mejor tesis en ciencia de polímeros por el GEP (Grupo Especializado de Polímeros) de la RSEQ.

Ha publicado más de 25 artículos en revistas científicas de alto impacto (Nature, Angew. Chem., ACS Sus. Chem & Eng., entre otras), acumulando más de 1900 citas, y es autora de 2 patentes registradas y explotadas por la industria. Ha supervisado a 5 estudiantes de máster y es co-supervisora de 4 estudiantes de doctorado.

Entre diciembre de 2019 y 2023, su tiempo se dividió entre una beca postdoctoral en POLYMAT, en el grupo de Catálisis y Polímeros Sostenibles, y su posición de Directora Científica en la start-up POLYKEY, una empresa que fundó en junio de 2020 junto con la Dra. Andere Basterretxea, el Prof. Haritz Sardón y el Prof. David Mecerreyes. Su trabajo



Dr. Mauro Mato

como investigadora postdoctoral se centra en metodologías innovadoras para el reciclaje químico de desechos plásticos complejos. Desde enero de 2024, está completamente dedicada a la empresa, la cual ha ganado varios premios y ha conseguido atraer más de 1,8 M€ en fondos en menos de 4 años de existencia. [0000-0003-3180-2834](https://doi.org/10.1002-0003-3180-2834)

Mauro Mato nació en Ferrol (A Coruña). Se graduó en química en 2016 por la Universidade da Coruña (UDC) y en 2017 completó el Máster en Síntesis y Catálisis en la Universitat Rovira i Virgili (URV) y el ICIQ (Tarragona), obteniendo en ambos el Premio Extraordinario, además de recibir un premio del Certamen Arquímedes de Investigación (2017).

Mauro realizó su tesis doctoral en el Instituto Catalán de Investigación Química (ICIQ, Tarragona) bajo la supervisión del Prof. Antonio M. Echavarren, trabajando en el desarrollo de nuevos métodos para la transferencia de carbenos mediante catálisis metálica (2017–2021). Durante este período, realizó una estancia en *Scripps Research* (San Diego, US) en el laboratorio del Prof. Phil S. Baran. Además, obtuvo varios reconocimientos por sus estudios doctorales, como el Premio Lilly–RSEQ (2020), el *Alfred R. Bader Award for Student Innovation* de Merck (2021), el premio Josep Castells de la RSEQ (2021) y el Premio Extraordinario de doctorado por la URV (2022).

En 2021, el Dr. Mato empezó a trabajar como investigador postdoctoral en el *Max-Planck-Institut für Kohlenforschung* (Mülheim an der Ruhr, Germany), en el grupo del Dr. Josep Cornellà, financiado desde 2022 con una beca Marie Skłodowska-Curie (MSCA-IF). Allí trabajó en el desarrollo pionero del campo de la fotoquímica y la catálisis radicalaria con complejos de bismuto. En 2024, se incorporó al CiQUS (Universidade de Santiago de Compostela) como investigador asociado en el grupo del Prof. J. L. Mascareñas, para continuar su carrera académica en el campo de la catálisis metálica, la fotoquímica, y sus aplicaciones en química biológica. [0000-0002-2931-5060](https://doi.org/10.1000-0002-2931-5060)



Dr. Andreu Tortajada Navarro

Andreu Tortajada Navarro (Benaguasil, Valencia) estudió el Grado de Química en la Universitat de València, donde inició su etapa investigadora con una beca de introducción a la investigación por parte del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC). Tras graduarse en 2015 recibiendo el premio extraordinario de grado, Andreu se trasladó a Tarragona con una beca por parte del Instituto Catalán de Investigación Química (ICIQ) y la Fundación la Caixa para llevar a cabo una estancia de investigación y los estudios de Máster en la Universitat Rovira i Virgili. En 2016 recibió una beca FPU del Ministerio de Educación para cursar los estudios de Doctorado en Ciencia y Tecnología Química bajo la supervisión del Prof. Rubén Martín, durante los cuales también realizó una estancia de investigación en los laboratorios del Prof. Paul Chirik en la Universidad de Princeton (Estados Unidos). Su trabajo se centró en el desarrollo de nuevas metodologías para la incorporación de dióxido de carbono (CO₂) en moléculas orgánicas usando catalizadores de níquel, por el que en 2019 obtuvo el premio SusChem-JIQ Predoc. En 2020 se graduó obteniendo el título de doctor (*cum laude* y mención internacional) y fue galardonado con el premio extraordinario de doctorado. Expandiendo su interés por la química organometálica, en 2021 se trasladó a la Universidad de Berna (Suiza) donde empezó su etapa postdoctoral bajo la supervisión de la Prof. Eva Hevia. Durante esta etapa, Andreu consiguió una beca de la Fundación Ramón Areces y a continuación un proyecto de la Swiss National Science Foundation para financiar sus estudios postdoctorales. Su labor investigadora ha abordado el uso de metales alcalinos para la transformación de moléculas aromáticas, destacando su uso para la creación de enlaces C–B y la introducción de deuterio en moléculas orgánicas. Su trabajo ha resultado en más de 15 publicaciones en revistas de reconocimiento internacional y ha presentado su trabajo en más de 15 conferencias nacionales e internacionales. Además, siempre ha tenido implicación en la divulgación científica, siendo organizador del Pint of Science y habitual colaborador en las Olimpiadas de Química. [0000-0002-2635-8030](https://doi.org/10.1000-0002-2635-8030)

Premio a la Tarea Educativa

Begoña Rodríguez Rodríguez es licenciada con grado en Ciencias Químicas, especialidad en Química Industrial por la Universidad Complutense de Madrid. Actualmente, es coordinadora de STEMADRID y profesora en el IES Calderón de la Barca, donde también ha sido jefa de estudios adjunta durante diez años. En su enfoque pedagógico, Begoña ha implementado métodos innovadores que simulan entornos empresariales reales, preparando a los estudiantes para enfrentar los desafíos del mundo laboral. Su dedicación se manifiesta en la creación de la Semana de la Ciencia y la Tecnología en su centro, una iniciativa interdisciplinaria que lleva dieciséis años realizando. Durante esta semana, el alumnado participa en talleres, prácticas y conferencias de expertos, lo que les permite experimentar la ciencia de manera lúdica y atractiva.

Además de su labor docente, Begoña ha coordinado numerosos grupos de trabajo y cursos de formación para profesores, siendo ponente en distintos cursos y jornadas tanto en su centro como en la Comunidad de Madrid y diversas universidades. Entre estas destacan la jornada "Aprendizaje Basado en la Investigación" (Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales, UPM), el programa Campus Científico de Verano (Universidad Carlos III), y el Máster de Formación del Profesorado de la Universidad Complutense de Madrid.

Su compromiso con la educación va más allá del aula. Begoña ha sido coordinadora de diversos programas educativos, como el proyecto de Innovación Nacional "Hágase la luz" del Ministerio de Educación. Es autora de un capítulo en el libro "Aprendizaje Basado en la Investigación" y secretaria de la Asociación de Profesores de Tecnología de Madrid desde 2010.



Begoña Rodríguez Rodríguez

El impacto de su trabajo ha sido reconocido con numerosos premios y menciones honoríficas. Entre estos, destaca como ganadora de la 3ª Edición de ACIERTAS de COSCE por su excelente gestión de la enseñanza por indagación en clases online, y varias menciones en el concurso TECHMI de la Real Academia de Ingeniería. También ha sido galardonada en certámenes como "Este es mi invento" del CSIC y "Soñar hoy para emprender mañana" de la Comunidad de Madrid.



PREMIOS INTERNACIONALES

Premio Elhuyar-Goldsmith 2024 (Alemania)

Wolfgang Parak es Catedrático de la Universität Hamburg (Alemania). Estudió física en la Technische Universität München y obtuvo su doctorado en 1999 en la Ludwig Maximilians Universität München bajo la supervisión del Prof. Dr. Hermann Gaub. Posteriormente, trabajó durante dos años y medio como investigador postdoctoral en el departamento de química de la Universidad de California en Berkeley (EE. UU.) en el grupo de Paul Alivisatos.

De vuelta en Alemania, comenzó su propio grupo en 2002 como Becario Emmy Noether en la Ludwig Maximilians Universität München, donde comenzó su cooperación con grupos españoles y donde también tuvo un nombramiento temporal durante un semestre como Profesor Asociado en Química Física. En 2007 se convirtió en Catedrático en la Philipps Universität Marburg y en 2017 se trasladó a la Universität Hamburg. Wolfgang también estuvo durante algunos años asociado como líder de grupo en CIC Biomagune en San Sebastián. Varios de los ex miembros de su grupo han obtenido contratos Ramón y Cajal y mantener el contacto con ellos fomenta sus continuas cooperaciones de investigación con científicos españoles. El tema principal de la investigación de Wolfgang está dedicado a la síntesis de nanopartículas y micropartículas coloidales, su modificación superficial y bioconjugación, la caracterización de sus propiedades fisicoquímicas y la exploración de su interacción con materia biológica (células, proteínas). Esta



Prof. Wolfgang Parak

investigación básica está dirigida a aplicaciones potenciales en detección celular, de imagen y administración de agentes farmacéuticos. Wolfgang también es Editor Asociado de ACS Nano y ACS Nanoscience Au. [0000-0003-1672-6650](tel:0000-0003-1672-6650)

Premio González-Ciamician 2024 (Italia)

Antonio Molinaro es Catedrático especialista en la química de carbohidratos y en resonancia magnética nuclear (RMN). Antonio obtuvo su doctorado en Ciencias Químicas con una tesis centrada en la química de productos naturales. Posteriormente, se trasladó a Alemania al Forschungszentrum Borstel bajo la tutoría de Otto Holst para formarse en la química de carbohidratos y la química y bioquímica de lipopolisacáridos (LPS). Tras seis años de ir y venir a Alemania, obtuvo un puesto permanente en la Universidad de Nápoles Federico II como Investigador Asociado. En los años



Prof. Antonio Molinaro

siguientes, ha estado frecuentemente en el extranjero como científico/profesor visitante para aprender más sobre la química de azúcares y la química e inmunología del LPS. Entre los muchos centros de investigación visitados, cabe destacar que ha sido profesor visitante en el Instituto de Química Orgánica de Shanghai, en el Instituto Max Planck de Coloides e Interfases y en CIC bioGUNE en Bilbao. Desde 2016, es profesor titular de Química Orgánica en la Universidad de Nápoles Federico II, Italia. Desde 2015, es Profesor Especial de Química de Carbohidratos en la Escuela de Ciencia de la Universidad de Osaka, Japón.

Es coautor de más de 330 artículos centrados en la química de carbohidratos y glicociencia estructural y ha sido coautor en dos solicitudes de patente. Es destacable su papel como mentor; ha formado a una nueva generación de científicos que han obtenido posiciones prestigiosas en muchas instituciones extranjeras y actualmente su grupo es uno de los principales a nivel mundial en la glicociencia estructural. Ha sido presidente de la Organización Europea de Carbohidratos y ha recibido muchos premios por enfoques de investigación creativos, incluyendo el Premio de la División de Química Orgánica por Creatividad en Ciencias de la Vida de la Sociedad Química Italiana y el Premio Emil Fischer por Creatividad en Química de Carbohidratos de la Organización Europea de Carbohidratos. Ha sido receptor de varias becas nacionales e internacionales; actualmente lidera una red MSCA-ITN-DN sobre N-glicanos, "GLYCO-N". Además, es un fan devoto de Led Zeppelin y Diego Armando Maradona.

Premio Catalán-Sabatier 2024 (Francia)

Anne-Marie Caminade es Directora de Investigación de Clase Excepcional en el CNRS y subdirectora del Laboratorio de Química de Coordinación en Toulouse (Francia). Recientemente, ha recibido premios de la Sociedad Química Francesa (SCF), la Sociedad Química Alemana (GDCh) y la Sociedad Química Italiana (SCI). Ha sido elegida miembro de la Academia Europaea (MAE) y de la Academia Europea de Ciencias (EurASc). Además, es



Prof.ª Anne-Marie Caminade

“Caballero de la Legión de Honor”, la más alta condecoración civil en Francia.

Anne-Marie Caminade ha desarrollado diferentes aspectos de la química del fósforo, desde compuestos de baja coordinación hasta complejos organometálicos y macrociclos, todos ellos basados en el fósforo. Sin embargo, es principalmente conocida por la creación de dendrímeros que contienen fósforo, que son el tema principal del grupo de investigación que lidera, llamado “Dendrímeros y Heteroquímica” (<https://www.lcc-toulouse.fr/en/dendrimers-and-heterochemistry-team-m/>). Los dendrímeros son macromoléculas altamente ramificadas cuyas propiedades pueden ser fácilmente moduladas cambiando la naturaleza de las funciones terminales. Sus investigaciones con dendrímeros de fósforo han llevado, en particular, al desarrollo de catalizadores eficientes y reciclables, a diversos tipos de nanomateriales híbridos y a una gran variedad de potenciales medicamentos, especialmente con propiedades anticancerígenas, antibacterianas o antiinflamatorias. Se han creado dos *start-ups* a partir de su trabajo, una en el campo del diagnóstico molecular y otra con el objetivo de reequilibrar el sistema inmunológico humano.

Es autora de más de 520 publicaciones, 55 capítulos de libros, alrededor de 20 patentes, editora de 4 libros y ha dado más de 200 conferencias como invitada en todo el mundo. También ha presidido varias conferencias internacionales y es editora asociada de varias revistas.

Tiene colaboraciones a largo plazo con investigadores españoles, principalmente en Barcelona, pero también en Almería y Madrid. [0000-0001-8487-3578](tel:0000-0001-8487-3578)

NOTICIAS DE LA RSEQ

Datos de distribución por género de los miembros de la RSEQ

Adiferencia de lo que sucedió en otras sociedades científicas europeas y americanas, la inclusión de mujeres en la primera mitad del s. XX en la recién creada Sociedad Española de Física y Química nunca fue polémica.^[1] Martina Casiano Mayor, profesora de la “Escuela Normal de Maestras”, aparece en los listados de la Sociedad Española de Física y Química de 1912. En 1929, Jenara Vicenta Arnal Yarza, se convirtió en la primera mujer en obtener un doctorado en Química en España y, ese mismo año, ingresó como miembro en la SEFQ. En ese momento, la educación superior de mujeres era una rareza, por lo que existía una enorme desproporción: en 1924, hace un siglo, solo el 1,6 % de los 483 miembros de la SEFQ eran mujeres.

En la segunda mitad del s.XX las estadísticas se fueron equilibrando a medida que las mujeres se incorporaban a los estudios universitarios. En la RSEQ no disponíamos hasta ahora de datos que permitieran una evaluación de la distribución

por géneros de nuestros miembros. Los datos estadísticos de dicha distribución se presentaron de forma sucinta en la Junta de General del pasado 26 de abril, y se recogen gráficamente a continuación.

De los 5325 miembros de la RSEQ según datos actualizados a 26 de abril, el 46,3 % (2322) son mujeres. Resulta más interesante el análisis cuando se desglosan los datos según la modalidad de membresía (Figura 1). El gráfico muestra que el porcentaje de mujeres se aproxima tanto más al 51.00 % presente en la población española cuanto más jóvenes son los miembros considerados.^[2] Únicamente en el colectivo de miembros “profesores de enseñanza secundaria” la presencia de mujeres supera levemente el 51 %.

El desglose por Secciones Territoriales (Figura 2) muestra una variación relativamente grande entre secciones, pero no llega a dibujar una clara tendencia geográfica. En el mapa de la Figura 3 se han agrupado los datos por comunidades autónomas para representar la variación geográfica.

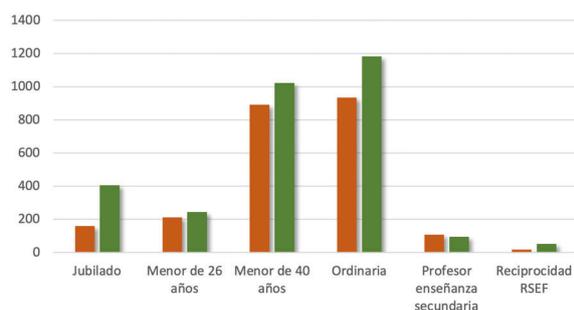


Figura 1. Distribución de género en las distintas modalidades de membresía de la RSEQ. En ocre, datos de mujeres, en verde, de hombres.

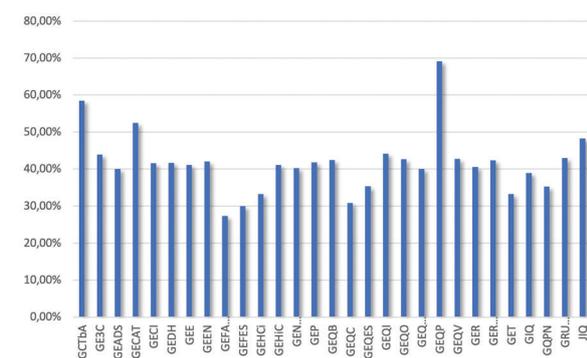


Figura 3. Distribución geográfica de la proporción de mujeres miembros de la RSEQ según comunidades autónomas.

Algo parecido sucede con la distribución de mujeres en los distintos grupos especializados (Figura 4). Conviene recordar aquí que muchos miembros de la RSEQ pertenecen a más de un GE. Lógicamente en los GE más numerosos la distribución es semejante a la encontrada en el conjunto de la RSEQ, pero en los grupos más pequeños hay desviaciones importantes.

Finalmente, se ha medido la distribución por género en los órganos de gobierno. Entre los miembros de la Junta de Gobierno el 35 % son mujeres, lo que supone una desviación de más de un 10 % respecto a su presencia en el conjunto de la RSEQ. Un análisis de la composición de los órganos de gobierno de las ST y GE (Figura 5) permite comprender mejor este dato. Aunque en las Juntas de las ST y GE las mujeres están representadas en un 45 % (como en el conjunto de la RSEQ), su participación se concentra en los cargos de "Tesorera" (63,6 %) y "Secretaria" (57,1 %), ocupando la presidencia en solo un 32,6 % de los casos. Al ser los presidentes de las ST y GE quienes forman parte de la Junta de Gobierno de la RSEQ, este efecto se traslada a ella.

La extracción de datos no se ha extendido a los archivos históricos, así que no es posible trazar una tendencia. No obstante, a la vista de los datos de composición por edades comentados anteriormente (Figura 1), a medida que los miembros más jóvenes se vayan incorporando a tareas de gestión en la RSEQ, es previsible que los números se vayan igualando en todos los valores.



Figura 2. Porcentaje de mujeres en la composición de las Secciones Territoriales.

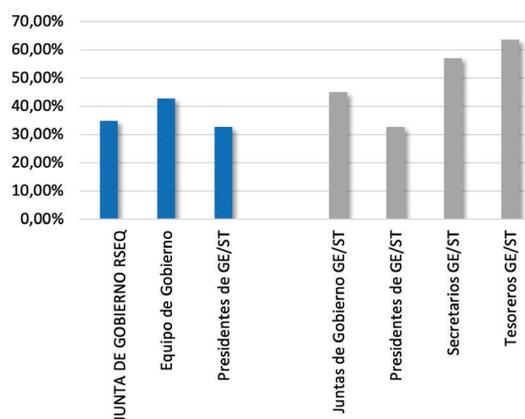


Figura 4. Porcentaje de mujeres en la composición de los Grupos Especializados. Acrónimos: GE: Grupo Especializado; GCTbA: Ciencia y Tecnologías (BIO) Analíticas; GE3C: Cristalografía y Crecimiento Cristalino; GEADS: Adsorción (MIXTO); GECAT: Calorimetría y Análisis Térmico (MIXTO); GECI: Coloides e Interfases (MIXTO); GEDH: Didáctica e Historia de la Física y la Química (MIXTO); GEE: Electroquímica; GEEN: Energía y Sostenibilidad; GEFAM: Física Atómica y Molecular (MIXTO); GEFES: Física de Materia Condensada (MIXTO); GEHC: Historia de la Ciencia; GEHic: Hidratos de Carbono; GENAM: Nanociencia y Materiales Moleculares (MIXTO); GEP: Polímeros (MIXTO); GEQB: Química Biológica; GEQC - Química y Computación; GEQES: Química del Estado Sólido; GEQI: Química Inorgánica; GEQO: Química Organometálica; GEQOR: Química Orgánica; GEQP: Química para el Estudio y Conservación del Patrimonio Cultural; GEQV: Química Verde; GER: Grupo Español de Reología (MIXTO); GERMN: Resonancia Magnética y Nuclear; GET: Termodinámica (MIXTO); GIQ: Ingeniería Química; GQPN: Química de Productos Naturales; GRUFO: Fotoquímica; JIQ: Jóvenes Investigadores Químicos.

Juan Á. Casares, Editor General de Anales de Química de la RSEQ
Ana M. Geer, Editora Asociada de Anales de Química, responsable de "Noticias".

- [1] C. Magallón, *Pioneras españolas en las ciencias: las mujeres del Instituto Nacional de Física y Química*, CSIC, Madrid, **2004**.
- [2] Dato tomado de "Estadística continua de población. Últimos datos" disponible en https://www.ine.es/dyngs/INEbase/es/operacion.htm?c=Estadistica_C&cid=1254736177095&menu=ulti-Datos&idp=1254735572981, **2024** (consultado: 03/06/2024)

NOTICIAS GRUPOS ESPECIALIZADOS

Concesión de los Premios GEQOR 2024

Medalla Fèlix Serratosa: Prof. Juan R. Granja Guillán (Universidad de Santiago de Compostela)

Juan R. Granja se doctoró en Química por la Universidad de Santiago de Compostela en 1988 bajo la supervisión de los Profs. A. Mouriño y L. Castedo. Tras una estancia postdoctoral en la Universidad de Stanford en el grupo del Prof. B. M. Trost, (1989-1990), regresó a la Universidad de Santiago de Compostela donde obtuvo las plazas de Profesor Titular (1995) y Catedrático (2006). En 1992 comenzó una larga colaboración con el grupo del profesor M. Reza Ghadiri en el Instituto de Investigación Scripps (TSRI) en La Jolla, con diferentes estancias en TSRI como profesor visitante. Es autor de más de 100 artículos científicos y en 2014 fue galardonado con la Medalla Ignacio Ribas del GEQOR. Durante su dilatada carrera, ha desarrollado una actividad científica intensa y novedosa tanto en el desarrollo de nuevas metodologías para síntesis de moléculas terapéuticas como en el campo de la química supramolecular y la tecnología basada en péptidos auto-ensamblables. [0000-0002-5842-7504](https://doi.org/10.1002-5842-7504)



Prof. Juan R. Granja Guillán

Medalla Ignacio Ribas: Prof.^a Belén Martín Matute (Universidad de Estocolmo)



Prof.^a Belén Martín Matute

Belén Martín Matute se doctoró en Química en 2002 por la Universidad Autónoma de Madrid (UAM) bajo la dirección del Prof. A. Echavarren. Tras una estancia postdoctoral en la Universidad de Estocolmo, en el grupo del Prof. J.-E. Bäckvall (2003-2005), se incorporó al grupo del Prof. J. C. Carretero en la UAM (2005-2007) para establecerse finalmente en Universidad de Estocolmo, donde inició su carrera independiente primero como Ass. Professor (2007) y posteriormente como Associate Professor (2012) y Full Professor (2014). Es autora de más de un centenar de publicaciones y su trabajo ha sido reconocido, entre otros premios, con el *Premio Lindbomska* de la Academia Sueca de Ciencias y el *Premio Göran Gustafsson*. En 2022 fue nombrada Chemistry Fellow por Chemistry Europe y este mismo año ha sido elegida miembro de la Royal Swedish Academy of Sciences. Su actividad científica se centra en el desarrollo de nuevos procesos catalíticos, empleando catalizadores metálicos, organocatalizadores y catalizadores heterogéneos basados en estructuras metalorgánicas versátiles, estables y estructuralmente simples. [0000-0002-7898-317X](https://doi.org/10.1000-0002-7898-317X)

Medalla José Barluenga: Prof. Francisco Corzana (Universidad de La Rioja)

Francisco Corzana se doctoró en Química por la Universidad de La Rioja en 2001 bajo la dirección del Prof. Avenoza y de la Dra. Zurbano. Realizó dos estancias postdoctorales, en la Universidad de Copenhague en el grupo del Prof. Engelsen y en el CSIC, bajo la supervisión del Prof. Jiménez-Barbero y del Dr. Asensio. En 2005, se reincorporó en la Universidad de La Rioja con un contrato Ramón y Cajal, donde inició su carrera independientemente. En 2017 obtuvo la plaza de Profesor Titular y, recientemente, en 2024 la de Catedrático. En los últimos años ha realizado diversas estancias en las prestigiosas universidades de Oxford y Cambridge y es profesor visitante en la Universidad de Cambridge. Es autor de alrededor de 160 artículos científicos y ha dirigido 11 Tesis Doctorales. Su investigación se centra en la síntesis y estructura de los glicopéptidos y su uso en aplicaciones clínicas, como la detección de tumores y el diseño de vacunas terapéuticas para el tratamiento del cáncer y en el desarrollo de nuevas metodologías químicas para la modificación selectiva de proteínas. [0000-0001-5597-8127](https://doi.org/10.1000-0001-5597-8127)



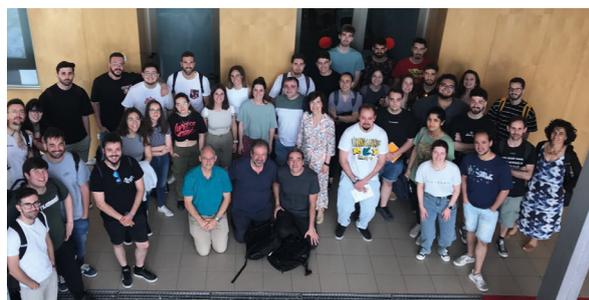
Prof. Francisco Corzana

Celebración de la tercera edición de la Escuela GEQO

Los pasados días 5 al 7 de junio tuvo lugar en Valladolid la Escuela GEQO 2024. Esta es la tercera edición de una actividad del Grupo Especializado de Química Organometálica dirigida a estudiantes de programas de posgrado. Bajo el título "Beyond NMR spectroscopy of diamagnetic compounds: characterization of paramagnetic compounds and materials", la Escuela GEQO de este año abordó técnicas de un uso menor en nuestra área pero que cada vez son más necesarias en los campos de trabajo frontera de la química organometálica. El contenido incluyó la caracterización de compuestos paramagnéticos, así como técnicas para la caracterización de

sólidos y materiales nanométricos. Como en años anteriores, la escuela proporcionó conocimientos teóricos básicos complementados con un enfoque práctico. A la Escuela asistieron 36 estudiantes de toda España y fue impartida por expertos en la aplicación de las técnicas objetivo: Pilar Amo (Universidad Autónoma de Madrid), Bas de Bruin (University of Amsterdam) y Juan Miguel López del Amo (CIC EnergiGune).

Toda la información sobre esta actividad se puede encontrar en <https://geqo.rseq.org/actividades1/escuela-del-geqo/>.



Asistentes a la Escuela GEQO 2024.



Un momento de la sesión práctica de simulación de espectros.

NOTICIAS SOCIOS

Entrega de los Premios Nacionales de Investigación 2023

El pasado 14 de marzo tuvo lugar la entrega de los Premios Nacionales de Investigación en su edición de 2023 por parte de los Reyes de España en la que fueron galardonados cinco de nuestros socios. El Prof. Jesús Jiménez Barbero recibió el Premio Nacional de Investigación "Enrique Moles", en el área de Ciencia y Tecnologías Químicas; la Prof.ª Sílvia Osuna Oliveras recibió el Premio Nacional de Investigación para Jóvenes "María Teresa Toral", en el área de Ciencia y Tecnología Químicas; el Prof. Javier García Martínez recibió el Premio Nacional de Investigación "Juan de la Cierva", en el área de Transferencia de Tecnología; el Dr. Francisco Pelayo García de Arquer recibió el Premio Nacional de Investigación para Jóvenes "Felisa Martín Bravo", en el área de Ciencias Físicas, y el Dr. Miguel Ángel Mompeán García recibió el Premio Nacional de Investigación para Jóvenes "Margarita Salas", en el área de Biología.

El acto de entrega se celebró en el Palacio de los Borja de Gandía (Valencia) y los premios fueron entregados por SSMM los Reyes de España, Don Felipe y Doña Letizia, acompañados de la ministra de Ciencia, Innovación y Universidades, Diana Morant, el presidente de la Generalitat Valenciana, Carlos Mazón Guixot, y el alcalde de Gandía, José Manuel Prieto. Estos galardones son el reconocimiento más importante en España en el ámbito de la investigación científica.



Entrega del Premio 'Catalán-Sabatier' 2024 a la Dra. Anne-Marie Caminade

Anne-Marie Caminade, del Laboratoire de Chimie de Coordination del Centre National de la Recherche Scientifique (LCC-CNRS) ha recibido el premio Catalán-Sabatier de la Real Sociedad Española de Química el día 29 de mayo en el ICMAB, dentro del Noveno Encuentro sobre Dendrimeros (EDEN IX). La galardonada después de recibir el premio ha impartido la charla titulada: "Phosphorous dendrimers and their properties".

El Premio Catalán-Sabatier, es fruto de la colaboración entre la Société Chimique de France (SCF) y la Real Sociedad Española de Química (RSEQ). Fue creado para reconocer la investigación científica con proyección internacional realizada en Francia y España en cualquiera de sus áreas.



De derecha a izquierda: Prof.ª Anne-Marie Caminade (LCC-CNRS), Prof.ª Rosa María Sebastián (UAB) y Prof. José Vidal (ICMAB-CSIC).

El Prof. Jesús Arsuaga ingresa en la Real Academia de Doctores de España

El Prof. Jesús María Arsuaga ha sido nombrado miembro correspondiente de la Real Academia de Doctores de España, en la Sección de Ciencias Experimentales. El pasado miércoles 20 de marzo en la Biblioteca Histórica Marqués de Valdecilla tuvo lugar la toma de posesión, donde la Dra. Rosario Lunar Hernández, académica de número y presidenta de la Sección, realizó la presentación en nombre de la Real Academia de Doctores de España (RADE). En el acto el Prof. Arsuaga procedió a su discurso de ingreso que llevaba por título De afinidades y enemistades: los átomos vivos de la química.

La RADE es la máxima institución nacional en su ámbito. De naturaleza interdisciplinar, tiene carácter científico, técnico, humanístico y social. Sus antecedentes se remontan al Claustro Extraordinario de Doctores de España, creado en 1845 en la Universidad Central, la única que podía conce-

der el título de Doctor durante todo el siglo XIX y la primera mitad del XX. En 1915 nació la Federación de Doctores, con privilegio de ostentar el título de Real desde 1925. Tras diversas denominaciones, actualmente se llama Real Academia de Doctores de España.

El Prof. Arsuaga ha señalado: "Considero que entrar a formar parte de la RADE supone un gran honor personal y un reconocimiento a mi trayectoria profesional, aspectos que hago extensivos a cuantas personas e instituciones han contribuido al desarrollo de mi carrera académica y muy especialmente a la Universidad Rey Juan Carlos, a la que pertenezco desde 1998". Jesús María Arsuaga Ferreras, es catedrático de Didáctica de las Ciencias Experimentales y director del departamento de Ciencias de la Educación en la Universidad Rey Juan Carlos (URJC), es doctor en Ciencias Químicas por la Universidad Complutense de Madrid, ha publicado más de 150 artículos científicos, manuales y libros de texto. Además, es fundador y codirector del Grupo de Investigación GIESTEM de la URJC, cuya principal línea de investigación se centra en la problemática educativa asociada al ámbito STEM en las etapas primaria y secundaria.

En el marco de la difusión y divulgación de la ciencia, ha sido diez años director de la Unidad de Cultura Científica y de la Innovación (UCCI) de la URJC, entre 2004 y 2013, impulsando la organización y consolidación de eventos relevantes como la Feria de Madrid es Ciencia, la Noche Europea de los Investigadores y la Semana de la Ciencia y la Innovación. Desde 2019 preside la comisión organizadora de las olimpiadas científicas de Química en España.



Entrega del diploma acreditativo. En la foto los Profesores D. Jesús María Arsuaga y D. Antonio Bascones Martínez.

Los profesores Cossío y Maspoch nombrados Académicos Correspondientes de la RAC



De izquierda a derecha, los Profesores Cossío y Maspoch en la entrega del diploma acreditativo.

El pasado miércoles 10 de abril, la Sección de Ciencias Físicas y Químicas de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de España celebró una doble sesión científica de recepción de Académicos Correspondientes en la que los profesores Dr. Fernando Cossío Mora de la Universidad del País Vasco (UPV/EHU) y Dr. Daniel Maspoch Comamala del Institut Català de Nanociència i Nanotecnologia (ICN2), ambos miembros de la RSEQ, recibieron su diploma acreditativo.

El Prof. Cossío impartió la conferencia titulada 'La química teórico-computacional como una herramienta para comprender y predecir la reactividad molecular'. Mientras que el Prof. Maspoch impartió 'Rotura de enlaces para sintetizar moléculas y materiales'. Fueron presentados por los académicos numerarios de física y química de la RAC, la Excm. Sra. Dña Carmen Nájera Domingo y por el Excmo Sr. Luis Manuel Liz Marzan respectivamente.

Exposición sobre el 90 aniversario del Congreso de la IUPAC en Madrid

En conmemoración del 90º Aniversario del IX Congreso Internacional de Química Pura y Aplicada de la IUPAC celebrado en Madrid, del 5 al 11 de abril de 1934 la Universidad Complutense de Madrid ha organizado la exposición «La CIENCIA en la PRENSA» con la colaboración de la RSEQ y la RSEF entre otras instituciones.

Aunque la inauguración oficial tendrá lugar el próximo martes 2 de abril a las 10:00 de la mañana en la Biblioteca de la Facultad de Educación de la UCM, la exposición puede visitarse en el espacio expositivo de dicha biblioteca desde el pasado 6 de marzo y hasta el 28 de junio, de lunes a viernes, de 9:00 a 21:00 h.

La Real Sociedad Española de Física y Química estuvo directamente implicada en la organización del IX Congreso Internacional de Química Pura y Aplicada, siendo el Secretario General del Congreso D. Enrique Moles, presidente de la Sociedad durante el periodo de 1929 a 1931. La RSEQ y la RSEF han colaborado con esta exposición cediendo un interesante documento: una carta enviada el 24 de octubre de 1932 al Presidente D. Manuel Azaña por D. José Giral, Tesorero del Comité Organizador del IX Congreso y Ministro del Gobierno de la República en la que se detalla el apoyo de los sucesivos gobiernos de España a dicho evento.

El programa De cero al infinito 16/03/2024 | Onda Cero Radio, emitido en la madrugada del sábado 16 de marzo (entre el minuto 1:24:40 y el 1:35:25), ofrece detalles de esta exposición.



Cartel anunciador de la exposición

Más de un centenar de estudiantes de toda España participan en la XXXVII Olimpiada Española de Química 2024

La Universidad de Murcia ha sido la anfitriona de la XXXVII Olimpiada Española de Química 2024, organizada por la Real Sociedad Española de Química (RSEQ) por medio de su Sección Territorial de Murcia que ha configurado el Comité Organizador. Esta competición que pretende estimular el interés por la química entre los estudiantes preuniversitarios de toda España se viene celebrando ininterrumpidamente desde 1988. En la actualidad, la importancia y notoriedad de la competición se ve reforzada con la activa participación del Ministerio de Educación, Formación Profesional y Deportes que concede a los ganadores los Premios Nacionales de las Olimpiadas de Química. Además, los vencedores representarán a España en las olimpiadas supranacionales de química, Internacional e Iberoamericana, que se celebrarán en julio y octubre de 2024.

A lo largo del fin de semana del 26 al 28 de abril de 2024, la Facultad de Química de la Universidad de Murcia acogió la celebración de este evento, en el que han participado un total de 114 alumnos, pertenecientes a todas las Comunidades Autónomas, además de la Ciudad Autónoma de Melilla.

El viernes 26 de abril de 2024 el Auditorio del Centro Social Universitario del Campus de Espinardo de la Universidad de Murcia acogió la ceremonia de inauguración que contó con la presencia del Rector Magnífico de la Universidad de Murcia, Dr. D. José Luján Alcaraz, el Consejero de Medio Ambiente, Universidades, Investigación y Mar Me-

nor de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia, D. Juan María Vázquez Rojas, el Vicerrector de Estudios, Cultura y Deportes de la Universidad Politécnica de Cartagena, Dr. D. Sergio Amat Plata, la Asesora de la Subdirección General de Centros y Programas del Ministerio de Educación, Formación Profesional y Deportes, Dña. María Belén González Lechuga, el Decano de la Facultad de Química de la Universidad de Murcia, Dr. D. Francisco Guillermo Díaz Baños, el Presidente del Comité Organizador local, Dr. D. Pedro Lozano Rodríguez y el Presidente de la RSEQ, Dr. D. Antonio Echavarren.

Durante la ceremonia de inauguración, la Dra. Dña. Pilar Goya Laza, expresidenta de EUCHEMS impartió la conferencia titulada "Sobre Química y más cosas". Así mismo, el sábado en la tarde, como parte de las actividades recreativas para

los estudiantes y sus acompañantes, el Dr. D. David J. Meseguer Pardo, divulgador científico, impartió la conferencia/demostración "Historia Química de un Crimen". Como viene siendo habitual en ediciones anteriores, profesores y tutores acompañantes pudieron participar de la VII Jornada de Química para Profesorado de Secundaria que tuvo lugar en paralelo a las pruebas de la competición.

La ceremonia de clausura también tuvo lugar en el Auditorio del Centro Social Universitario y estuvo presidida por el Dr. D. Antonio Echavarren, Presidente de la RSEQ, acompañado en la mesa presidencial por el Dr. D. José Luis Serrano Martínez, en representación de la Rectora Magnífica de la Universidad Politécnica de Cartagena, el Dr. D. José Manuel López Nicolás, Vicerrector de Transferencia, Comunicación y Divulgación Científica de la Universidad de Murcia, el Dr. D. Antonio Caballero Pérez, Director General de Universidades e Investigación de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia; el Dr. D. Manuel Chicharro Santamaría, Presidente de

la Conferencia Española de Decanos de Química; la Sra. Dña. María Belén González Lechuga, Asesora de la Subdirección General de Centros y Programas del Ministerio de Educación, Formación Profesional y Deportes y el Dr. D. Pedro Lozano Rodríguez, Presidente del Comité Organizador Local.

En esta edición XXXVII, los ganadores de las Medallas de Oro y Premios Nacionales de las Olimpiadas de Química han sido por

orden de clasificación: Ángel García Andreu, IES Vicent Andrés Estellés de Burjassot (Valencia); Enrique Cortés Tirado, English School Los Olivos de Campolivar (Valencia); Carlos Calderón Alba, Complejo Preuniversitario Mas Camarena de Paterna (Valencia); Daniel García Mihalic, IES Santa Brígida de Santa Brígida (Las Palmas); Daniel Quintana Alonso, IES Ramiro de Maeztu de Madrid; Sergio Martín Pe, CC Sa Real de Ibiza; Carmela Guerrero Rodríguez, IES José Saramago de Majadahonda (Madrid); Asier Sánchez Rodríguez, IES San Mateo de Madrid; Jaime Ruiz Ródenas, Colegio Maristas Murcia La Merced de Fuensanta (Murcia) y Paz Béjar Armañanzas del Colegio JOYFE de Madrid.

Enhorabuena a todos los ganadores, profesores colaboradores y familiares.



Entrega de diplomas a los participantes en la ceremonia de clausura.

Prof. Helmut Cölfen

Es difícil encontrar personas que generen tal grado de unanimidad en torno a su figura como lo hacía el Prof. Helmut Cölfen. Admirado no solo por sus logros científicos, sino también por su carácter único. Tenía la habilidad de crear una atmósfera reconfortante de optimismo a su alrededor, ya fuera como profesor, colaborador, mentor o amigo. Lamentablemente, el pasado 28 de noviembre de 2023 falleció debido a una larga enfermedad, dejando un vacío difícil de aceptar entre aquellos que tuvieron el privilegio de conocerlo y trabajar con él.^[1]

Helmut se formó en la Universidad Gerhard Mercator de Duisburgo, Alemania, donde obtuvo su doctorado en Química en 1993 con distinción *summa cum laude* por su trabajo sobre el estudio de geles poliméricos mediante Ultracentrifugación Analítica. Esta técnica se convirtió en su mayor pasión y la extendió más allá de su uso habitual en el estudio de macromoléculas, hasta la caracterización de procesos de nucleación y crecimiento de sistemas coloidales. Su capacidad inventiva y su ansia por generar conocimiento científico marcaron su carrera, llevándolo a abrir nuevos campos de investigación.

Ya trabajando como jefe de grupo en el Instituto Max-Planck de Coloides e Interfases en 1995, centró su atención en el estudio de los procesos de biomineralización y el uso de polímeros para controlarlos. Helmut fue pionero en el uso del concepto de *mesocrystal*, identificando cristales formados a través del ensamblado de nanopartículas con una orientación de largo alcance a nivel atómico. Además, contribuyó significativamente a la caracterización de clústeres, fundamentales para comprender mecanismos de nucleación no clásicos en materiales, como por ejemplo el carbonato cálcico. Estos estudios fueron fundamentales para que, poco antes de su fallecimiento, Helmut recibiera la prestigiosa ERC Synergy Grant, con el propósito de desentrañar el papel de la mineralización en el desarrollo de la vida primigenia. Tal honor, junto con otros reconocimientos como el premio Liesegang de la Sociedad Alemana de Coloides, son testimonio de la calidad de su labor científica. A partir de 2010, Helmut se estableció en la Universidad de Constanza, Alemania, como Catedrático de Química Física. Desde allí, expandió sus investigaciones sobre el desarrollo de polímeros y el autoensamblado de nanopartículas coloidales en estructuras mesocristalinas, para aplicaciones como, por ejemplo, el desarrollo de implantes dentales.

Desde el Grupo Especializado de Coloides e Interfases de la Real Sociedad Española de Química y de la Real Sociedad Española de Física, con las cuales Helmut mantuvo intensas



Prof. Helmut Cölfen

interacciones científicas y colaboraciones, así como profundas amistades, nos gustaría reconocer y agradecer su legado. Somos muchos los que le debemos una gran parte de lo que somos. Nos gustaría concluir con las palabras que su grupo de investigación le dedicó, las cuales reflejan el sentir de aquellos que tuvimos el honor de conocerle.

Helmut, your warm nature and your inexhaustible optimism shaped the working group and will live on in our memories. Thank you for trusting each and every one of us and for the freedom you gave us. Your loss weighs heavily on us, as we have not only lost an outstanding researcher and mentor, but above all an extraordinary, warm-hearted person and leader of our team. You leave behind a deep void.

Guillermo González Rubio

Miembro del Grupo Especializado de Coloides e Interfases (GECI) de la Real Sociedad Española de Química (RSEQ) y Real Sociedad Española de Física (RSEF)

^[1] N. A. Kotov, L. M. Liz-Marzán, F. Meldrum, S.-H. Yu, *ACS Nano* 2024, 18, 2, 1239–1240, <https://doi.org/10.1021/acsnano.3c12374>.

Dra. Pilar Jiménez Sierra

El pasado 11 de febrero, 2024, fallecía en Madrid la Dra. Pilar Jiménez Sierra (Madrid, 1940), que había desarrollado una brillante carrera investigadora, de más de 4 décadas, en el área de Termoquímica en el Instituto de Química-Física "Rocasolano", CSIC. La huella que deja la Dra. Jiménez en la nómina de investigadores de propiedades térmicas y, simultáneamente, en el registro de personas generosas y entregadas a los demás es tan profunda como irrepetible. Licenciada en C. Químicas por la Universidad Complutense de Madrid en 1963, su primer contacto con la investigación tiene lugar en el Depto. de Termoquímica del citado Instituto, en el que realiza la Tesis de doctorado (1963-1969) bajo la supervisión del Prof. Manuel Colomina, Director del departamento. El Prof. Colomina era otro brillante investigador cuyo trabajo consistía en la determinación de constantes termofísicas y termoquímicas de compuestos orgánicos, i.e. calores de combustión, entalpías de fusión, evaporación, sublimación, hidratación, presiones de vapor, etc. La determinación de estas magnitudes termodinámicas era un trabajo con un nivel de dedicación y exigencia experimental muy elevados, al alcance de muy pocas personas, y no siempre apreciado en su valor. La Dra. Jiménez se incorpora a este Depto. como Colaboradora Científica CSIC en 1973, y se ocupa del estudio de ácidos alquilbenzoicos, hidroxibenzoicos y derivados de naftaleno, entre otros. Posteriormente, además del exigente trabajo citado, comienza a aplicar sus conocimientos de las técnicas termofísicas a la solución de problemas químico-físicos específicos, tales como los efectos



Dra. Pilar Jiménez Sierra

del sustituyente sobre equilibrios tautoméricos y ácido/base en fase gas, antiaromaticidad, estabilidad termodinámica y estructural, etc. Estos trabajos se extienden ya a una gran diversidad de estructuras moleculares, entre las que se incluye una interesante, y experimentalmente difícil, familia de tioderivados. Estos estudios los llevaba a cabo en estrecha colaboración con especialistas en Química Teórica, Química-Física Orgánica, Química estructural, etc., tanto de nuestro país como de instituciones extranjeras, entre los que destacan por su dilatada y fructífera asociación con la Dra. Jiménez los Profs. J. L. Abbud, J. Elguero, Joel F. Liebman y M. Ribeiro da Silva. Desde 1978 es miembro de la RSEQ.

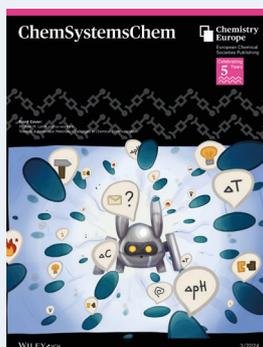
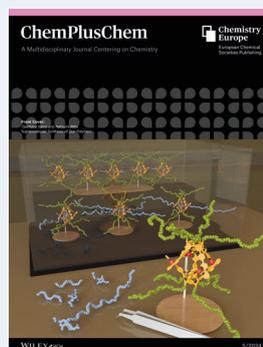
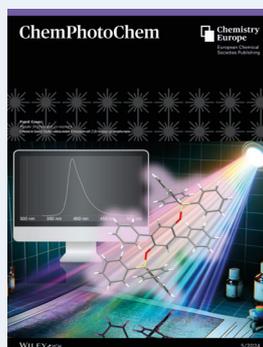
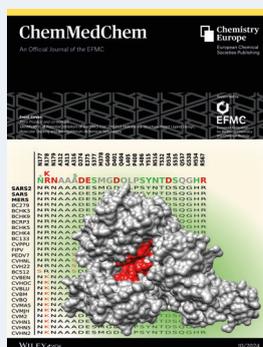
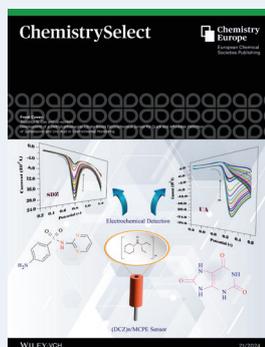
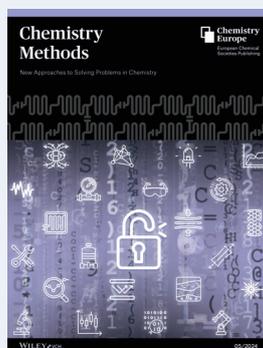
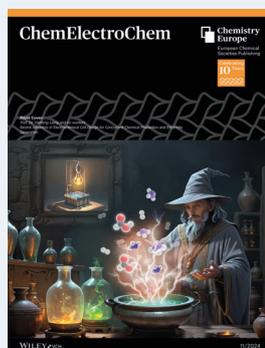
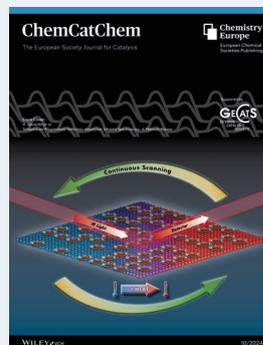
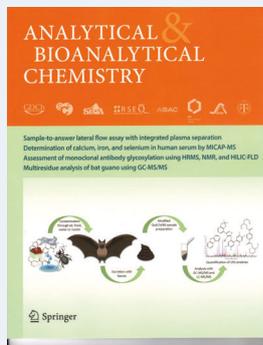
Además de su rigurosa actividad investigadora, la Dra. Jiménez nos deja un legado ejemplar de servicio a la comunidad científica, realizado

sin estridencia y, casi siempre, sin conocimiento público. De estas actividades destacaría su exhaustivo trabajo de revisión y catalogación de instrumentación científica, dentro del Proyecto de Conservación de Instrumentación y Laboratorios Científicos de Interés Histórico del CSIC, su excelente trabajo a lo largo de muchos años como editora de la Memoria Anual del Instituto, con el Dr. J.M^o.Guil, y su dedicada participación en la organización del "75 Aniversario del Edificio Rockefeller". El recuerdo de su singular habilidad experimental y, sobre todo, de su extraordinaria bondad y generosidad permanecerá inmarcesible en todos aquellos que tuvimos el privilegio de conocerla.

A. Ulises Acuña

P. I *ad honorem* del Grupo Especializado de Coloides e Interfases
Instituto de Química Física Blas Cabrera, CSIC

Revistas patrocinadas por la Real Sociedad Española de Química



Cylinder-Free Hydrogenation

H-Genie® Lite: On-Demand Hydrogen Generator

Replace cylinders and reduce risks with the H-Genie® Lite, a high-pressure smart hydrogen generator. The H-Genie® Lite can generate hydrogen from water up to 50 bar (725 psi) on demand; offering a safe, simple, compact alternative to cylinders.



Key Features

- Hydrogen generation from deionized water – no cylinders needed
- High pressure to expand your chemistry capabilities
- Compatible with any reactors and balloons
- Simple setup and use: Click & go
- Run multiple reactors with one H-Genie® Lite
- Compact footprint to save space
- Internal hydrogen detector for improved safety

Benefits of H-Genie® Lite Technology

- **Safe** The H-Genie® Lite is equipped with built-in internal hydrogen leak detectors.
- **Simple** The H-Genie® Lite can generate hydrogen from deionized water with a simple click and go. It's compatible with any reactors and balloons; in addition, you can run multiple reactors with one H-Genie® Lite.
- **Compact** The H-Genie® Lite can easily fit in any fume hood with its compact size and can be relocated around the lab as needed.



The Life Science business of Merck operates as MilliporeSigma in the U.S. and Canada.

© 2022 Merck KGaA, Darmstadt, Germany and/or its affiliates. All Rights Reserved. Merck, the vibrant M, Sigma-Aldrich, and H-Genie Lite are trademarks of Merck KGaA, Darmstadt, Germany or its affiliates. All other trademarks are the property of their respective owners. Detailed information on trademarks is available via publicly accessible resources.

MK_FL11589EN Ver. 1.0 45062 10/2022

