

EDITORIAL

La encrucijada de los jóvenes investigadores en España

La carrera investigadora en España vive una paradoja: nunca antes había contado con tantas convocatorias, programas y discursos institucionales a favor del talento joven y, sin embargo, nunca había sido tan incierta para quienes intentan construir en ella un proyecto de vida. Oportunidades hay; estabilidad, mucha menos.

En los últimos años, la Agencia Estatal de Investigación (AEI) ha puesto sobre la mesa más de 850 millones de euros para proyectos de conocimiento y contratación de personal investigador. Más de 1100 plazas para jóvenes científicos son, sin duda, una señal positiva. A ello, se suman programas como Juan de la Cierva, que ofrece contratos posdoctorales de hasta tres años con salarios relativamente competitivos. El mensaje es claro: España quiere atraer y retener talento.

Pero la realidad cotidiana de muchos jóvenes investigadores desmiente ese optimismo. La precariedad sigue siendo la norma. Contratos temporales encadenados, sueldos inferiores a los de otros países europeos y una carrera profesional sin hitos claros convierten la vocación científica en una apuesta de alto riesgo personal. No se trata sólo de falta de recursos, sino de un modelo que aún no garantiza trayectorias previsibles.

La dependencia de fondos europeos añade otro elemento de fragilidad. Los recursos extraordinarios, como los Next Generation, tienen fecha de caducidad. Si no se consolida una financiación nacional sostenida, los avances actuales corren el riesgo de diluirse cuando se cierre el grifo europeo en 2027.

El resultado es conocido: fuga de talento. Una parte importante de los jóvenes científicos españoles desarrolla su carrera fuera del país. Allí, encuentran mejores condiciones laborales y, sobre todo, estabilidad. Apenas un 20 % de quienes están en el extranjero contempla volver a corto plazo. No es una cuestión de desarraigo, sino de lógica profesional: el sistema español de I+D+i aún no compite en garantías con sus homólogos europeos.

A esto se suma otro síntoma preocupante: la ciencia no seduce a una parte significativa de la juventud. España forma menos graduados en áreas STEM que otros países de la Unión Europea. La percepción de precariedad, los procesos de contratación farragosos y la ausencia de referentes claros penalizan la captación de nuevas vocaciones.

Y, sin embargo, no todo es pesimismo. Tras la pandemia, el empleo en investigación —especialmente, en el ámbito sanitario— ha crecido. La colaboración entre ciencia y empresa empieza a dar frutos, y el talento español sigue destacando en certámenes y proyectos internacionales. Capacidad hay. Excelencia, también.

La pregunta es si España está dispuesta a pasar del discurso al sistema. Porque sin estabilidad, sin carreras profesionales claras y sin una apuesta estructural por la ciencia, los jóvenes investigadores seguirán viendo el futuro —y muchas veces el presente— lejos de casa. La ciencia no se sostiene sólo con vocación; se sostiene con políticas. Y esas, hoy por hoy, siguen siendo insuficientes.

Manuel Jordán
Presidente de la AEC

Director: Manuel Jordán Vidal

Editores: Enrique Ruiz-Ayúcar y Pedro José Sánchez Soto

Consejo Editorial: Enrique de la Rosa, Alfredo Tiemblo Ramos, Francisco Pardo Fabregat



Consejo Rector de la Asociación Española de Científicos (AEC)

Presidente: Manuel Jordán Vidal

Vicepresidente Primero: Enrique J. de la Rosa

Vicepresidenta Segunda: María del Carmen Risueño Almeida

Secretario General: Enrique Ruiz-Ayúcar

Vocales: Alfredo Tiemblo Ramos, Pedro José Sánchez Soto, Pilar Sánchez Testillano, Francisco Pardo Fabregat, José Luís Todolí Torró, Ana María Alonso Zárata y José Juan López Espín

Edita: Asociación Española de Científicos.

Departamento de Agroquímica y Medio Ambiente. Universidad Miguel Hernández (UMH) de Elche.
Avenida de la Universidad s/n. Edificio Alcudia. 03202 Elche (Alicante)

ISSN: 1575-7951. Depósito legal: M-42493-1999

Esta revista no se hace responsable de las opiniones emitidas por nuestros colaboradores.

Sitio en la Red: www.aecientificos.es

Correo electrónico: aecientificos@aecientificos.es

La AEC es miembro fundador de la Confederación de Sociedades Científicas de España, COSCE.

ÍNDICE

Conflictos de uso y percepción socioambiental en espacios protegidos: un estudio comparativo entre residentes y visitantes en Isla de Tabarca

M. GARCÍA IBÁÑEZ, T. RODRÍGUEZ-ESPINOSA,
J. NAVARRO-PEDREÑO, A. PÉREZ-GIMENO, M. JORDÁN VIDAL

3

Los desafíos medioambientales y el poder de la economía circular en la construcción

M.A. GÓMEZ-CASERO, D. ELICHE-QUESADA,
L. PÉREZ-VILLAREJO, P.J. SÁNCHEZ-SOTO

8

Elementos traza y salud: el papel emergente de la técnica de ICP-MS en biomedicina

J.L. TODOLÍ TORRÓ

13

RECENSIONES

Ser científico. La ciencia como vocación y profesión
Lluís Montoliu

25

Grandes hitos de las Vidrieras Medievales de Burgos
M^a Pilar Alonso Abad, Manuel García Heras,
Enrique Solano Rodríguez, Fernando Agua
Martínez, Alejandro Pinilla Gisbert y M^a Ángeles
Villegas Broncano

26

PLACAS DE HONOR DE LA ASOCIACIÓN

- Apertura: Presidente de la AEC
- María Isabel Fariñas Gómez
- Ángel Carbonell Barrachina
- Cecilia Gotor Martínez
- Nuria Quiles Puchalt
- Luis Felipe Fernández García
- Geología
- Premis Sapiència
- Clausura: Vicerrectora de Investigación y Transferencia de la CEU UCH

27

Conflictos de uso y percepción socioambiental en espacios protegidos: un estudio comparativo entre residentes y visitantes en Isla de Tabarca

M. GARCÍA IBÁÑEZ¹, T. RODRÍGUEZ-ESPINOSA¹, J. NAVARRO-PEDREÑO¹, A. PÉREZ-GIMENO¹, M. JORDÁN VIDAL¹

¹ Grupo de Edafología y Tecnologías del Medio Ambiente GETECMA, Departamento de Agroquímica y Medio Ambiente, Universidad Miguel Hernández de Elche

INTRODUCCIÓN

El turismo es una actividad compleja con profundas implicaciones económicas, sociales y ambientales que requiere de un enfoque multidisciplinar para ser gestionada de manera equilibrada (Candela *et al.*, 2012; Salee *et al.*, 2022).

Según la Organización Mundial del Turismo (OMT), un modelo de turismo sostenible debe satisfacer las necesidades de los visitantes y de las comunidades anfitrionas, considerando plenamente sus repercusiones actuales y futuras (OMT, 2019). Sin embargo, alcanzar este equilibrio es un desafío constante en destinos de alto valor ecológico y limitada extensión, donde suele priorizarse el disfrute inmediato sobre la conservación (Streimikiene *et al.*, 2020).

La Isla de Tabarca, con una superficie de apenas 30 hectáreas y una población censada de 49 residentes, representa un caso crítico de estudio (Navalón-García, 2020; INE, 2023). Cuenta con un destacado patrimonio cultural, declarado como Conjunto Histórico-Artístico, y natural, que fue declarada como primera Reserva Marina de España, y es Zona de Especial Protección para las Aves (ZEPA), incluida dentro de la Red Natura 2000.

Pese a contar con un alto grado de protección legal, la isla se enfrenta a un fenómeno de «turismo de masas» estival que amenaza su sostenibilidad (MITECO, 2015). La capacidad operativa del transporte público permite la llegada máxima de hasta 18.302 visitantes diarios, una cifra desproporcionada que genera tensiones en el uso del territorio y degrada la calidad de vida de los residentes (Navalón-García, 2019; Fuentes, 2025; García, 2025).

Los conflictos de uso, derivados de la masificación, se manifiestan especialmente en la alta concentración de visitantes en el casco urbano y la playa principal, zonas que concentran la mayoría de los servicios y facilitan la accesibilidad (Pérez, 2021; García, 2025). Esta saturación no sólo provoca impactos ambientales, como la generación de residuos y la alteración del hábitat, sino que evidencia una brecha entre los grupos de interés social.

Mientras los turistas demandan calidad en el servicio y apoyan limitar el acceso, los residentes enfrentan la disyuntiva entre el beneficio económico y la pérdida de identidad de su entorno (García, 2025; EFE, 2024).

Este trabajo tiene como finalidad identificar los principales conflictos derivados de la masificación turística asociados al uso del territorio. A partir de este diagnóstico, se propone un modelo de turismo sostenible basado en la sostenibilidad y el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) 4, 11 y 12, y la preservación del patrimonio para las futuras generaciones (García, 2025; OMT, 2019).

METODOLOGÍA

Se realizó una búsqueda sistemática en las bases de datos SCOPUS y WOS, complementada con búsquedas en Google Scholar. Las palabras clave empleadas fueron «Tabarca», «impacto» y «turismo», tanto en español como en inglés, seleccionando los documentos más relevantes sobre el impacto ambiental y la protección del patrimonio. Asimismo, se recopiló y analizó el marco legal de las diversas figuras de protección que afectan a la isla (Reserva Marina, ZEPA, LIC y Conjunto Histórico-Artístico).

Para completar la información sobre el territorio, se contactó con administraciones públicas y centros de investigación (Ayuntamientos de Alicante y Santa Pola, Instituto de Ecología Litoral, Centro de Investigación Marina de Santa Pola y Centro Iberoamericano de la Biodiversidad).

Para estimar la llegada de visitantes mediante el uso de transporte marítimo, se consultó a las empresas concesionarias para determinar el aforo máximo de las embarcaciones que realizan visitas a la isla y sus frecuencias horarias, permitiendo estimar la capacidad técnica máxima de recepción de turistas en función de las plazas ofertadas en temporada alta (verano) y temporada baja (invierno).

Finalmente, se realizó un trabajo de campo que consistió en visitas para corroborar los usos de los espacios y estimar la frecuentación por parte de los visitantes.

MARCO GEOGRÁFICO

La isla de Tabarca está situada a 8 km del sureste de la localidad de Santa Pola y a 22 km al sur de la de Alicante (España). Cuenta con una superficie aproximada de 30 ha, teniendo 2,05 km de longitud y 0,4 km de ancho (Figura 1) (Navalón-García, 2020). Presenta una orientación NO-SE y una morfología plana y alargada.

Su situación geográfica favorece un clima mediterráneo seco, templado de pocas lluvias durante el año (Estación meteorológica Isla de Tabarca, 2009). Con una temperatura media anual de 17°C, que puede ser rebasada en agosto llegando hasta los 35°C, y descender en enero hasta los 5°C (AVAMET, 2025).

Las precipitaciones de la isla son irregulares y escasas, pues no superan los 300 mm anuales. Un agradable clima que atrae la llegada de visitantes estivales, que no está exento de dificultades, como los problemas asociados al abastecimiento de agua de la población residente y los turistas (MEDCLIC y SOCIB, 2016).

Situada en el mar Mediterráneo, Tabarca es la única isla habitada de la Comunitat Valenciana (España). Según el Instituto Nacional de Estadística (2023), el número de población censada asciende a 49 personas. Está formada por un pequeño archipiélago constituido por Tabarca, la isla de mayor tamaño, y por tres islotes en su alrededor: La Cante-

ra, La Nao y La Galera, junto a diversos escollos llamados Negre, Roig, Cap del Moro, Sabata y Naveta (Ayuntamiento de Alicante, 2025).

En cuanto a su litoral, la isla cuenta con una playa principal de arena denominada Tabarca y otras dos playas de cantos rodados, menos visitadas, Faroleta y Playa Grande (Asensio-Montesinos *et al.*, 2019) (Figura 2).



Figura 2. Toponimia de la Isla de Tabarca. Fuente: elaboración propia.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

MARCO LEGAL Y FIGURAS DE PROTECCIÓN

La Isla de Tabarca, que durante años fue nido de piratas berberiscos y que, con la actuación del rey Carlos III, fue fortificada en 1760 para asentar a familias genovesas (Liguria) rescatadas del cautiverio en la isla tunecina de Tabarka, cuenta con un sólido marco de protección que refleja su valor histórico, natural y paisajístico (IEL, 2025). Entre las principales figuras, destacan:

- Conjunto Histórico-Artístico (1964): declaración que protege la ciudadela amurallada (BOE, 1964).
- Reserva Marina (1986): fue la primera de España, regulando los usos en sus aguas para proteger la biodiversidad marina (BOE, 1986; MITECO, 2021).
- Red Natura 2000: incluye la isla como Zona de Especial Protección para las Aves (ZEPA) y Lugar de Importancia Comunitaria (LIC), debido a sus praderas de *Posidonia oceanica* y avifauna protegida como el cormorán moñudo (MITECO, 2015; CPAGE, 2025).
- Microrreserva de Flora (2002): protege especies botánicas adaptadas a ambientes salinos y semiáridos (DOGV, 2002; Belenguer, 2014).



Figura 1. Situación geográfica de la Isla de Tabarca (Alicante, España). Fuente: elaboración propia.

AFLUENCIA Y CAPACIDAD TURÍSTICA

La afluencia a la isla está condicionada por el transporte marítimo. La capacidad técnica máxima de las embarcaciones que realizan la conexión con la costa, conocidas tradicionalmente como «tabarqueras», permite la llegada de hasta 18.302 visitantes diarios, en verano, y 14.092, en invierno, una vez consultada la disponibilidad de plazas (capacidad de las embarcaciones) y los viajes que se realizan de ida desde cada uno de los lugares de salida de estas embarcaciones (principalmente, desde los puertos de Alicante y Santa Pola, y, en menor medida, desde Torrevieja). A esto, se suma la presión de embarcaciones privadas procedentes de puertos cercanos (situados a 20 millas náuticas), que cuentan con 2883 amarres. Si los comparamos con los escasos 25 amarres disponibles en el puerto de Tabarca, la visita de numerosas embarcaciones provoca la necesidad de fondeos en las cercanías de las playas y la zona de La Mina (García, 2025). En cuanto al alojamiento, la isla dispone de una capacidad limitada de 92 plazas de pernocta repartidas en 12 establecimientos (García, 2025).

ZONAS DE MAYOR AFLUENCIA

La concentración masiva de visitantes se focaliza en el casco urbano y en la playa principal de arena denominada Tabarca (Figura 3), donde se concentran los servicios. Esta preferencia espacial de los turistas está condicionada por la elevada oferta de restauración, la cercanía inmediata a las zonas de desembarco de las «tabarqueras» y la fácil accesibilidad, lo que provoca que tanto visitantes como residentes transiten habitualmente por los mismos espacios, saturados en época estival.

Por el contrario, se identificaron zonas de concurrencia mínima, como los islotes de La Galera y La Nao, debido a la dificultad de acceso sin una embarcación propia y su escasa superficie. Asimismo, los extremos de la isla (punta este y zona oeste) y las áreas con senderos acondicionados rodeados de mayor vegetación registran una afluencia significativamente menor que el área principal. El mapa de concurrencia elaborado asigna niveles de presión máxima por



Figura 3. Mapa de concurrencia turística en la isla de Tabarca. Fuente: elaboración propia.

concurrencia de visitantes a las áreas urbanas y playas, frente a niveles muy bajos en las zonas periféricas y aisladas.

CONFLICTOS DE USO E IMPACTOS

El actual modelo de «turismo de masas» en la Isla de Tabarca ha generado una profunda contradicción: mientras que los valores ambientales, culturales y patrimoniales constituyen el principal reclamo para los visitantes, la gestión incontrolada de esta afluencia sirve de vector de degradación acelerada de los mismos activos que sustentan la actividad (OMT, 2019). Esta situación se traduce en que la mayor afluencia supone un beneficio económico inmediato, por ejemplo, para los negocios de restauración que actúan como el motor económico local fundamental, pero en detrimento de la salud del ecosistema y de la calidad de vida de los habitantes (García, 2025).

Uno de los puntos de mayor fricción es la gestión de los recursos básicos, especialmente el agua potable de la que carece la isla. Tabarca presenta una limitación hídrica de abastecimiento crónica debido a un clima mediterráneo seco con precipitaciones que no superan los 300 mm anuales (Estación meteorológica Isla de Tabarca, 2009; MEDCLIC y SOCIB, 2016). Durante el periodo estival, la población de día puede multiplicarse exponencialmente en cuestión de horas, con una capacidad técnica de transporte de turistas hasta 18.302 visitantes por día, lo que genera un estrés hídrico estacional inasumible para la infraestructura de suministro y saneamiento (Navalón-García, 2019; García, 2025).

La presión por residuos representa otro impacto crítico que supera con creces los valores registrados en la península, si los consideramos ponderados por habitante y superficie. Mientras que en España la presión media por residuos es de 1,25 kg/ha/día (INE, 2025; García, 2025), en Tabarca, esta cifra asciende ponderada por superficie que supone una producción por habitante similar a 805,29 kg/ha/día durante el verano. La producción de residuos en condiciones de insularidad genera una presión adicional muy superior a la que se produce en zona continental. La saturación es tal que sólo entre julio y agosto de 2022 se recolectaron 162.000 kg de basura (Tú haces Alicante, 2022), compuesta predominantemente por plásticos (más del 80 %) que amenazan la biodiversidad marina (Asensio-Montesinos *et al.*, 2019; Le *et al.*, 2024).

En el ámbito de la biodiversidad y los impactos sobre la propia isla, la actividad antrópica ha facilitado la introducción de especies invasoras que alteran el equilibrio ecológico insular (Sax y Gaines, 2008). Destaca la elevada densidad de gatos domésticos (*Felis catus*), que actúan como depredadores de aves y reptiles autóctonos y como vectores de zoonosis (Jones *et al.*, 2008; Molina-Bernabeu y López-Iborra, 2024), y la propagación de plantas exóticas como *Carpobrotus edulis*, que desplaza a especies nativas vulnerables como *Limonium sp.* y *Lavatera mauritanica* (Castelló, 2022; Gurevitch y Padilla, 2004).

En el medio marino, el fondeo incontrolado degrada las praderas de *Posidonia oceanica* causando una regresión directa de este hábitat. Por otro lado, la contaminación acústica por el ruido de las embarcaciones altera el comportamiento de la fauna acuática (Box *et al.*, 2008; Correa *et al.*, 2017; González *et al.*, 2019).

PATRIMONIO HISTÓRICO

Finalmente, esta masificación compromete la conservación del patrimonio histórico y afecta negativamente a la población residente no estacionaria (Pérez, 2016; EFE, 2024). En el patrimonio cultural, destacan la muralla, las puertas de San Rafael, San Gabriel y San Miguel, y la Iglesia de San Pedro. Todos estos elementos están construidos principalmente con calcarenita bioclástica, una roca porosa y blanda que se altera con el contacto físico continuo de miles de visitantes, sumado a la humedad marina, que acelera su erosión y descomposición. Además, este patrimonio no está exento del posible vandalismo, lo que deriva en pintadas o pequeñas extracciones de material como «recuerdo».

El paisaje cultural y los efectos sobre el trazado urbano diseñado bajo principios ilustrados en el siglo XVIII se ven alterados por la presencia de zonas de servicio y restauración, o la inclusión de cartelería y mobiliario urbano no acorde con la estética histórica, además de que, en la rehabilitación y construcción nueva, no se respeta el uso de los materiales o las técnicas tradicionales de la arquitectura ligur-española original. Otros efectos son los derivados del tránsito incontrolado de visitantes, el pisoteo constante fuera de las rutas marcadas, la erosión del suelo y el riesgo a que se exponen restos arqueológicos aún no excavados.

No obstante, el uso intensivo de la isla como destino para pasar un día de playa desplaza el interés del gran valor cultural a un segundo plano, infravalorando el patrimonio, que se convierte en un decorado para el consumo rápido.

La necesidad de prestar servicios a los visitantes, suministro de agua, baños, recogida de residuos, etc., lastra las inversiones en la restauración y cuidado del patrimonio, actuando de forma indirecta negativa en su conservación. Los escasos 49 residentes censados enfrentan, en verano, una saturación de los servicios públicos (limpieza, seguridad y suministros) que degrada su bienestar (INE, 2023; Fuentes, 2025). La falta de una regulación efectiva pone en riesgo la sostenibilidad del enclave a largo plazo, haciendo imperativa una gestión territorial que priorice la protección del patrimonio natural y cultural sobre el volumen indiscriminado de turistas (García, 2025).

CONCLUSIONES

El estudio confirma que el modelo actual de turismo de masas en la Isla de Tabarca ha alcanzado un punto de saturación que compromete su sostenibilidad futura. Existe

una clara discrepancia entre las demandas del visitante y el residente, que enfrenta los impactos directos de la sobrecarga de servicios y la degradación de su entorno cotidiano. La identificación del estrés hídrico como un posible factor limitante subraya que la capacidad de carga de la isla no es sólo una cuestión de espacio físico, sino de vulnerabilidad de recursos vitales en un entorno insular árido.

Para garantizar la convivencia entre el desarrollo económico y la conservación, es imperativo transitar hacia un modelo de gestión territorial integrador. Sólo mediante una gobernanza coordinada que priorice la educación ambiental, la protección de la biodiversidad y la eficiencia en el uso de los recursos, podrá Tabarca consolidarse como un referente de turismo sostenible, asegurando que su valioso patrimonio natural y cultural sea preservado.

REFERENCIAS

Asensio-Montesinos, F., Anfuso, G., Randerson, P., y Williams, A. T. (2019). *Seasonal comparison of beach litter on Mediterranean coastal sites (Alicante, SE Spain)*. *Ocean & Coastal Management*, 181(104914).

AVAMET (2025). MXO el temps l'Illa de Tabarca.

Ayuntamiento de Alicante (2025). Reserva Marina de Tabarca. Medio físico.

Belenguer, R. (2014). *El medio terrestre tabarquino: El gran olvidado*. En G. Canales *et al.* (Eds.), *Nueva Tabarca, un desafío multidisciplinar* (pp. 109-124). Instituto de Estudios Alicantinos Juan Gil-Albert.

Box, A., Sureda, A., y Deudero, S. (2008). *Espècies invasores a les Illes Balears: aplicacions de biomarcadors d'estrés oxidatiu en organismes marins en situacions d'invasió*. *Bolletí de la Societat d'Història Natural de les Balears*, 51, 177-186.

Candela, G., Figini, P. (2012). *The economics of tourism destinations*. Springer. DOI: 10.1007/978-3-642-20874-4.

Castelló, F. J. (2022). *Isla de Tabarca: Biodiversidad, conservación y gestión* [Trabajo de Fin de Grado, Universidad de Alicante].

Conselleria de Medio Ambient. Orden de 13 de noviembre de 2002 por la que se declaran 11 microrreservas vegetales en la provincia de Alicante. *Diari Oficial de la Generalitat Valenciana*, (4390).

Correa, J. M. G., Bayle, J., Ruíz, J. F., Rountree, R. A., Juanes, F., Soriano, J. R., y Waquoit, M. A. (2017). *Cambios en el paisaje sonoro marino debido al ruido antrópico*. En *Tecniacústica 2017: 48º Congreso Español de Acústica* (pp. 1524-1527). Sociedad Española de Acústica.

CPAGE (2025). Catálogo de Publicaciones de la Administración General del Estado.

EFE. (2024, 29 de agosto). *Los vecinos de Tabarca piden menos turistas en agosto y más visitas a lo largo del año*.

Estación meteorológica Isla de Tabarca. (2009). Datos climáticos históricos.

Fuentes, A. (2025, 14 de marzo). *El Gobierno niega que el turismo actual afecte a la reserva pesquera de Tabarca en Alicante*. Información.

García Ibáñez, M. (2025). *Impacto turístico en la isla de Tabarca y propuestas de gestión y ordenación del territorio* [Trabajo de Fin de Grado, Universidad Miguel Hernández de Elche].

González, J. M., Bayle, J. T., Francisco, J., Rountree, R. A., Juanes, F., y Ramis, J. (2019). *Recreational boat traffic effects on fish assemblages: First evidence of detrimental consequences at regulated mooring zones in sensitive marine areas detected by passive acoustics*. *Ocean & Coastal Management*, 168, 22–34.

Gurevitch, J., y Padilla, D. K. (2004). *Are invasive species a major cause of extinctions?* *Trends in Ecology & Evolution*, 19(9), 470–474.

Instituto de Ecología Litoral (2025). Ficha Tabarca.

Instituto Nacional de Estadística (INE) (2023). Población de padrón continuo por unidad poblacional a 1 de enero. Provincia de Alicante, isla Plana o Nueva Tabarca. Instituto Nacional de Estadística (Spanish Statistical Institute).

Jones, K. E., Patel, N. G., Levy, M. A., Storeygard, A., Balk, D., Gittleman, J. L., y Daszak, P. (2008). *Global trends in emerging infectious diseases*. *Nature*, 451(7181), 990–993.

Le, V.-G., Nguyen, M.-K., Ngo, H. H., Barceló, D., Nguyen, H.-L., Um, M. J., y Nguyen, D. D. (2024). *Microplastics in aquaculture environments: Current occurrence, adverse effects, ecological risk, and nature-based mitigation solutions*. *Marine Pollution Bulletin*, 209(Pt A), 117168.

MEDCLIC y SOCIB. (2016). *El Mediterráneo: El mar y sus costas*.

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (1986, 10 de mayo). Orden del 4 de abril de 1986 por la que se establece una reserva marina en la isla de Tabarca. *Boletín Oficial del Estado*, (112).

Ministerio de la Gobernación. (1964, 12 de septiembre). Decreto 2802/1964, de 27 de agosto, por el que se declara conjunto histórico-artístico la isla de Tabarca (Alicante). *Boletín Oficial del Estado*, (220).

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO). (2016, 21 de enero). Resolución de 20 de noviembre de 2015, por la que se integran en la Red de Áreas Marinas Protegidas de España las zonas de especial protección para las aves marinas de la Red Natura 2000. *Boletín Oficial del Estado*, (18).

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (2021). Usos en aguas exteriores.

Molina-Bernabeu, S., y López-Iborra, G. M. (2024). *Density and home range of cats in a small inhabited Mediterranean island*. *Animals*, 14(16), 2288.

Navalón-García, R. (2019). *Proyectos y efectos: pasado, presente y futuro de la pequeña Isla de Nueva Tabarca (Alicante, España)*. *PASOS Revista de Turismo y Patrimonio Cultural*, 17(1), 143–157.

Navalón-García, R. (2020). *La paradoja del overtourism y undertourism en un mismo destino: Nueva Tabarca (Alicante, España)*. En G. Pons, A. Blanco Romero, L. Troitiño Torralba y M. Blázquez Salom (Eds.), *Sostenibilidad turística: overtourism vs undertourism* (pp. 553–566). *Societat d'Història Natural de Balears*.

Organización Mundial del Turismo. (2019). UNWTO tourism definitions | Definiciones de turismo de la OMT. *World Tourism Organization (UNWTO)*.

Pérez, A. (2021). *Satisfacción turística y masificación: El caso de Nueva Tabarca* [Trabajo de Fin de Grado, Universidad de Alicante].

Pérez, J. (2016). *Nueva Tabarca, patrimonio integral en el horizonte marítimo* [Tesis doctoral, Universidad de Alicante].

Salee, A., Rasoolimanesh, S. M., y Kusumo, C. M. L. (2022). *Tourism impacts on destinations: Insights from a systematic review of literature*. *Asia-Pacific Journal of Innovation in Hospitality and Tourism*, 11(1), 121–148.

Sax, D. F., y Gaines, S. D. (2008). *Species invasions and extinction: The future of native biodiversity on islands*. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105(Supplement 1), 11490–11497.

Streimikiene, D., Svagzdiene, B., Jasinskas, E., y Simanavicius, A. (2020). *Sustainable tourism development and competitiveness: The systematic literature review*. *Sustainable Development*, 29(1), 259–271.

Tú haces Alicante. (2022, 6 de octubre). *162.000 kilos de residuos recogidos en la isla de Tabarca este verano*.

Los desafíos medioambientales y el poder de la economía circular en la construcción

M.A. GÓMEZ CASERO^{1,2}, D. ELICHE-QUESADA^{1,2}, L. PÉREZ-VILLAREJO^{1,2}, P.J. SÁNCHEZ-SOTO³

¹ Departamento de Ingeniería Química, Ambiental y de los Materiales, Universidad de Jaén, Campus Las Lagunillas, s/n, Jaén.

² Centro de Estudios Avanzados en Ciencias de la Tierra, Energía y Medio Ambiente (CEACTEMA), Universidad de Jaén, Campus Las Lagunillas, s/n, Jaén.

³ Instituto de Ciencia de Materiales de Sevilla (ICMS), Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) – Universidad de Sevilla, Sevilla.

INTRODUCCIÓN

En un mundo donde los recursos naturales son finitos, el modelo tradicional de economía lineal basado en «tomar, producir, consumir y tirar» está mostrando sus límites. Ante este desafío global, surge la economía circular como un cambio de paradigma esencial, especialmente, en un sector de alto impacto como la construcción. Este modelo no sólo busca reciclar, sino rediseñar integralmente nuestra relación con los materiales para que los residuos de hoy se conviertan en los recursos estratégicos de mañana. O, en palabras de la Ellen MacArthur Foundation: «Dejar de producir residuos, los propios residuos son materias primas» [1].

La importancia de este cambio no es sólo una idea abstracta, sino que está respaldada por la Agenda 2030 de la Unión Europea y sus Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Objetivos como el ODS 12 (Producción y consumo responsables) instan a reducir drásticamente la generación de desechos mediante la prevención, la reducción y la reutilización, mientras que el ODS 13 (Acción por el clima) exige medidas urgentes para mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero derivadas de la actividad industrial [2]. En este contexto, la construcción se posiciona como un eje estratégico para alcanzar estas metas globales.

Uno de los mayores desafíos ambientales se encuentra en la construcción. La industria del cemento tradicional (específicamente, el *clinker* de cemento Portland) es responsable de una enorme huella ecológica: se estima que su producción genera entre el 6-7 % de las emisiones globales de CO₂, además de requerir la explotación intensiva de canteras para la obtención de materias primas de origen natural, lo que está llevando a una cada vez mayor escasez de recursos naturales [3]. Sin embargo, la comunidad científica ha encontrado una alternativa prometedora: los cementos de activación alcalina (AAC), también conocidos como geopolímeros, cuando su composición presenta un porcentaje reducido de óxido de calcio (CaO) [4].

Estos nuevos materiales permiten sustituir el cemento Portland convencional, ya que se han demostrado excelentes resultados en términos de resistencia mecánica y durabilidad. Los AAC se forman a partir de la interacción química entre un precursor rico en aluminosilicatos y un activador

alcalino, produciéndose una reacción exotérmica, a presión atmosférica y temperatura ambiente (o mediante la aplicación de temperatura por debajo de 100°C) [5].

En cuanto a los precursores utilizados, en la bibliografía se puede encontrar la utilización de recursos naturales, así como residuos o subproductos industriales que, de otro modo, terminarían en vertederos o que tienen una valorización limitada, tales como [3]:

- Escorias metalúrgicas: residuos de la fundición de acero, cobre o de la industria de las ferroaleaciones.
- Cenizas de biomasa: restos de la combustión de poda agrícola, residuos forestales o incluso de la gasificación o pirólisis de biomasa.
- Cenizas volantes de la combustión de carbón, procedentes mayoritariamente de centrales térmicas.
- Residuos de construcción y demolición, aunque es importante conocer su composición.
- Otros subproductos: lodos rojos de la obtención de alúmina, humo de sílice, residuos pétreos, etc.

Al utilizar estos residuos como «precursores», no sólo se reduce el impacto ambiental, sino que se otorga un valor añadido a desechos que antes se consideraban un problema, convirtiendo un pasivo ambiental en un activo económico.

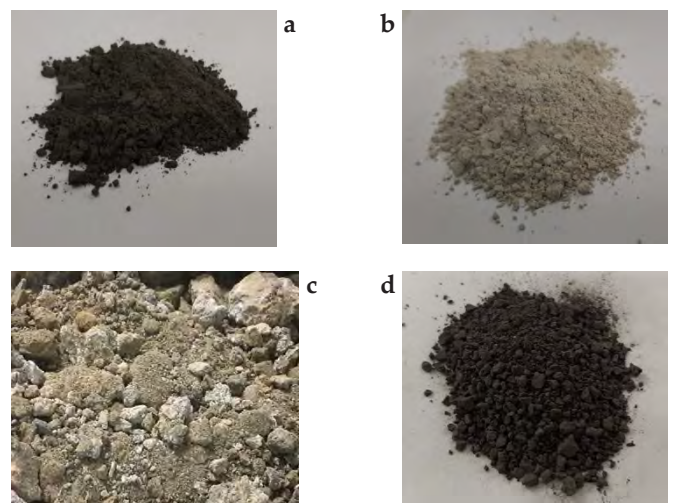


Figura 1. Algunos de los residuos utilizados como precursores en la fabricación de cementos de activación alcalina: a) Cenizas de fondo (Aldebarán); b) Cenizas volantes (La Loma); c) Cenizas de fondo (La Loma); d) Escorias de acero de arco eléctrico (Siderúrgica Sevillana).



Figura 2. Procedimiento experimental: a) Procesado de materias primas (precursores); b) Fabricación activador comercial alcalino; c) Fabricación de pastas de cemento de activación alcalina

En el caso del activador, necesario para la disolución de las especies reactivas y el posterior desarrollo de las reacciones de geopolimerización, la bibliografía destaca la posibilidad de utilizar soluciones acuosas formadas por compuestos alcalinotérreos o sales de ácido [3]. Sin embargo, los activadores más utilizados son reactivos comerciales como hidróxidos basados en sodio (Na) o potasio (K), y silicatos sódicos y potásicos (conocidos como «vidrio soluble» o *waterglass*), así como mezcla de ellos. Lo interesante es obtener un pH superior a 12 para que las disoluciones y reacciones químicas se desencadenen correctamente.

El problema de estos activadores comerciales es el impacto ambiental producido durante su obtención. En particular, el *waterglass* es el que genera la mayor huella de carbono, debido, en gran medida, a la alta cantidad de energía necesaria para alcanzar altas temperaturas durante su síntesis industrial.

Así, otro reto de la comunidad científica es reducir la dependencia de estos activadores, sustituyéndolos por alternativas más sostenibles.

Surgen así los cementos de activación alcalina conocidos como *one part* o «sólo añadir agua» [6]. Estos cementos guardan similitud con el cemento Portland, ya que sólo es necesario añadir agua para que se produzcan las reacciones de endurecimiento, facilitando su adopción en obra. Para la generación de este activador alternativo sólido, es fundamental la revalorización de materias primas (residuos o subproductos) ricos en sílice o metales alcalinos.

Pese al buen desempeño en las propiedades mecánicas de estos materiales, pueden presentar limitaciones en cuanto a su resistencia a la flexión [3]. Aunque el cemento Portland convencional también presenta esta fragilidad, en el caso de los cementos de activación alcalina, esta debilidad tiende a acentuarse. Para dar solución a este obstáculo, existen numerosos trabajos que emplean diferentes tipos de fibras, tanto sintéticas como naturales o recicladas, como refuerzo de estos composites. Esta adición permite mejorar la tenacidad y controlar la fisuración, acercando a estos materiales sostenibles hacia un rendimiento estructural de alto nivel.

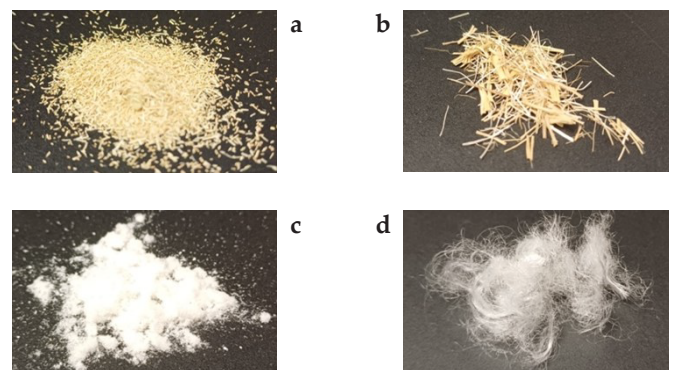


Figura 3. Algunas de las fibras utilizadas como refuerzo en cementos de activación alcalina: a) Fibras de poda de olivo; b) Fibras de sisal; c) Fibras comerciales de celulosa; d) Fibras de polipropileno.

CASO DE LA UNIVERSIDAD DE JAÉN

En la Universidad de Jaén (UJA), en colaboración con investigadores de otros centros como el Instituto de Ciencia de Materiales de Sevilla (ICMS), se está impulsando la fabricación de estos cementos utilizando precursores derivados de la agricultura de la zona, aprovechando la abundancia de residuos generados por la industria del olivar. Los residuos biomásicos procedentes de la poda del olivo, el hueso de aceituna o el orujillo son utilizados como materia prima en la producción de energía eléctrica, lo que genera cenizas tanto volantes (BFA) como de fondo (BBA), que son reincorporadas al ciclo productivo como precursores en los cementos de activación alcalina. La composición química de estas cenizas las hace idóneas debido a su alto contenido en aluminosilicatos (Tabla 1).

Otros residuos de la industria del olivar, como tierras filtrantes gastadas del refinado del aceite (SOFE), también presentan una composición química interesante para la elaboración de estos cementos sostenibles (Tabla 1). Las cenizas de combustión de la industria del olivar, junto con otras biomásas, son ricas en sílice (15-50 %), alúmina (3-12 %) y óxido de calcio (15-35 %) [3]. Por su parte, las tierras filtrantes agotadas de aceite, están compuestas predominantemente por sílice amorfa (80 %) [7]; representando ambas una excelente fuente de aluminosilicatos para producir cementos de activación alcalina (Tabla 1).

A pesar de presentar una buena composición química, el uso de cenizas de fondo (BBA) o tierras filtrantes agotadas (SOFE) como único precursor presenta una reactividad limitada, por lo que suelen emplearse en sinergia con otros precursores ampliamente estudiados por la bibliografía, obteniendo mejoras significativas en las propiedades mecánicas cuando se mezclan con escorias de acero de arco eléctrico (EAFS). Dependiendo de la fuente utilizada, se han logrado tasas de sustitución de escoria de hasta el 50 % [8].

Los valores de resistencia a compresión a 28 días, llegaron a valores de 24.5–25.7 MPa cuando las escorias son

mezcladas con SOFE, y valores alrededor de 41MPa utilizando BBA con un curado térmico de 60°C. Estas resistencias se obtienen debido a la coexistencia de fases cementantes complejas: geles de silicato cálcico hidratado (C-A-S-H) y geles geopoliméricos de silicato sódico/potásico hidratado (N-A-S-H o K-A-S-H) [8, 9]. (Fases siguiendo la notación de cementos como aparece en la Tabla 1 con H = H₂O).

Otro de los hallazgos más relevantes es la mejora de la capacidad aislante de estos cementos en comparación con el cemento Portland tradicional (1,5 W/mK). Los cementos formulados con un 50 % de SOFE redujeron su conductividad térmica respecto al control, alcanzando valores de 0.136 W/mK [9], y los cementos basados en BBA también presentaron una conductividad mucho menor (inferior a 0.4 W/mK) [10]. Estos resultados sugieren que el uso de estos nuevos materiales no solo minimiza la huella de carbono en la fabricación, sino que también mejora el rendimiento térmico de los edificios, contribuyendo a un menor consumo energético durante su vida útil.

ACTIVADORES ALTERNATIVOS

Una iniciativa innovadora es la utilización de residuos procedentes de la industria del olivar, así como otros residuos presentes en la provincia de Jaén como materia prima para su uso como activadores alternativos o para su síntesis. Las investigaciones se centran en sustituir activadores comerciales que son económicamente costosos y tienen un alto impacto ambiental debido a proceso de obtención.

Las cenizas volantes de orujillo de olivo (OPFA) son muy ricas en óxido de potasio (~52 %), y contienen cantidades significativas de óxido de calcio (~5 %), lo que les confiere una alta alcalinidad natural, fundamental para la disolución de las especies reactivas de los precursores. El elevado pH alcanzado favorece la disolución de iones Si, Al, Ca y Fe, presente en los precursores, como la escoria de horno de arco eléctrico (EAFS) o arcillas activadas térmicamente. La utilización conjunta de OPFA y EAFS favorece la formación de geles complejos que incorporan hierro y potasio en su

DENOMINACIÓN	UBICACIÓN	TIPO	SiO ₂ S	Al ₂ O ₃ A	CaO C	Fe ₂ O ₃ F	Na ₂ O N	K ₂ O K
Aldebarán	Andújar	Ceniza Volante	22,1	6,7	34,2	3,6	0,9	7,9
		Ceniza Fondo	46,1	12,0	19,7	4,8	0,8	4,6
La Loma	Villanueva del Arzobispo	Ceniza Volante	1,9	0,4	5,3	0,7	0,2	52,1
		Ceniza Fondo	15,1	3,1	18,4	2,3	0,26	21,1
Valoriza	Linares	Ceniza Volante	1,1	0,2	4,4	0,3	0,5	47,5
		Ceniza Fondo	17,0	3,0	29,8	1,8	0,5	18,5
SOFE	Vilches	Tierras Filtrantes	84,3	5,9	1,0	2,4	3,5	1,5

Tabla 1. Composición química de precursores utilizados por el grupo de investigación UJA-ICMS, resultados en porcentaje en peso (%).

estructura ((C,K,F)-A-S-H), densificando la matriz y por tanto reduciendo la porosidad del material [11]. Mientras que las partículas sin reaccionar actúan como microagregados rellenando poros de la matriz y, por tanto, mejorando la cohesión y compacidad final del cemento.

Los estudios realizados que utilizan únicamente OPFA como activador en cementos basados en EAFS muestran mejoras significativas en la resistencia a compresión (20 MPa), superando notablemente los resultados obtenidos con una activación convencional realizada con hidróxido potásico 4M y 8M (9,5 MPa). Si estas cenizas se combinan con pequeñas cantidades de silicatos comerciales, las mejoras pueden llegar a ser verdaderamente importantes, debido a la mayor disolución de las especies reactivas y una mayor formación de gel geopolimérico [12].

Esta idea ha abierto una nueva línea de investigación, en la que se busca sintetizar silicato potásico o sódico a partir de residuos eliminando la dependencia de reactivos comerciales de alto coste económico y medioambiental [7]. Fruto de estas investigaciones, se ha llegado a obtener silicato sódico a partir de residuos de vidrio, tierras de diatomeas agotadas o cenizas de cascarilla de arroz, con diferentes resultados y metodología [7, 11].

REFUERZO CON FIBRAS

Los cementos de activación alcalina presentan numerosos beneficios, pero también una limitación intrínseca en relación a su resistencia a la flexotracción [13, 14]. Por esa razón, se están investigando diversos sistemas de refuerzo mediante la incorporación de fibras en la matriz de estos cementos. El grupo de investigación se ha centrado en el uso de fibras de origen natural, específicamente las de la poda de olivo comparándolas con otros tipos de fibras naturales y sintéticas ya utilizadas en el campo de la construcción.

La incorporación de fibras no solo mitiga los problemas de resistencia a flexión y de retracción, sino que, también mejora la tenacidad y la capacidad de aislamiento térmico de los cementos, al tiempo que evita la aparición de fisuras y controla su propagación [3]. Las fibras actúan cosiendo las microfisuras, de modo que evitan su propagación, es lo que se conoce como efecto «puente» [15]. Cabe destacar que, aunque la mayoría de las fibras mejoran la resistencia a flexión, por lo general, la resistencia a compresión se reduce entre un 5 y un 20 % [3], debido al aumento de la porosidad y la consiguiente disminución de la densidad de las matrices cementicias. En la bibliografía, se pueden encontrar múltiples estudios con diferentes tipos de fibras: fibras sintéticas o naturales. Las fibras naturales, tienen la ventaja de presentar una superficie más rugosa, lo que favorece una interacción interfacial matriz-fibra mucho más fuerte [10].

La morfología de las fibras, también influye en la forma de rotura de la matriz del composite: mientras que los reforzados con fibras sintéticas tienden a sufrir un fenómeno de *pull-out* (extracción), donde las fibras se deslizan y desprenden antes de romperse, las fibras naturales suelen sufrir una

fractura neta en lugar de extracción. No obstante, este comportamiento depende del tipo de fibra natural y de si esta está o no tratada. Para que las fibras naturales funcionen correctamente y no sufran degradación en el ambiente altamente alcalino de las matrices de los cementos de activación alcalina, estas deben someterse a algún tratamiento previo (mercerización, silanización, hornificación, etc.) [16].

Todos ellos buscan eliminar gran parte de la lignina y la hemicelulosa de las fibras, obteniendo una superficie más abierta y rugosa que aumenta el área de contacto con la matriz y mejora la interacción matriz-fibra [16]. Además, esta eliminación, aumenta el contenido relativo de celulosa, que es el componente que aporta la rigidez y resistencia mecánica [17, 18].

De este modo, el grupo de investigación Universidad de Jaén-ICMS ha utilizado fibras procedentes de la poda de olivo, logrando un incremento de hasta un 43 % en la resistencia a flexión en comparación con cementos sin reforzar y un 15 % superior respecto al refuerzo con fibras comerciales. Este avance se consiguió mediante un tratamiento con silicato sódico sobre las fibras de poda de olivo.

Asimismo, se observó que usando este mismo tratamiento (con Na_2SiO_3) o fibras de celulosa comercial, la resistencia a compresión no disminuyó, sino que aumentó hasta un 9 % y 15 %, respectivamente, debido a una mejor densificación y a la liberación de activador residual que hidrató la matriz, en el caso de fibras de olivo tratadas [10].

Las fibras tienen otros efectos en las propiedades físicas y térmicas de los composites. La incorporación de cualquier tipo de fibra reduce la densidad aparente y aumenta la porosidad y absorción de agua. Sin embargo, estos cambios dependen del tipo de fibra utilizado, determinado en mayor medida por la densidad de la fibra. Desde el punto de vista de la eficiencia energética, las fibras también mejoran la capacidad aislante, debido al aire atrapado en los poros adicionales generados [3].

CONCLUSIONES

Las investigaciones de la UJA ponen de manifiesto la necesidad de un cambio de paradigma en la construcción que ponga fin al excesivo uso de recursos naturales y las abundantes emisiones de gases de efecto invernadero, mediante la aplicación de una economía circular.

En este contexto, la valorización de residuos de origen local se convierte en un recurso estratégico. Los residuos o subproductos procedentes de la industria del olivar (cenizas de poda, cenizas de orujillo, tierras filtrantes), dejan de ser un problema ambiental para convertirse en materias primas (precursores) ricas en aluminosilicatos. Aunque el uso de cenizas de biomasa o tierras filtrantes por sí solas presentan una reactividad limitada o desarrollo de bajas resistencias

mecánicas, su mezcla con otros residuos industriales como escorias metalúrgicas permite obtener cementos con propiedades prometedoras, alcanzando valores mayores de 41 MPa con la formulación adecuada. La razón es la formación de geles complejos tipo C-A-S-H y N-A-S-H.

Uno de los mayores retos es sustituir los activadores comerciales (hidróxidos y silicatos), debido a su elevada huella de carbono como consecuencia de la alta demanda de energía necesaria para su fabricación. En este sentido, el uso de cenizas volantes de orujillo puede actuar como activador alternativo por la alta alcalinidad natural, obteniendo mejores resultados que soluciones comerciales basadas en hidróxidos. Así mismo, también es viable sintetizar silicatos a partir de residuos de vidrio, cenizas de cascarilla de arroz y de tierras de diatomeas agotadas. El uso de estos residuos, junto con los precursores de origen industrial, supondría obtener un cemento compuesto íntegramente con materiales reciclados. Una forma de reforzar la matriz de los cementos de activación alcalina que presentan problemas de retracción y baja resistencia a flexión es mediante el uso de fibras. El uso de fibras de origen local, como las fibras de poda de olivo, ha resultado ser beneficioso para estos cementos, especialmente cuando reciben un tratamiento con silicato sódico. Estas fibras logran incrementar la resistencia a flexión hasta en un 43 % mejorando la ductilidad mediante el «efecto puente». Además de estas ventajas estructurales, estos nuevos materiales ofrecen una capacidad de aislamiento térmico muy superior a la del cemento Portland tradicional.

En definitiva, la utilización de estos residuos y subproductos no sólo reduce la explotación de canteras y las emisiones de gases de efecto invernadero, sino que otorga un valor añadido a los desechos de sectores agrícolas clave. Esta integración fomenta una bioeconomía circular regional que convierte al olivar de Jaén en el motor de una construcción más sostenible y eficiente.

REFERENCIAS

- [1] Ellen MacArthur Foundation (7 de abril de 2026). *Circular economy introduction. What is a circular economy?*
- [2] Naciones Unidas (7 de abril de 2026). La Asamblea General adopta la Agenda 2030 para Desarrollo Sostenible.
- [3] Gómez-Casero, M.A. (2023). *Nuevos materiales cementantes basados en la activación alcalina de distintos subproductos industriales (escorias metalúrgicas, cenizas volantes y de biomasa) para una economía circular.* (Tesis). Universidad de Jaén.
- [4] Davidovits, J. (1994). *Properties of geopolymer cements.* En P. V. Krivenko (Ed.), *Proceedings First International Conference on Alkaline Cements and Concretes* (Vol. 1, pp. 131-149).
- [5] Sakkas, K., Panias, D., Nomikos, P. P. y Sofianos, A. I. (2014). *Potassium based geopolymer for passive fire protection of concrete tunnels linings.* *Tunnelling Underground Space Technol*, 43, 148-156.
- [6] Elzeadani, M., Bompa, D. V. y Elghazouli, A. Y. (2022). *One part alkali activated materials: A state-of-the-art review.* *J of Build Eng*, 57, 104871.
- [7] Delgado-Plana, P., Bueno-Rodríguez, S., Pérez-Villarejo, L., & Eliche-Quesada, D. (2025). *Synthesis of solid sodium silicate from waste glass and utilization on one-part alkali-activated materials based on spent oil filtering earth.* *Environ Sci Pollut Res*, 32(48), 27763-27785.
- [8] Gómez-Casero, M. A., Pérez-Villarejo, L., Castro, E., & Eliche-Quesada, D. (2021). *Effect of steel slag and curing temperature on the improvement in technological properties of biomass bottom ash based alkali-activated materials.* *Constr Build Mater*, 302, 124205.
- [9] Delgado-Plana, P., Gómez-Casero, M. Á., Bueno-Rodríguez, S., Sánchez-Soto, P. J., & Eliche-Quesada, D. (2025). *Impact of incorporating spent oil filtering earths into the formulation of alkali-activated cements based on electric arc furnace slag.* *Environ Sci Pollut Res*, 32(48), 28033-28053.
- [10] Gómez-Casero, M. A., Pérez-Villarejo, L., Castro, E., & Eliche-Quesada, D. (2024). *Reinforcement of alkali-activated cements based matrices using olive pruning fibres as an alternative to traditional fibres.* *Sustainable Chem Pharm*, 37, 101433.
- [11] Muñoz-Castillo, A., Andrés-Castro, F., Gómez-Casero, M. Á., & Eliche-Quesada, D. (2025). *Olive Pomace Fly Ash as an Alternative Alkaline Activator for Electric Arc Furnace Slag for Sustainable Cementitious Materials.* *Materials*, 18(3), 601.
- [12] Gómez-Casero, M. A., Moral-Moral, F. J., Pérez-Villarejo, L., Sánchez-Soto, P. J., & Eliche-Quesada, D. (2021). *Synthesis of clay geopolymers using olive pomace fly ash as an alternative activator. Influence of the additional commercial alkaline activator used.* *J Mater Res Technol*, 12, 1762-1776.
- [13] Al-Rousan, E. T., Khalid, H. R., & Rahman, M. K. (2023). *Fresh, mechanical, and durability properties of basalt fiber-reinforced concrete (BFRC): A review.* *Dev Built Environ*, 14, 100155.
- [14] Stapper, J. L., Gauvin, F., & Brouwers, H. J. H. (2021). *Influence of short-term degradation on coir in natural fibre-cement composites.* *Constr Build Mater*, 306, 124906.
- [15] Chindasiriphan, P., Nuaklong, P., Keawsawasvong, S., Thongchom, C., Jirawattanasomkul, T., Jongvivatsakul, P., Tangchirapat, W., Likitlersuang, S. (2023). *Effect of superabsorbent polymer and polypropylene fiber on mechanical performances of alkali-activated high-calcium fly ash mortar under ambient and elevated temperatures.* *J Build Eng*, 71, 106509.
- [16] Gómez-Casero, M. A., Sánchez-Soto, P. J., Castro, E., & Eliche-Quesada, D. (2024). *Effect of olive-pruning fibres as reinforcements of alkali-activated cements based on electric arc furnace slag and biomass bottom ash.* *Arch Civ Mech Eng*, 24(2), 84.
- [17] Lazorenko, G., Kasprzhitskii, A., Yavna, V., Mischenko, V., Kukharskii, A., Kruglikov, A., ... & Yalovega, G. (2020). *Effect of pre-treatment of flax tows on mechanical properties and microstructure of natural fiber reinforced geopolymer composites.* *Environ Technol Innovation*, 20, 101105.
- [18] Sathish, S., Karthi, N., Prabhu, L., Gokulkumar, S., Balaji, D., Vigneshkumar, N., ... & Dinesh, V. P. (2021). *A review of natural fiber composites: Extraction methods, chemical treatments and applications.* *Mater Today: Proc*, 45, 8017-8023.

Elementos traza y salud: el papel emergente de la técnica de ICP-MS en biomedicina

JOSÉ LUIS TODOLÍ TORRÓ¹

¹ *Departamento de Química Analítica, Nutrición y Bromatología de la Universidad de Alicante.*

INTRODUCCIÓN

El organismo humano contiene decenas de elementos químicos esenciales para la vida. Lejos de actuar únicamente como componentes estructurales, muchos de ellos participan activamente en procesos metabólicos, inmunológicos y de regulación celular. Desde elementos mayoritarios presentes en altas concentraciones hasta aquellos que se encuentran a niveles ultratrazas, todos contribuyen al mantenimiento del equilibrio fisiológico del organismo.

Durante décadas, el interés biomédico por los elementos químicos se centró principalmente en el estudio de deficiencias nutricionales y en la toxicidad derivada de exposiciones ambientales. Sin embargo, en los últimos años ha surgido una visión mucho más amplia e integradora. Actualmente, se sabe que alteraciones relativamente sutiles en la distribución de determinados elementos pueden asociarse con procesos inflamatorios, neurodegenerativos, metabólicos o reproductivos, incluso antes de la aparición de síntomas clínicos evidentes [1].

Elementos como zinc, cobre, selenio o manganeso desempeñan funciones esenciales como cofactores enzimáticos, reguladores del equilibrio redox y moduladores de múltiples rutas celulares [2]. Otros, como hierro o cobalto, presentan una dualidad biológica particularmente interesante: son imprescindibles para la vida, pero pueden convertirse en agentes prooxidantes cuando se altera su homeostasis [3]. A ello se suma la exposición a elementos potencialmente tóxicos como plomo, arsénico o cadmio, capaces de interferir con numerosos procesos celulares incluso a concentraciones muy bajas [4,5].

El enfoque clásico basado en el estudio aislado de un único elemento resulta claramente insuficiente. La metalómica clínica propone una aproximación global basada en la determinación de múltiples elementos y en el estudio de las relaciones existentes entre ellos [6,7]. Este enfoque permite identificar patrones multielementales capaces de reflejar estados fisiológicos o patológicos complejos.

El desarrollo de esta disciplina ha sido posible gracias a los avances producidos en técnicas analíticas de alta sensibi-

lidad, especialmente, la espectrometría de masas con fuente de ionización de plasma acoplado inductivamente (ICP-MS) [8,9]. La cuantificación de numerosos elementos a niveles traza ha planteado importantes desafíos analíticos relacionados con las interferencias espectrales, los efectos de matriz y el control de la contaminación [10,11].

ICP-MS Y RETOS ANALÍTICOS

EN METALÓMICA CLÍNICA

El principio de funcionamiento de la técnica se basa en la introducción de la muestra, generalmente líquida, en forma de aerosol. Las gotas más finas de dicho aerosol son conducidas a un plasma de argón a alta temperatura (i.e., 6000 – 8000 K). En este entorno energético, los componentes de la muestra son desolvados, atomizados e ionizados [12]. Los iones generados son posteriormente separados en función de su relación masa/carga (m/z) y detectados cuantitativamente. La Figura 1 esquematiza el proceso completo, así como las funciones principales de cada componente del equipo.

La técnica de ICP-MS cuantifica simultáneamente decenas de elementos en concentraciones extremadamente bajas, frecuentemente, en el rango de $\text{ng}\cdot\text{L}^{-1}$ o inferiores [1,8]. Esta capacidad resulta especialmente importante en el ámbito biomédico, donde muchos elementos se encuentran presentes en cantidades muy reducidas y donde pequeñas variaciones pueden tener relevancia fisiopatológica.

Sin embargo, la aplicación de ICP-MS al análisis de muestras biológicas plantea importantes desafíos. A diferencia de las soluciones simples empleadas en otros contextos analíticos, las muestras clínicas contienen proteínas, sales, lípidos y una gran variedad de compuestos orgánicos capaces de afectar significativamente al comportamiento analítico [10]. Como consecuencia, el análisis multielemental en biomedicina requiere no solo instrumentación avanzada, sino también un control riguroso de numerosos factores que pueden comprometer la calidad de los resultados. Uno de los principales problemas es la aparición de interferencias espectrales (Tabla 1). Estas interferencias se producen cuando especies generadas en el plasma o en la propia matriz presentan la misma relación masa/carga (m/z) ya presentes que el analito de interés, dificultando su correcta cuantificación [9]. Entre las más frecuentes en matrices clínicas destacan las interferencias poliatómicas, originadas por combinaciones entre componentes del plasma y de la muestra. Un ejemplo clásico es la interferen-

cia de ArCl^+ sobre el arsénico (m/z 75), fundamentalmente en matrices con alto contenido en cloruros [13,14], como suero o plasma. También son frecuentes las interferencias asociadas a óxidos, hidruros o especies derivadas del carbono orgánico. La determinación de cromo, hierro o selenio constituye un ejemplo representativo de estas dificultades analíticas, ya que distintos iones poliatómicos pueden solaparse con los isótopos de interés [15].

La introducción de sistemas de triple cuadrupolo (ICP-MS/MS) ha supuesto un avance decisivo para resolver muchos de estos problemas [8]. Estos equipos incorporan dos analizadores de masas separados por una celda de

colisión/reacción (Figura 2), lo que permite una eliminación mucho más eficaz de las interferencias espectrales. En uno de sus modos de trabajo, el primer cuadrupolo selecciona previamente el ion de interés, mientras que el segundo analiza los productos tras su interacción con gases de colisión o reacción como helio, hidrógeno u oxígeno [14]. El uso de helio permite reducir muchas interferencias mediante discriminación por energía cinética, mientras que los gases reactivos permiten transformar selectivamente analitos o interferencias en especies con distinta relación m/z [11]. Gracias a ello, la metodología de ICP-MS/MS ha mejorado notablemente la selectividad y robustez del análisis multielemental clínico.

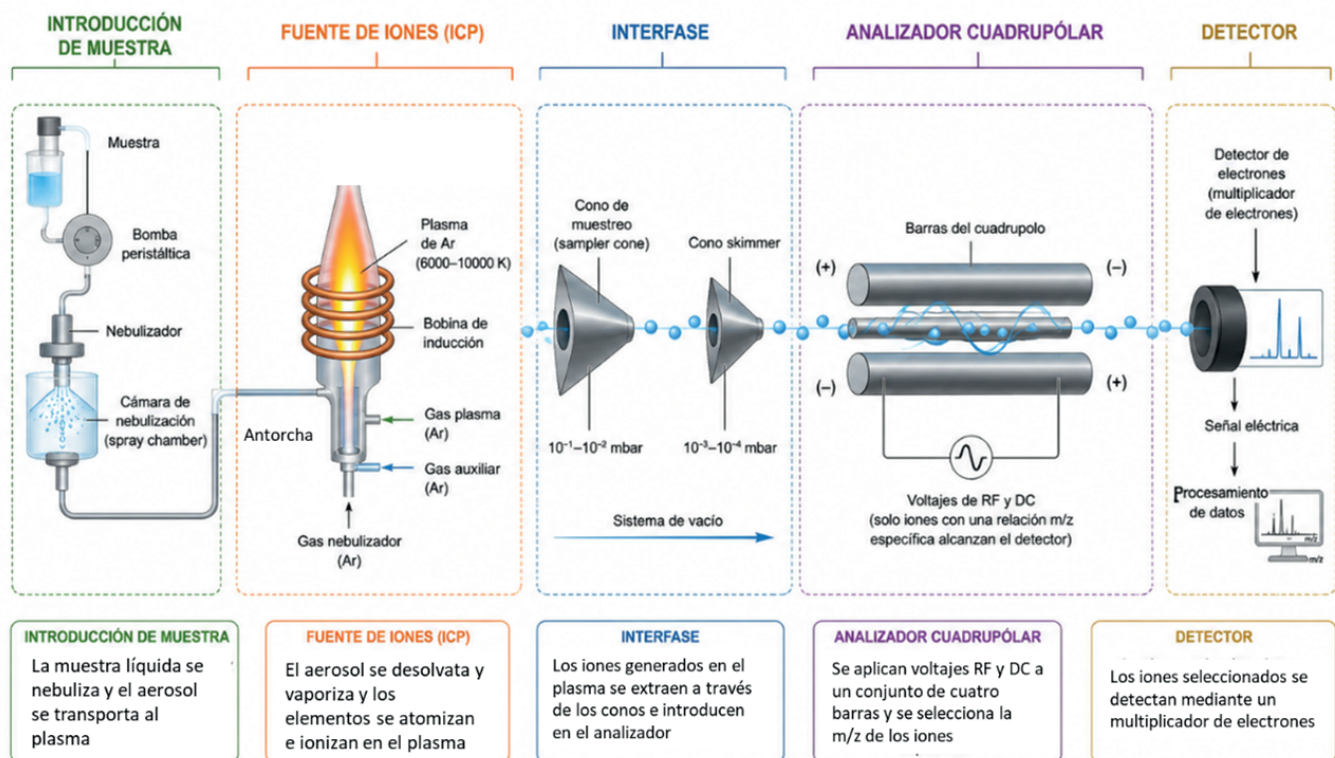


Figura 1. Esquema de los componentes y etapas de un equipo de ICP-MS y de los fenómenos que tienen lugar en ellos.

ISÓTOPO	INTERFERENCIA PRINCIPAL	ORIGEN HABITUAL	MATRICES MÁS AFECTADAS	ESTRATEGIAS HABITUALES
^{75}As	$^{40}\text{Ar}^{35}\text{Cl}^+$	Plasma + Cloruros	Suero, plasma	He-KED, H_2/O_2 , ICP-MS/MS
^{52}Cr	$^{40}\text{Ar}^{12}\text{C}^+$	Carbono orgánico	Suero, plasma, LCR	He-KED, H_2
^{78}Se ^{80}Se	$^{40}\text{Ar}^{38}\text{Ar}^+ / ^{40}\text{Ar}^{40}\text{Ar}^+$	Plasma	Todas	H_2 , O_2 , ICP-MS/MS
^{56}Fe	$^{40}\text{Ar}^{16}\text{O}^+$	Plasma + Oxígeno	Todas	He-KED
^{60}Ni	$^{44}\text{Ca}^{16}\text{O}^+$	Calcio	Suero	He-KED
^{63}Cu	$^{40}\text{Ar}^{23}\text{Na}^+$	Sodio	Suero, plasma	He-KED
^{68}Zn	$^{32}\text{S}^{16}\text{O}_2^+$	Proteínas	Suero, plasma	He-KED, dilución
^{51}V	$^{35}\text{Cl}^{16}\text{O}^+$	Cloruros	Suero, plasma	He-KED, ICP-MS/MS

Tabla 1. Principales interferencias espectrales en ICP-MS en muestras clínicas. KED = Kinetic Energy Discrimination.

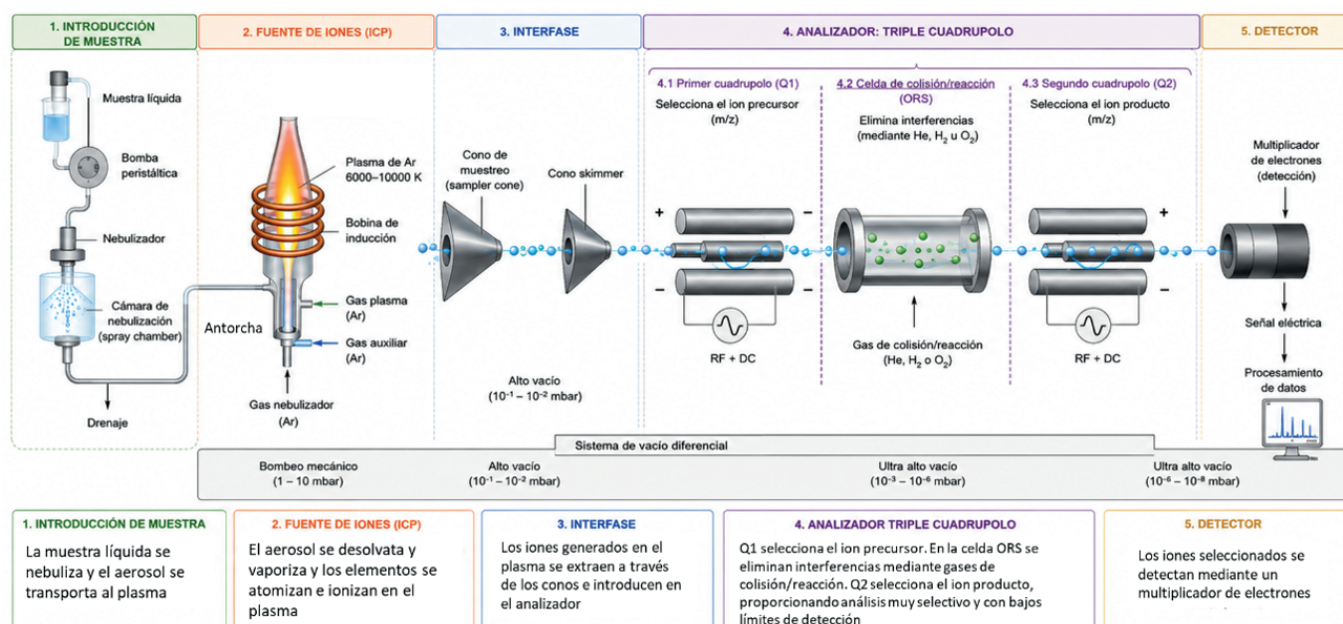


Figura 2. Esquema de los componentes de un equipo de ICP-MS/MS.

Además de las interferencias espectrales, las matrices biológicas generan importantes efectos de matriz capaces de modificar la respuesta analítica [12]. Estos efectos pueden afectar a diferentes etapas del proceso de medida, desde la nebulización de la muestra hasta la ionización en el plasma y la transmisión de los iones hacia el detector. La consecuencia directa de estos efectos es una degradación en la fiabilidad de los resultados finalmente obtenidos si no se tienen precauciones con objeto de eliminar la incidencia de dichos efectos.

La composición fisicoquímica de matrices como el suero, el plasma seminal o el líquido peritoneal influye directamente en la formación del aerosol y en la eficiencia de transporte hacia el plasma. Las muestras con elevada viscosidad o alto contenido proteico pueden generar aerosoles gruesos, reduciendo la cantidad de analito que alcanza la zona de ionización y, por tanto, la señal analítica [16].

Asimismo, las elevadas concentraciones de sales presentes en muchas matrices clínicas pueden alterar las condiciones energéticas del plasma y producir fenómenos de supresión de señal [17]. El problema principal radica en que dichos fenómenos no se producen para los patrones empleados, con lo que los resultados pierden validez.

En otros casos, la acumulación progresiva de residuos en nebulizadores, cámaras de nebulización o conos puede generar inestabilidad instrumental y pérdida de sensibilidad durante análisis prolongados.

Estas dificultades son significativas en matrices complejas como el plasma seminal, caracterizado por una elevada viscosidad y un importante contenido orgánico, o en el

líquido peritoneal, cuya composición puede variar considerablemente en función del estado patológico del paciente.

Para minimizar los efectos de matriz, se emplean distintas estrategias analíticas. Entre las más habituales, destacan la dilución de la muestra, la digestión ácida asistida por microondas, el uso de patrones internos y la calibración en matriz o mediante adición estándar. La optimización de parámetros instrumentales, como la potencia del plasma o las condiciones de la celda de colisión/reacción, también resulta esencial para mejorar la robustez analítica.

Otro aspecto crítico en metalómica clínica es la necesidad de alcanzar límites de detección extremadamente bajos. En matrices como líquido cefalorraquídeo o plasma seminal, muchos elementos se encuentran presentes en concentraciones muy reducidas y el volumen disponible suele ser limitado [18]. En estas condiciones, incluso contaminaciones mínimas pueden comprometer seriamente la calidad de los resultados. La obtención de bajos límites de detección no depende únicamente de las prestaciones instrumentales, sino también del control integral del proceso analítico.

Factores como la pureza de reactivos, el tipo de material empleado, las condiciones ambientales del laboratorio o la manipulación de las muestras adquieren una importancia crítica cuando se trabaja a niveles ultratrazas. Por lo tanto, el análisis elemental en matrices clínicas requiere protocolos estrictos de control de calidad [12].

El uso de blancos analíticos, materiales de referencia certificados, muestras de control y verificaciones periódicas de calibración constituye una parte esencial del proceso analítico.

Asimismo, la validación de los métodos debe contemplar parámetros como precisión, exactitud, linealidad, selectividad y límites de detección, garantizando que los resultados obtenidos reflejen verdaderas diferencias biológicas y no artefactos experimentales.

Finalmente, es fundamental garantizar la trazabilidad de las medidas, especialmente en estudios comparativos o longitudinales, donde la consistencia de los datos es clave.

MATRICES BIOLÓGICAS:

COMPOSICIÓN Y SIGNIFICADO EN EL

ANÁLISIS MULTIELEMENTAL

El estudio de la distribución de elementos químicos en el organismo humano debe abordarse considerando la naturaleza de las matrices biológicas en las que se determinan. Cada una de ellas presenta una composición fisicoquímica específica que no sólo condiciona el comportamiento analítico en ICP-MS, sino que también determina el tipo de información fisiológica o patológica que puede obtenerse.

En este sentido, matrices como el suero, el líquido cefalorraquídeo, el plasma seminal, el líquido peritoneal, la orina, la saliva o el cabello deben entenderse como sistemas complejos que reflejan distintos niveles de organización biológica.

La Tabla 2 recoge los componentes químicos mayoritarios de estas muestras así como su relevancia y problemas de determinación mediante ICP-MS en estudios analíticos. Por otra parte, la Figura 3 representa gráficamente la composición de los diferentes fluidos biológicos mencionados en el presente apartado.

SUERO SANGUÍNEO

El suero sanguíneo constituye una de las matrices más utilizadas en análisis clínico debido a su capacidad para reflejar el estado general del organismo. Desde el punto de vista composicional, se trata de una solución acuosa altamente compleja, en la que aproximadamente un 90 % corresponde a agua, mientras que el resto está constituido por proteínas, electrolitos, metabolitos y pequeñas cantidades de lípidos.

Las proteínas, principalmente albúmina y globulinas, representan el componente orgánico dominante y desempeñan un papel clave en el transporte de numerosos elementos traza. Muchos metales, como el cobre o el zinc, se encuentran parcial o mayoritariamente ligados a proteínas plasmáticas, lo que influye tanto en su biodisponibilidad como en su comportamiento analítico.

El contenido en sales inorgánicas es también elevado, destacando la presencia de sodio y cloruros en concentraciones relativamente constantes. Este entorno iónico, indispensable para la homeostasis fisiológica, introduce importantes implicaciones analíticas, sobre todo, por su contribución a la aparición de interferencias poliatómicas.

Además, el suero contiene una amplia variedad de metabolitos y compuestos orgánicos de bajo peso molecular que aumentan su complejidad química. Esta composición relativamente estable convierte al suero en una matriz idónea para estudios comparativos, aunque desde el punto de vista analítico sigue siendo un sistema exigente debido a sus marcados efectos de matriz.

LÍQUIDO CEFALORRAQUÍDEO

El líquido cefalorraquídeo (LCR) es un fluido claro y altamente diluido, con un contenido proteico mucho menor y una menor concentración de compuestos orgánicos que el suero. Desde el punto de vista composicional, el LCR mantiene una composición iónica similar a la del plasma, aunque en un entorno más controlado y con menor variabilidad.

Esta relativa simplicidad reduce significativamente los efectos de matriz, facilitando la determinación de elementos mediante ICP-MS. Sin embargo, esta ventaja analítica se ve compensada por un desafío importante: las concentraciones de muchos elementos en LCR son extremadamente bajas. Esto obliga a trabajar en condiciones de máxima sensibilidad y con un control riguroso de la contaminación, ya que pequeñas aportaciones externas pueden alterar de forma significativa los resultados.

Desde el punto de vista fisiológico, el LCR refleja el entorno del sistema nervioso central y está protegido por la barrera hematoencefálica, lo que limita el intercambio directo con la sangre. Esta característica lo convierte en una matriz de gran valor para el estudio de enfermedades neurológicas, donde el perfil elemental puede aportar información que no siempre es detectable en matrices sistémicas.

PLASMA SEMINAL

El plasma seminal es una de las matrices biológicas más complejas y variables. Se trata de un fluido rico en proteínas, enzimas, lípidos y compuestos orgánicos, cuya función principal es proporcionar un entorno adecuado para la supervivencia y funcionalidad de los espermatozoides.

Uno de sus rasgos distintivos es el elevado contenido en determinados elementos traza, especialmente zinc, que desempeña un papel fundamental en la estabilidad de la cromatina espermática y en la protección frente al estrés oxidativo.

Esta elevada concentración, unida a la presencia de numerosos componentes orgánicos, confiere a la matriz propiedades fisicoquímicas particulares, como una alta viscosidad.

Desde el punto de vista analítico, esta complejidad se traduce en importantes efectos de matriz, dificultades en la nebulización y una elevada variabilidad entre muestras, lo que obliga a aplicar estrategias específicas de preparación y calibración de la muestra. A ello se añade la variabilidad fisiológica entre individuos, que introduce un nivel adicional de complejidad en la interpretación de los resultados.

LÍQUIDO PERITONEAL

El líquido peritoneal es una matriz altamente dinámica cuya composición depende, en gran medida, del estado fisiológico o patológico del individuo. En condiciones normales, se encuentra en pequeña cantidad, pero, en situaciones patológicas, puede aumentar de forma notable y modificar sustancialmente su composición. Desde el punto de vista químico, contiene proteínas, células, mediadores inflamatorios y productos metabólicos, lo que refleja el estado del entorno peritoneal.

En patologías como la endometriosis, este fluido se convierte en un microambiente activo donde se producen interacciones complejas entre células, mediadores químicos y elementos traza. Esta variabilidad composicional introduce importantes desafíos analíticos, ya que los efectos de matriz pueden variar considerablemente entre muestras.

Además, la presencia de células y material particulado hace necesaria una preparación cuidadosa antes del análisis. Sin embargo, precisamente esa complejidad es la que confiere al líquido peritoneal un elevado valor en estudios clínicos, al permitir acceder a información localizada sobre procesos patológicos que no siempre se reflejan en matrices sistémicas.

ORINA

La orina constituye una de las matrices biológicas más utilizadas en estudios de análisis elemental debido a su obtención no invasiva y a su capacidad para reflejar procesos de excreción y exposición reciente a elementos químicos. Desde el punto de vista composicional, se trata de una matriz predominantemente formada por agua, sales inorgánicas, metabolitos nitrogenados y compuestos orgánicos de bajo peso molecular.

A diferencia de matrices como el suero, la orina presenta un contenido proteico relativamente bajo. Sin embargo, su elevada variabilidad composicional representa un importante desafío analítico. Factores como hidratación, dieta, ritmo circadiano, función renal o exposición ambiental

pueden modificar significativamente la concentración de numerosos analitos. Además, el elevado contenido en sales puede favorecer interferencias espectrales y efectos de matriz en ICP-MS.

Desde el punto de vista metalómico, la orina resulta especialmente útil para evaluar exposición a elementos potencialmente tóxicos como arsénico, cadmio, mercurio o plomo, así como para estudiar alteraciones en procesos de eliminación y metabolismo elemental.

En muchos casos, la determinación urinaria permite estimar exposiciones recientes o acumulación corporal de determinados elementos.

SALIVA

La saliva ha despertado un interés creciente en los últimos años como matriz biológica alternativa para estudios clínicos y metalómicos. Se trata de un fluido fácilmente accesible y de obtención no invasiva, lo que facilita su aplicación en estudios poblacionales, pediátricos y de monitorización repetida.

Desde el punto de vista composicional, la saliva es una matriz compleja formada por agua, electrolitos, proteínas, enzimas, mucinas y metabolitos procedentes tanto de las glándulas salivales como del intercambio con sangre y tejidos orales. Las sustancias presentes pueden generar importantes efectos de matriz durante el análisis por ICP-MS.

La composición salival puede reflejar tanto procesos sistémicos como fenómenos locales relacionados con la cavidad oral. En consecuencia, el análisis elemental en saliva se ha explorado en contextos muy diversos, incluyendo exposición ambiental, enfermedades neurodegenerativas, estrés oxidativo, patologías periodontales y monitorización de elementos traza esenciales.

Entre sus principales ventajas, destacan la facilidad de recogida, el bajo riesgo biológico y la posibilidad de realizar muestreos repetidos sin procedimientos invasivos. Sin embargo, la saliva presenta también importantes fuentes de variabilidad asociadas a flujo salival, dieta, higiene oral, ritmo circadiano y contaminación externa.

La saliva, por tanto, se perfila como una matriz prometedora para futuras aplicaciones en metalómica clínica y medicina personalizada, especialmente, en estudios orientados al desarrollo de biomarcadores no invasivos.

CABELLO

El cabello representa una matriz biológica singular en el análisis multielemental debido a su capacidad para reflejar

MATRIZ	COMPONENTES PRINCIPALES	CARACTERÍSTICAS TÍPICAS	RETOS ANALÍTICOS	RELEVANCIA CLÍNICA
Suero	Proteínas, Na ⁺ , Cl ⁻ , Ca ²⁺ , lípidos	Alto contenido en proteínas y sales	Efectos de matriz elevados, interferencias, supresión de señal	Estado sistémico
Líquido cefalorraquídeo	Agua, pocas proteínas, Na ⁺ , Cl ⁻	Matriz muy diluida, baja concentración de analitos	Requiere límites de detección muy bajos y gran control de contaminación	Sistema nervioso central
Plasma seminal	Proteínas, Zn, enzimas, lípidos	Alta variabilidad y viscosidad	Problemas de nebulización, efectos de memoria, variabilidad de matriz	Fertilidad masculina
Líquido peritoneal	Proteínas, células, Fe, inflamatorios	Composición variable, según patología	Heterogeneidad de muestra, efectos de matriz, preparación compleja	Microambiente local
Orina	Agua, urea, creatinina, sales, metabolitos	Baja concentración proteica y alta variabilidad composicional	Variabilidad de dilución, elevada carga salina, necesidad de normalización	Biomonitorización y exposición ambiental
Cabello	Queratina, azufre, elementos incorporados durante el crecimiento	Registro acumulativo de exposición a largo plazo	Contaminación externa, digestión compleja, heterogeneidad estructural	Exposición crónica y toxicología
Saliva	Agua, proteínas, mucinas, enzimas, electrolitos	Obtención no invasiva y composición dinámica	Baja concentración de analitos, contaminación oral, efectos de matriz	Biomarcadores no invasivos y monitorización clínica

Tabla 2. Composición y relevancia analítica de matrices clínicas en ICP-MS.

exposiciones acumulativas a lo largo del tiempo. A diferencia de fluidos biológicos dinámicos como sangre u orina, el cabello actúa como un tejido queratínico de crecimiento progresivo en el que numerosos elementos pueden incorporarse durante su formación. Su composición está dominada por proteínas estructurales ricas en azufre, principalmente queratina, capaces de unirse a distintos elementos químicos.

Esta matriz presenta importantes limitaciones analíticas. Uno de los principales problemas es la contaminación externa derivada del ambiente, productos cosméticos o tratamientos capilares, lo que obliga a aplicar protocolos rigurosos de lavado y preparación de muestra antes del análisis. Además, la elevada heterogeneidad estructural y la necesidad de digestión ácida previa convierten al cabello en una matriz analíticamente compleja.

La interpretación biológica de los resultados también requiere cautela, ya que numerosos factores fisiológicos y ambientales pueden influir en la incorporación elemental al tejido capilar. A pesar de estas dificultades, el cabello sigue siendo una matriz de gran interés en biomonitorización humana y estudios epidemiológicos, especialmente cuando se pretende evaluar exposición crónica a elementos químicos.

INTEGRACIÓN DE MATRICES: UNA VISIÓN COMPLEMENTARIA DEL ORGANISMO

El análisis multielemental adquiere su máximo potencial cuando se consideran de forma conjunta distintas matrices biológicas. Cada una de ellas aporta una perspectiva específica: el suero proporciona una visión global del estado sistémico, el LCR refleja el entorno del sistema nervioso central, el plasma seminal permite estudiar la función reproductiva y el líquido peritoneal informa sobre microambientes patológicos.

De forma complementaria, la orina permite evaluar procesos de excreción y exposición reciente a elementos químicos, el cabello actúa como un registro acumulativo de exposición a largo plazo y la saliva emerge como una matriz no invasiva de gran interés para estudios clínicos y biomonitorización.

Esta diversidad de compartimentos pone de manifiesto que la distribución de los elementos químicos en el organismo responde a procesos dinámicos y altamente regulados, y refuerza el valor de la metalómica clínica como herramienta integradora para el estudio de la salud y la enfermedad.

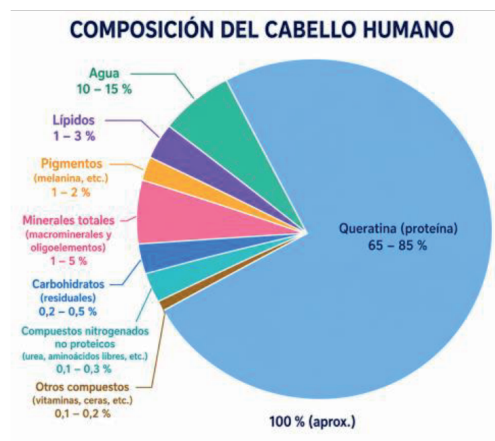
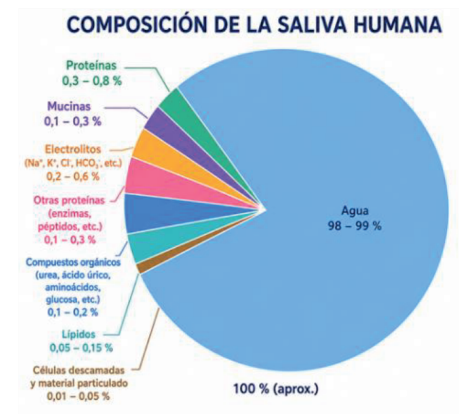
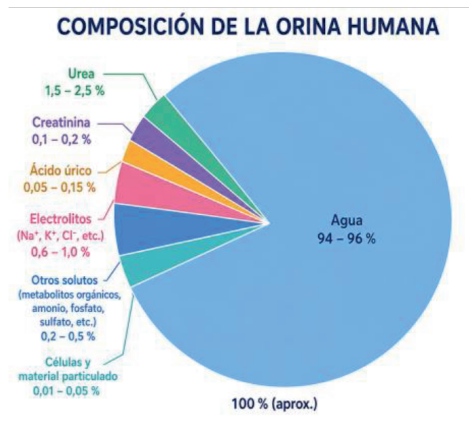
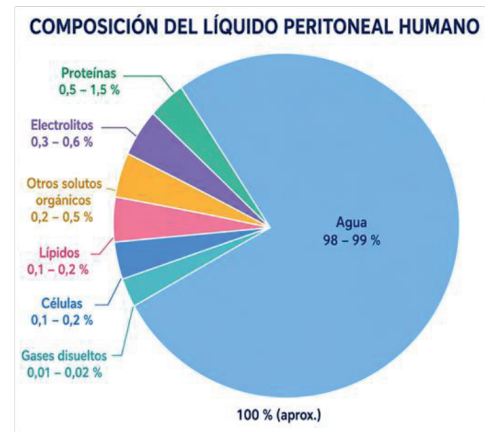
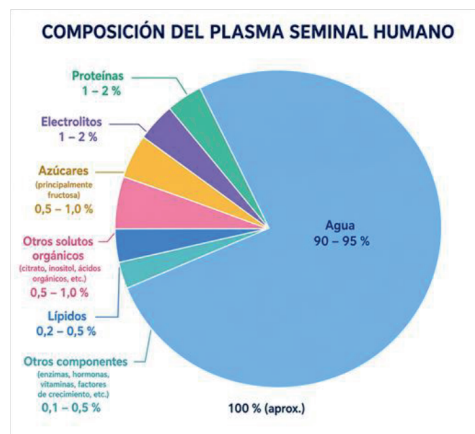
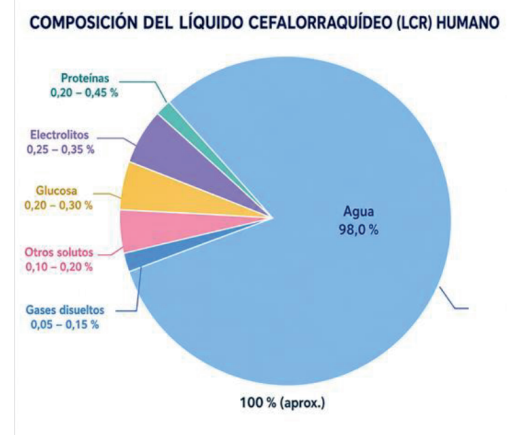
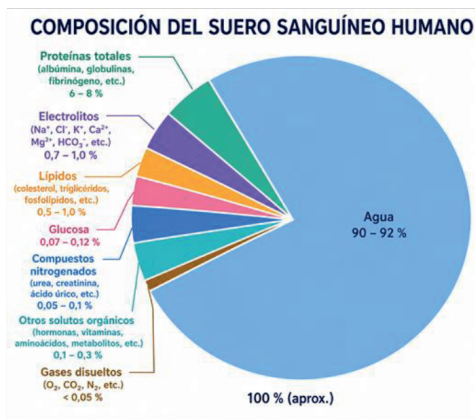


Figura 3. Composición cuantitativa de diversos fluidos biológicos humanos.

ALTERACIONES EN RIÑÓN, SISTEMA NERVIOSO, PÁNCREAS, FUNCIÓN REPRODUCTIVA Y CARDIOPATÍA

La distribución de elementos químicos en el organismo no es homogénea ni permanece constante. Por el contrario, responde a un equilibrio dinámico condicionado por factores fisiológicos, ambientales, metabólicos e inflamatorios. En los últimos años, el desarrollo de la metalómica clínica ha permitido demostrar que numerosas enfermedades se acompañan de alteraciones específicas en los perfiles elementales de distintas matrices biológicas. Estas alteraciones no deben interpretarse únicamente como consecuencias secundarias de la enfermedad.

Cada vez existe una mayor evidencia de que los elementos traza participan activamente en procesos fisiopatológicos relacionados con estrés oxidativo, inflamación, metabolismo energético, neurodegeneración, función endocrina y regulación inmunitaria. En este ámbito, el análisis multielemental aporta una nueva perspectiva para comprender la complejidad biológica de muchas patologías.

A continuación, se ejemplifica cómo el análisis de la composición elemental de distintos fluidos biológicos puede aportar información relevante sobre diferentes patologías humanas.

ENFERMEDAD RENAL CRÓNICA: ACUMULACIÓN, DÉFICIT Y ESTRÉS OXIDATIVO

La enfermedad renal crónica (ERC) constituye uno de los ejemplos más representativos de alteración sistémica de la homeostasis elemental. El deterioro progresivo de la función renal produce importantes alteraciones en el equilibrio de elementos esenciales y potencialmente tóxicos [19].

En pacientes con enfermedad renal avanzada y, especialmente, en aquellos sometidos a hemodiálisis, se desarrolla un entorno biológico caracterizado por inflamación crónica, estrés oxidativo y disfunción metabólica persistente. Este estado redox desfavorable se relaciona tanto con la propia uremia como con factores asociados al procedimiento dialítico, incluyendo la bioincompatibilidad del circuito extracorpóreo, la pérdida de moléculas antioxidantes de bajo peso molecular y la acumulación de compuestos prooxidantes [20,21]. Dentro de este contexto, los elementos traza desempeñan un papel relevante como moduladores del equilibrio oxidativo. Algunos actúan como cofactores esenciales de sistemas antioxidantes, mientras que otros pueden inducir procesos prooxidantes y fenómenos inflamatorios [22,23].

Uno de los hallazgos más consistentes descritos en

pacientes en hemodiálisis es la disminución sérica de zinc (Zn) y selenio (Se), acompañada además de una elevada variabilidad interindividual [24].

El zinc participa en la estabilización estructural de proteínas y forma parte de enzimas antioxidantes como la Cu/Zn-superóxido dismutasa, mientras que el selenio es un componente esencial de glutatión peroxidasas y tioredoxina reductasas. La disminución de ambos elementos favorece un entorno prooxidante y se ha relacionado con malnutrición, hipoalbuminemia, alteraciones del transporte proteico y pérdidas asociadas al procedimiento dialítico.

Además de la reducción de elementos antioxidantes, diversos estudios han descrito la acumulación de elementos con potencial prooxidante como cromo (Cr), níquel (Ni), arsénico (As) o cobalto (Co) en pacientes con ERC avanzada [25]. Estas alteraciones parecen derivar tanto de la disminución de la capacidad excretora renal como de factores ambientales y exposiciones relacionadas con el propio tratamiento dialítico.

El arsénico constituye un caso particularmente complejo debido a la influencia simultánea de la función renal y de factores dietéticos, especialmente, el consumo de pescado y marisco. Por su parte, elementos como níquel y cromo han mostrado asociaciones con marcadores de función renal y metabolismo mineral, sugiriendo que su comportamiento está estrechamente integrado en el entorno urémico [26].

Actualmente, el interés no se centra únicamente en la cuantificación individual de elementos, sino en el análisis integrado de perfiles multielementales y de las redes de asociación entre elementos y parámetros clínicos. Estudios recientes basados en ICP-MS han demostrado que los pacientes en hemodiálisis presentan perfiles elementales complejos caracterizados simultáneamente por disminución de elementos antioxidantes y aumento de elementos con potencial prooxidante, configurando un entorno compatible con estrés oxidativo persistente [25]. Este desequilibrio elemental podría contribuir activamente a múltiples complicaciones asociadas a la ERC avanzada, incluyendo inflamación sistémica, disfunción endotelial, anemia, alteraciones inmunológicas y aumento del riesgo cardiovascular [27]. Por ello, el estudio metalómico de pacientes renales se postula de gran interés tanto para comprender mejor la fisiopatología de la enfermedad como para el desarrollo futuro de biomarcadores clínicos basados en perfiles elementales.

NEURODEGENERACIÓN Y ENFERMEDAD DE ALZHEIMER: LA IMPORTANCIA DEL LÍQUIDO CEFALORRAQUÍDEO

La enfermedad de Alzheimer (EA) es una patología neurodegenerativa compleja caracterizada por acumulación de β -amiloide, hiperfosforilación de tau, neuroinflamación, alteraciones metabólicas y desequilibrio redox. En los

últimos años, el estudio del líquido cefalorraquídeo (LCR) ha adquirido un papel central en la investigación de la EA debido a que constituye el fluido biológico que refleja de forma más directa los cambios bioquímicos y moleculares del sistema nervioso central. El LCR participa activamente en la homeostasis cerebral, el transporte de nutrientes y neuromoduladores, la regulación del microambiente neuronal y la eliminación de productos metabólicos del tejido nervioso. Alteraciones en su composición se han asociado a múltiples enfermedades neurológicas, incluyendo enfermedad de Alzheimer, enfermedad de Parkinson, esclerosis múltiple e hidrocefalia [28,29]. Por ello, el análisis del LCR representa una herramienta fundamental tanto para el diagnóstico como para la comprensión fisiopatológica de las enfermedades neurodegenerativas.

El análisis multielemental del LCR se sitúa como un eje innovador para el estudio de la EA. La técnica de ICP-MS/MS proporciona información simultánea de elementos traza en muestras de LCR utilizando únicamente 20 μ L de muestra, lo que supone una mejora metodológica importante dadas las limitaciones asociadas a la obtención de LCR mediante punción lumbar [30]. Los resultados obtenidos han mostrado un perfil elemental diferencial asociado a la enfermedad, caracterizado por una disminución significativa de manganeso (Mn), cromo (Cr), hierro (Fe), zinc (Zn) y selenio (Se), junto con un aumento de plata (Ag) y bismuto (Bi) en pacientes con EA. Especialmente relevante es el comportamiento del manganeso, ya que los niveles de Mn en LCR permitieron discriminar completamente entre pacientes AD y no-AD mediante análisis de regresión logística binaria. Este hallazgo sitúa al Mn como uno de los posibles biomarcadores metalómicos más prometedores en la enfermedad de Alzheimer [30]. El interés del Mn deriva de su estrecha relación con procesos neuronales críticos. Este elemento participa en la función mitocondrial, el metabolismo energético y diversos sistemas enzimáticos antioxidantes. Alteraciones en su homeostasis se han relacionado con disfunción mitocondrial, estrés oxidativo y procesos amiloidogénicos [31]. Además, se ha identificado una correlación negativa entre Mn y sAPP β [30], un fragmento derivado del procesamiento amiloidogénico de APP, sugiriendo una posible interacción entre la dishomeostasis metálica y la fisiopatología amiloide.

Junto al Mn, la reducción de las concentraciones de Se y Zn en LCR de pacientes con EA resulta relevante desde el punto de vista del estrés oxidativo. El selenio participa en selenoproteínas antioxidantes, mientras que el zinc interviene en la regulación redox, la señalización neuronal y la agregación amiloide. La disminución de estos elementos podría contribuir a un entorno prooxidante y neuroinflamatorio característico de la neurodegeneración. El hierro constituye otro elemento clave en la fisiopatología de la EA. La proteína precursora amiloide (APP) posee actividad ferroxidasa y la alteración del metabolismo del Fe puede favorecer fenómenos de peroxidación lipídica y ferroptosis

neuronal [30]. Por otra parte, de especial relevancia es la correlación positiva entre Fe y Zn en muestras AD, la cual refuerza la existencia de redes de interacción metalómica complejas dentro del entorno neurodegenerativo.

Otro aspecto especialmente importante es que, además de presentar diferentes perfiles de elementos, los pacientes con EA presentan perfiles de correlación metalómica distintos a los controles. Las asociaciones entre elementos y biomarcadores clásicos (A β 42, P-tau y T-tau) son diferentes entre ambos grupos [30], lo que sugiere que la enfermedad de Alzheimer implica una reorganización global de la homeostasis elemental cerebral.

PÁNCREAS Y METABOLISMO: INFLAMACIÓN, DIABETES Y CÁNCER

El páncreas constituye otro órgano especialmente sensible a alteraciones en la homeostasis elemental debido a su intensa actividad metabólica y secretora. Se han encontrado alteraciones bioquímicas relevantes en muestras de suero, orina y saliva de pacientes con enfermedad pancreática. Tanto la función endocrina como exocrina del páncreas dependen de mecanismos bioquímicos en los que participan distintos elementos traza. Entre ellos, el zinc ocupa una posición central [32]. Este elemento resulta esencial para la síntesis, almacenamiento y secreción de insulina en las células β pancreáticas. La propia estructura de almacenamiento de la insulina depende de complejos estabilizados mediante zinc, lo que refleja la estrecha relación entre este elemento y el metabolismo glucídico [33]. Las alteraciones en el metabolismo del zinc se han relacionado con diabetes mellitus tipo 2, resistencia a la insulina y disfunción secretora pancreática [34]. Además, debido a sus propiedades antioxidantes y antiinflamatorias, su déficit puede favorecer un entorno más vulnerable al daño oxidativo [35].

Otros elementos como hierro y cobre adquieren relevancia por su capacidad para participar en reacciones generadoras de especies reactivas de oxígeno. En procesos inflamatorios pancreáticos, como pancreatitis aguda o crónica, este desequilibrio redox parece contribuir activamente al daño tisular y a la progresión inflamatoria. Diversos estudios han mostrado aumentos de la concentración de hierro y cobre junto con disminuciones de zinc y selenio en pacientes con pancreatitis. Este patrón sugiere una combinación de estrés oxidativo, alteración inflamatoria y pérdida de capacidad antioxidante. En pancreatitis crónica, además, se ha descrito que el estrés oxidativo persistente y la alteración del metabolismo de elementos traza podrían participar en la progresión del daño pancreático y en la fibrosis glandular [36].

En el ámbito del cáncer pancreático, la relación con los elementos traza es todavía más compleja. Elementos potencialmente tóxicos como cadmio (Cd), arsénico (As) o plomo (Pb) se han relacionado con procesos carcinogénicos a través de mecanismos asociados a daño oxidativo, altera-

ción del ADN y disrupción de rutas celulares. Asimismo, algunos estudios epidemiológicos han descrito asociaciones entre alteraciones en las concentraciones séricas de zinc, cobre o selenio y el riesgo de adenocarcinoma pancreático [37]. El cadmio ha despertado un interés particular debido a su capacidad para acumularse en tejido pancreático y promover mecanismos de carcinogénesis relacionados con inflamación crónica, estrés oxidativo y alteración de sistemas de reparación del ADN [38].

El estudio de la composición multielemental en suero, orina o saliva suponen un gran avance, puesto que las numerosas limitaciones en este campo están especialmente relacionadas con la dificultad para acceder a tejido pancreático. Este análisis se perfila como una herramienta prometedora para estudiar mecanismos fisiopatológicos y desarrollar posibles biomarcadores asociados a enfermedad pancreática.

FERTILIDAD Y EQUILIBRIO ELEMENTAL

El análisis multielemental aplicado a la infertilidad ha experimentado un notable desarrollo en los últimos años gracias a la incorporación de la técnica de ICP-MS/MS. La fertilidad masculina depende de una compleja interacción entre procesos hormonales, metabólicos y celulares altamente sensibles al equilibrio redox y a la homeostasis elemental. Elementos esenciales como zinc (Zn), selenio (Se), cobre (Cu) o manganeso (Mn) participan en mecanismos clave relacionados con la espermatogénesis, la estabilidad de la cromatina, la motilidad espermática y la protección antioxidante [39]. Sin embargo, alteraciones en sus concentraciones, así como la exposición a elementos potencialmente tóxicos como plomo (Pb), cadmio (Cd) o arsénico (As), pueden comprometer significativamente la calidad seminal y la función espermática [40].

Los resultados obtenidos mediante ICP-MS/MS muestran que determinadas alteraciones multielementales se asocian con cambios en concentración, motilidad, vitalidad y funcionalidad espermática. Además, se han observado correlaciones entre niveles elementales en plasma seminal y parámetros funcionales avanzados, como potencial de membrana mitocondrial, reacción acrosómica y fosforilación de tirosina, lo que sugiere que incluso pequeñas variaciones en el contenido elemental en esta muestra pueden influir en múltiples niveles de la fisiología espermática [41].

Paralelamente, el análisis multielemental se ha aplicado al estudio de patologías femeninas relacionadas con infertilidad, especialmente, la endometriosis. En este ámbito, se han caracterizado perfiles elementales específicos en líquido peritoneal, observando alteraciones significativas en elementos como hierro (Fe), rubidio (Rb), estroncio (Sr) y litio (Li) [42]. Estas diferencias sugieren la implicación de elementos traza en mecanismos inflamatorios y oxidativos asociados a la fisiopatología de la enfermedad [42].

ENFERMEDAD CORONARIA

El cabello humano ha emergido en los últimos años como una matriz biológica de creciente interés en metalómica clínica y cardiovascular debido a su capacidad para reflejar la exposición crónica y la acumulación tisular de elementos esenciales y potencialmente tóxicos [43]. A diferencia de matrices dinámicas como sangre u orina, el cabello proporciona una integración temporal más prolongada de la exposición elemental, permitiendo estudiar alteraciones metabólicas y ambientales asociadas a enfermedades cardiovasculares crónicas.

La enfermedad coronaria y la insuficiencia cardiaca se caracterizan por la coexistencia de inflamación persistente, estrés oxidativo, disfunción endotelial y alteraciones del metabolismo mineral. Elementos como zinc (Zn), cobre (Cu) y magnesio (Mg) han despertado especial interés por su participación en mecanismos antioxidantes, regulación vascular y función miocárdica. Los estudios recientes basados en ICP-MS/MS han mostrado que el análisis multielemental de cabello puede detectar alteraciones relacionadas con enfermedad cardiovascular y función ventricular. En pacientes con insuficiencia cardiaca y fracción de eyección reducida se ha observado una tendencia hacia menores niveles capilares de zinc en casos con mayor deterioro sistólico, sugiriendo una posible relación entre el estado elemental tisular y la gravedad de la disfunción ventricular. Asimismo, se han descrito asociaciones entre niveles bajos de zinc capilar y factores de riesgo cardiovascular como diabetes mellitus tipo 2, reforzando la conexión entre metabolismo mineral, inflamación y enfermedad aterosclerótica [44].

Uno de los aspectos más relevantes es que el cabello parece reflejar mejor la exposición tisular crónica que las concentraciones séricas aisladas. Sin embargo, desde el punto de vista analítico, constituye una matriz compleja debido a su heterogeneidad estructural y a la posibilidad de contaminación externa. Por ello, el desarrollo de metodologías basadas en digestión ácida asistida por microondas e ICP-MS/MS ha sido fundamental para mejorar la fiabilidad del análisis multielemental.

CONCLUSIÓN Y PERSPECTIVAS:

AVANCES ANALÍTICOS Y

METALÓMICA CLÍNICA

Las evidencias revisadas en este trabajo señalan el papel fundamental desempeñado por los elementos químicos traza en la fisiología y patología humanas. Alteraciones en los perfiles elementales se asocian con enfermedades tan diversas como la enfermedad renal crónica, la enfermedad de Alzheimer, las patologías pancreáticas, la infertilidad masculina o la enfermedad cardiovascular, confirmando el valor biomédico de la metalómica clínica.

Uno de los aspectos más relevantes es que cada matriz biológica aporta información complementaria. Mientras el suero refleja el estado sistémico, matrices como el líquido cefalorraquídeo, el plasma seminal, la saliva, la orina o el cabello permiten estudiar microambientes específicos, exposiciones acumulativas o procesos localizados. Esta visión integrada constituye una de las principales fortalezas del análisis multielemental.

El desarrollo de técnicas como ICP-MS y, especialmente, la ICP-MS/MS ha sido decisivo para consolidar este campo. Los avances en sensibilidad, control de interferencias y análisis de matrices complejas han permitido obtener perfiles elementales fiables incluso en muestras de difícil acceso y con concentraciones ultratrazas. Actualmente, el interés ya no se centra únicamente en la cuantificación individual de elementos, sino en la identificación de patrones multielementales capaces de reflejar procesos biológicos complejos relacionados con inflamación, estrés oxidativo, metabolismo o neurodegeneración. Sin embargo, siguen existiendo retos importantes asociados a la estandarización metodológica, la variabilidad biológica y la validación clínica de los resultados.

De cara al futuro, la integración de la metalómica con otras disciplinas ómicas y con herramientas de inteligencia artificial permitirá avanzar hacia modelos más completos de enfermedad y hacia el desarrollo de biomarcadores más sensibles y precisos. La metalómica clínica se perfila como una de las áreas con mayor potencial para conectar química analítica y medicina personalizada.

REFERENCIAS

- [1] Wilschefski SC, Baxter MR. *Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry: Introduction to Analytical Aspects*. Clin Biochem Rev 2019;40:115–133.
- [2] Ozyildirim S, Baltaci SB. *Cardiovascular Diseases and Zinc*. Biol Trace Elem Res 2023;201:1615–1626.
- [3] Hobin JP, et al. *Alzheimer's Disease and Age-Related Changes in the Cu Isotopic Composition of Blood Plasma and Brain Tissues of the APPNL-G-F Murine Model Revealed by Multi-Collector ICP-Mass Spectrometry*. Biol 2023;12:857.
- [4] Ayton S, Lei P, Bush AI. *Metallostasis in Alzheimer's disease*. Free Radic Biol Med 2013;62:76–89.
- [5] Agarwal A, Virk G, Ong C, du Plessis SS. *Effect of oxidative stress on male reproduction*. World J Mens Health 2014;32:1–17.
- [6] Nouiou MA, et al. *Determination of traces of As, Cd, Cr, Hg, Mn, Ni, Sb, Se, Sn and Pb in human hair by triple quadrupole ICP-MS*. Int J Environ Anal Chem 2018;98: 954–976.
- [7] Florou VA, et al. *Human hair as a diagnostic tool in medicine*. Biochem Biophys Rep 2025;43:102129.
- [8] Balcaen L, Bolea-Fernandez E, Resano M, Vanhaecke F. *Inductively coupled plasma tandem mass spectrometry (ICP-MS/MS): A powerful and universal tool for the interference-free determination of (ultra)trace elements*. Anal Chim Acta 2015;894:7–19.
- [9] Yamada N. *Kinetic energy discrimination in collision/reaction cell ICP-MS: Theoretical review of principles and limitations*. Spectrochim Acta Part B 2015;110:31–44.
- [10] Batista BL, Rodrigues JL, Nunes JA, Souza VCO, Barbosa F Jr. *Exploiting dynamic reaction cell ICP-MS for trace element determination in biological samples*. Anal Chim Acta 2009;639:13–18.
- [11] Iglesias M, Gilon N, Poussel E, Mermet JM. *Evaluation of an ICP-collision/reaction cell-MS system for the sensitive determination of spectrally interfered and non-interfered elements using the same gas conditions*. J Anal At Spectrom 2002;17:1240–1247.
- [12] Vanhaecke F, Todolí JL, Schlemmer G, Hinds MW. *Elemental Analysis: ICP-MS, ICP-OES, AAS, XRF*. 2nd ed. Berlin: De Gruyter; 2025.
- [13] Pérez-Ramírez R, Sánchez-Romero R, Prats S, Beltrán-Sanahuja A, Todolí-Torró JL. *Combination of a high-temperature torch-integrated sample introduction system with the single injection calibration approach for arsenic speciation by HPLC-ICP-MS/MS*. Spectrochim Acta Part B At Spectrosc. 2025;236:107312.
- [14] Todolí-Carbonell M, Pérez-Ramírez R, Coquet T, Chainet F, Lacoue-Nègre M, Sánchez-Romero R. *Cutting-edge arsenic quantification in pyrolysis oils: evaluation of a high temperature torch integrated sample introduction system (hTISIS) combined with an ICP-MS/MS*. J Anal At Spectrom. 2025;40:1343-1354.
- [15] Pérez-Ramírez R, Sánchez-Romero R, Todolí-Torró JL. *In situ hydride generation for multielement analysis in complex matrices through ICP-MS with a high-temperature sample introduction system*. Spectrochim Acta Part B At Spectrosc. 2026;236:107351.
- [16] Cañabate Á, García-Ruiz E, Resano M, Todolí JL. *Analysis of whole blood by ICP-MS equipped with a high temperature total sample consumption system*. J Anal At Spectrom. 2017;32:78-87.
- [17] Todolí JL, Mermet JM. *Liquid Sample Introduction in ICP Spectrometry: A Practical Guide*. Amsterdam: Elsevier; 2008.
- [18] Cañabate Á, García-Ruiz E, Resano M, Todolí JL. *Cerebrospinal fluid elemental analysis by using a total sample*

consumption system operated at high temperature adapted to inductively coupled plasma mass spectrometry. *J Anal At Spectrom.* 2017;32:1916-1924.

[19] Tonelli M, Wiebe N, Bello A, Field CJ, Gill JS, Hemmelgarn BR, et al. Concentrations of trace elements in hemodialysis patients: a prospective cohort study. *Am J Kidney Dis.* 2017;70:696-704.

[20] Vaziri ND. Oxidative stress in uremia: nature, mechanisms, and potential consequences. *Semin Nephrol.* 2004;24:469-73.

[21] Liakopoulos V, Roumeliotis S, Gorny X, Dounousi E, Mertens PR. Oxidative stress in hemodialysis patients: a review of the literature. *Oxid Med Cell Longev.* 2017;2017:3081856.

[22] Rayman MP. Selenium and human health. *Lancet.* 2012;379:1256-1268.

[23] Chen CH, Huang SC, Huang SW, Tsai SF, Huang YC. Trace elements status and their associations with related antioxidant enzyme activities in patients receiving peritoneal dialysis and hemodialysis. *J Ren Nutr.* 2024;34:243-251.

[24] Tonelli M, Wiebe N, Hemmelgarn B, Klarenbach S, Field C, Manns B, et al. Trace elements in hemodialysis patients: a systematic review and meta-analysis. *BMC Med.* 2009;7:25.

[25] Valderrama-Sanz S, Tortosa-Carreres J, Molina-Gasset R, Todolí-Torró JL. Trace Element Imbalance and Redox-Relevant Serum Profile in Hemodialysis: A Validated Multielement ICP-MS Study. *Antioxidants.* 2026;15:457.

[26] Stojšavljević A, Ristić-Medić D, Krstić Đ, Rovčanin B, Radjen S, Terzić B, et al. Circulatory imbalance of essential and toxic trace elements in pre-dialysis and hemodialysis patients. *Biol Trace Elem Res.* 2022;200:3117-3125.

[27] Himmelfarb J, Stenvinkel P, Ikizler TA, Hakim RM. The elephant in uremia: oxidant stress as a unifying concept of cardiovascular disease in uremia. *Kidney Int.* 2002;62:1524-1538.

[28] Sakka L, Coll G, Chazal J. Anatomy and physiology of cerebrospinal fluid. *Eur Ann Otorhinolaryngol Head Neck Dis.* 2011;128:359-366.

[29] Simon MJ, Iliff JJ. Regulation of cerebrospinal fluid flow and its relevance to the brain glymphatic system. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA).* 2016;1862:442-451.

[30] Pérez-Ramírez R, Cuchillo-Ibáñez I, Sánchez-Romero R, Beltrán-Sanahuja A, Escamilla S, Molina-Gasset R, Zetterberg H, Blennow K, Sáez-Valero J, Todolí-Torró JL. Development and Validation of an ICP-MS/MS Method for the Multielemental Analysis of Cerebrospinal Fluid, Examination of

Alzheimer's Disease Samples. *J Neurochem.* 2025;169:e70307.

[31] Chib S, Singh S. Manganese and related neurotoxic pathways: a potential therapeutic target in neurodegenerative diseases. *Neurotoxicol Teratol.* 2022;94:107124.

[32] Chabosseau P, Rutter GA. Zinc and diabetes. *Arch Biochem Biophys.* 2016;611:79-85.

[33] Li YV. Zinc and insulin in pancreatic beta-cells. *Endocrine.* 2014;45:178-189.

[34] Fernández-Cao JC, et al. Dietary zinc intake and whole blood zinc concentration in subjects with type 2 diabetes. *J Trace Elem Med Biol.* 2018;49:241-251.

[35] Valko M, Morris H, Cronin MTD. Metals, toxicity and oxidative stress. *Curr Med Chem.* 2005;12:1161-1208.

[36] Tandon RK, Garg PK. Oxidative stress in chronic pancreatitis: pathophysiological relevance and management. *Antioxid Redox Signal.* 2011;15:2757-2766.

[37] Amaral AFS. Pancreatic cancer risk and levels of trace elements. *Gut.* 2012;61: 1583-1588.

[38] Genchi G, Sinicropi MS, Lauria G, et al. The effects of cadmium toxicity. *Int J Environ Res Public Health.* 2020;17:3782.

[39] López-Botella A, Gómez-Torres MJ, Todolí JL. Heavy metals and male fertility: mechanisms of reproductive toxicity and analytical approaches for their determination in seminal plasma. *Antioxidants.* 2021;10:1145.

[40] López-Botella A, Gómez-Torres MJ, Todolí JL. Potentially toxic elements and male reproductive health: current evidence and analytical challenges. *Life.* 2022;12:187.

[41] López-Botella A, Gómez-Torres MJ, Sánchez-Romero R, Todolí JL, et al. Multielemental analysis of seminal plasma by ICP-MS/MS and its relationship with functional sperm parameters. *Antioxidants.* 2024;14:1118.

[42] López-Botella A, Acien M, Sánchez-Romero R, Gómez-Torres MJ, Todolí JL, et al. Multielemental characterization of peritoneal fluid in patients with endometriosis using ICP-MS/MS. *Sci Total Environ.* 2025.

[43] Pozebon D, Scheffler GL, Dressler VL. Elemental hair analysis: a review of procedures and applications. *Anal Chim Acta.* 2017;992:1-23.

[44] Ołasińska-Wiśniewska A, Urbanowicz T, Hanć A, Tomczak J, Begier-Krasińska B, Tykarski A, Filipiak KJ, Rzesos P, Jemielity M, Krasiński Z. The diagnostic value of trace metal concentrations in hair in carotid artery disease. *J Clin Med.* 2023;12:6794.



Autor: **Lluís Montoliu.**

Edita: Comares Editorial.

Depósito Legal: Gr. 643/2025

ISBN: 978-84-1369-894-6

Publicación en 2025. 348 páginas.

¿Un científico nace o se hace? ¿Es necesaria la vocación para convertirse en científico o científica? ¿Hay un solo camino para dedicarse a ser una persona de ciencia o, por el contrario, son múltiples las rutas que te llevan a ser un científico? ¿Qué características debería tener, idealmente, una persona que quisiera dedicarse a la ciencia profesionalmente?

Las posibles respuestas a estas y muchas otras preguntas sobre el mismo tema fueron las que llevaron al autor a escribir este libro, publicado por la editorial Comares en 2025, con el apoyo de la Fundación Lilly, que se responsabilizó de promocionar y difundir la primera edición de esta obra.

Ser científico. La ciencia como vocación y profesión

En el libro, repaso todas las etapas que afronta una persona que quiera dedicarse a la ciencia, desde la infancia, en la escuela e instituto, hasta su eventual jubilación, pasado por la formación universitaria, la realización de una tesis doctoral, las estancias posdoctorales, frecuentemente en el extranjero, el retorno a España, la deseada estabilización laboral, la construcción de un laboratorio, la escritura de proyectos, artículos, la presentación de resultados en congresos y simposios, la interacción con otros investigadores, la colaboración con empresas, el contacto con asociaciones de pacientes, la preparación de patentes y muchos otros aspectos que ilustran la vida de un investigador o investigadora. Tampoco me olvido de la gestión de grupos humanos, algo para lo cual los científicos no solemos estar preparados y tenemos que aprender a base de prueba y error, la delegación de responsabilidades, la importancia del personal técnico, fundamental, en los laboratorios, o la gestión de conflictos que puedan aparecer en el grupo. La formación transversal en ética y en integridad científica también tiene su lugar en el libro, como aspectos relevantes que completan la formación de todo científico. De todo ello, hablo en primera persona, compartiendo mi experiencia de 40 años en investigación y relatando las diferentes etapas por las que pasé desde que era un estudiante en el colegio hasta que llegué a poder fundar mi propio laboratorio. No es un libro pesado de leer porque está deliberadamente trufado de historias y anécdotas que cumplen la función de ilustrar los conceptos de una forma sencilla y entretenida. Todos los científicos tenemos historias para contar.

El libro está destinado a varios colectivos: los estudiantes de 2º de bachillerato, que andan agobiados por la nota que sacarán en la PAU y que determinará qué grado y en qué universidad podrán cursar los estudios universitarios. En este aspecto, soy claro: yo apoyo la formación genérica, no especializada, y sugiero dejar la especialización para el posgrado y la tesis doctoral. Siempre me parecerá más adecuado cursar Biología que cualquiera de las muchas derivadas Bio- que existen en la actualidad, y que creo que confunden más que ayudan a nuestros jóvenes futuros científicos. La importancia de apostar por una formación global, inclusiva, que te permita tener una visión integradora de la materia. También destino el libro a estudiantes universitarios, prestos a finalizar su grado, que se plantean si seguir formándose para convertirse en científico o saltar a la empresa, a una carrera profesional técnica o a tareas docentes como profesores de institutos, entre varias salidas posibles. Otro colectivo al que va destinado este libro es a los futuros doctores, los que están a punto de defender o acaban de leer su tesis doctoral y se plantean si seguir la carrera científica o saltar a algún otro sector, no académico, sino privado, por ejemplo. Un grupo adicional de destinatarios del libro corresponde a los nuevos investigadores principales, los que acaban de fundar su laboratorio y se encuentran que deben afrontar muchos más problemas y situaciones de las que imaginaban.

Y, finalmente, este libro también espero que provoque sonrisas y reactive recuerdos a cualquier investigador senior, que podrá comprobar que las vidas de los científicos se parecen bastante más de lo que estamos habitualmente dispuestos a admitir.

Para finalizar esta reseña tres frases que creo resumen el espíritu de este libro: (1) Somos científicos a tiempo completo; (2) No nos vamos a hacer ricos con la ciencia; (3) Hay vida más allá de la ciencia.



Autores: M.ª Pilar Alonso Abad, Manuel García Heras, Enrique Solano Rodríguez, Fernando Agua Martínez, Alejandro Pinilla Gisbert y M.ª Angeles Villegas Broncano.

Edita: Gerencia de Cultura y Turismo del Ayuntamiento de Burgos.

ISBN: 978-84-92973-56-9

Publicación en 2022. 168 páginas.

Como afirmaba el gran artista Miguel Ángel Buonarroti (1475-1564), y se cita en esta obra: «La verdadera obra de arte no es más que una sombra de la perfección divina».

Esta obra destaca por su interesante contenido al estudiar las vidrieras medievales de Burgos, tanto de su Catedral como del Real Monasterio de Santa María La Real de Las Huelgas y la Real Cartuja de Santa María de Miraflores. Pero no sólo desde un punto de vista descriptivo, sino también con una aplicación metodológica de técnicas instrumentales para la caracterización físico-química de los materiales e investigación del deterioro y degradación de los materiales de las vidrieras. Todo ello dentro del Patrimonio Histórico-Artístico y Cultural.

Esta obra se complementa con la inclusión de la traducción de todos los textos en español a los idiomas inglés y francés, incluidas las semblanzas de todos los autores.

Grandes hitos de las Vidrieras Medievales de Burgos

En la presentación y contraportada de la obra se menciona que, desde la Edad Media, ya Burgos, la Civitas regia del Reino de Castilla y que vino a ser una ciudad promotora y creadora de vidrieras artísticas, se erigió en un centro puntero de la península ibérica en el arte de la vidriera y, complementariamente, en el patrimonio de vidrio. Se indica el origen de la vidriera artística en Burgos «en el siglo XIII, en los conjuntos del Real Monasterio de Santa María La Real de Las Huelgas y de la Santa Iglesia Catedral». Continúa mencionando que «en el siglo XV, incorporó las innovaciones técnicas, estéticas y del lenguaje procedente de los Países Bajos, en el ciclo vidriero de la Real Cartuja de Santa María de Miraflores. Los tres conjuntos mencionados configuran un corpus vidriero de excelencia y exclusividad de este arte del fuego, por los mecenas y promotores que los impulsaron, por el destino para el que fueron ideados, programados y resueltos, así como por la ejecución de la obra en cuanto a temática, técnica, maestros y talleres».

Se ha conseguido una impecable y cuidada edición de esta obra con una magnífica presentación, abundancia de material gráfico en color y numerosas fotografías de microscopías óptica y electrónica de barrido. El libro está estructurado en cinco capítulos. El primero de ellos trata sobre la internacionalización de la vidriera en la Edad Media, el segundo sobre el conjunto de vidrieras del Real Monasterio de Santa María La Real de Las Huelgas y el tercero sobre el conjunto de vidrieras de la Catedral de Burgos. Estos tres capítulos están a cargo de la Coordinadora de la obra y coautora. Un cuarto capítulo trata del estudio científico del conjunto de las vidrieras de la Real Cartuja de Santa María de Miraflores, incluyendo un estudio científico-técnico de vidrios y grisallas de las vidrieras del lado norte de la nave de la iglesia de la Real Cartuja de Santa María de Miraflores. La grisalla es una técnica pictórica basada en una pintura monocroma que produce la sensación de ser un relieve escultórico (del francés gris, *grisaille*). Se utilizaron fragmentos de vidrio que se sometieron a una serie de análisis destructivos o parcialmente destructivos empleando diversas técnicas de análisis de materiales, mostrando coloraciones amarillas, azules, violetas, verdes, además de incolora, con examen de caras internas, externas y en sección. Entre estas técnicas, destacan los análisis realizados mediante microscopía electrónica de barrido de emisión de campo y análisis químico mediante espectroscopia de energías dispersivas de rayos X. Algunos de los vidrios estudiados tenían decoraciones con grisallas. Asimismo, se realizaron diversos estudios de la degradación en los vidrios y grisallas por efecto de procesos de alteración química y biológica.

Finalmente, el quinto y último capítulo trata sobre el deterioro y degradación de los materiales de las vidrieras, con análisis de las causas intrínsecas y extrínsecas del deterioro, mostrando las de origen químico, físico y biológico. También nos muestran los autores del capítulo las alteraciones y patologías más comunes de las vidrieras, así como las metodologías para una limpieza, restauración y conservación preventiva de las vidrieras, aspectos todos ellos que son muy acertados al haber sido abordados en este estudio.

Comentario editorial realizado por: Pedro J. Sánchez Soto, Investigador Científico del CSIC, ICMS (CSIC-US).

PLACAS DE HONOR DE LA ASOCIACIÓN

Valencia, 20 de noviembre de 2025



De izquierda a derecha, Nuria Quiles, Ana Ruiz, Isabel Fariñas, Juan Mora, Esther Gómez, Luis Felipe Fernández, Ángel Carbonell y Cecilia Gotor.

Palabras del Presidente en el acto de entrega de Placas de la AEC

Excma. Sra. Vicerrectora de Investigación y Transferencia de la Universidad CEU Cardenal Herrera (CEU UCH), querida Alicia, Sra. Secretaria Autónoma de Universidades, querida Esther, Sr. Consejero de Ciencia, Innovación y Universidad del Principado de Asturias, querido Borja, Sr. Director General de Ciencia e Innovación, querido Rafael, Sra. Alcaldesa de Ibias, querida Gema, Sr. Presidente de la Red de Universidades Valencianas para el fomento de la I+D+i (RUVID) y Vicerrector de Investigación de la Universidad de Alicante (UA), querido Juan, Sra. Vicerrectora de Transferencia de la Universitat de València (UV), querida Rosa, Sra. Vicerrectora de Transferencia de la UA, querida María Jesús, Sr. Vicerrector de Investigación y Transferencia de la Universidad Miguel Hernández de Elche (UMH), querido Ángel, Sr. Vicerrector de Investigación de la Universidad Católica de Valencia (UCV), querido Jose

María, Sr. Vicerrector de Infraestructuras de la UMH, querido Pedro, Sra. Gerente de RUVID, querida Pilar, Sr. Director del Secretariado de Transferencia de la UA, querido Jose Luis, Sr. Vicedecano de la Facultad de Educación de la CEU UCH, querido Paco, Sr. Secretario de RUVID, querido Carlos, Sr. Delegado del Colegio Químicos de Sur y Asociación de Químicos de Andalucía, querido Pedro, Sr. Vicepresidente de la Asociación Española de Científicos (AEC), querido Enrique, Sr. ex vicepresidente de la AEC, querido Alfredo, miembros del Consejo Rector, otras autoridades civiles, científicas y académicas, socios y socias de la AEC, galardonadas y galardonados en esta XXVII edición de las Placas de Honor de la AEC, presentadores, familiares, profesores, doctores, compañeros y amigos.

Un año más nos reunimos para entregar las Placas de Honor de la AEC. Hace ya 27 años, los entonces miembros de su Consejo Rector instituyeron este galardón para poner de manifiesto la excelencia, el esfuerzo y el talento dedicado en España a la generación de conocimiento, a la difusión del

mismo y a su aplicación en beneficio de la sociedad.

Nuestra asociación cumple ya 54 años de vida. Desde su fundación, se recoge en sus estatutos el impulso a la transferencia, la colaboración público-privada, la divulgación de la ciencia, la ética en la investigación o la componente humanística de la ciencia como actividades esenciales para la justa valoración de los científicos y científicas por la Sociedad.

Tenemos muy clara nuestra misión y compromiso: promover que la sociedad española considere a la Ciencia como una actividad deseada y querida, imprescindible para el desarrollo, la mejora de la calidad de vida y la libertad. Por ello, quiero mostrar un año más mi gratitud y reconocimiento a todos los presidentes de la AEC que me han precedido por su liderazgo en estas décadas y a los miembros del Consejo Rector por su trabajo y entusiasmo, así como a las entidades protectoras y a las socias y socios que en más de medio siglo de vida de nuestra asociación han permitido conservarla viva, activa y dinámica.

Hoy es un día que formará parte de la historia reciente de la AEC porque, por cuarta vez, celebra su acto institucional de mayor relevancia social fuera de la villa de Madrid. Concretamente, en la CEU UCH, en el marco del 25 aniversario de su fundación y en su hermosa sede en el corazón de la ciudad de Valencia, junto al Micalet, la catedral y la Basílica de la Virgen de los Desamparados, que tanto significado tienen para todos los valencianos.

Nos encontramos en un lugar privilegiado, en el Palacio de Colomina, edificio construido en 1863 sobre los restos del dedicado con anterioridad al Peso de la Harina, por el maestro de obras Manuel Ferrando para el fabricante y exportador de abanicos, José Colomina Arquer.

Ocupa una manzana casi cuadrada, con la particularidad de tener fachada a tres calles: Almudín, Salvador y Peso de la Harina. José Colomina Arquer fue un importante fabricante de abanicos que se enriqueció con sus ventas en España y otros países. Precisamente por ese ímpetu comercial, que aportaba fama y riqueza a la nación, el rey Amadeo I de Saboya le concedió en 1872 el nombramiento de marqués. El sexto marqués de Colomina, José Antonio Botella Ximénez de Sandoval, se trasladó a Madrid. En 1983, el edificio albergaba el colegio de Nuestra Señora del Socorro y residencia-hospital para niños, en 1988 continuaba utilizándose para atenciones sociales, y, desde 1999, tras cuidada restauración y adaptación, es sede de la CEU UCH.

Mi más sincero agradecimiento al rector de la CEU UCH, Higinio Marín Pedreño, a la Vicerrectora de Investigación y Transferencia, Alicia López Castellano, y al Consejo de Dirección y equipo de comunicación por su grata acogida y por su entusiasmo y apoyo a la celebración de la Gala de la Ciencia de la AEC 2025, en estas magníficas instalaciones.

También quiero reconocer públicamente la labor de

Francisco Pardo Fabregat, vocal del Consejo Rector y vicedecano de la Facultad de Educación de la CEU UCH, de Concha Santamaría, Directora de Comunicación de RUVID, y de Cristina Todolí, secretaria de cargo del Vicerrectorado de Investigación de la UMH, por cuidar con tanto esmero todos los detalles organizativos y logísticos. Muchas gracias por vuestra profesionalidad y generosidad.

Tras los agradecimientos, continuaré mi intervención con un resumen de las actividades más destacadas llevadas a cabo por la AEC durante el presente año. La anualidad 2025 la hemos dedicado, además de a la edición del número 34 de nuestra revista Acta Científica y Tecnológica, fundamentalmente, a la preparación y realización de un curso intensivo sobre Comunicación, Divulgación y Responsabilidad Social en la Investigación, contando con un magnífico plantel de ponentes. Si en 2024 culminamos unas exitosas jornadas sobre Ética e Integridad en la investigación, en 2025 al citado curso se inscribieron 1052 científicos y científicas, así como personal investigador en formación, y se realizó en modalidad presencial y a distancia. El curso se desarrolló los días 9, 10 y 11 de julio en la Escuela de Doctorado de la UMH, contando con el patrocinio de la Fundación Damián Rodríguez Olivares (DRO).

El evento se organizó con gran éxito, fue un ciclo de tres jornadas centrado en la difusión, profesionalización y responsabilidad de la divulgación científica. El evento fue transmitido también en directo para el público internacional. Más de 200 inscritos fueron estudiantes de programas de doctorado. El resto de participantes procedían de diversas universidades españolas, iberoamericanas, europeas y de Sudáfrica, confirmando el alcance internacional de la iniciativa. Las intervenciones de los ponentes están grabadas en vídeo y disponibles para todos los socios interesados.

La jornada abrió con la ponencia de Ángeles Gallar (Servicio de Comunicación, Marketing y Atención al Estudiantado de la UMH) sobre Ambientalismo ninja. Cuando el periodismo de soluciones y la comunicación institucional de la ciencia se unen para intentar salvar el mundo, seguida de las intervenciones de Jesús Rey (Instituto de Filosofía del Consejo Superior de Investigaciones Científicas-CSIC), con su charla sobre Investigación y promoción de la ciencia en un marco de responsabilidad y colaboración institucional: y Pedro Serena (Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid del CSIC), que profundizó en La comunicación de la ciencia y la responsabilidad social de los científicos. La sesión culminó con una mesa redonda sobre el respaldo institucional a la divulgación científica, un debate clave en el contexto actual de la transferencia de conocimiento.

La segunda jornada se centró en las oportunidades laborales que ofrece la divulgación científica. Concha Santamaría (RUVID) abrió las charlas de la mañana con ¿Por qué lo llaman redes sociales cuando quieren decir hazte viral? A continuación, el divulgador científico Luis Quevedo explicó sus 10 lecciones en 20 años; y María del Carmen Fernández

Alonso (Centro de Investigaciones Biológicas Margarita Salas-CSIC) presentó su ponencia titulada Tendiendo puentes: de la investigación a la sociedad. La mesa redonda final planteó una cuestión directa: ¿es posible ganarse la vida como divulgador científico?

Por la tarde, Ana María Alonso-Zarza (Universidad Complutense de Madrid) dio paso a la presentación de Geolodía, iniciativa dirigida por Pedro Alfaro (UA). La última sesión del ciclo subrayó el papel activo de los investigadores en la comunicación científica. Conchi Lillo (Universidad de Salamanca) inauguró con Visión de la divulgación, divulgación de la visión, seguida de Manuel Sánchez Angulo (UMH) y su ponencia sobre Virus, bacterias y palomitas. Divulgar la microbiología con el cine. La conversación entre Margarita del Val, investigadora del Instituto de Biología Molecular Severo Ochoa, y Enrique J. de la Rosa, del Instituto Margarita Salas del CSIC, Comunicando ciencia de otra manera: a pacientes, con chocolate, en pandemia, ofreció un cierre inspirador antes de la clausura.

Ya les anuncio que en 2026 vamos a dedicar nuestros esfuerzos en ofrecer unas jornadas muy atractivas sobre Transferencia y Emprendimiento al que ya están todas y todos invitados.

Además, gracias a las excelentes gestiones de nuestro vicepresidente, Enrique de la Rosa, continuamos con Ciencia con Chocolate en locales, cafeterías y chocolaterías de Madrid. La última jornada tuvo lugar el 29 de octubre y se dedicó a los materiales inteligentes: aliados de la salud y medio ambiente, a cargo del Dr. Amador Menéndez Velázquez, del centro tecnológico IDONIAL, de Asturias. También hemos iniciado contactos fructíferos con la Asociación de Estudiantes de Biociencias de España para realizar actividades conjuntas que lleguen a los más jóvenes.

A la segunda parte de este discurso, le he querido dar un tono más reivindicativo, pues me entristece mucho la situación de la ciencia en España, a pesar de que debemos reivindicar el heroísmo de nuestras y nuestros investigadores, pues la producción científica en España es sorprendente. Ocupamos el noveno puesto mundial por número de publicaciones, con más de 100.000 documentos publicados al año, que representan más del 3 % de toda la producción científica mundial. Actualmente, España es el tercer país europeo con mayor retorno en el programa Horizonte Europa y, pese a ser un país innovador moderado, ocupamos el puesto 18 en el ranking mundial.

Se registran casi 1800 patentes al año y, en los últimos cinco años, se han creado más de 500 empresas de base tecnológica. Sirvan estas cifras para advertir de que, frente a numerosos tópicos, es indiscutible que la ciencia española ha alcanzado su mayoría de edad. Pero dejando las valoraciones cuantitativas, salvo excepcionales éxitos individuales, nuestros científicos y científicas no ocupan puestos de liderazgo en el concierto internacional ni obtienen los reconocimientos que, sin duda, merecen.

Todos somos conscientes de que el impacto global de la investigación e innovación española es todavía incipiente.

No pretendo hacer un diagnóstico exhaustivo de las causas del bajo impacto global de nuestra I+D+i, ni mucho menos señalar responsables, pero hay cierto consenso en afirmar que la Ciencia exige apoyo y continuidad en las políticas, es decir, consenso político, coherencia con los objetivos y mucha estabilidad. Si carecemos de una buena y previsible política científica, no es viable que nuestros investigadores puedan comprometerse y asumir proyectos ambiciosos de alto impacto y dar el salto para el liderazgo de misiones científicas internacionales. Vivimos tiempos convulsos con un escenario político complejo, sin mayorías parlamentarias consolidadas. Aunque la Ley de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación se aprobó en 2022 con gran consenso, se requieren nuevos presupuestos si se quiere que la ciencia impulse en los próximos años el crecimiento socio-económico de nuestro país.

Sin duda, necesitamos una Agencia Española de Investigación (AEI) independiente, algo que, con la aprobación de la Ley de la Ciencia, perdimos una magnífica oportunidad. Algo ya consolidado en los países más avanzados e innovadores que sea capaz de aprobar una programación plurianual con compromisos alcanzables. No disponer del instrumento correcto genera incertidumbre y dificulta la continuidad en las políticas económicas firmes. No debemos viajar muy lejos, nuestros hermanos portugueses ya consiguieron esta programación plurianual con buenos indicadores. También lo hace desde hace décadas la Unión Europea en sus diferentes programas marco.

La Agencia Española de Investigación requiere autonomía financiera que le permita flexibilidad en el uso de los remanentes y una robusta programación plurianual que, con la adecuada autonomía, permitiría la posibilidad de utilizar inteligentemente todos los fondos asignados y poder afrontar situaciones de prórroga presupuestaria. Esto evitaría, por ejemplo, la fuga de cerebros. Formamos excelentes investigadores e investigadoras que tienen que emigrar por falta de estabilidad y expectativas de futuro.

No obstante, quiero dejar un mensaje esperanzador. La todavía joven Ley de la Ciencia permite desarrollar compromisos de inversión pública en I+D+i con objetivo en 2030 o la financiación de actividades de los grupos de investigación.

Uno de los retos de la AEC es aportar nuestro granito de arena a la gestión de la investigación, la innovación y la transferencia para que los resultados puedan servir de provecho para la sociedad española en la mejora de nuestras empresas e instituciones, repercutiendo en la generación de puestos de trabajo cualificados. Espero que nunca falte la voluntad política y los consensos necesarios.

La última parte de esta intervención, como no puede ser

de otra forma, va dedicada a las galardonadas y galardonados con las Placas de Honor de la AEC 2025. Un año más, la AEC distingue a un reducido número de investigadores españoles de relevancia internacional de entre los muchos recursos humanos de investigación que, sin duda, lo merecen sobradamente.

Todos los galardonados, aunque proceden de disciplinas distintas, tienen en común su empeño y obsesión por conocer cómo es y cómo funciona la naturaleza, y por enfocar esta curiosidad que los atrae y dinamiza en resolver cuestiones de gran relevancia científica. Todos ellos y ellas merecen nuestro agradecimiento y reconocimiento. Y a sus destacados méritos científicos debo añadir su calidad humana, humildad intelectual y su empatía.

Nombraré a continuación, por orden de intervención, a los premiados de esta 27ª edición en la categoría de científicas y científicos destacados.

En primer lugar, a la Dra. María Isabel Fariñas Gómez, catedrática del Departamento de Biología Celular y Parasitología de la UV, premiada por sus contribuciones de relevancia internacional y alto impacto en el campo de la neurobiología, especialmente en el estudio de las células madre neurales, así como su compromiso con la docencia, la divulgación científica y la gestión académica.

En segundo lugar, al Dr. Ángel Carbonell Barrachina, catedrático del área de Tecnología de los Alimentos de la UMH, galardonado por sus contribuciones de alto impacto y relevancia internacional en ciencia y tecnología de los alimentos, siendo un gran referente en su ámbito de conocimiento. Además, se ha valorado que su investigación es multidisciplinar, internacional, práctica y de excelencia, habiendo demostrado su talento en investigación, transferencia del conocimiento y alta gestión.

Finalizaré esta modalidad mencionando a la Dra. Cecilia Gotor Martínez, profesora de Investigación del CSIC en el Instituto de Bioquímica Vegetal y Fotosíntesis de Sevilla, galardonada por sus estudios e investigaciones sobre la vía de biosíntesis de cisteína en plantas y en la señalización por moléculas relacionadas con la cisteína que ha generado avances muy significativos en el campo de la señalización intracelular por nuevas moléculas.

En la categoría de Jóvenes investigadoras e investigadores se premia a la Dra. Nuria Quiles Puchalt, del Departamento de Ciencias Biomédicas de la CEU UCH, por sus avances en la caracterización del sistema de comunicación denominado arbitrium, que coordina la decisión entre los dos ciclos vitales que los virus bacterianos pueden seguir tras el proceso de infección, habiendo liderado la caracterización de un sistema de represión único, característico de los fagos de la familia SPbeta.

En la categoría de Difusión y divulgación de la ciencia, se premia al profesor Dr. Luis Felipe Fernández García,

profesor de lengua y literatura del Instituto Elisa y Luis Villamil de Vegadeo (Asturias) y fundador del Foro Comunicación y Escuela, por su labor pionera en el ámbito educativo, que ha permitido acercar a estudiantes del medio rural referentes profesionales en el ámbito científico y en otros sectores clave de la sociedad, contribuyendo a fomentar vocaciones científicas y a reducir desigualdades sociales.

Asimismo, se ha galardonado la iniciativa Geología, promovida por la Sociedad Geológica de España, por ser una actividad de divulgación que llega a todos los rincones del país, acercando la Geología a todos los públicos a través de casi mil excursiones o salidas de campo, siendo una referencia de divulgación científica nacional e internacional, que este año celebra su vigésima edición.

Para finalizar, recibe la Placa de Honor AEC 2025 el proyecto Premis Sapiència, excelente iniciativa conjunta de la Conselleria de Educación, Cultura, Universidades y Empleo de la Generalitat Valenciana y RUVID, por su destacada contribución a despertar vocaciones científicas entre los jóvenes estudiantes de la Comunitat Valenciana, a través de la convocatoria de premios a proyectos de investigación realizados por estudiantes y profesores de secundaria y bachillerato.

Mi más sentida y sincera felicitación a todos los galardonados y galardonadas por la AEC.

Una vez concluida la entrega de las Placas de Honor AEC 2025, clausurará el acto la Sra. Vicerrectora de Investigación y Transferencia de la CEU UCH, quien ha tenido, a pesar de su complicada agenda, la amabilidad de presidir este acto y acompañarnos en un día tan entrañable para nuestra sociedad en representación de su universidad, pero también de todo el personal investigador de las universidades españolas, convertidas, junto con el CSIC, en organismos clave para la articulación de la investigación en España en todos los ámbitos del saber.

No se trata sólo de celebrar en esta Gala de la Ciencia éxitos científicos o efemérides, sino el espíritu de la nación española que, desde su pluralidad y diversidad, ha sabido proyectarse al mundo con su legado científico. Desde el respeto y la integración de diferentes ramas de conocimiento, hemos sabido construir una historia compartida muy exitosa. Reivindiquemos hoy, en esta modesta, pero entrañable Gala Anual de la Ciencia, a nuestros científicos y científicas y a la Ciencia como potente arma de progreso y libertad.

Les animo a disfrutar intensamente de esta velada. Muchas gracias por su asistencia y compromiso con la Ciencia.

MANUEL M. JORDÁN VIDAL
Presidente de la AEC

Placa de Honor de la AEC 2025 concedida a María Isabel Fariñas Gómez

Estimados miembros de la Asociación Española de Científicos (AEC), quiero empezar por agradecer su visión de la ciencia, «no como depósito acumulativo de enunciados y experiencias [...], sino la Ciencia como una acción y suceso cotidiano que lleva entre manos el ser humano científico». Es habitual comenzar estas presentaciones afirmando que es un placer presentar al galardonado y, habitualmente, es verdad. En este caso, es un conmovedor gran honor dada la trayectoria científica y calidad humana de Isabel Fariñas.

Su formación académica es excepcional: estudió Biológicas en la Universidad Autónoma de Barcelona y marchó al prestigioso Instituto Cajal de Madrid a hacer su tesis sobre Neurociencias. Allí, aprendió de los discípulos de los discípulos de nuestro primer Premio Nobel de Medicina, el Dr. Ramón y Cajal, y adquirió el rigor y meticulosidad de la escuela. Vuelve a la Universidad de Barcelona como profesora; pero, inquieta intelectualmente como es, consigue una beca Fullbright y va al Instituto Médico Howard Hughes, de la Universidad de California en San Francisco.

Su trabajo es de tal calidad, que es galardonada con una beca del Human Frontier Science Programme (HFSP). Estas son unas becas muy prestigiosas que obtienen un reducido grupo de doctores de demostrada excelencia en Biología

que asuman un proyecto novedoso y de vanguardia en ciencias de la vida. El equivalente más parecido que he encontrado en España son los Premios Fronteras del Conocimiento de la Fundación BBVA. La Dra. Fariñas desarrolla su proyecto en la Universidad de California en San Francisco, esta vez, en el Instituto Genentech. Sus resultados son impresionantes, como demuestran sus publicaciones en las revistas de más alto impacto: *Nature, Science, Neuron, Cell...*

Durante esos años, coincide con un joven científico libio de Caltech con el que comparte laboratorio, al que ayuda tanto profesional como personalmente. Se trata de Ardem Patapoutian, Premio Nobel de Medicina en 2021, por el descubrimiento de las proteínas Piezo y explicar cómo notamos que nos tocan. El Dr. Patapoutian recuerda las discusiones científicas que mantenía con la hoy premiada. He de decir que el Nobel de 2021 siempre me ha hablado con admiración de la Dra. Fariñas.

Con su bondad quijotesca que le auguraba un brillante futuro en EE. UU., decide volver a España y se presenta a una plaza de Ayudante Doctora en la Facultad de Biológicas de la Universitat de València. Y ahora les contaré algo que creo que ella no sabe: la mañana en que iba a presentar la documentación a la plaza, en una larga cola en la Facultad de Biológicas, estábamos en la cola, algo delante, otra investigadora del Instituto de Investigaciones Citológicas y yo. Mi compañera la identificó cuando entraba y me dijo: «Es Isabel Fariñas...». La miré y le dije: «Pues no tenemos nada



De izquierda a derecha, Esther Gómez, Alicia López, Isabel Fariñas y Manuel Jordán.

que hacer, así que dejamos la cola y salimos con nuestros papeles sabedoras de que no podíamos competir con su excelencia y felices de que alguien tan extraordinario viniera a mejorar la calidad de nuestra universidad. Era 1988. Isabel consigue la plaza y monta su laboratorio. A pesar de las muchas dificultades para conseguir financiación en aquellos años. No sólo eso, mantiene una colaboración con la Universidad de Omaha, en Nebraska, para analizar los efectos de dos moléculas en el desarrollo del sistema auditivo. En 2008, consigue la Cátedra.

Ahora podría decirles que ha publicado más de 130 trabajos en las mejores revistas internacionales, que la sitúan en el 2 % de científicos más citados del mundo, o que ha recibido una ERC Advanced Grant y varios premios por su labor de transferencia de la investigación, y que pertenece a numerosas sociedades científicas y comités de excelencia. Pero eso no les daría una idea de cómo es como persona. Estos últimos veinticinco años, ha estudiado los procesos de regulación intrínseca del sistema nervioso central, la regulación extrínseca del nicho de Células Madre Neuronales de la zona subependimial, las interacciones neuroinmunes, y las interacciones entre envejecimiento y neurodegeneración, y una intensa labor docente, con implicación en la divulgación del conocimiento. Pero se ha arriesgado a emplear las más novedosas técnicas de la biología molecular para ampliar su comprensión del sistema nervioso, hasta el punto de ser considerada experta en el tema y aceptada en las Sociedades Científicas de la Materia. Ello la convierte en sucesora de nuestros Nobel en Medicina: Cajal y Ochoa.

Por circunstancias, yo estuve en la reunión del Patronato de la Fundación Carmen y Severo Ochoa en la que fue elegida patrona. Era la única que no procedía de la familia científica de Ochoa, pero todos los miembros consideraron que la calidad y consistencia de su trabajo hubiera enorgullecido a Ochoa. Se la admitió por unanimidad, con el respeto de los más relevantes biólogos moleculares y ser de las personas con un más amplio conocimiento científico.

Mujer inteligente y socialmente comprometida, ha creado un grupo multidisciplinar en el que es evidente la equidad, el respeto y la no discriminación por género, religión o raza; donde se estimula la creatividad y el trabajo metódico en un ambiente muy agradable, como es ella. Isabel Fariñas es una persona dulce, derivado de su entrañable familia gallega de cuyos orígenes se muestra orgullosa. Y, además de volcarse en la docencia, lo hace en la divulgación científica siempre que se le pide.

Gracias por el placer de escucharte una vez más, Isabel, para aprender ciencia y humanidad. Gracias a la AEC por sus galardonados, pues todos coinciden en calidad humana y de conocimientos, todos son eso que llamamos sabios.

ELENA BENDALA TUFANISCO

Profesora del Departamento de Ciencias Biomédicas de la Universidad CEU Cardenal Herrera



Isabel Fariñas Gómez.

Respuesta de la galardonada

Queridas amigas y amigos, autoridades, miembros de la Asociación Española de Científicos (AEC), colegas y personas queridas. Es para mí un verdadero honor y una profunda alegría encontrarme hoy aquí para recibir esta Placa de Honor de la AEC. Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a la Asociación por este reconocimiento, que me emociona especialmente por venir de una comunidad a la que admiro y con la que me siento profundamente identificada, una comunidad que es la mía. Lo recibo con gratitud, pero también con humildad, consciente de que ningún recorrido científico se construye en solitario.

Antes de continuar, quiero detenerme un momento en la preciosa introducción que ha hecho Elena Bendala. Querida Elena, gracias de corazón por tus palabras tan generosas, tan afectuosas y tan llenas de complicidad. Escucharte hoy ha sido un privilegio y, al mismo tiempo, un recordatorio de la suerte que tengo de compartir trayectoria contigo. Tu rigor intelectual, tu compromiso con la ciencia y su comunidad, y tu calidad humana constituyen siempre un aprendizaje. Que esta presentación venga de una amiga y colega como tú da aún más valor a este momento.

A lo largo de los años he aprendido que la ciencia es, ante todo, un esfuerzo colectivo. Detrás de cada avance, de cada resultado y de cada pregunta bien formulada hay equipos, debates, desacuerdos constructivos, horas de trabajo compartidas y una confianza mutua que sostiene

todo el proceso. Por eso, este reconocimiento pertenece también a todas las personas con las que he tenido el privilegio de colaborar: colegas, estudiantes, técnicos, mentores y colaboradores que han dejado su huella en mi forma de pensar y de trabajar. Quiero agradecer especialmente a quienes, en distintos momentos, confiaron en mí, incluso cuando los resultados no estaban garantizados. Esa confianza, tan esencial en la investigación, es la que permite asumir riesgos, explorar caminos nuevos y aprender también de los errores. A las generaciones más jóvenes, que llegan con preguntas frescas y una mirada crítica, gracias por recordarnos la importancia de la curiosidad y del inconformismo intelectual.

Esta placa representa valores que considero fundamentales: el rigor, la ética, la independencia de pensamiento y el compromiso con la sociedad. En un contexto en el que la ciencia se enfrenta a grandes desafíos, desde la necesidad de una comunicación más clara hasta la defensa del conocimiento basado en la evidencia, reconocimientos como este nos recuerdan la responsabilidad que tenemos como científicos y científicas.

La ciencia no es sólo una profesión; es también una forma de entender el mundo y de relacionarnos con él. Implica dudas, esfuerzo, paciencia y, sobre todo, un profundo respeto por la verdad y por el impacto que nuestro trabajo puede tener en la vida de las personas. Por eso, este reconocimiento no lo siento como un punto de llegada, sino como un estímulo para seguir trabajando con la misma pasión, el mismo espíritu crítico y la misma vocación de servicio.

Quiero finalizar reiterando mi agradecimiento a la AEC, a todas las personas que han hecho posible este acto y a quienes me acompañan hoy, tanto aquí como a lo largo de este camino. Recibo esta placa con emoción, con gratitud y con el compromiso de seguir contribuyendo, desde la ciencia, al conocimiento, al diálogo y al bien común. Muchas gracias.

MARÍA ISABEL FARIÑAS GÓMEZ

Catedrática del Departamento de Biología Celular y Parasitología de la Universitat de València.

Placa de Honor de la AEC 2025 concedida a Ángel Carbonell Barrachina

Queridas autoridades, compañeros y compañeras, familia, amigos, señoras y señores:

Hoy tengo el inmenso honor, y también la responsabilidad, porque las palabras nunca alcanzan del todo a quien las merece, de presentar la Placa de Honor de la Asociación Española de científicos (AEC), en la modalidad de Científico Destacado, a Ángel Antonio Carbonell Barrachina.

Sé que, en ocasiones, cuando reconocemos trayectorias brillantes, tendemos a pensar en el currículum, en la cifra, en el índice. Pero lo que hoy celebramos no es sólo el currículum extraordinario de un investigador excepcional. Celebramos, ante todo, la trayectoria vital y humana de Ángel. Una trayectoria construida desde la pasión por el conocimiento, el rigor innegociable, la humildad y, sobre todo, desde una forma muy particular y muy suya de entender la ciencia: con serenidad y una humanidad que deja huella.

Tras doctorarse en Química en 1995, Ángel emprendió un camino con determinación. Su estancia posdoctoral en la Louisiana State University (LSU) marcó el inicio de una línea de investigación que, con los años, no sólo generaría conocimiento, sino que tendría un impacto directo en la vida de muchas personas. Hoy podemos afirmar, con total rotundidad, que su trabajo ha mejorado directamente la vida de miles de personas. Así, gracias a algunos de sus proyectos, más de 15.000 personas de zonas rurales de Bengala Occidental han accedido a agua libre de arsénico. Su ciencia tiene un impacto real, palpable y humanitario.

Desde 1998, su vida profesional ha estado ligada a la Universidad Miguel Hernández de Elche (UMH), donde obtuvo el puesto de Profesor Titular, en 2002, y la Cátedra, en 2011. En la UMH, Ángel demostró ser un científico profundamente multidisciplinar. Comenzó investigando la nutrición mineral de plantas. Más tarde, pasó a estudiar la contaminación química en humedales y, finalmente, consolidó su liderazgo en el Grupo de Calidad y Seguridad Alimentaria.

En Seguridad Alimentaria, desarrolló estrategias para reducir la contaminación química de los alimentos, especialmente el arroz, los productos a base de arroz y el vino. Esta línea de investigación comenzó con su tesis doctoral, donde estudió el comportamiento de diferentes especies de arsénico en el sistema suelo-planta. Continuó durante su estancia posdoctoral en LSU, donde estudió la biogeoquímica de las especies de arsénico en ambientes de humedales y su incorporación a la cadena alimentaria. En Calidad Alimentaria, estudió el efecto de las operaciones unitarias y las prácticas agrícolas en la calidad de los alimentos. Su contribución en este ámbito ha sido enorme. Su trabajo ha sido fundamental para entender cómo desde el cultivo hasta el procesado final, se modulan la calidad sensorial (el aroma y sabor en productos como el chocolate o la chufa), y, además, el valor funcional de lo que comemos (compuestos antioxidantes). Además, promovió el uso del análisis sensorial en la evaluación de la calidad y el estudio de la aceptación de alimentos procesados, especialmente el vino. En esencia, Ángel ha dedicado su carrera a tender un puente entre la química, la percepción sensorial y la seguridad del consumidor.

Hablar de Ángel es hablar de excelencia sostenida. Su aportación científica lo sitúa entre los investigadores más



De izquierda a derecha, Esther Gómez, Alicia López, Ángel Carbonell y Manuel Jordán.

influyentes de su campo, dentro y fuera de España. Con un índice h de 58, más de 12.000 citas y cerca de 400 artículos internacionales, el 66 % de su investigación es fruto de colaboraciones internacionales. Una trayectoria reconocida internacionalmente, como atestigua su título de Doctor Honoris Causa por la Wrocław University en 2020.

Pero su excelencia se mide también en las personas: ha dirigido 18 tesis, de las cuales cinco han recibido el Premio Extraordinario de Doctorado. Esto demuestra su capacidad para formar y lanzar a las nuevas generaciones de científicos que sin duda continuarán su legado. Su ciencia no se queda en el despacho, ya que se aplica a más de 150 contratos con empresas, transformando de esta manera sectores y prácticas.

Y como si todo esto fuera poco, su compromiso institucional lo llevó a asumir responsabilidades complejas que él nunca buscó, pero que aceptó por convicción y servicio: fue Director General de Ciencia e Investigación de la Generalitat Valenciana, y es, actualmente, Vicerrector de Investigación y Transferencia de la UMH.

Y finalmente, me gustaría resaltar que una de las mayores capacidades de Ángel es el trabajo en grupo y un liderazgo basado en la normalidad, el diálogo y la profesionalidad. Siempre que hablo con él, me comenta lo orgulloso que está de su equipo de trabajo en el Vicerrectorado de

Investigación de la UMH o lo que lo estaba de su equipo de la dirección general.

Quienes han trabajado con él, desde la Conselleria hasta la UMH, lo saben. Según sus compañeros de Vicerrectorado: Paqui, Laura, Javier, José María y Cristina, Ángel es de esas personas cuya presencia hace mejor a todo un equipo. Por eso, hoy celebramos no sólo al científico brillante, sino al compañero querido, al gestor responsable y, sobre todo, al amigo.

Quisiera incluir un último apunte sincero: este reconocimiento que llega en este preciso momento quiere ser un mensaje para ti, Ángel. Un mensaje de la comunidad científica, la sociedad, tus compañeros, quienes hoy te dicen: tu trabajo ha sido enorme. Tu impacto ha sido real. Tu contribución a la UMH, a la ciencia y a las personas es y será siempre imborrable.

Enhorabuena, Ángel. Y gracias, por todo lo que has hecho y por todo lo que sigues siendo.

JOSÉ LUIS TODOLÍ TORRÓ
Catedrático de Química Analítica de la Universidad de Alicante, miembro del Consejo Rector de la AEC y Placa de Honor AEC 2018.



Ángel Carbonell Barrachina.

Respuesta del galardonado

Wow, la verdad es que estoy abrumado por esta maravillosa presentación que ha hecho mi gran amigo José Luis.

Sr. Presidente de la Asociación Española de Científicos (AEC), D. Manuel Jordán Vidal, y demás miembros del Consejo Rector, Vicerrectora de Investigación y Transferencia de la Universidad CEU Cardenal Herrera de Valencia, Dra. Alicia López Castellano, Secretaria Autónoma de Universidades, Esther Gómez, Director General de Ciencia e Investigación, Rafael Sebastián, galardonados, compañeros y amigos, señoras y señores, muy buenas tardes.

En primer lugar, quiero expresar mi agradecimiento a Manuel Jordán, en calidad de presidente de esta Asociación, ya no por la distinción, sino simplemente por haberme considerado para ella. Gracias, Manu. Un agradecimiento que hago extensivo al resto de miembros del Consejo Rector.

En segundo lugar, gracias, José Luis, por tus amables y generosas palabras. Es para mí un gran honor que glose mi trabajo y trayectoria el Profesor José Luis Todolí, un referente de la química analítica internacional y de la gestión de la transferencia a nivel español, y un profesional al que admiro profundamente. Además, nos une una amistad de más de 30 años, que comenzó cuando, en 1985, iniciamos juntos la licenciatura en Química en la Universidad de Alicante y que sigue activa y muy activa en la actualidad. Gracias, amigo.

Es todo un privilegio compartir esta Placa de Honor de la AEC con este elenco de tan prestigiosos galardonados en el día de hoy, así como con los que nos han precedido, y quiero enviar un saludo especial para el Dr. José Manuel López Nicolás que fue premiado el año anterior y al que también me une una gran amistad.

Felicidades a María Isabel Fariñas, Cecilia Gotor, Nuria Quiles, Luis Felipe Fernández, Ana Ruiz (en representación de GEOLODÍA) y Esther Gómez y Juan Mora (en representación de Premis Sapiència). En el caso de GEOLODÍA, he participado en varias de sus actividades y me he divertido y aprendido mucho. Y en el caso de los Premis Sapiència, es un proyecto que conozco muy bien desde sus inicios, que me parece súper interesante.

He de reconocer que para ese niño que fui un día y que vivió sus primeros años de vida en una finca de almendros y olivos entre Jijona y Tibi, alcanzar un reconocimiento como el que hoy me está dando la AEC es algo inimaginable, ni en mis mejores sueños podía pensar en alcanzar.

No hay duda de que en una trayectoria de 30 años, hay muchas personas importantes que han marcado el camino recorrido y a quien quiero agradecer el haber llegado a este momento.

Comenzaré agradeciendo a aquellas universidades y organismos que me han permitido desarrollar mi trabajo tanto a nivel investigador como de gestión de la ciencia y la investigación. Agradecer a la Universidad de Alicante (UA), que es donde realicé mi licenciatura y mi tesis doctoral. A Louisiana State University, donde realicé mi primera estancia posdoctoral. A la Universidad Miguel Hernández de Elche (UMH), por darme la estabilidad profesional que todos necesitamos. A la Wrocław University of Environmental and Life Sciences, por haberme nombrado Doctor Honoris Causa en 2020 y demostrar que se puede hacer investigación de excelencia e internacional con amigos. Y, finalmente, a la Generalitat Valenciana, por darme la oportunidad de gestionar la ciencia y la investigación de nuestra comunidad, reto que jamás podría haber afrontado sin un elenco de profesionales tremendos a quien quiero agradecer su compromiso y esfuerzo, personalizados en Pedro López-Elum, que nos acompaña esta noche.

En cuanto a mis referentes y maestros, a Paco Burló le debo todo: él dirigió mi tesis doctoral, él me llevó a la UMH y me dio una oportunidad cuando volví de Estados Unidos. Además, lo considero como el maestro y amigo que siempre está ahí para aconsejarme y apoyarme, y digo siempre, en los buenos y más en los momentos difíciles que he tenido en la vida.

A Juanjo Ruiz, mi Rector, que me dio la oportunidad de incorporarme a sus proyectos y poder desarrollar las técnicas que iba aprendiendo sobre compuestos volátiles y análisis sensorial. Y después, fue quien pensó que podía aportar mi trabajo a la gestión de la ciencia y la investigación en la

Comunitat Valenciana. Posteriormente, y nuevamente de la mano de Juanjo, me incorporé a su equipo como vicerrector y, nuevamente, me enfrenté a un reto intenso y duro, y tuve la suerte de encontrarme con un grupo humano de un talento infinito, que me están ayudando a implementar cambios importantes en la investigación y transferencia de nuestra universidad. Gracias a todos y cada uno de vosotros, y especialmente a Cris, Pedro y Manu, que están hoy aquí.

No puedo olvidarme de mis compañeros del Grupo de Investigación Calidad y Seguridad Alimentaria (CSA), a quienes les debo todos mis logros en la investigación. Creo que no hace falta decir que sin un equipo, sin compañeros, sin estudiantes pre y posdoctorales, uno no podría desarrollar nada en investigación. El equipo lo es todo, y Paco, Esther, Paqui, David, Elena, Luis, Marina, Hanán... lo son todo para mí y más en los últimos años, en los que he contribuido mínimamente a la implementación de nuestros proyectos.

Por supuesto, les dedico este premio a mi familia: a mis padres, Ángel y Rosalía, a mis hijos, Aarón, Natalia y Aitana, quien me tiene loquito de amor, y, por supuesto, a mi mujer, Hanán, que es la que sufre mi agotamiento físico y mental muchas noches. Os quiero mucho y se me nota demasiado.

Para finalizar, y de la trayectoria que ha descrito perfectamente José Luis, quiero destacar dos hitos, que son de los que me siento más orgulloso, mi trabajo en India y la creación de una red internacional de amigos y a la vez colaboradores.

Sobre mi trabajo en India, hay que comentar que allí se da el considerado como mayor envenenamiento masivo de la historia de la humanidad. Trabajar en India fue algo que cambió mi visión del mundo y me hizo ver qué cosas son importantes y cuáles no. Gracias a nuestra investigación, fuimos capaces de abastecer, a más de 15.000 personas de áreas rurales de los alrededores de Calcuta, de agua libre de arsénico. Posteriormente, demostramos que esa amenaza en forma de ingesta significativa de arsénico inorgánico también podía llegar a ser relevante en la Unión Europea. Nuestros estudios fueron relevantes para que EFSA (Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria) fijase niveles máximos para As-i en distintos tipos de arroz y productos a base de arroz.

El segundo hito a destacar y que me hace muy feliz es la enorme red de amigos y amigas que he ido creando a lo largo de los años. De este modo, tengo amigos con un talento inmenso con los que puedo colaborar en países tan diversos como Polonia, Eslovaquia, México, Estados Unidos, Ecuador... Esto me llena de orgullo y no puedo más que tratar de fomentar en mis alumnos este carácter nómada de ir creando buenos amigos en muchos países.

Finalmente, quiero compartir con todos ustedes que los años dedicados y el sacrificio realizado me están haciendo

reflexionar últimamente mucho sobre qué quiero ser de mayor. Lo que tengo claro es que sólo quiero hacer cosas que realmente me motiven y que me ilusionen. Ahora, en paralelo a mi trabajo como gestor universitario, me han surgido un par de temas que me ilusionan y que quiero compartir con vosotros. El primero es que quiero profundizar en el papel que juegan los sentidos en la percepción de los alimentos en consumidores del espectro autista. Es un tema al que tengo un tremendo respeto, pero que, por motivos diversos, me motiva, me ilusiona y me llena de ganas de seguir aprendiendo. El segundo es que quiero aprender qué compuestos volátiles son los que guían el comportamiento de los animales carnívoros en su día a día, y qué compuestos y mecanismos pueden ser útiles para la controlar la atracción o repulsión de insectos.

Con esto termino mis palabras y les doy las gracias a todos ustedes por su atención y, por supuesto, a la AEC por su consideración con mi trabajo y persona.

ÁNGEL CARBONELL BARRACHINA

Catedrático de Tecnología de los Alimentos de la Universidad Miguel Hernández de Elche.

Placa de Honor de la AEC 2025 concedida a Cecilia Gotor Martínez

Buenas tardes, autoridades académicas universitarias y del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), Vicerrectores, Presidente y Vicepresidentes de nuestra Asociación Española de Científicos (AEC), vocales de su Consejo Rector, socios, distinguidos colegas, compañeros, amigos, galardonados, señoras y señores.

Como en alguna ocasión anterior, participar en este acto académico supone para mí, además de un privilegio, un gran honor, una honda satisfacción y un gran orgullo a nivel profesional al ser miembro del Consejo Rector de nuestra AEC, además de satisfacción personal, al conocer a la galardonada y, también, representando en este acto académico al Colegio de Químicos del Sur y Asociación de Químicos de Andalucía. Voy a presentarles a Cecilia Gotor Martínez, una Química del Sur que es profesora de investigación del CSIC en el Instituto de Bioquímica Vegetal y Fotosíntesis, centro mixto del CSIC y la Universidad de Sevilla (US), en el Centro de Investigaciones Científicas Isla de la Cartuja (icCartuja), galardonada con Placa de Honor AEC, en esta su edición número vigésimo séptima.

Nuestra AEC concede esta distinción a la profesora Cecilia Gotor «por sus estudios e investigaciones sobre la vía de biosíntesis de cisteína en plantas y en la señalización por moléculas relacionadas con la cisteína que ha generado avances muy significativos en el campo de la señalización intracelular por nuevas moléculas como el cianuro y el sulfuro».



De izquierda a derecha, Esther Gómez, Alicia López, Cecilia Gotor y Manuel Jordán.

Natural de Villamanrique de la Condesa (Sevilla), donde nació en 1962, es licenciada en Ciencias Químicas por la US en 1984 con excelentes notas, donde yo la conocí de estudiante, así como a su compañero de carrera quien, con posterioridad, sería su esposo, Luis Carlos Romero.

Los recuerdos que van viniendo a la memoria son de una época estudiando y repasando apuntes antes de las prácticas, en unas enormes mesas, al lado de la cafetería de Ciencias. Esto fue en la sede de la Facultad de Química en el edificio de la Real Fábrica de Tabacos de Sevilla. Ella y Luis Carlos finalizaron la licenciatura en 1984 y yo, algo antes, en 1982. Luego supe, con los años, que Cecilia es familiar, en concreto, sobrina de mi profesor de Física y Química del Bachillerato Superior, Don Francisco Martínez León, quien acrecentó mi vocación por la Química. Años después, cuando obtuve la licenciatura, estuvimos mi profesor y yo, ambos de docentes, en el mismo colegio. Pero discúlpenme... hoy hablamos de Cecilia. Cecilia tiene un hermano, Francisco José, también químico, relevante Investigador Científico del CSIC y compañero mío en el Instituto de Ciencia de Materiales de Sevilla y he conocido, en fecha reciente, que Cecilia también tiene un hijo con doble grado en Química e Ingeniería de Materiales. Así que la Química está muy presente en su familia.

Cecilia obtuvo el doctorado en Ciencias Químicas en 1988 y, como nos decían a todos los becarios de esa época,

«disfrutando» de una Beca de Formación de Personal Investigador (FPI) adscrita al Departamento de Bioquímica de la Facultad de Química de la US.

Desde enero de 1989 hasta enero de 1993, realizó dos estancias posdoctorales en EE. UU., junto a su esposo, el Dr. Luis Carlos Romero, primero en la University of Nebraska-Lincoln, y, luego, en la Rutgers State University, en New Jersey, donde también fue nombrada Research Associate. Tras este largo periodo posdoctoral (1989-1992), se incorporó al actual Departamento de Bioquímica Molecular y Biología Vegetal de la Facultad de Biología de la US con un contrato de reincorporación (1993-1996), impartiendo también docencia como profesora asociada durante varios años (1996-2000). En el año 2000, obtuvo una plaza de Científica Titular del CSIC, incorporándose al Instituto de Bioquímica Vegetal y Fotosíntesis, centro mixto CSIC-US, siendo promovida a Investigadora Científica en 2008 y a Profesora de Investigación del CSIC en 2023.

Su carrera investigadora se ha centrado en el estudio de la vía de biosíntesis de cisteína en plantas y en la señalización por moléculas relacionadas con la cisteína. Como ya he indicado, su investigación ha generado avances muy significativos en el campo de la señalización intracelular por nuevas moléculas, como el cianuro y el sulfuro. En 2004, el grupo de investigación de la Dra. Gotor Martínez propuso un cambio de concepto respecto a las moléculas de cisteína,

cianuro y sulfuro en el sentido de que ejercen funciones reguladoras, actuando como moléculas señalizadoras.

Los hitos fundamentales han sido: i) el descubrimiento en plantas del mecanismo de acción del sulfuro y, por vez primera en un sistema biológico, el mecanismo de acción del cianuro; ambos son nuevas modificaciones postraduccionales de proteínas; ii) descifrar las interconexiones entre las vías de señalización del sulfuro y de la hormona ácido abscísico implicadas en el cierre estomático; iii) descubrimiento de un nuevo mecanismo de regulación de la autofagia por sulfuro, también por primera vez, en un organismo eucariota; iv) destacar el cianuro como un regulador esencial del desarrollo de los pelos radiculares y del sistema inmune de las plantas. Su línea de investigación actual está centrada en determinar la función del sulfuro como molécula de señalización en la regulación de procesos esenciales, como la adaptación a estrés abiótico y la autofagia.

Sus contribuciones científicas le han permitido publicar hasta la fecha 106 artículos originales y 26 capítulos de libro, con un índice h de 46. Además, ha publicado artículos de divulgación y participado en numerosos congresos como conferenciante invitada. Ha sido investigadora principal de 12 proyectos y ha dirigido 7 Tesis Doctorales. Mucha de esta producción ha sido en colaboración con el Profesor de Investigación del CSIC, Luis Carlos Romero, su esposo aquí presente, por lo que considero que esta Placa de Honor que hoy le concedemos a Cecilia es, de hecho, compartida con Luis en tandem: ¡Enhorabuena a los dos!

En el año 2024, Cecilia fue reconocida como Highly Cited Research por Clarivate en el campo de la Biología Vegetal, siendo investigadora clasificada en el 1 % superior por citas durante la última década.

Y ya termino. Querida Cecilia, que sigas cosechando muchos éxitos en tus investigaciones junto a tu equipo y con el siempre apoyo constante de tu esposo Luis Carlos Romero y de tu familia, que continuemos viéndonos casi a diario en nuestro cicCartuja, junto a tu hermano, y disfrutando muchos años de vuestra amistad.

Esta Placa de Honor que hoy te entrega nuestra AEC y has aceptado reconoce y recompensa todo tu esfuerzo y dedicación. Te felicito por ello y te doy mi enhorabuena. A esta felicitación se unen también nuestra AEC y los Químicos del Sur, su Colegio oficial y la Asociación de Químicos de Andalucía, a quien también represento.

Por último, también felicito a los otros galardonados en este acto de apoyo a la Ciencia: que lo disfrutéis, todos son muy merecidos. Muchísimas gracias por su atención.

PEDRO JOSÉ SÁNCHEZ SOTO

Investigador Científico en el Instituto de Ciencia de Materiales de Sevilla (CSIC-US) y miembro del Consejo Rector de la AEC



Cecilia Gotor Martínez.

Respuesta de la galardonada

Sr. Presidente de la Asociación Española de Científicos (AEC), D. Manuel Miguel Jordán Vidal, miembros del Consejo Rector, autoridades, galardonados, familia, compañeros y amigos. Señoras y señores, muy buenas tardes. Me gustaría comenzar mis palabras transmitiendo mi más profundo agradecimiento a la Asociación, su presidente Manuel y miembros del Consejo Rector, por haberme concedido esta distinción. Es un gran honor compartir esta Placa con los galardonados y galardonadas de este año y con los científicos y científicas que nos han precedido, todos ellos de un gran prestigio.

Mi agradecimiento en particular a Pedro José Sánchez Soto, que me propuso para este galardón. Gracias por tus amables palabras de presentación. A Pedro lo conozco desde hace tiempo y, con él, comparto la formación en Química. Aunque nuestras trayectorias científicas divergieron, Pedro, como Químico en Ciencia de Materiales, y yo, como Bioquímica, ambos compartimos un mismo entorno en el Centro de Investigaciones Científicas Isla de la Cartuja (cicCartuja) y, en muchas ocasiones, hemos tenido la oportunidad de compartir animadas charlas. Recuerdo que un día llegó a mi despacho y, con mucho entusiasmo, después de que saliera la noticia de mi inclusión en la lista Clarivate como Highly-Cited, me dijo que me iba a proponer para este galardón, y aquí estamos. Siempre me has demostrado un gran aprecio y respeto por mi trabajo, muchas gracias, Pedro.

Con objeto de preparar estas palabras, he echado la vista atrás y me he dado cuenta de que mi trayectoria ha sido fruto del azar, de determinados hechos que decidieron mi camino. Desde aquel maestro de escuela de un pequeño pueblo que convenció a mis padres de que su hija debería seguir estudiando, y apostaron por ello con todo su esfuerzo, hasta la decisión de escoger la asignatura optativa de Bioquímica, una rareza del programa de estudios de Química, o la consecución de una beca de doctorado para realizar la tesis doctoral. Esta la desarrollé en el recién creado Departamento de Bioquímica de la Facultad de Química de la Universidad de Sevilla (US), formando parte de la primera promoción de químicos de Sevilla con un doctorado en Bioquímica. Durante ese periodo, mi área de investigación se centró en el metabolismo del glutamato en algas desde un punto de vista enzimológico. Tras la culminación de la tesis en 1988, inicié mi periodo posdoctoral, primero con estancias en EE. UU., en dos sitios con estilos de vida opuestos como son Nebraska y New Jersey. Durante este periodo, comencé a familiarizarme con la biología molecular, las plantas y los procesos de señalización por luz. Esta etapa fue muy enriquecedora, sobre todo en la forma de entender la investigación científica con dinamismo, ambición y una mentalidad colaborativa para alcanzar las metas propuestas. Mi vuelta a España en 1993, en plena crisis económica, fue complicada. Como todos sabemos, en una situación de crisis, siempre es la investigación científica la que ve mermada su apoyo económico. Durante un largo periodo concatenando contratos posdoctorales y docentes en el Departamento de Bioquímica Vegetal y Biología Molecular de la US, comencé una nueva línea de investigación en el Departamento centrada en el metabolismo de cisteína en la planta modelo *Arabidopsis thaliana*, que me ha llevado hasta este importante acto. Finalmente, en el año 2000 me incorporé de forma permanente al Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), trabajando en el Instituto de Bioquímica Vegetal y Fotosíntesis, hasta la actualidad.

Así, estudiando el metabolismo de la cisteína en *Arabidopsis*, en 2004, nuestro grupo de investigación propuso un cambio de concepto con respecto a la cisteína y otras moléculas derivadas de ella, en principio consideradas moléculas tóxicas, como son el sulfuro y cianuro de hidrógeno. Este nuevo concepto era que estas moléculas, a bajas concentraciones, actúan como reguladores esenciales para la vida de las plantas, y, de esta forma, nos introdujimos en el área de la señalización intracelular. Desde entonces, hemos obtenido grandes logros de un avance significativo en este campo.

Un ejemplo de ello sería el descubrimiento en plantas del mecanismo de acción del sulfuro y cianuro, consistentes en nuevas modificaciones postraduccionales de proteínas. En el caso del cianuro, este descubrimiento se realizó por vez primera no sólo en plantas como para el sulfuro, sino que fue pionero en un sistema biológico. En relación con la modificación de las proteínas por sulfuro, denominada persulfuración, nuestro grupo es el único en España que realiza el análisis masivo de estas proteínas mediante tecnología proteómica de vanguardia. Esto nos ha permitido

colaborar no sólo con numerosos grupos de investigación en biología vegetal, sino también biomédicos. Además, hemos descifrado las interconexiones entre las vías de señalización del sulfuro y de la hormona ácido abscísico implicada en el cierre estomático; y demostrado un nuevo mecanismo de regulación de la autofagia por sulfuro por primera vez en un organismo eucariota. También hemos puesto de manifiesto la función reguladora del cianuro en el desarrollo de los pelos radiculares y el sistema inmune de las plantas. Actualmente, nuestra investigación está centrada en determinar la función del sulfuro como molécula de señalización en la regulación de procesos esenciales, incluyendo la adaptación a condiciones ambientales adversas asociadas al escenario actual de cambio climático.

La regulación por sulfuro de hidrógeno de procesos vitales en las células, con implicaciones agrobiotecnológicas y biomédicas, se ha convertido en un área de investigación de enorme interés. El hecho de que nuestro grupo haya sido pionero en diferentes aspectos de la señalización por sulfuro nos ha permitido posicionarnos como grupo referente en el campo. Es el motivo por el que estoy recogiendo este galardón que me enorgullece especialmente.

Todos estos logros y reconocimientos no hubieran sido posibles sin un grupo importante de investigadores e investigadoras predoctorales y posdoctorales que me han acompañado a lo largo de mi vida científica, compañeros y compañeras, con muchos de los cuales comparto una gran amistad. Por supuesto, mis mentores que me iniciaron, y numerosos científicos de prestigio que han sido colaboradores esenciales para llegar al día de hoy. En mi labor de mentora o directora, siempre he intentado dar la mejor versión de mí, y no reproducir actitudes que me desagradaron cuando yo estaba al otro lado en mi etapa de formación. También intento ser lo más positiva posible, puesto que, como todos sabemos, la investigación científica es ingrata cuando los resultados no acompañan. En mi experiencia, en muchas ocasiones, cuando se obtiene un resultado inesperado, que puede llegar a frustrar bastante, puede ser el comienzo de un descubrimiento singular.

Para concluir, me gustaría indicar que toda esta andadura no hubiera sido posible sin la persona que me ha acompañado desde mis estudios en Química, mi marido, Luis. Como científico, comprende y comparte los sacrificios que supone una vida investigadora y, sin su apoyo, no hubiera sido posible compaginar mi faceta investigadora con una vida familiar, una tesitura complicada para las mujeres investigadoras. Sin él, no hubiera podido disfrutar de mis hijos, Carlos y Cecilia.

De nuevo, muchas gracias por este reconocimiento.

CECILIA GOTOR MARTÍNEZ

Profesora de Investigación del CSIC en el Instituto de Bioquímica Vegetal y Fotosíntesis de Sevilla, centro mixto del CSIC y la Universidad de Sevilla



De izquierda a derecha, Esther Gómez, Nuria Quiles, Alicia López y Manuel Jordán.

Placa de Honor de la AEC 2025 concedida a Nuria Quiles Puchalt

Excelentísimas autoridades, queridos colegas, amigas y amigos. Es un honor dirigirme a ustedes en esta ocasión tan especial para reconocer la trayectoria y los méritos de una científica excepcional: Nuria Quiles Puchalt. Hoy celebramos no sólo una carrera de logros, sino también el impacto profundo que su trabajo tiene en la ciencia y en la formación de nuevas generaciones de investigadores. Una carrera marcada por la excelencia y la pasión por la ciencia.

Desde sus primeros pasos en la investigación, Nuria ha demostrado una vocación inquebrantable por comprender los mecanismos más complejos de la biología molecular. Su carrera comenzó con una beca predoctoral de la Generalitat Valenciana, que le permitió adentrarse en el estudio de la transferencia horizontal de información genética en *Staphylococcus aureus*. Bajo la supervisión del profesor Penadés, Nuria inició una línea de investigación que pronto daría frutos significativos.

Durante su doctorado en la Universidad CEU Cardenal Herrera (CEU UCH), no sólo obtuvo la máxima calificación, sino también el Premio Extraordinario de Doctorado, un reconocimiento reservado para quienes alcanzan la excelencia académica y científica, como ya saben. Sus investigacio-

nes en esta etapa llevaron a descubrimientos pioneros como puede ser la caracterización de una nueva familia de reguladores de empaquetamiento en bacteriófagos, y la identificación de un mecanismo de empaquetamiento presente en un tercio de los fagos secuenciados. Estos hallazgos, publicados en revistas de alto impacto, abrieron nuevas perspectivas en el estudio de la biología de los bacteriófagos.

Tras su doctorado, Nuria emprendió una etapa posdoctoral en instituciones de referencia mundial, como la Universidad de Glasgow y el Imperial College London. Allí, profundizó en la relación entre los bacteriófagos y las islas de patogenicidad de *S. aureus*, contribuyendo a la explicación científica de cómo estos elementos influyen en la virulencia bacteriana.

Su participación en proyectos internacionales la llevó a descubrir un mecanismo de transducción lateral con tasas sin precedentes, considerado uno de los factores más importantes en la rápida evolución bacteriana. Este descubrimiento, publicado en *Science*, es una muestra del impacto global de su trabajo.

Pero Nuria no se conformó con seguir líneas establecidas. En 2019, inició una nueva línea de investigación sobre sistemas de comunicación en bacteriófagos, un campo emergente que explora cómo estos virus toman decisiones críticas en su ciclo vital. Gracias a su visión innovadora, esta

línea ha generado resultados publicados en revistas como *Nature Microbiology*, *Cell Host & Microbe* y *Nature Communications*, consolidando su posición como referente internacional en el estudio de elementos genéticos móviles.

Los resultados de sus investigaciones han dado fruto a multitud de publicaciones en revistas de prestigio con gran impacto social y científico, así como capítulos de libros e invitaciones a conferencias plenarias de su ámbito científico. Además de su capacidad para establecer colaboraciones estratégicas con investigadores de instituciones como el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), la Universidad de Alabama y la Universidad de Singapur, demuestra su compromiso con la ciencia abierta y la cooperación internacional. Estas alianzas han dado lugar a proyectos de gran envergadura y publicaciones que han marcado tendencia en microbiología molecular.

Más allá de sus logros científicos, Nuria ha asumido con responsabilidad y entusiasmo el papel de formadora. Ha codirigido cuatro tesis doctorales y, actualmente, dirige dos proyectos de doctorado en su grupo de investigación en la CEU UCH, donde ejerce como investigadora Ramón y Cajal. Su implicación en la formación de jóvenes científicos garantiza la continuidad de la excelencia en la investigación y contribuye al desarrollo de talento en nuestro país.

Uno de los indicadores más claros del reconocimiento a la calidad científica es la capacidad para obtener financiación competitiva. Nuria ha logrado este objetivo con creces: es Investigadora Principal en dos proyectos financiados por el Ministerio de Ciencia e Innovación, con un presupuesto superior a 380.000 euros.

Además, ha participado como investigadora en proyectos internacionales financiados por agencias británicas con presupuestos que superan el millón de libras. Estos logros evidencian su excelencia científica, así como su capacidad de gestión, liderazgo y visión estratégica. Estas cualidades son imprescindibles para consolidar líneas de investigación punteras y sostenibles.

Más allá de la pasión en la transmisión y la contribución a la ciencia, podría uno preguntarse: ¿Por qué es importante el trabajo de Nuria? Coincidirán conmigo en que su trabajo aborda uno de los retos más urgentes de la biomedicina: la resistencia antimicrobiana. Comprender cómo los bacteriófagos contribuyen a la transferencia genética y a la evolución bacteriana es clave para diseñar estrategias que frenen la propagación de genes de resistencia.

Además, su investigación sobre sistemas de comunicación en fagos abre la puerta a nuevas terapias basadas en la manipulación de estos mecanismos, lo que podría revolucionar el tratamiento de infecciones bacterianas en un futuro próximo. En un contexto donde la resistencia a antibióticos amenaza la salud global, la labor de Nuria no es sólo relevante: es imprescindible. Su trabajo contribuye a generar soluciones innovadoras que pueden salvar vidas y

mejorar la calidad de la atención sanitaria en todo el mundo.

Nuria representa lo mejor de nuestra comunidad científica: rigor, creatividad, capacidad de liderazgo y compromiso con la sociedad. Su trayectoria da testimonio de que la ciencia española puede competir al más alto nivel y aportar soluciones a los grandes desafíos globales.

Por todo ello, por su brillante carrera, por su impacto científico y social, y por su dedicación incansable, Nuria merece la Placa de Honor AEC a jóvenes investigadores. Es un reconocimiento justo a una trayectoria que no sólo ha generado conocimiento, sino que ha inspirado a otros a seguir el camino de la excelencia.

Querida Nuria, en nombre de todos los aquí presentes, enhorabuena. Este galardón es un homenaje a tu esfuerzo, tu talento y tu pasión por la ciencia. Que este reconocimiento sea también un estímulo para seguir avanzando, porque estamos seguros de que lo mejor está por venir.

Muchas gracias.

FRANCISCO PARDO FABREGAT

Vicedecano de la Facultad de Educación de la Universidad CEU Cardenal Herrera y miembro del Consejo Rector de la AEC.

Respuesta de la galardonada

Es un verdadero honor y una inmensa alegría recibir la Placa de Honor de la AEC en la categoría de Jóvenes Investigadores. Agradezco profundamente a la Asociación Española de Científicos (AEC) esta distinción. Es un reconocimiento que valoro enormemente y que me impulsa a seguir trabajando con más ilusión, si cabe. En especial, querría agradecer la generosidad y el apoyo del Dr. Francisco Pardo Fabregat, a quien agradezco de corazón haberme nominado para este premio. Gracias, Paco, por tu confianza en mi trayectoria y por creer en el valor de mi trabajo.

Cuando Paco me dio la noticia de la concesión de este premio, le dije medio en serio, medio en broma que, teniendo 40 y pico años, era un halago que a esta edad aún se me considerara «investigadora joven». Y aún estando profundamente agradecida por este galardón, mi situación, el hecho de que hace solamente dos años pudiera empezar a liderar mi propio equipo, es el síntoma de un fallo estructural en el sistema científico de nuestro país.

Un sistema que condena a los investigadores a interminables carreras preparatorias, a una precariedad muchas veces inasumible, antes de darles la estabilidad y la oportunidad de dirigir sus propios equipos científicos de manera independiente. Necesitamos acortar estos plazos. Necesitamos que el talento pueda florecer y liderar antes. Por el bien de la ciencia y de quienes la hacemos.



Nuria Quiles Puchalt.

Esta reflexión me lleva, si me lo permitís, a un punto clave: la inversión en ciencia no puede depender de vaivenes políticos. La inversión en I+D+i debe ser considerada una cuestión de Estado que trascienda colores políticos y que mire a horizontes más largos que los de una legislatura política de cuatro años. Sólo así podremos asegurar la estabilidad necesaria para que nuestros centros de investigación y universidades se consoliden y, lo más importante, se conviertan en el motor económico y social que la economía española necesita.

Tengo la inmensa suerte de que los derroteros de la vida me han llevado a tener un trabajo que me apasiona. Mi trabajo se centra en el fascinante campo de la Microbiología Molecular, con una misión crítica en la actualidad: luchar contra las bacterias multirresistentes. Las infecciones causadas por estas bacterias resistentes a antibióticos ampliamente utilizados son una de las mayores amenazas para la salud global. Desde mi laboratorio, investigamos los virus que infectan bacterias, llamados bacteriófagos. Su estudio es crucial por una doble razón: son en parte responsables de que estas resistencias a antibióticos se propaguen, pero, a la vez, representan una de las mejores bazas que tenemos para acabar con las bacterias que causan estas infecciones utilizando la fagoterapia, un arma a la vanguardia en la lucha contra esta silenciosa pandemia de resistencia antimicrobiana. Desde mi laboratorio, aportamos nuestro grano de arena, investigando mecanismos moleculares para desarrollar nuevas estrategias de prevención y tratamiento.

Si estoy aquí hoy es gracias a las oportunidades que me dieron. En primer lugar, quiero agradecer a mi familia, por

su apoyo y comprensión, ellos son mi brújula moral y mi ejemplo a seguir. Quiero agradecer por su apoyo constante a mi mentor, el Dr. José Penadés. Un científico excepcional y brillante que confió en mí y me abrió las puertas de su laboratorio y del mundo de la ciencia. Estuve 10 años en el Reino Unido haciendo ciencia puntera. La decisión de volver a España no fue sólo por un motivo personal; fue también la oportunidad de volver a mi casa científica. Y, verdaderamente, he sentido que volvía a casa, ya que, en este camino de regreso, he encontrado un apoyo fundamental en mi universidad, la CEU UCH.

Quiero agradecer muy especialmente al Dr. Ignacio Pérez Roger, anterior Vicerrector de Investigación, por su confianza inicial, y a la Dra. Alicia López Castellano, actual Vicerrectora, por su continuo y firme apoyo. Es un honor formar parte de un proyecto científico tan emocionante como el que se está fraguando en la universidad bajo su dirección. Gracias por apoyar y creer en la ciencia que construimos juntos.

Una vez más, gracias a la AEC por este reconocimiento, y a mis compañeros y a mi familia por acompañarme en este camino. Este premio me da más fuerza si cabe para continuar trabajando. ¡Muchas gracias!

NURIA QUILES PUCHALT

Investigadora en el Departamento de Ciencias Biomédicas de la Universidad CEU Cardenal Herrera de Valencia.

Placa de Honor de la AEC 2025 concedida a Luis Felipe Fernández García

Un año más nos reunimos en la entrega de las Placas de Honor de la Asociación Española de Científicos (AEC) para reconocer el esfuerzo y el talento dedicados en España a la generación de conocimiento, a la difusión del mismo y a su aplicación en beneficio de la sociedad. Este año tengo el placer y el honor de presentar al Dr. Luis Felipe Fernández García, cuyo esfuerzo y talento han seguido unos cauces nada frecuentes.

Entre los fines de nuestra Asociación, se encuentra fomentar el interés de la sociedad española y, muy especialmente de sus jóvenes, en la investigación y la innovación. Muchos de nosotros perseguimos ese fin con actividades de divulgación, como charlas en colegios e institutos, visitas a centros de investigación, talleres, etc. Además, para llegar a buen fin, es necesario implicar a maestros y profesores. Al menos, a mí, me resulta evidente. Por ello, me impresionó profundamente la implicación de Luis Felipe, que resumo brevemente a continuación.

Como director del Centro Educativo Aurelio Menéndez de Ibias (1988-2005), impulsó un proyecto pionero de escuela abierta a la comunidad en un entorno rural. Es imposible



De izquierda a derecha, Esther Gómez, Luis Felipe Fernández, Alicia López y Manuel Jordán.

resumir la cantidad de actividades que organizó para sus alumnos y alumnas, pero, afortunadamente, él mismo me lo resumió, cuando le conocí, en una imagen, quizás un poco tópica, pero de enorme fuerza. Ibias está situada en el suroeste de Asturias. Cuando se incorporó a su centro se percató de que los chicos y las chicas del mismo no habían visto el mar. Y, además del mar, Luis Felipe permitió a sus alumnos conocer referentes de la ciencia, la universidad, el deporte, la política, los medios de comunicación, las ONG, etc., fomentando vocaciones diversas y reduciendo desigualdades sociales.

En 2005, se trasladó al IES Elisa y Luis Villamil de Vega-deo, donde, desde 2009, dirige el proyecto Foro Comunicación y Escuela, que va por su 17ª edición. Su objetivo es ofrecer a los casi 1000 estudiantes de la comarca Oscos-Eo, formada por siete municipios del occidente asturiano, experiencias educativas a las que no tienen fácil acceso en ese entorno rural. La lista de actividades, que se realizan entre abril y noviembre, salvo en la pausa estival, es impresionante. Os recomiendo echar un vistazo al programa en internet.

Centrándome en las de ámbito científico, destacan los encuentros con científicos como Margarita Salas, Carlos López-Otín, Rosa Menéndez, Margarita del Val, Luis Blanco, Amador Menéndez y otros muchos investigadores;

y las visitas a centros de investigación de la Universidad de Oviedo, el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), Atapuerca y el Museo de la Evolución Humana, el CERN (Laboratorio Europeo para la Física de Partículas), la Estación de Seguimiento de Satélites de Cebreros o el Laboratorio Subterráneo de Canfranc, entre otros muchos.

Luis Felipe ha recogido muchas de estas experiencias y analizado su impacto en su tesis doctoral, con la que obtuvo el doctorado en Equidad e Innovación en Educación -bonito título- por la Universidad de Oviedo. Su dedicación, más allá de la docencia, ha fomentado el interés por la investigación y la innovación en un marco de carácter humanístico, social y comunitario, en plena sintonía con los fines de la AEC.

Sus méritos le hacen merecedor de una Placa de Honor AEC, que se suma a otras muchas distinciones, como la Cruz de la Orden de Alfonso X El Sabio, en 2018, o la Medalla de Asturias, en 2025. Nosotros nos sentimos muy honrados de que haya aceptado nuestro modesto reconocimiento.

ENRIQUE DE LA ROSA

Investigador Científico del Centro de Investigaciones Biológicas Margarita Salas (CSIC) y Vicepresidente de la AEC

Respuesta del galardonado

Sr. Presidente y miembros de la Junta Directiva de la Asociación Española de Científicos (AEC), distinguidos galardonados, autoridades, señoras y señores:

Recibir la Placa de Honor AEC es, desde luego, un honor inmenso. Pero, sobre todo, es una emoción profunda. Porque detrás de este reconocimiento no hay sólo un nombre propio, sino muchos nombres, muchos rostros y muchos sueños compartidos. Los de tantas personas que, desde nuestros pueblos, creen firmemente que la educación, la ciencia y, de manera preeminente, la igualdad de oportunidades no son un lujo, sino fundamentalmente un derecho irrenunciable. Siento una profunda gratitud hacia quienes han creído en nuestro proyecto: entidades públicas y privadas que, con su financiación, han hecho posible la gratuidad de cada una de las más de 1000 actividades desplegadas en el Foro Comunicación y Escuela, al profesorado que se ha dejado la piel en su preparación y ejecución, a los medios de comunicación que las han dado a conocer a toda la sociedad, y, en definitiva, hacia quienes han puesto lo mejor de sí mismos para hacer realidad esta propuesta educativa.

Cuando una nace, crece, vive o trabaja en el medio rural de nuestra querida España, de nuestra querida Asturias, aprende algo que considero muy valioso: que los recursos pueden ser limitados, pero que el talento y la ilusión son infinitos. Lo que se precisa es que algo o alguien encienda esa chispa. Y si algo hemos intentado hacer desde el Foro Comunicación y Escuela es precisamente eso: encender chispas de curiosidad científica, de pensamiento crítico, de amor por aprender y de amor por el conocimiento y, de manera relevante, proclamar el principio de que no debemos renunciar a nada, en la formación de nuestros jóvenes, por no pertenecer a una gran ciudad. La ciencia no sólo ocurre en los laboratorios o en los grandes centros de investigación. La ciencia también ocurre cuando una niña o un niño de un pueblo se pregunta por qué el cielo cambia de color al atardecer, o cuando un joven diseña un experimento con materiales reciclados, o cuando un maestro o una maestra se empeña en que sus alumnos y alumnas comprendan que detrás de cada descubrimiento hay una historia humana.

En el Foro Comunicación y Escuela, hemos creído firmemente que la educación puede transformar territorios, que la divulgación científica puede transformar territorios, que llevar la ciencia, en estado puro, en la máxima expresión, a los estudiantes que se forman en los centros educativos asentados en el entorno rural de Asturias no es sólo divulgar el conocimiento: es abrir horizontes, romper barreras. En definitiva, sembrar futuro... Por eso, en todos estos años hemos apostado por proyectos que han acercado a nuestro alumnado a científicos, periodistas, divulgadores, premios nacionales e internacionales, hemos fomentado en su proceso de aprendizaje proyectos de investigación, incluso hasta en el otro lado del mundo, en Nueva Zelanda, por ejemplo,

en la edición de 2015. Les hemos acercado a algunos los principales centros de investigación de España y de Europa: al acelerador de partículas (CERN) en Ginebra, en un proyecto con la Universidad de Oviedo; al Centro de Biología Molecular Severo Ochoa; al Centro de Investigaciones Biológicas Margarita Salas; al Instituto de Estudios Celulares y Moleculares ATRYS-HEALT; o al gran Centro de Control y Navegación Aérea de Gavá-Barcelona, entre otros. Y hemos diseñado proyectos ad hoc de fomento de las vocaciones científicas entre nuestros estudiantes, como el llevado a cabo en el Laboratorio Subterráneo de Canfranc, durante cinco días, y con la asistencia de 50 jóvenes de Educación Secundaria de cinco institutos del medio rural del Occidente de Asturias... Todo ello hace visible, ante los niños y jóvenes que tenemos nuestros colegios e institutos, algo fundamental: que la ciencia también les pertenece.

Porque cuando la ciencia llega en la máxima expresión a las aulas de los entornos rurales, no sólo enseña fórmulas o teorías: enseña, sobre todo, dignidad. Enseña que el lugar donde naces no debe determinar el lugar al que puedes llegar; enseña que el talento no tiene unas coordenadas geográficas predeterminadas.

Cada proyecto de investigación, cada conferencia o experimento realizado, cada visita a un centro científico de referencia, ha sido una forma de democratizar el conocimiento, de romper el aislamiento, de construir puentes entre lo local y lo global, de construir puentes desde la escuela del occidente de Asturias y el resto del mundo. Y esos puentes son, en realidad, caminos de igualdad.



Luis Felipe Fernández García.

Vivimos en una época en la que la información se multiplica, pero también las desigualdades. Por lo tanto, defender una educación pública, por cierto, la única que se asienta en el medio rural, de calidad es defender la justicia social. Es garantizar que todos los niños y niñas, vivan donde vivan, tengan acceso a la misma calidad educativa, a las mismas oportunidades para soñar, a las mismas oportunidades para descubrir, a las mismas oportunidades para transformar.

El Foro Comunicación y Escuela visualiza un modelo de centro educativo en el medio rural en el que se concreta una convicción profunda: que la educación debe ser una herramienta de cohesión, de progreso, de esperanza o como afirmaba el presidente Nelson Mandela: «El arma más poderosa para cambiar el mundo». Que los centros educativos del medio rural deben ser motores de innovación, lugares donde la ciencia, por ejemplo, se hace cercana y humana, donde el aprendizaje se vive con pasión. La ciencia, como la educación, no entiende de distancias ni de orígenes, pero sí entiende de pasión, de rigor, de compromiso. Lo que necesita es de visibilidad, de reconocimiento, de oportunidades.

Hoy recogemos esta distinción con enorme gratitud, pero también con profundo sentido de responsabilidad, porque queda todavía mucho por hacer: seguir acercando la ciencia a cada rincón, seguir tendiendo puentes entre la escuela y la sociedad, seguir demostrando que el talento rural no sólo existe, sino que es esencial para el progreso de Asturias y de España.

De alguna forma, la educación y la ciencia son, en el fondo, dos formas de creer en las personas. Y pensar en la necesidad de una formación acorde al siglo XXI para las personas del medio rural es pensar en futuro más justo, en un futuro más equilibrado, en definitiva, en un futuro más humano.

Concluyo. Y permítanme hacerlo con una imagen que, en mi opinión, resume todo lo que sentimos los que, con humildad y convicción, trabajamos en esta tarea: y es que cada vez que llevamos la ciencia a un aula rural es como sembrar una semilla. A veces, sin duda, tarda en germinar, o directamente no germina. Pero, cuando florece, cambia paisajes, cambia destinos, cambia un pueblo, en definitiva, se trata formar a nuestros jóvenes en la misma dirección de lo afirmado por el considerado padre de la ciencia moderna, Galileo Galilei, cuando dijo que: «Dar ejemplo es la mejor manera de influir en los demás, realmente, la única manera».

Ese, apreciados amigos y amigas, es el poder más hermoso de la educación. Muchas gracias a todas y a todos.

LUIS FELIPE FERNÁNDEZ GARCÍA

Profesor de Lengua en el Instituto Elisa y Luis Villamil de Vegadeo (Asturias) y fundador del Foro Comunicación y Escuela

Placa de Honor de la AEC 2025 concedida a Geología

Estimadas autoridades, Presidente y Junta del Consejo Rector de la Asociación Española de Científicos (AEC), estimadas galardonadas y galardonados, acompañantes, señoras y señores.

Es para mí un privilegio participar este año en la entrega de Placas de Honor de la AEC. Asociación que tuve la oportunidad de conocer el año 2023 y a la pertenezco desde entonces. He seguido muy de cerca las actividades de la Asociación y quiero felicitarla por la diversidad de actividades que realiza y por contribuir a poner en valor y visibilizar los valores de todas las ramas de la ciencia y las científicas y científicos que hacen y divulgan la ciencia. Estos galardones son una prueba de ello. Quiero felicitar a todos los galardonados y galardonadas por este merecidísimo reconocimiento a su excelente trabajo.

Este año me toca presentar uno de los premios a la Divulgación, y no sólo es un privilegio, sino que me produce una alegría y emoción enorme presentar el premio al Geología. Probablemente, no todos los presentes sabrán qué es el Geología, si bien se puede intuir que es el Día de la Geología, y así es, de alguna forma. Pero estoy segura de que no se pueden imaginar las dimensiones que tiene.

En el acta de la reunión y programa que hoy estamos siguiendo, se dice que esta Placa de Honor AEC se concede al Geología por ser una actividad de divulgación que llega a todos los rincones del país, acercando la Geología a todos los públicos a través de casi mil excursiones o salidas de campo, siendo una referencia de divulgación científica nacional e internacional. Seguro que se preguntan: ¿Cómo se hace? ¿En qué consiste? ¿A quién se le ocurrió semejante idea? ¿De verdad hay 1000 excursiones?

Empecemos por el principio: el Geología celebra este año su vigésimo aniversario. En julio de 2005, a Jose Luis Simón y Luis Alcalá se les ocurrió hacer una excursión geológica guiada para todo tipo de público al entonces Parque Geológico de Aliaga, en Teruel, ahora integrado en el Geoparque UNESCO del Maestrazgo (si no lo conocen, les animo a que lo visiten). Aprovecho para comentar que la geodiversidad de nuestro país es riquísima y, como ejemplo, señalaré que España es el segundo país del mundo en Geoparques UNESCO, sólo superada por China. Pues bien, después del éxito de ese primer Geología en Teruel, se fueron sumando provincias y, en 2010, la Sociedad Geológica de España (SGE) comenzó a coordinar el Geología en todo el territorio nacional.

Cada junta directiva de la SGE ha hecho, desde entonces, un esfuerzo ímprobo por mejorar y hacer crecer el Geología, desde conseguir celebrarlo en todas las provincias y ciudades autónomas hasta diseñar modelos de guías homogéneos, modernizar la web, internacionalizarlo o



De izquierda a derecha, Esther Gómez, Alicia López, Ana Ruiz y Manuel Jordán.

llegar a acuerdos con instituciones nacionales e internacionales para que colaboren y ayuden a financiar el Geolodía.

Si bien la coordinación es de la SGE, son numerosas las instituciones que colaboran, destacando la Asociación Española para la Enseñanza de las Ciencias de la Tierra, el Instituto Geológico de España (IGME) del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) o la Asociación Internacional de Sedimentología (IAS). Y cada año, ha contado con la ayuda de la Fundación Española para la Ciencia y Tecnología (FECYT), que no sólo contribuye con la financiación, sino también a visibilizar el Geolodía como una de las actividades de divulgación a nivel nacional con más éxito. En 2018, comentando en algún evento de divulgación el número de asistentes a los eventos de divulgación nacional, al Geolodía sólo le superaba *A pint of Science*, que por aquel entonces contaba con unos 20.000 asistentes. Al Geolodía de entonces asistieron unas 10.000 personas, pero no es lo mismo llevar al público a los bares que al campo.

Es posible que aún no sepan en qué consiste el Geolodía. Es sencillo: el mismo fin de semana del año (según la distribución de las fiestas puede ser el primero o el segundo de mayo) tiene lugar el Geolodía en todo el país. Se organizan entre 50 y 55 excursiones en todas las provincias, lideradas de forma voluntaria por especialistas en geología. Las excursiones cambian de lugar todos los años y cada año se elaboran nuevas guías, todas ellas disponibles en la web del Geolodía, y sí, hay unas 1000.

Es un trabajo ímprobo y a mí me gusta decir que el Geolodía es una organización caótica o un caos organizado. Hay dentro de un orden muchos grados de libertad. Para que esto funcione, el personal implicado es enorme. Al equipo coordinador del Geolodía central liderado por la SGE, se suman los más de 50 equipos de los distintos Geolodías provinciales, y todo funcionando al unísono. Es realmente increíble. Son más de 500 voluntarios y voluntarias los que participan anualmente en la organización del Geolodía. Pero, además, el Geolodía ha ido avanzando y modernizándose.

En 2020, con todos los organizadores de los Geolodía en marcha, vino la pandemia y esto provocó un pequeño caos y un enorme cambio. Ese año el Geolodía se quedó en casa, no hubo otro remedio que sustituir el campo por Geolodías virtuales. En pleno confinamiento, se hicieron 26 vídeos realmente creativos, que tuvieron ese fin de semana del 9-10 mayo más de 70.000 visualizaciones. El Geolodía empezó a cambiar y, además de las excursiones de campo, empezó a sumar vídeos, videojuegos, charlas e incluso un Geolodía para los más pequeños (*Mi primer Geolodía*).

La pregunta que se harán es: ¿Cuál es el objetivo de todo esto? La respuesta es sencilla. La Geología es una ciencia poco conocida y que va desapareciendo de los currículos escolares. De hecho, esta misma semana ha comparecido ante la Comisión de Ciencia, Innovación y Universidades y

la Comisión de Educación, Formación Profesional y Deportes del Congreso de los Diputados una amplia representación de organismos, asociaciones y colegios profesionales de la Geología, para defender la importancia estratégica de la Geología en la sociedad y reclamar su reconocimiento en las políticas científicas, educativas y medioambientales de nuestro país.

Pues de esto va el Geolodía: se trata de hacer llegar a todo tipo de público que la Geología es una ciencia imprescindible para nuestra vida cotidiana, no estaríamos aquí sin los recursos geológicos (los minerales, el petróleo o el agua..., el más fundamental y preciado), no podemos hacer una sociedad segura (terremotos, volcanes, inundaciones...), sin el conocimiento geológico y tampoco podemos preservar nuestro patrimonio histórico, además de perdernos el conocimiento de la larga historia del único planeta en el que podemos vivir, la Tierra, que no corre peligro, pero nosotros, sus habitantes, sí. De todo esto, tratan los más de 1000 Geolodías organizados en estos 20 años.

Como geóloga, agradezco enormemente que la AEC contribuya con este premio a poner en valor la Geología y me siento tremendamente orgullosa de esta unión geológica que cada año lleva a cabo este proyecto maravilloso y entrañable. Como ciudadana y como vocal de la AEC, no puedo por menos de alegrarme y felicitar a la SGE y a todas las instituciones y personas que, año tras año, se implican por el trabajo que realizan y por la concesión de esta merecidísima Placa de Honor AEC al Geolodía que recoge en nombre de todas ellas la Presidenta de la SGE, Ana Ruiz.

ANA MARÍA ALONSO ZARZA

Catedrática del Departamento de Mineralogía y Petrología de la Universidad Complutense de Madrid y vocal del Consejo Rector de la AEC

Respuesta de la galardonada

Estimados Presidente y Junta del Consejo Rector de la Asociación Española de Científicos (AEC), autoridades, personas galardonadas y acompañantes, muy buenas tardes.

En representación de la Sociedad Geológica de España (SGE), quiero transmitir nuestro agradecimiento a la AEC, a su Presidente, D. Manuel Jordán Vidal, y a su Consejo Rector, por haber otorgado esta Placa de Honor 2025 en la modalidad de Divulgación de la Ciencia, al Geolodía. Es una gran alegría y, al mismo tiempo, una inmensa responsabilidad representar a cientos de compañeras y compañeros que han construido este proyecto a lo largo de 20 años.

Así mismo, deseo hacer una mención especial a Ana M^a Alonso Zarza, por su implicación para que el Geolodía sea

una iniciativa cada vez más conocida y reconocida, y por haber sido clave para que hoy estemos celebrando este reconocimiento.

Decía Stephen Hawking, gran científico y ejemplo de superación personal, que «la ciencia no sólo es una disciplina de la razón, sino también del romance y de la pasión». Por su parte, Albert Einstein mantenía que «la cosa más hermosa que podemos experimentar es el misterio porque es la fuente de todo arte y de toda ciencia». Y ambos tenían razón. Cuántos descubrimientos científicos se habrían dejado de hacer si el ser humano no hubiera mostrado curiosidad por algún misterio. O, por el contrario, si no hubiera mantenido la pasión, a pesar de los errores, para seguir haciéndose preguntas. Esos ingredientes, pasión por la geología y ganas de mostrar a la sociedad los «misterios» que esconde el paisaje, son la base a partir de la cual se ha ido forjando el Geolodía en estos 20 años de existencia.

En 2005, en Teruel, José Luis Simón (Universidad de Zaragoza) y Luis Alcalá (Fundación Conjunto Paleontológico de Teruel-Dinópolis) fueron el detonante de una actividad que nació con la única ambición de poner en valor entre la población local el patrimonio geológico del Parque Geológico de Aliaga. Sin embargo, el boca a boca entre compañeros y compañeras hizo que se replicara con éxito en otros lugares de España. Alicante, Guadalajara, Huesca, Valencia y Zaragoza fueron las primeras provincias en sumarse en años sucesivos. En 2010, la SGE, consciente de la necesidad de dar a conocer la Geología entre la sociedad, promovió la realización de la actividad a nivel nacional y consiguió involucrar a más de 30 provincias. Un verdadero pistoletazo de salida para la posterior expansión del Geolodía por toda España y, en los últimos años también, su salto a Hispanoamérica.

El Geolodía ha sido desde sus orígenes y continúa siendo hoy una auténtica escuela en la que geólogos y geólogas aprenden a transmitir a la sociedad el valor de nuestro patrimonio geológico y la belleza de nuestra ciencia, la Geología. La más desconocida de las cinco ciencias básicas, pero tan imprescindible para conocer el pasado, la historia de nuestro planeta, como para construir un futuro basado en la obtención sostenible de recursos y en la mitigación del impacto de los desastres naturales. Y lo cierto es que, independientemente del año en el que cada uno se haya sumado a su organización, ya fuera en 2005, 2010 o 2022, lo que es seguro es que, a partir de ese momento, ya no ha querido perderse nunca la cita de primeros de mayo.

Sin embargo, en proyectos de divulgación con una trayectoria tan amplia, no todo son siempre fuegos artificiales ni su continuidad se mantiene por mera inercia. Es necesario convivir con la rutina de diseñar cada año un nuevo recorrido geológico que mantenga viva la llama de nuestra actividad; cumplir con los formatos establecidos en las plantillas de guías y carteles (aunque, a veces, resulte



Ana Ruiz Constán.

tedioso) para no descuidar el proyecto común; abrir la puerta a nuevos formatos, como videojuegos o recorridos virtuales, porque las salidas de campo son una experiencia maravillosa, pero necesitamos también otras propuestas que nos enriquezcan; y también, cada vez más, adaptarse y buscar nuevas vías de comunicación que nos hagan más accesibles a públicos diversos. Porque el Geolodía es un proyecto vivo y, como tal, requiere cuidado.

Si algo he comprobado estos años en los que he formado parte del equipo coordinador nacional, es que el Geolodía despierta auténticas pasiones. Todo el mundo lo siente como suyo y, además, cada cual lo concibe y lo concreta de una manera distinta: desde el Geolodía multitudinario de Alicante hasta el más íntimo de Lugo o el recién nacido en Uruguay. Eso es porque ha trascendido a las personas que lo crearon o a las que lo coordinan, porque es parte de la cultura popular de nuestra comunidad geológica.

Quiero aprovechar este momento para dar las gracias a la Asociación para la Enseñanza de las Ciencias de la Tierra (AEPECT), al Centro Nacional Instituto Geológico y Minero de España (IGME) del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), a la Fundación Española para la Ciencia y Tecnología (FECYT), así como a las numerosas instituciones locales, regionales, nacionales e internacionales que sostienen, año tras año, al Geolodía. Porque un proyecto tan ambicioso como este no podría llevarse a cabo sin el respaldo institucional y, sobre todo, sin la ilusión y el trabajo desinteresado de tantas y tantas personas.

En definitiva, no hay nada más bello que compartir lo que uno ama. Y eso es, precisamente, lo que hacemos las geólogas y los geólogos de este país, cada año, a través del Geolodía.

Muchas gracias por esta Placa de Honor AEC 2025.

ANA RUIZ CONSTÁN

Presidenta de la Sociedad Geológica de España

Placa de Honor de la AEC 2025 concedida a Premis Sapiència

Hoy quería contaros cómo nacieron estos premios. Unos premios que parten de una idea que siempre hemos tenido muy presente en los institutos: nos preocupamos mucho por la atención a la diversidad «por abajo», y eso está muy bien, pero... ¿qué pasa con la atención a la diversidad «por arriba»?

Desde esa perspectiva, en el centro donde trabajaba entonces existía un programa para Jóvenes Investigadores, pensado precisamente para aquel alumnado que podía ir más allá. Queríamos ofrecerles la oportunidad de avanzar un poco más en su desarrollo cognitivo, saciar su curiosidad y trabajar a fondo sobre un tema que realmente les apasionara. En ese centro, hacía años que organizábamos un concurso entre institutos de la Comunitat Valenciana, un concurso en el que muchos jóvenes podían presentar sus investigaciones, con todo lo que implica organizarlo. Pero veía que era tan beneficioso para el alumnado que, a pesar del esfuerzo que requería, valía totalmente la pena.

Lo creía tan firmemente que siempre pensaba que las instituciones dedicadas a la enseñanza, las que de verdad se preocupan por la formación de sus jóvenes y disponen de más recursos, debían ser quienes lo organizaran. Una idea ambiciosa, fruto de mi optimismo desbordante.

Año tras año, el día de la entrega de premios, invitaba a representantes de estas instituciones con la esperanza de convencerles de que este era un camino hacia la excelencia de la escuela pública. Un año invité a Carmen Bevià, Secretaria Autonómica de Universidades e Investigación. Al final del acto, mantuve la misma conversación que había tenido otros años con otros representantes que habían aceptado mi invitación. Pero, aquella vez, fue diferente: ella vio en el concurso su potencial, sus beneficios y el valor de reconocer el esfuerzo de aquellos alumnos y alumnas que habían dedicado dos años de su vida a investigar, además de toda la carga lectiva. ¿Acaso eso no merece un reconocimiento?

A partir de ahí, nos pusimos a trabajar, a pulir, a hacerlo grande... y, de repente, otro obstáculo: ¡la COVID! Capaz de frenar cualquier iniciativa. ¿Cualquiera? No, esta no. La convicción y la motivación de un equipo que crecía a

medida que pasaban los días, los encuentros y las videoconferencias. Ángel Carbonell, Pilar Durá, Begoña Fanjul... ¿os acordáis? Nada nos detuvo y, poco a poco, aquel pequeño «concurso de jóvenes investigadores» pasó a ser Premis Sapiència.

El trabajo, la constancia y el compromiso de un equipo de profesionales hicieron posible que este proyecto naciera finalmente... pero no sólo eso: nada de esto habría podido ocurrir sin el apoyo de las instituciones y de las personas que, desde ese momento, iban a convertirse en las organizadoras de Premis Sapiència.

Desde entonces, yo pude desvincularme un poco de la organización, porque la dejaba en las mejores manos. Ahora mi vínculo con Premis Sapiència es como participante, como tutora de trabajos de investigación maravillosos y sorprendentes, en los que el alumnado ha investigado, ha realizado trabajo de campo, experimentos, encuestas... han sido curiosos, creativos y han aprendido muchísimo.

Por eso, hoy es de justicia agradecer a las entidades que hacen posible que Premis Sapiència sea hoy un referente en investigación: Red de Universidades Valencianas para el fomento de la I+D+i (RUVID), las universidades, el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) de la Comunitat Valenciana y la Conselleria de Educación, Cultura, Universidades y Empleo de la Generalitat Valenciana. Sin ellos, esto no sería posible.

De hecho, para terminar, quería citar una frase atribuida a Henry Ford, que daba título a uno de los trabajos que tutoricé: «Llegar juntos es el principio. Mantenernos juntos es el progreso. Trabajar juntos es el éxito».

CAROLINA PICAZO ÁLVAREZ

Directora del IES Cid Campeador de Valencia

Respuesta de la Conselleria de Educación, Cultura, Universidades y Empleo (GVA)

Presidente de la Asociación Española de Científicos (AEC), estimado D. Manuel Jordán Vidal. Autoridades, científicas y científicos. Buenas tardes.

Es un honor para mí estar hoy aquí como Secretaria Autónoma de Universidades, recibiendo este reconocimiento en nombre del Conseller de Educación, Cultura, Universidades y Empleo de la Generalitat Valenciana (GVA), el cual me traslada un afectuoso saludo y agradecimiento para todos ustedes.

En primer lugar, gracias a la AEC por este reconocimiento y por la organización de esta Gala de la Ciencia. Es un honor acompañar hoy a Red de Universidades Valencianas para el fomento de la I+D+i (RUVID) y a Premis Sapiència.



De izquierda a derecha, Alicia López, Juan Mora, Pilar Durá, Begoña Fanjul, Esther Gómez y Manuel Jordán.



Esther Gómez-Martín.

cia, aquí en Valencia, en la sede de la Universidad CEU Cardenal Herrera, donde se celebra esta 27ª edición de las Placas de Honor AEC 2025. Nuestro agradecimiento también al equipo anfitrión y a quienes han hecho posible este encuentro.

Permítanme comenzar con una idea sencilla: una sociedad que cultiva vocaciones científicas desde edades tempranas es una sociedad más libre, más próspera y más justa. Por eso, desde la GVA hemos apostado, de forma sostenida, por llevar la ciencia a las aulas preuniversitarias y por reconocer el talento joven y la labor imprescindible del profesorado. Esa es, precisamente, la esencia de Premis Sapiència, la iniciativa conjunta de RUVID y la Conselleria que hoy recibe la Placa de Honor de la AEC en la modalidad de Divulgación de la ciencia.

Quiero felicitar a RUVID por este galardón y, a través de RUVID, a las universidades valencianas y a la delegación de Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) en la Comunitat Valenciana que la integran. RUVID es una red que lleva más de dos décadas uniendo universidad, empresa y sociedad, promoviendo cooperación científica, transferencia e internacionalización y, muy especialmente, impulsando cultura científica y vocaciones entre la ciudadanía. Hoy celebramos un reconocimiento que premia resultados, pero también una trayectoria y un modelo de colaboración que suma y multiplica.

Tras la *laudatio* de Carolina Picazo, directora del IES Cid Campeador —a quien agradezco sinceramente su impulso

originario y su experiencia vital como participante—, deseo con estas palabras trasladaros varios mensajes.

Premis Sapiència nace con un objetivo claro: despertar la curiosidad, el pensamiento crítico y el deseo de investigar en el alumnado de ESO, Bachillerato y ciclos formativos de grado medio de toda la Comunitat Valenciana. Lo hace a través de una convocatoria de premios a proyectos de investigación en cinco grandes áreas del conocimiento y con un ecosistema que arropa al estudiantado desde el primer día. Esta es, para la Conselleria, una inversión de altísimo retorno social.

Los premios van acompañados de una estrategia de divulgación y acompañamiento: Premis Sapència visita centros para explicar cómo plantear proyectos, cómo escribir la memoria o defender la exposición oral. Además, moviliza a un jurado de expertos de nuestras universidades y centros de investigación y articula una red de Embajadores Sapiència —iniciativas universitarias y ferias científicas que acercan la ciencia al territorio durante todo el año. Esta dinámica no sólo detecta talento, sino que también crea cultura científica, la hace cotidiana y compartida.

Quiero subrayar una novedad de esta edición: el distintivo Centre Sapiència, un reconocimiento anual para aquellos centros que demuestran una implicación sobresaliente y una alta participación en la convocatoria. Nuestra intención es clara: institucionalizar la investigación en los centros como práctica educativa y como proyecto de centro, consolidando equipos y trayectoria.

Nada de esto sería posible sin el profesorado. Premis Sapiència reconoce esa tutoría paciente y exigente que convierte una intuición en una pregunta de investigación, y una pregunta en un diseño experimental o en una metodología rigurosa. RUVID, además, impulsa formación específica para docentes y genera recursos de apoyo. A los y las docentes que hoy nos acompañan: gracias por encender la chispa y mantener la llama.

Quienes han participado en Premis Sapiència han demostrado que se puede innovar con sentido desde el aula: desde un chaleco inteligente para seguridad vial hasta proyectos de análisis polínico para entender mejor las alergias estacionales. Desde la ingeniería y la tecnología hasta las humanidades y las ciencias sociales. La calidad y la diversidad de los trabajos crece cada año, y eso habla del talento de nuestra juventud y del acompañamiento que recibe.

Finalmente, quisiera agradecer explícitamente a la AEC su labor continuada desde 1971 reconociendo la excelencia científica, el talento emergente y las iniciativas de divulgación que hacen más grande nuestro sistema. Reconocer es orientar: estos premios señalan referentes y ayudan a que la sociedad entienda que la ciencia es un esfuerzo colectivo, diverso y sostenido en el tiempo.

Y, por supuesto, gracias a RUVID por coordinar Premis Sapiència con rigor y cercanía, por conectar a las universidades entre sí y con la sociedad, y por mantener esa línea estratégica de Ciencia y Sociedad que permea todas sus acciones: visibilizar la I+D+i, favorecer vocaciones, acercar el conocimiento a la ciudadanía y al tejido productivo. Enhorabuena a su presidente actual y también a los anteriores, así como a todo el equipo técnico, que lo hace posible, con el máximo talento, esfuerzo y entusiasmo.

Decía al principio que una sociedad que cuida sus vocaciones científicas es una sociedad mejor. Este reconocimiento de la AEC a Premis Sapiència y a RUVID nos reafirma en ese camino. Gracias por confiar en la educación, en el profesorado y en nuestros jóvenes. Gracias por recordarnos, una vez más, que la cultura científica no es un lujo, sino una condición para el progreso compartido.

Enhorabuena, RUVID. Enhorabuena, Premis Sapiència. Y gracias a la AEC por distinguir un proyecto que ya está cambiando vidas —y, con ellas, el futuro de la Comunitat Valenciana. Muchas gracias.

ESTHER GÓMEZ-MARTÍN

Secretaria autonómica de Universidades en la Conselleria de Educación, Cultura, Universidades y Empleo de la Generalitat Valenciana

Respuesta del Presidente de RUVID

Señor presidente de la Asociación Española de Científicos (AEC), querido Manuel Jordán. Miembros de la AEC. Autoridades civiles y académicas. Galardonados y acompañantes. Miembros de la comunidad científica. Señoras y señores, buenas noches.

Es un verdadero placer estar hoy aquí y recibir, en nombre de la Red de Universidades Valencianas para el fomento de la I+D+i (RUVID), esta Placa de Honor que, con tanta generosidad, otorga la AEC a los Premis Sapiència. Quiero que mis primeras palabras sean de felicitación a los galardonados en la edición de este año. Todos vosotros representáis la excelencia, el compromiso y la pasión por la ciencia: valores que, desde RUVID, queremos contagiar a las nuevas generaciones.

También quiero felicitar a la AEC por la magnífica labor que realizáis poniendo en valor la investigación y la ciencia en España. Sabemos que esta Placa de Honor AEC que hoy nos entregáis es mucho más que un galardón: es una declaración de vuestro compromiso con la ciencia, con la formación y con el futuro de nuestra sociedad. Un compromiso que nos une y nos fortalece.

Hace apenas cinco años, aceptamos con entusiasmo la propuesta de la Generalitat Valenciana de poner en marcha

y gestionar los Premis Sapiència. No imaginábamos entonces la enorme y creciente aceptación que la iniciativa tendría entre nuestros jóvenes estudiantes, pero tampoco que, cinco ediciones más tarde, estaríamos aquí recogiendo este reconocimiento. Un reconocimiento al futuro, porque así entendemos Premis Sapiència: una iniciativa para poner en valor el talento joven, la educación y la ciencia como motor de esperanza y de progreso.

Las universidades somos agentes esenciales en la generación y transmisión del conocimiento. Un conocimiento que es el motor del desarrollo económico, del bienestar social y de los valores democráticos. Somos también el espacio donde se cultivan las vocaciones científicas, donde se despierta la curiosidad y donde se ofrecen las herramientas necesarias para transformar la sociedad. Por eso, Premis Sapiència es tan importante para RUVID: porque representa un puente entre la escuela y la universidad, entre la curiosidad y el método científico, entre el talento y la oportunidad. Premis Sapiència conecta esos dos mundos. Somos conscientes de que el objetivo es muy ambicioso y, precisamente por eso, no podemos ni debemos caminar solos. Necesitamos la empatía y la complicidad de otros muchos agentes, a quienes quiero aprovechar la ocasión para expresar nuestro más sincero agradecimiento.

En primer lugar, quiero dar las gracias a Carolina Picazo, cuya visión, energía y convicción dieron origen a los Premis Sapiència. Su labor demuestra cómo una idea nacida en un centro educativo, alimentada por la pasión por la docencia y la confianza en la juventud, puede crecer hasta convertirse en un proyecto transformador para toda una



Juan Mora Pastor.

región. Detrás de cada gran proyecto, hay una gran idea, y, detrás de cada idea, una persona valiente que la impulsa, que sueña, que insiste. Gracias, Carolina, por compartir este sueño y por empujarnos a hacerlo realidad.

Quiero expresar mi gratitud a la Generalitat Valenciana, que, a través de la Conselleria de Educación, Cultura, Universidades y Empleo, embarcó a RUVID en esta fantástica aventura. Quiero destacar su apoyo, siempre firme, sostenido y decidido desde los inicios de este programa. No todos los territorios pueden presumir de tener una apuesta tan clara por la cultura científica y por el impulso del talento joven. Hoy, este reconocimiento nos recuerda que invertir en educación y en ciencia es siempre la decisión correcta.

Quiero sumarme al agradecimiento de la Secretaria Autonómica de Universidades a los centros educativos y al profesorado que guía a nuestros sapièncers. Gracias por creer en el talento, por dedicar tiempo, por acompañar, por empujar. La ciencia necesita recursos, pero también necesita personas que la inspiren e impulsen. Ellos, profesores y profesoras, han guiado y tutorizado cada proyecto, han acompañado a los jóvenes en cada paso, les han alentado, orientado y desafiado intelectualmente. Por eso, también merecen muy especialmente este galardón.

Quiero, también, dedicar unas palabras al más de un centenar de personas, entre profesorado y personal investigador de la Comunitat Valenciana, que colaboran en cada edición de estos galardones formando parte del jurado de expertos. Su rigor, criterio y compromiso garantizan la excelencia y ofrecen a los estudiantes un espejo profesional en el que mirarse. Muchas gracias por vuestra labor.

Permitidme ahora que me dirija a los verdaderos protagonistas y auténticos merecedores de este galardón a Premis Sapiència: nuestros prometedores científicos y científicas. Ellos son la verdadera razón de ser de este proyecto. Han demostrado que, cuando se confía en ellos,

responden con madurez, con esfuerzo y con ideas brillantes. Han aportado talento, curiosidad, creatividad y mucha ilusión. Han investigado, cuestionado y discutido hipótesis. Han fracasado y lo han vuelto a intentar. Y así es, precisamente, como se hace la ciencia.

Todos los que componemos RUVID les seguimos con ilusión. Queremos que vengan a nuestros centros, que ocupen nuestros laboratorios, nuestras bibliotecas, nuestras aulas. Queremos que investiguen, que innoven, que sueñen y que hagan realidad proyectos que todavía no podemos imaginar. Ellos son el futuro de la ciencia, de la investigación y de la innovación. Investigar no es sólo generar conocimiento: la investigación es humildad, curiosidad, ética, colaboración y compromiso con el bienestar común. Es, en definitiva, una actitud ante la vida que debemos mantener y promover siempre.

Desde RUVID, recibimos este galardón con gran satisfacción, pero también con una enorme responsabilidad. Por eso, hoy queremos manifestar nuestra voluntad inequívoca de seguir impulsando Sapiència, y de llevar la cultura científica a cada centro educativo de nuestra Comunitat. Queremos seguir despertando la curiosidad entre nuestros jóvenes y darles el espacio y los medios para explorarla. Queremos impulsar el talento joven y así ayudar a construir una Comunitat Valenciana donde la ciencia se viva y se ejerza, y desde donde seamos capaces de construir una sociedad más avanzada y justa.

Gracias, de todo corazón, a la AEC por acompañarnos en este viaje. Gracias por creer en nuestro joven talento. Y gracias, una vez más, por este honor que recibimos con humildad, con emoción y con esperanza.

JUAN MORA PASTOR

Presidente de la Red de Universidades Valencianas para el fomento de la I+D+i (RUVID)



Discurso de clausura del acto de entrega de placas de la AEC

Queridos investigadores, personas premiadas, autoridades, colegas y amigos. Llegamos al final de un acto que no sólo celebra la excelencia científica, sino que también pone de manifiesto algo esencial: nuestro país está lleno de personas capaces de dedicar su vida a buscar respuestas, incluso cuando las preguntas no están del todo claras. Y eso, en ciencia, suele ser una señal magnífica.

Hoy hemos reconocido trayectorias brillantes e investigaciones que abren caminos en ámbitos tan diversos como la neurobiología, la biotecnología vegetal, la tecnología de los alimentos, la comunicación científica o la geología. Hemos aplaudido también la energía imparable de jóvenes investigadores y el compromiso de quienes fomentan vocaciones científicas desde edades tempranas. Un ecosistema completo, diverso y sólido. Como debe ser.

Permítanme, en primer lugar, agradecer que este acto se celebre en nuestra casa, en la sede social y cultural de la Universidad CEU Cardenal Herrera (CEU UCH), el Palacio de Colomina, un espacio que simboliza nuestra vocación de servicio a la sociedad y nuestro compromiso con la generación y transferencia de conocimiento. Para nosotros, es un honor acoger esta XXVII edición de las Placas de Honor de la Asociación Española de Científicos (AEC).

Quiero transmitir este agradecimiento en nombre del Rector y de toda la CEU UCH, porque actos como este refuerzan nuestra convicción de que la ciencia no es sólo una actividad académica: es una responsabilidad compartida y una apuesta estratégica para el futuro de nuestro país.

Gracias también a la AEC por su organización impecable y por algo que nunca deberíamos dar por sentado: crear comunidad. Reunirnos, escucharnos, compartir avances y retos. En tiempos de tanta prisa y tanto ruido, esto vale oro.

A las personas reconocidas hoy, gracias. No sólo por lo que hacéis en laboratorios, despachos, aulas o en el campo —que ya es muchísimo—, sino por recordarnos que la ciencia española tiene músculo, talento y ambición. Vuestro trabajo inspira a quienes vienen detrás y también a quienes llevamos años en esta carrera de fondo llamada I+D+i. Permítanme subrayar el valor de la investigación y su divulgación y de quienes la impulsan. Porque de poco sirve generar conocimiento si no somos capaces de compartirlo con la sociedad que lo hace posible. La ciencia necesita puentes, y hoy hemos homenajeado a constructores de puentes magníficos.

Desde nuestra universidad seguiremos apoyando la investigación con la misma convicción de siempre: invertir en ciencia no es un lujo, ni un complemento, ni una concesión amable. Es una responsabilidad. Y es, además, la mejor apuesta de futuro para cualquier país que aspire a algo más que a mirar los avances de otros desde la barrera.

Gracias a todos y todas por acompañarnos esta tarde. Gracias por lo que aportáis, por lo que descubriste y por lo que aún está por venir. Sigamos trabajando juntos, sigamos haciendo preguntas difíciles y buscando respuestas aún mejores.

ALICIA LÓPEZ CASTELLANO

Vicerrectora de Investigación y Transferencia de la CEU UCH



De izquierda a derecha, Esther Gómez, Alicia López y Manuel Jordán.



UNIVERSITAS
Miguel Hernández

www.umh.es



VIDAL

BODEGAS Y DESTILERÍAS

www.bodegasvidal.com