

EDITORIAL

Compromiso ético e investigación responsable

Los Códigos de Buenas Prácticas Científicas engloban un conjunto de indicaciones sobre la práctica de la actividad científica, destinados a favorecer la calidad de la investigación realizada y a prevenir problemas de integridad en el comportamiento de los científicos, del personal investigador en formación y de los estudiantes que participan en actividades de investigación. Debo resaltar que su contenido es siempre complementario a lo que ya disponen las normas legales existentes y debe ser actualizado permanentemente por los Comités de Ética e Integridad en la Investigación.

Las Universidades, el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) y otros centros de investigación deben alinear dichos códigos a los nuevos requerimientos ético-legales, así como con el concepto de investigación e innovación responsable que define la Comisión Europea y con los principios y valores que emanan de la Agenda 2030, y los Objetivos de Desarrollo Sostenible de Naciones Unidas.

Además, en unos tiempos en la que hasta la producción científica se cuestiona, es importante profundizar en los conceptos que tienen como finalidad maximizar la integridad científica de personal investigador en formación. Les recomiendo prestar atención a dos documentos de referencia en integridad científica: el *Código Europeo de Conducta para la Integridad en la Investigación*, publicado por ALLEA (All European Academies) y *The Concordat to Support Research Integrity*, un acuerdo que busca proporcionar un marco nacional (Reino Unido), entre cuyos firmantes están las universidades, para garantizar la buena conducta en investigación.

Otro paso más en el concepto de integridad en la investigación es el concepto de «Investigación e Innovación Responsable» (IIR), que constituye un enfoque que anticipa y evalúa las implicaciones potenciales y las expectativas sociales con respecto a la investigación y la innovación, con el objetivo de fomentar el diseño de investigación e innovación inclusivas y sostenibles. La IIR implica que los actores sociales (investigadores/as, ciudadanos, administraciones,

empresas, etc.) trabajen juntos durante todo el proceso de investigación e innovación para alinear mejor tanto el proceso como sus resultados con los valores, necesidades y expectativas de la sociedad.

En la práctica, la IIR se implementa como un paquete que incluye la participación de múltiples actores y la ciudadanía en la investigación y la innovación, lo que permite un acceso más fácil a los resultados científicos, la incorporación del género y la ética en el contenido y proceso de investigación e innovación y la educación científica formal e informal.

La Comisión Europea describe la IIR como un marco que consiste en seis áreas de acción clave: compromiso público y participación ciudadana, acceso abierto, igualdad de género, ética e Integridad, educación científica y gobernanza. Las seis áreas clave se promueven a través de acciones integradas que promueven el cambio institucional, para fomentar la adopción del enfoque de IIR por parte de todos.

Los científicos y las científicas debemos tener presentes estas seis áreas de acción para su promoción y aplicación, en el ámbito de nuestras competencias y posibilidades, en nuestra actividad diaria, especialmente en las actividades de investigación o formación en investigación que realicemos.

La Asociación Española de Científicos (AEC) ha querido contribuir de la mano de la Escuela de Doctorado de la Universidad Miguel Hernández de Elche, el CSIC y la Fundación DRO a la formación en ética, integridad de la investigación y responsabilidad social organizando un curso intensivo en modalidad presencial y online los días 26, 27 y 28 de junio de 2024.

Manuel Jordán
Presidente de la AEC

Director: Manuel Jordán Vidal

Editor: Enrique Ruiz-Ayúcar

Consejo Editorial: Enrique de la Rosa, Alfredo Tiemblo Ramos, Pedro José Sánchez Soto



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, Alfonso Navas Sánchez,
Pedro José Sánchez Soto, Pilar Sánchez Testillano y Francisco Pardo Fabregat

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

Recuperación de metales pesados/aguas residuales.

Un nuevo vistazo a la economía circular

M.A. LUNA, A.C. ESPÍNDOLA, E.O. BUSTAMANTE

3

Divulgación científica para concienciar sobre la amenaza de las superbacterias

S. MAICAS, E.G. BIOSCA, J. ZUECO, H. RICO, R. GOZALBO,

A. NAVARRO, R. SALVADOR, E. SANJUÁN, E. CARBÓ,

J. SEGURA-GARCÍA, B. FOUZ

8

Importancia de la caracterización química y mineralógica de materiales cerámicos

I. GONZÁLEZ, L. TORO, C. BARBA-BRIOSO, P. CAMPOS,

A. ROMERO, A. MIRAS, D. MARTÍN, J. DELGADO, P. ORTIZ

15

Impacto económico y sociocultural de los e-sports

F. GÓMEZ-GONZALVO, P. MOLINA, J. VALENCIANO-VALCÁRCEL

23

RECENSIONES

La lógica y la imagen.

José Luis Caballero Bono y Jaime Vilaroig.

No todo vale. ¿Qué hace un científico hablando de ética?

Ana Delfina Martín Moreno.

27

IN MEMORIAM

José Lladó, 1935-2024

28

PLACAS DE HONOR DE LA ASOCIACIÓN

- Presidente de la AEC
- Amador Menéndez Velázquez
- Isabel González Díez
- María del Mar Malagón Poyato
- Sergi Maicas Prieto
- Santiago García-Cremades
- Instituto Geológico y Minero de España
- Vicerrectora de Estudiantes Universidad de Sevilla

29

Recuperación de metales pesados/aguas residuales. ¿Sólo un remedio? Un nuevo vistazo a la economía circular

MICHELLE ALEJANDRA LUNA JIMÉNEZ¹, ANA CECILIA ESPÍNDOLA FLORES^{1,2}, EDGAR ONOFRE BUSTAMANTE¹

¹ Instituto Politécnico Nacional-Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada, Unidad Altamira.

² Centro de Investigación en Petroquímica, Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Ciudad Madero.

INTRODUCCIÓN

Para el año 2015 los estados miembros de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) aprobaron la agenda 2030 [1], donde se contemplan 17 objetivos para lograr un desarrollo sostenible (figura 1). Dentro de los cuales, se considera la protección del planeta y sus recursos a través de la producción y consumo responsable y sostenible de los recursos naturales retrasando así el cambio climático.



Figura 1. Objetivos para el Desarrollo Sostenible, Agenda 2030.

En ese contexto, y considerando el uso del agua como uno de los pilares que sostienen los ejes transversales de la ONU y la recuperación y procuración del planeta, se tiene que: en el año 2014, se estima que se trató un 40 % de aguas residuales producidas en el país, del cual, el 47 % corresponden a aguas residuales domésticas.

La contaminación de uno de los recursos más importantes para el ser humano es un problema transcendental y, por lo tanto, se debe considerar la disminución de productos altamente contaminantes, buscar alternativas que sean más amigables con el medio ambiente, sin olvidar que en mayor o menor medida, lo que realmente se está haciendo, es remediar parte del daño que ya se ha ocasionado.

OBJETIVO GENERAL

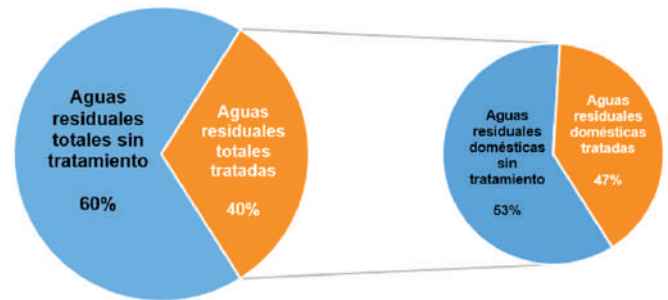


Figura 2. Porcentaje de aguas residuales totales tratadas y porcentaje de aguas residuales domésticas correspondientes al total de aguas tratadas.

Como objetivo general se tiene diseñar un método electroquímico que permita la recuperación de residuos de metales pesados, lo que permitirá que estos residuos sean dirigidos a una nueva aplicación basado en un modelo de economía circular, asimismo, el diseño del método propuesto permitirá la potabilización del agua para que pueda recircular dentro de un nuevo proceso de fabricación en alguna empresa o para que sea desechada de manera adecuada.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Dentro de los objetivos específicos se considera diseñar un método electroquímico que permita la recuperación de residuos de metales pesados para determinar su estructura y composición para que puedan ser dirigidos a una nueva aplicación; de la misma manera, se considera analizar el agua residual posterior a la recuperación de residuos de metales pesados para determinar si es viable reincorporarla en un proceso de fabricación de un producto, si es desechada o dirigida a un nuevo proceso de tratamiento.

Finalmente, se espera la implementación del método diseñado y su vinculación para que pueda ser empleado en diferentes industrias y que de esta manera se puedan determinar los beneficios económicos y ambientales.

SITUACIÓN ACTUAL Y EFECTOS EN

LOS SERES VIVOS

Con el paso de los años, la generación de aguas residuales ha incrementado (figura 3). Sin embargo, las cifras de agua residual colectada han permanecido relativamente

constantes (incrementos no significativos) desde el año 2003 a la fecha. Además, es importante mencionar que, si bien hay un incremento en la cantidad de aguas residuales tratadas, estas aguas no representan ni el 50 % del agua colectada, cifra que se vuelve aún más alarmante si se considera que el agua colectada no representa el total de las aguas residuales producidas.



Figura 3. Contaminación presente en el agua.

Dentro de los principales problemas que ocasiona la contaminación del agua se encuentran: la proliferación bacteriana y la formación de compuestos orgánicos y metálicos [2]. Si bien la proliferación bacteriana puede tener efectos fatales en los seres humanos, técnicamente es posible resolver las afectaciones que puedan presentarse siempre que los problemas sean detectados tempranamente para evitar consecuencias fatales.

Por otro lado, los compuestos orgánicos, que pueden describirse como todas aquellas sustancias en las que el carbono forma parte de su composición, y los compuestos metálicos, que son aquellos en los que un elemento o varios están unidos a otros elementos o grupos funcionales, pueden provocar problemas igual de graves que los provocados por las bacterias.



Figura 4. Posibles daños en el cuerpo humano derivados del contacto o ingesta de metales pesados.

No obstante, a diferencia de las infecciones bacterianas, las afecciones producto del contacto o ingesta de compuestos orgánicos y metálicos no son tangibles inmediatamente, aunque sí lo son progresivamente. Es decir, los signos o padecimientos aparecen después de un tiempo como consecuencia de la acumulación de estos compuestos (figura 4).

Por lo tanto, y desafortunadamente, los síntomas de estas afectaciones son asociados a otros padecimientos y en ocasiones tardío. Por lo que en repetidas ocasiones el daño es irreversible.

Los efectos de los contaminantes presentes en aguas residuales no solo afectan la salud de las personas, sino que también se ven afectados el suelo, las plantas y los animales [3, 4]. Al existir una afectación sobre diversos componentes de un ecosistema, el problema se vuelve aún más grave y trae consecuencias como lo es el cambio climático, extinción de especies, ecosistemas, entre otros. Es por ello que, el desarrollo de nuevas metodologías que posean como objetivo principal disminuir y si es posible evitar efectos adversos o daños al ecosistema, a los seres humanos y al planeta en general, son de gran importancia.



Figura 5. Representación de la ruptura de un ecosistema.

MÉTODOS CONVENCIONALES PARA TRATAR AGUAS RESIDUALES

En la actualidad, existen diferentes métodos que ayudan con el tratamiento de aguas residuales, dentro de los cuales se encuentran la adsorción, la precipitación y la flotación (figura 6).

ADSORCIÓN

Es uno de los métodos más baratos y eficientes, que considera casi los mismos parámetros que los métodos electroquímicos, excepto la aportación del potencial, que también tiene asociada una determinada corriente. Después de la recuperación de los metales pesados, el ánodo puede

ser reutilizado, pero necesita pasar por un proceso de desorción, y es aquí donde se encuentra la mayor problemática de esta metodología, ya que produce residuos altamente peligrosos para el medio ambiente y dicha desorción no es proceso fácil y cuando los contaminantes se encuentran en bajas concentraciones, la eficiencia disminuye [5, 6].

PRECIPITACIÓN

Mediante la adición de compuestos, las partículas suspendidas se conglomeran y posteriormente pueden ser removidas por sedimentación, este método ha mostrado una alta eficiencia de remoción de compuestos orgánicos, pero la eficiencia depende fuertemente de la insolubilidad de los compuestos formados, lo que significa que la mayoría de las veces, el agua no los disolverá. La solubilización de los compuestos formados tal vez no sea viable y, por lo tanto, no existirá la separación de los contaminantes recuperados ni de los compuestos precipitados.

Además, el parámetro más importante es el pH, así que, si la concentración de los contaminantes cambia, el pH se ve afectado y el experimento planteado debe ser modificado, y el proceso de regular el pH puede terminar con la formación de compuestos insolubles.

Otros métodos químicos como la coagulación y la floculación comparten este problema, los residuos terminan siendo más contaminantes que las partículas suspendidas que han sido recuperadas, incluso, los compuestos utilizados para la recuperación de las partículas suspendidas pueden ser más tóxicos que las partículas mismas [7, 8].

FLOTACIÓN

El método de flotación puede ser fácilmente descrito como una técnica en donde los contaminantes van a interactuar con microburbujas de aire, de tal manera que, se forman agregados de menor densidad, pero la efectividad

de este método se ve afectada si las partículas son ultrafinas y en determinado caso se requiere la utilización de un floculante. Por lo tanto, la ventaja de este método no podría compensar sus desventajas. Sin embargo, es posible evitar el uso de un floculante si el tamaño de las microburbujas de aire es reducido, pero la efectividad siempre dependerá del tamaño de la partícula y de su densidad [9, 10].

Sin embargo, estos métodos convencionales muestran ciertas desventajas a pesar de tener altas eficiencias de remoción de metales pesados. Por ejemplo, no siempre son eficientes para la remoción de compuestos orgánicos, pueden llegar a formar compuestos más tóxicos que los que se desean retirar y no pueden ser separados en los componentes elementales para poder ser aprovechados en otras aplicaciones.

Adicionalmente, la efectividad de estos métodos tradicionales también está directamente afectada por las condiciones específicas del medio a tratar, es decir, la eficiencia máxima está sujeta a un determinado pH, temperatura y concentración. Por lo que cualquier alteración en estos parámetros resulta significativa en la selección de los materiales que ayudarán en la remoción de los contaminantes.

Al respecto, los métodos electroquímicos, basados generalmente en aplicación de un potencial o corriente determinado, ofrecen una alternativa que posiblemente sea más amigable con el medio ambiente. Ofrecen altas eficiencias de remoción de metales pesados y de compuestos orgánicos, no forman complejos que no pueden disociarse, y si llegase a presentarse una alteración en los parámetros del medio, como concentración, pH o temperatura, fácilmente puede ajustarse la corriente o el voltaje de salida de la fuente de poder para que la eficiencia no se vea afectada.

Adicionalmente en un sistema optimizado el consumo de energía puede ser menor.



Figura 6. Métodos convencionales para tratamiento de aguas residuales.

MÉTODOS ELECTROQUÍMICOS PARA TRATAR AGUAS RESIDUALES

Los parámetros más importantes que intervienen en la mayoría de los métodos electroquímicos (figura 7) son: pH, densidad de corriente, temperatura, concentración de iones y el tiempo (tiempo en el que el ánodo es sumergido y en el que mantiene la mayor eficiencia).

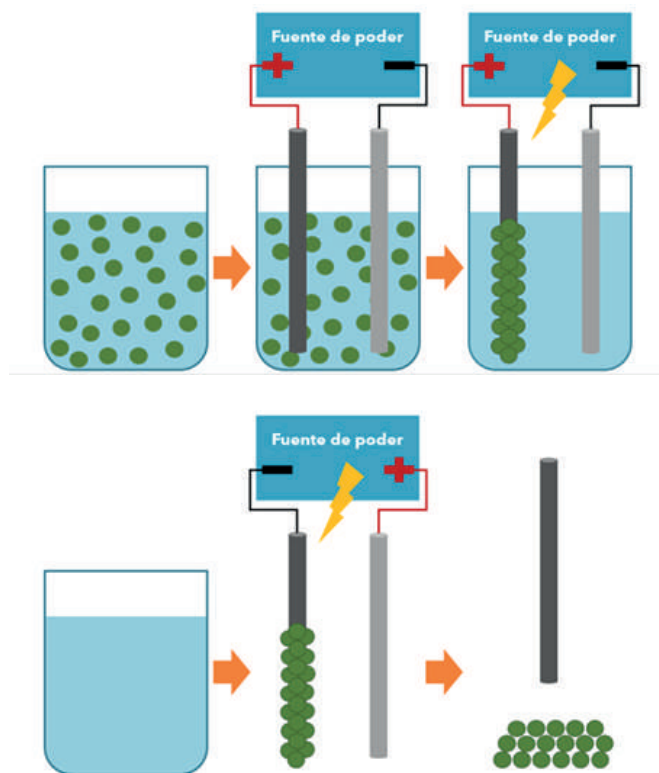


Figura 7. Representación del funcionamiento de los métodos electroquímicos.

ELECTROCOAGULACIÓN

Proceso electroquímico en el que, mediante la disolución de un ánodo, los coloides presentes en aguas residuales pueden ser removidos mediante métodos de flotación o sedimentación. Este proceso requiere la inmersión de dos electrodos, el electrodo de trabajo que funciona como ánodo y un electrodo de material inerte que funciona como cátodo, así como una fuente de poder a la que se conectarán los electrodos.

Mediante la aplicación de una diferencia de potencial, las reacciones de reducción en el cátodo y las reacciones de oxidación comienzan, lo que favorece la formación de hidróxidos insolubles, posteriormente, los contaminantes con cargas positivas o negativas (neutralización de cargas) serán retenidos [11].

La electrocoagulación es el método electroquímico más aceptado en la actualidad, produce pocos residuos secunda-

rios, tiene una alta eficiencia, no obstante, requiere de la constante adición de sustancias para que se transformen en coagulantes con la aplicación de voltaje o corriente. Alternativamente, diferentes métodos electroquímicos están siendo adaptados para poder ser empleados en la potencial remoción de diferentes contaminantes. La mayoría de estos métodos buscan la reducción total de los metales presentes mediante electrodeposición para posteriormente ser retirados mediante la aplicación de un barrido de potencial en reversa. Lo que permitirá reducir la cantidad de residuos secundarios con altas eficiencias.

VOLTAMETRÍA CÍCLICA

Esta técnica se basa en la aplicación de un sobre potencial a un electrodo de trabajo y su respuesta en corriente es analizada en dirección catódica y anódica. Cuando un barrido se hace en dirección anódica y se alcanza el potencial donde ocurre la reacción de oxidación la corriente se incrementa hasta que alcanza un valor máximo, lo que indica el consumo total de las especies presentes en la superficie del electrodo [12].

El desgaste del electrodo es la principal limitación de las técnicas electroquímicas, debido a que las soluciones terminan generando problemas más grandes, ya sea por la adición de iones, a la directa modificación de los parámetros de corriente y potencial, que llevan a una mayor producción de lodos, de aquí que otros enfoques permitan el desarrollo de una metodología más efectiva.

PULSO GALVANOESTÁTICO

La aplicación de esta técnica presenta ciertas ventajas sobre otras técnicas electroquímicas, debido a que esta técnica permite controlar la corriente aplicada, lo que reduce el ruido en las mediciones que son hechas en intervalos cortos de potencial. En general, el método de pulso galvanostático se caracteriza por aplicar un pulso de corriente anódica de intervalo corto y amplitud pequeña. Considerando que los parámetros se mantienen iguales a los ingresados en voltametría cíclica, el método de pulso galvanostático ofrece un método de fácil operación con resultados de fácil interpretación [13].

RESIDUOS VALORIZABLES

Dentro de cualquier descarga de aguas residuales industriales es común que las cantidades máximas de residuos sean excedidas, principalmente de metales pesados. En la industria del papel, existe la presencia de celulosa, materia prima del papel, contaminada con metales pesados y otros contaminantes, lo que vuelve imposible darle una nueva oportunidad de vida a este recurso que cada vez se vuelve más escaso. Por lo tanto, la implementación y desarrollo de metodologías alternativas como los métodos electroquímicos se vuelven extremadamente atractivas, debido principalmente a las bondades antes mencionadas y que permitirán a la celulosa tener otro ciclo de duración al igual que a

CONCLUSIONES

El concepto de economía circular está basado en que todos los recursos tengan una nueva oportunidad de cumplir un propósito (figura 8). De esta forma, puede usarse una vez más para el propósito con el que fue creado un producto, reciclar el material del que está compuesto un producto o para que el producto sin ser sujeto de alguna alteración cumpla con un propósito completamente diferente para el que fueron creados. De tal forma que un producto sea reutilizado hasta que pierda su integridad físico-química y no pueda ser aprovechado. Por lo tanto, mediante la implementación de nuevos métodos electroquímicos para el tratamiento de lodos residuales en la industria del papel, se ofrecería una nueva oportunidad a los residuos de celulosa, los compuestos orgánicos y metálicos que dichos lodos pueden contener y ser recuperados.



Figura 8. Elementos de la economía circular.

Las posibles aplicaciones para la celulosa van desde la fabricación de hojas de papel reciclado, aislantes de calor en la industria de la construcción, algún material didáctico y hasta compostado, mientras que los metales pueden ser incorporados a procesos de fabricación de nuevos objetos, comúnmente aparatos electrónicos. En este sentido, la economía circular se ha vuelto un concepto muy popular y debe entenderse que no solo habla del reciclaje que comúnmente conocemos en casa, sino que habla de escalar a procesos de producción masivos, que tienen un impacto significativo sobre el medio ambiente y gran influencia en la economía local, regional y nacional, otorgándole un valor económico a cada recurso obtenido.

REFERENCIAS

- [1] Iberdrola. (2021). *Qué es la Agenda 2030*. Iberdrola.
- [2] Ahmed, J., Thakur, A. & Goyal, A. (2021). *CHAPTER 1. Industrial Wastewater and Its Toxic Effects*. Chemistry in the Environment, 1-14.
- [3] Catalá, M. (2014, 11 diciembre). *Efectos de los metales pesados en las plantas*. Investigación en Salud Ambiental y Ecotoxicología.
- [4] Briffa, J., Sinagra, E. & Blundell, R. (2020). *Heavy metal pollution in the environment and their toxicological effects on humans*. Heliyon, 6(9), e04691.
- [5] C. Tejada-Tovar, A. Villabona-Ortiz y L. Garcés-Jaraba. *Adsorción de metales pesados en aguas residuales usando materiales de origen biológico*, Tecnológicas, 18, 34, 109-123, 2015.
- [6] Wu, Z., Zhang, H., Ali, E., Shahab, A., Huang, H., Ullah, H., & Zeng, H. (2023). *Synthesis of novel magnetic activated carbon for effective Cr(VI) removal via synergistic adsorption and chemical reduction*. Environmental Technology and Innovation, 30, 103092.
- [7] Hualpa-Cutipa, E., Acosta, R. A. S., Sangay-Tucto, S., Beíngolea, X. G. M. Gutierrez, G. T., & Zababurú, I. N. (2022). *Recent trends for treatment of environmental contaminants in wastewater: An integrated valorization of industrial wastewater*. En Elsevier eBooks (pp. 337-368). Elsevier BV.
- [8] Hansen, C. L., & Cheong, D. Y. (2007). *Agricultural Waste Management in Food Processing*. En Elsevier eBooks (pp. 609-661). Elsevier BV.
- [9] Taşdemir, T., & Taşdemir, A. (2023). *Optimization of floc-flotation process in the removal of suspended particles from wastewater in a Jameson cell using central composite design*. Journal of Water Process Engineering, 52, 103552.
- [10] Jing, G., Wang, J., Sun, W., Pooley, S., Liao, D., Shi, Z., Chen, Q., & Gao, Z. (2023). *Reuse of mine and ore washing wastewater in scheelite flotation process to save freshwater: Lab to industrial scale*. Journal of Water Process Engineering, 53, 103674.
- [11] El-Ashtoukhy, E. S., Amin, N., Fouad, Y. & Hamad, H. (2020). *Intensification of a new electrocoagulation system characterized by minimum energy consumption and maximum removal efficiency of heavy metals from simulated wastewater*. Chemical Engineering and Processing - Process Intensification, 154, 108026.
- [12] Bałczewski, P., Kudelska, W. & Bodzioch, A. (2008). *1,3-Dithioles*. Comprehensive Heterocyclic Chemistry III, 955-1090.
- [13] Schuhmann, W., Kranz, C., Wohlschläger, H. & Strohmeier, J. (1997). *Pulse technique for the electrochemical deposition of polymer films on electrode surfaces*. Biosensors and Bioelectronics, 12(12), 1157-1167.

Divulgación científica para concienciar sobre la amenaza de las superbacterias

SERGI MAICAS, ELENA G. BIOSCA, JESÚS ZUECO, HORTENSIA RICO, ROBERTO GOZALBO, ALFONSO NAVARRO, RUBÉN SALVADOR, EVA SANJUAN, ESTER CARBÓ, JAUME SEGURA-GARCIA, BELÉN FOUZ

Grupo Consolidado de Innovación Educativa en Microbiología de la Universitat de València.

INTRODUCCIÓN

Los antibióticos son uno de los mayores descubrimientos de la medicina moderna. En sus inicios, los profesionales de la salud no eran conscientes de las derivadas que podía tener ese avance médico si se usaban de manera indiscriminada. El fenómeno de la resistencia a los antibióticos se conocía desde su origen. La penicilina se introdujo en uso clínico en 1941, pero su inactivación por una cepa de la bacteria *Escherichia coli* con capacidad para inactivarla se remonta a un año antes (Abraham y Chain, 1940). En 1942, ya se encontraron cepas de *Staphylococcus aureus* productoras de penicilinas en pacientes hospitalizados (Rammelkamp y Maxon, 1942). El mal uso (ya sea por innecesario, por inapropiado o por ambos) de los antibióticos, su uso excesivo o el nivel inadecuado de exposición microbiana (modo y momento de administración, dosis, intervalo de dosificación, etc.) al tratar a pacientes durante los últimos casi 80 años, nos han llevado al borde de perder la guerra contra los patógenos bacterianos.

El resultado de todos estos factores es la situación que enfrentamos hoy, en la que la aparición de cepas resistentes a los antibióticos en casi todos los patógenos humanos está causando estragos (Burnham *et al.*, 2019). Indudablemente, la solución no solo requiere el desarrollo de nuevos medicamentos antimicrobianos que actúen a través de nuevos mecanismos y apunten a nuevos objetivos (Mulani *et al.*, 2019; Wang *et al.*, 2020), sino que también exige estrategias nuevas adicionales capaces de allanar el camino para avanzar, como el establecimiento de políticas adecuadas de gestión de antibióticos dentro de la comunidad médica, así como la concienciación social sobre la magnitud del problema que debemos abordar.

Aquí es donde iniciativas como la Small World Initiative (SWI), un proyecto de ciencia ciudadana que busca descubrir nuevos antibióticos y promover la cultura científica, que se originó en 2012 en la Universidad de Yale (Estados Unidos; Hernández *et al.*, 2015), o la red Tiny Earth (TE), un programa educativo dirigido por el Wisconsin Institute for Discovery de la UW-Madison (Estados Unidos), iniciado en 2018, que se esfuerza por forjar una red de instructores y

estudiantes centrados en la obtención de descubrimientos de antibióticos a partir de muestras de suelo, pueden ser cruciales cuando se trata de concienciar a la comunidad. Ambas propuestas abordan la propagación pandémica de la resistencia a los antibióticos al dirigirse a nivel individual a dos de sus raíces estructurales, a saber, la actual escasez en el desarrollo de nuevos medicamentos antimicrobianos terapéuticos y la falta de conciencia y comprensión del problema dentro de la población en general.

Ambos programas tienen como objetivo acercar la cultura científica y la investigación biomédica a niveles de educación preuniversitaria a través de una estrategia colaborativa, destinada a descubrir nuevos microorganismos que producen nuevos antibióticos a partir de muestras de suelo. Emulando el descubrimiento de la penicilina por Alexander Fleming, pero de manera organizada y participativa, los programas buscan involucrar a un gran grupo de voluntarios o a una comunidad, a través de una convocatoria abierta, con un doble objetivo. Por un lado, buscan alentar a los estudiantes a seguir carreras en ciencia, así como a tentarlos a convertirse en los científicos del mañana (Caruso *et al.*, 2016; Davis *et al.*, 2017). Además, al involucrar a la ciudadanía en el proceso de descubrimiento, aumentan considerablemente las posibilidades de encontrar nuevas moléculas bioactivas que podrían resultar útiles como terapéuticas. Ambas iniciativas están en curso en diferentes niveles educativos, en al menos 15 países e involucran a decenas de miles de estudiantes.

Para involucrar a los estudiantes en las experiencias de investigación en microbiología de SWI y Tiny Earth, se utilizó una estrategia educativa Aprendizaje-Servicio (Esson y Stevens-Truss, 2005; Webb, 2017). Esta propuesta educativa desarrolla tanto procedimientos de aprendizaje como servicio comunitario en un solo proyecto, ya que, al conectar la motivación con la experimentación, se mejora la formación de los estudiantes y, a su vez, se involucran en las necesidades reales de su entorno cercano con el objetivo de mejorarlo. Esta estrategia de aprendizaje aporta muchos beneficios pedagógicos y sociales a los estudiantes involucrados, mejorando su autoaprendizaje, compromiso académico y cívico, habilidades sociales y razonamiento moral (Esson y Stevens-Truss, 2005; Celio *et al.*, 2011; Lies *et al.*, 2012; Webb, 2017).

En julio de 2017, se creó la red SWI@Spain en la Universidad Complutense de Madrid (UCM), patrocinada por el grupo de Enseñanza y Difusión de Microbiología (DDM) de la Sociedad Española de Microbiología (SEM; Valderrama *et al.*, 2018), en la que SWI@Valencia de la Universitat de València (UV) participó como miembro fundador.

Actualmente, cerca de 40 grupos están trabajando en diferentes universidades de la Península Ibérica (España y Portugal), bajo el nombre común de MicroMundo, uniendo los esfuerzos de casi 100 instructores y un número aún mayor de escuelas de educación secundaria.

La iniciativa MicroMundo@Valencia se implementó en la UV en el curso académico 2017-2018, de manera similar a SWI@Spain/MicroMundo en la UCM (Valderrama *et al.*, 2018). Del mismo modo, los objetivos principales fueron: (i) generar sensibilidad hacia la resistencia a los antibióticos y la necesidad de concienciar sobre el problema en la sociedad en diferentes niveles educativos, (ii) despertar el interés por la ciencia a través del aprendizaje experiencial y el descubrimiento de bacterias que producen nuevos antibióticos, y (iii) fomentar la formación científica y el aprendizaje en ciencias mediante la cooperación mutua entre estudiantes de diferentes niveles educativos a través de un servicio comunitario.

En el curso 2018-2019, MicroMundo@Valencia también se trasladó a escuelas primarias, dentro del marco del programa *Proyectos Natura* de la UV. Este programa innovador busca unir el trabajo realizado por diferentes proyectos de ciencias naturales y mejorar la calidad de la enseñanza utilizando el ApS (Aprendizaje Servicio) como estrategia educativa, capacitando a estudiantes de diferentes niveles educativos de manera científica a través de sesiones adaptadas. El interés del proyecto radica en que la enseñanza la realizan estudiantes universitarios a estudiantes de secundaria, y posteriormente, estos últimos a estudiantes de primaria. Es una buena herramienta educativa, ya que los estudiantes universitarios refuerzan sus conocimientos al ser responsables de transmitirlos a los estudiantes de secundaria, mientras que estos últimos aprenden nuevos conceptos que también pueden transmitir a los estudiantes de primaria. De esta manera, el proyecto promueve la conexión de estudiantes universitarios con los de secundaria y primaria, lo que ofrece una oportunidad única para interacciones sociales e intelectuales entre ellos difícilmente alcanzables de otras maneras (Abrahamsen, 2004). Además, la implementación de *Proyectos Natura* en los diferentes niveles educativos implica la extensión y complementación del contenido curricular dentro de las asignaturas de biología y geología para el nivel de secundaria, y de ciencias naturales en el caso de la educación primaria.

Finalmente, para ampliar aún más la difusión de la iniciativa MicroMundo@Valencia en la sociedad, se llevaron a cabo diversas actividades extramuros, que incluyeron la participación en ferias científicas, igualdad de género y actividades infográficas para estudiantes de secundaria, reuniones científicas, así como diversas acciones comunitarias para lograr una cobertura mediática significativa. En este artículo, informamos sobre los resultados de nuestra participación como grupo MicroMundo en la Comunitat Valenciana, así como en actividades adicionales de divulgación fuera de la UV.

MATERIALES Y MÉTODOS

IMPLEMENTACIÓN DE MICROMUNDO@VALENCIA EN LA UV

Un grupo de profesores de los Departamentos de Microbiología y Ecología, Edafología, e Informática de la UV desempeñaron roles clave en la implementación del proyecto MicroMundo@Valencia. Los profesores de microbiología denominados reclutaron a estudiantes universitarios de microbiología de diferentes programas de licenciatura y másteres de la UV y les impartieron un curso de formación para convertirse en monitores. En paralelo, nos encargamos de contactar, reclutar y seleccionar a los socios participantes (escuelas públicas de educación secundaria), así como de obtener fondos de diversas fuentes de la UV.

PRÁCTICAS DE BIOSEGURIDAD

Dado que las actividades de este proyecto implicaban trabajar con microorganismos vivos, se adoptaron prácticas de bioseguridad para laboratorios de enseñanza (Emmert, 2013) y se enseñaron a los estudiantes para trabajar de manera segura, tanto en los laboratorios de Microbiología de la UV como en los laboratorios de ciencias de las escuelas, y para prevenir la posible propagación de los microorganismos. Todos los estudiantes tenían batas y guantes desechables, y los bancos de laboratorio o las mesas del aula se desinfectaban antes y después de cada sesión práctica. Además, los materiales de desecho derivados de cada sesión se recogían y autoclavaban en las instalaciones de la UV. Antes de realizar prácticas de ciencias, todos los estudiantes de las escuelas obtuvieron autorización de sus respectivos centros y padres o tutores.

CURSOS DE FORMACIÓN PARA MONITORES

Una vez seleccionados los alumnos, les explicamos las bases del proyecto en una charla de presentación, que se actualiza y expone anualmente al comienzo de cada curso para atraer a nuevos estudiantes de pregrado al equipo MicroMundo@Valencia.

Los alumnos reciben formación durante cinco sesiones teórico-prácticas en laboratorios con el apoyo de un manual adaptado de Hernández *et al.* (2015) y Valderrama *et al.* (2018). Estas sesiones prácticas incluyen: (1) explicaciones sobre resistencia bacteriana, muestreo de suelo y uso de una nueva aplicación de geolocalización; (2) dilución y siembra de muestras de suelo para el aislamiento de microorganismos; (3) observación de la diversidad microbiana del suelo, recuento de placas y selección de colonias; (4) prueba de actividades de antibiosis de microorganismos del suelo; y (5) observación de la antibiosis, interpretación de resultados y encuestas. Las cinco sesiones son similares a las realizadas posteriormente en las escuelas, adaptando los contenidos.

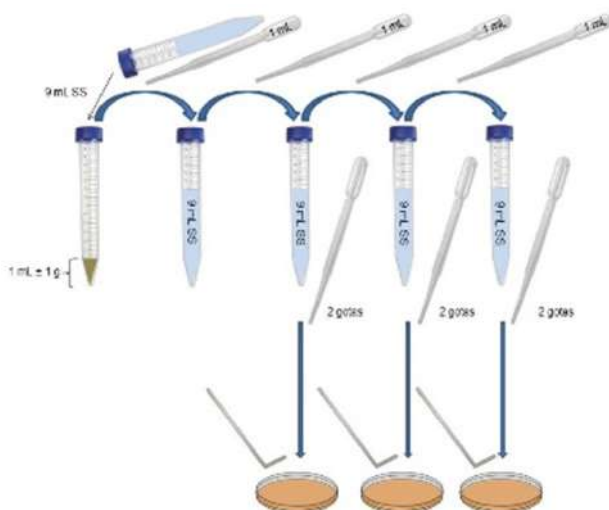
PRÁCTICAS DE CIENCIAS EN LOS INSTITUTOS

El proyecto consiste en cinco sesiones con una duración de aproximadamente 1 hora, separadas por al menos 2 días para permitir el crecimiento de los microorganismos del suelo a temperatura ambiente. Las sesiones se imparten en los laboratorios de ciencias de cada uno de los centros participantes. Los equipos de MicroMundo@Valencia proporcionan los medios de cultivo para bacterias, recipientes estériles y otros materiales. También se proporciona a los estudiantes un folleto editado con instrucciones.

A continuación, se resume el contenido de cada sesión.

Sesión 1: Explicaciones sobre Resistencia Bacteriana, Muestreo de Suelo y Uso de una Nueva Aplicación de Geolocalización

Esta primera sesión comienza con la presentación y moderación de un debate sobre el problema de la resistencia bacteriana a los antibióticos y su impacto socioeconómico. Esta presentación incluye una descripción de la metodología. Cada grupo de trabajo está compuesto por un profesor y 3-5 alumnos universitarios. En esta sesión, se proporciona material de muestreo e instrucciones sobre cómo elegir un buen lugar de muestreo a grupos de dos o tres estudiantes, normalmente programada un viernes para permitir a los estudiantes realizar un viaje durante el fin de semana a diferentes lugares de la Comunitat Valenciana para obtener muestras de suelo. Los estudiantes proporcionan datos adicionales relacionados con características ambientales a través de un formulario. Se proporcionan recipientes estériles tanto para las muestras de microbiología como para las de edafología. También se proporcionan instrucciones sobre la importante identificación de las muestras, utilizando un código que identifica a cada centro. El equipo universitario es responsable de la muestra, así como de su almacenamiento a temperatura ambiente. En las siguientes imágenes, se observan ejemplos de diferentes momentos del proceso.



Sesión 2: Dilución y Siembra de Muestras de Suelo para el Aislamiento de Microorganismos

Una vez recogidas las muestras de edafología, se inicia el trabajo de aislamiento de microorganismos del suelo a partir de las muestras de microbiología. Para ello, se añadieron 9 ml de agua estéril a 1 g de suelo y se realizaron diluciones seriadas de 10 en 10 hasta 10⁻⁵. Cien microlitros de las diluciones correspondientes se siembran en la superficie de placas de agar TSA (Insulab, Valencia, España) diluido 1/10 (TSA 1/10, con agar hasta el 1.5 %) usando un asa Digralsky. Las placas se dejaron incubar a temperatura ambiente en un lugar oscuro.

Sesión 3: Observación de la Diversidad Microbiana del Suelo, Recuento de Placas y Selección de Colonias

Tras 3 días de incubación, se inspeccionan las placas para asegurarse de que tengan colonias bien aisladas o entre 20 y 200 colonias para el recuento de placas. Las colonias individuales se transfieren a placas frescas de TSA utilizando palillos estériles. Hasta 20 colonias individuales se transfirieron a una sola placa colocada sobre una plantilla de rejilla para facilitar la identificación de colonias.

Sesión 4: Prueba de Actividades de Antibiosis de Microorganismos del Suelo

Las placas de TSA se inoculan hasta saturación con una bacteria estándar Gram positiva, *Bacillus cereus* CECT 101, o una bacteria estándar Gram negativa, *E. coli* CECT 495, y se dejan a 4°C durante la noche en el laboratorio de la UV para evitar el crecimiento, antes de devolverlas a los institutos. Los estudiantes transfieren las colonias aisladas en la sesión anterior a los céspedes en crecimiento de *E. coli* o *B. cereus* bajo la supervisión de los monitores. Para esto, se utilizan palillos estériles y las placas se colocan sobre la plantilla utilizada en la sesión anterior para que la distribución de los microorganismos del suelo en estas placas coincidiera con la distribución original de su primer aislamiento.

Sesión 5: Observación de la Antibiosis, Interpretación de Resultados y Encuestas

Tras 2 días de incubación a temperatura ambiente, las placas se observan contra una luz intensa en busca de halos de inhibición del crecimiento que identificaran fenómenos de antibiosis. Se comparan los diferentes efectos del mismo microorganismo del suelo en bacterias Gram positivas y Gram negativas en el contexto del espectro de los posibles antibióticos producidos. Los microorganismos del suelo

más prometedores se transfieren a placas frescas de TSA para obtener cultivos puros para su posterior caracterización y estudio. Se distribuyen cuestionarios de evaluación a profesores y estudiantes de secundaria y a los monitores, y se proporcionan comentarios a los profesores de las escuelas para preparar carteles y videos para el día de clausura del proyecto. Finalmente, todos los estudiantes y profesores de los institutos reciben un diploma para reconocer y agradecer su contribución.

PRÁCTICAS DE CIENCIAS EN PRIMARIA

Aunque el proyecto MicroMundo@Valencia se ha centrado tradicionalmente en el nivel de educación secundaria, en el curso académico 2018-2019 se implementó en estudiantes de una escuela primaria local a través de un *Proyecto Natura* en la UV con el objetivo de concienciar sobre el problema de la resistencia a los antibióticos desde el nivel de secundaria hasta el nivel de primaria. Los bloques temáticos relacionados con el proyecto para la educación secundaria en las asignaturas de biología y geología fueron «Organización celular», «Biodiversidad» y «Metodología científica». En el caso de la educación primaria, los bloques dentro de las ciencias naturales fueron *Los seres humanos y la salud* y *Los seres vivos*. Dentro de cada bloque, los estudiantes podían adquirir y practicar competencias clave, incluidas, entre otras, habilidades de comunicación lingüística, capacidades digitales, habilidades matemáticas y básicas en ciencia y tecnología, así como aptitudes sociales y cívicas.

Dos clases de sexto grado de educación primaria (10-11 años) de la escuela CEIP San Juan de Ribera (Burjassot, Valencia) participaron en el proyecto junto con un grupo de estudiantes de secundaria del instituto Vicent Andrés Estellés (Burjassot, Valencia). Los estudiantes de secundaria fueron capacitados por un profesor de Microbiología, bajo la supervisión de tres monitores, para actuar como monitores para los estudiantes de primaria a través de sesiones adaptadas. Con este fin, se planificaron cuatro sesiones, las dos primeras se centraron en la formación de los estudiantes de secundaria en su escuela, y las dos últimas en las clases prácticas para los estudiantes de primaria en su escuela. Las clases prácticas fueron más accesibles que las de la secundaria y se adaptaron a este nivel (10-11 años).

CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN

Se diseñó y desarrolló una aplicación Android (APP) para geolocalizar los sitios de recolección de las muestras de suelo, completar un formulario para caracterizar el sitio y etiquetar cada muestra. Una vez descargada e instalada en el teléfono o tablet, la APP envía la información recopilada con un formulario que solicita las condiciones ambientales de la recolección de la muestra y se envía mediante el protocolo POST a una hoja de cálculo en un servidor de Google que recopila esta información para ser procesada más tarde. También se redactó una guía para facilitar el uso de la aplicación. Además, la geolocalización de las muestras se utilizó para dibujar un mapa de los sitios de muestreo, con

el fin de mostrar toda la información disponible del formulario. El objetivo era que el procesamiento de las muestras proporcionara información sobre los microorganismos capaces de inhibir el crecimiento de bacterias de control (*E. coli* y *B. cereus*). Con esta información, se desarrollaron diferentes mapas utilizando técnicas de estadísticas espaciales, como la técnica de Kriging, para mostrar la presencia estadística espacial de estos microorganismos del suelo.

EDAFOLOGÍA

Dado que era importante conocer las características del suelo y su entorno para buscar posibles relaciones con la producción de antibióticos por parte de los microorganismos del suelo, un grupo de monitores participó en la sesión de suelo *Características fácilmente identificables del suelo y su influencia en sus habitantes microbianos*. El objetivo era aprender la importancia del suelo como recurso e identificar algunas características que pueden influir en el tipo de microorganismos del suelo. Los estudiantes trabajaron en el laboratorio de Edafología del Departamento con la muestra de suelo que habían llevado para realizar la práctica de MicroMundo@Valencia en el laboratorio de Microbiología. El tamaño y el número de la diversidad de especies de microorganismos del suelo dependen de varios factores, principalmente de las características físicas y químicas del suelo, como la textura, la humedad, el pH y el contenido de materia orgánica (Voroney, 2007; Mansour *et al.*, 2015). Estas propiedades del suelo se determinaron según los métodos de laboratorio oficiales del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA, 1994).

DISEMINACIÓN EXTRAMURAL

Feria de Ciencias Expociencia

Un grupo de profesores y monitores asiste todos los años a la feria de ciencias Expociencia, promovida por el Parc Científic de la UV, que se celebra en mayo. El objetivo es mostrar el proyecto a todos los niveles educativos utilizando esta plataforma. Se diseña un taller múltiple que constaba de dos secciones, una exposición y otra para manejar muestras. El taller de exposición consiste en sesiones de 5 minutos, adaptadas a la edad del público (niños, adolescentes o adultos) y mostraba la importancia del buen uso de los antibióticos, así como los peligros presentes y futuros de no hacerlo. Imágenes a continuación.

Actividades a favor de la Igualdad de Género

Un objetivo prioritario es difundir el proyecto tanto a nivel universitario como preuniversitario con una perspectiva de igualdad de género, aprovechando la iniciativa del #11 de febrero (Día Internacional de la Mujer y la Niña en la Ciencia). En este escenario, las estudiantes universitarias imparten charlas en institutos de la Comunitat Valenciana explicando el proyecto, tanto en términos de sus bases científicas como de la importancia de su propia participación como científicas en formación. Después de una sesión de presentación, se lleva a cabo un debate con la ponente, haciendo preguntas sobre sus experiencias. El objetivo es



doble: despertar el interés científico en la propuesta y motivar a las estudiantes universitarias a elegir carreras en ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM), ya que los análisis del futuro mercado laboral ofrecen perspectivas interesantes de desarrollo profesional para los estudiantes de estos grados (*Education and Training Monitor EU analysis*, 2019).

Divulgación en conferencias

Periódicamente, impartimos conferencias, mesas redondas y otras actividades en escuelas e institutos ubicados en la Comunitat Valenciana (en un radio de 150 km de la UV) bajo la sugerencia de la Cátedra de Unidad de Cultura Científica e Innovación para la Divulgación Científica de la UV. Además, organizamos sesiones de formación para profesores de secundaria, participando también en conferencias monográficas en las Semanas de la Ciencia en pueblos de la Comunitat Valenciana o ciclos de conferencias en centros científicos singulares (Instituto de Biomedicina de València, Ciudad de las Artes y las Ciencias de València, Planetario de Castelló).

DivulSuperBugs

Un grupo de estudiantes del grado de Biología en la UV preparó varias infografías con información sobre la crisis de los antibióticos, la resistencia antimicrobiana y superbacterias bajo la supervisión de uno de los profesores participantes. Las infografías fueron sometidas a un sistema de revisión por pares, donde se corrigieron errores y se proporcionó más información cuando fue necesario. El siguiente paso fue establecer relaciones didácticas entre las infografías y crear un sistema interconectado para darles forma como una exposición. Dos o tres estudiantes de la UV actuaron como monitores de la exposición en cada escuela. En primer lugar, se dio una breve explicación a los estudiantes de secundaria y pudieron visitar las infografías durante un período de 1 semana. Finalmente, se evaluó el aprendizaje directo mediante cuestionarios en el aula basados en juegos que involucran a los estudiantes (Kahoot, salas de escape, etc.) diseñados por los monitores. Finalmente, se realizaron encuestas anónimas para evaluar la actividad. En las imágenes, diferentes acciones DivulSuperBugs realizadas en Palermo (Italia), Mainz (Alemania) y Opole (Polonia).



CONCLUSIONES

La implementación de la iniciativa MicroMundo@Valencia en la UV ha aumentado la conciencia sobre el problema de salud pública que plantea la resistencia microbiana a los antibióticos en profesores y estudiantes universitarios, de secundaria y primaria que participaron en el proyecto en la Comunitat Valenciana, y ha permitido su participación activa en la búsqueda de soluciones. Como resultado, se han obtenido más de 10.000 aislamientos bacterianos a partir de

más de 500 muestras de suelo, aumentando las posibilidades de encontrar nuevos antimicrobianos. De hecho, algunos de estos aislamientos ambientales fueron capaces de inhibir el crecimiento de bacterias objetivo y podrían ser probados contra diversos patógenos en el futuro.

Además, la geolocalización de los sitios de muestreo combinada con el análisis de Kriging permitió la localización de focos de suelo con bacterias productoras de antibióticos, sugiriendo el potencial de la aplicación desarrollada para optimizar la investigación antimicrobiana en grandes regiones geográficas.

La evaluación del proyecto, basada en encuestas a los estudiantes, reveló que la mayoría adquirió los conceptos y habilidades científicas y pedagógicas esperadas, mejorando su capacidad de autoaprendizaje y su compromiso académico y social. Esto confirmó el Aprendizaje Servicio como una estrategia educativa poderosa que, a su vez, permitió que los estudiantes involucrados se convirtieran en un «cinturón de transmisión» para difundir la conciencia sobre el problema del abuso de antibióticos en la sociedad.

Además, el proyecto logró fomentar el interés de los estudiantes en la ciencia a través del descubrimiento de bacterias del suelo que producen antimicrobianos y permitió la cooperación mutua entre estudiantes de tres niveles educativos diferentes. Además, la implementación de esta iniciativa en una escuela primaria, como experiencia piloto, permite que los estudiantes de secundaria y primaria desarrollen competencias cívicas, sociales y científicas, entre otras.

Finalmente, MicroMundo@Valencia se ha extendido también a través de actividades adicionales de divulgación fuera de la universidad, generando sensibilidad en la Comunitat Valenciana hacia la crisis global de los antibióticos y aumentando la conciencia al respecto.

REFERENCIAS

Abraham, E. P., and Chain, E. (1940). *An enzyme from bacteria able to destroy penicillin*. *Nature* 146:837.

Abrahamsen, L. (2004). *Learning partnerships between undergraduate biology students and younger learners*. *Microbiol. Educ.* 5, 21–29.

Burnham, J. P., Olsen, M. A., and Kollef, M. H. (2019). *Re-estimating annual deaths due to multidrug-resistant organism infections*. *Infect. Control Hosp. Epidemiol.* 40, 112–113.

Caruso, J. P., Israel, N., Rowland, K., Lovelace, M. J., and Saunders, M. J. (2016). *Citizen science: the Small World Initiative improved lecture grades and California critical thinking skills test scores of non-science major students at Florida Atlantic University*. *J. Microbiol. Biol. Educ.* 17, 156–162.

Celio, C. I., Durlak, J., and Dymnicki, A. (2011). *A*

meta-analysis of the impact of service-learning on students. *J. Exp. Educ.* 34, 164–181.

Cressie, N. *Statistics for Spatial Data*. John Wiley: New York, NY, USA, 1993.

Davis, E., Sloan, T., Aurelius, K., Barbour, A., Bodey, E., Clark, B., et al. (2017). *Antibiotic discovery throughout the Small World Initiative: a molecular strategy to identify biosynthetic gene clusters involved in antagonistic activity*. *Microbiology Open* 6:e435.

Education and Training Monitor EU analysis (2019). (Accessed April 24, 2020).

Emmert, E. A. (2013). *Biosafety guidelines for handling microorganisms in the teaching laboratory: development and rationale*. *J. Microbiol. Biol. Educ.* 14, 78–83.

Esson, J. M., and Stevens-Truss, R. (2005). *Service-learning in introductory chemistry: supplementing chemistry curriculum in elementary schools*. *J. Chem. Educ.* 82, 1168–1173.

Hernández, S., Tsang, T., and Handelsman, J. (2015). *Small World Initiative: Research protocols*. Connecticut: Yale University.

Isaaks, E.-H.; Srivastava, R.M. *An Introduction to Applied Geostatistics*. Oxford University Press: New York, NY, USA, 1989.

Lies, J. M., Bock, T., Brandenberger, J., and Trozzolo, T. A. (2012). *The effects of off-campus service learning on the moral reasoning of college students*. *J. Moral Educ.* 41, 189–199.

Mansour, A., Zeinab, R., and Amanollah, Z. A. (2015). *Isolation and identification of Bacillus species from soil and evaluation of their antibacterial properties*. *Avicenna J. Clin. Microbiol. Infect.* 2, 1–4.

MAPA (1994). *Official methods for soil and water analysis*. Vol. 3. Madrid, Spain: Ministry of Agriculture, Fisheries and Food.

Mulani, M. S., Kamble, E. E., Kumkar, S. N., Tawre, M. S., and Pardesi, K. R. (2019). *Emerging strategies to combat ESKAPE pathogens in the era of antimicrobial resistance: a review*. *Front. Microbiol.* 10:539.

Rammelkamp, C. H., and Maxon, T. (1942). *Resistance of Staphylococcus aureus to the action of penicillin*. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.* 51, 386–389.

Valderrama, M. J., González-Zorn, B., de Pablo, P. C., Díez-Orejas, R., Fernández-Acero, T., Gil-Serna, J., et al. (2018). *Educating in antimicrobial resistance awareness: adaptation of the Small World Initiative program to service-learning*. *FEMS Microbiol. Lett.* 365 (17).

Voroney, R. P. (2007). *“The soil habitat” in Soil microbiology, ecology and biochemistry*. ed. E. A. Paul (London: Elsevier, Academic Press), 25–49.

Wackernagel, H. (2003). *Multivariate geostatistics: An introduction with applications*. 3rd Edn. Berlin, Germany: Springer.

Wang, C. -H., Hsieh, Y. -H., Powers, Z. M., and Kao, C. -Y. (2020). *Defeating antibiotic-resistant bacteria: exploring alternative therapies for a post-antibiotic era*. *Int. J. Mol. Sci.* 21:1061.

Webb, G. (2017). *A review of microbiology service learning*. *FEMS Microbiol. Lett.* 364 (4).

Importancia de la caracterización química y mineralógica de materiales cerámicos: Cuatrovitas y Plaza de España

GONZÁLEZ, I., TORO, L., BARBA-BRIOSO, C., CAMPOS, P., ROMERO, A., MIRAS, A., MARTÍN, D., DELGADO, J., ORTIZ, P.

Grupo de Mineralogía Aplicada de la Universidad de Sevilla

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el estudio químico y mineralógico en detalle de los materiales arqueológicos presenta grandes ventajas en la restauración de las piezas cerámicas, en la determinación de su autenticidad y en ocasiones se ha usado para conocer la época a la que pertenecen. El estudio sistemático de las piezas arqueológicas encontradas en un yacimiento o los azulejos de distintos lugares del patrimonio nacional e internacional puede conducir a resolver el origen de los materiales utilizados para su fabricación, cuáles han sido los procesos para ello, valorar la temperatura de cocción de los cuerpos cerámicos o, incluso, si su cocción ha sido excesiva.

En los últimos treinta años, la aplicación de técnicas científicas a la caracterización de materiales ha llegado a convertirse fundamental en la investigación arqueológica. El análisis de la cerámica, en particular, se ha beneficiado del desarrollo o aplicación de técnicas químicas, físicas y mineralógicas que han mejorado notablemente la información que se obtenía tradicionalmente de los materiales cerámicos mediante su descripción macroscópica y morfológica, proporcionando así una detallada información.

Numerosos autores han trabajado en el estudio de materiales cerámicos (González *et al.*, 1985, González García *et al.*, 1990, Cultrone *et al.*, 2005) y sus trabajos han conseguido un gran avance contribuyendo a la solución de problemas previamente considerados casi imposibles de resolver, como procesos de elaboración y procedencia de materias primas. A nivel nacional, la aplicación de métodos arqueométricos ha experimentado también un notable avance.

En el caso de la Arqueometría de materiales cerámicos españoles, la producción científica ha crecido notablemente y se ha establecido un marco metodológico de estudio estandarizado, con especial atención a la caracterización mineralógica y química de los materiales tanto para obtener un buen análisis semicuantitativo de las fases minerales aplicando el método de Rietveld como utilizando métodos

no invasivos entre ellos la fluorescencia y difracción de rayos-X portátil, dado el valor histórico y, a veces, artístico, que acompaña a piezas y fragmentos cerámicos de carácter arqueológico (De Soto *et al.*, 2012, González *et al.*, 2018, Pérez Monserrat *et al.*, 2019, Pérez Rodríguez *et al.*, 2021, Barba-Brioso *et al.*, 2024). Con el objetivo de establecer un procedimiento que permitiera la caracterización cuantitativa, por métodos no destructivos, de obras cuyo análisis por técnicas convencionales no era posible, Gómez Morón *et al.*, 2016, determinaron las concentraciones de los elementos químicos de los distintos colores de algunos vidriados utilizando un equipo portátil de fluorescencia de rayos-X (FRXP) y los resultados los compararon con los obtenidos en los mismos objetos por μ -FRX de laboratorio, obteniendo una buena correlación entre ellos.

Por todo lo comentado, la difracción de rayos-X se confirma como la técnica más importante de la Arqueometría cerámica independientemente del año de publicación (Cordero *et al.*, 2006). Otras técnicas que suelen utilizarse son la microscopía óptica y electrónica, la termoluminiscencia y la espectroscopia Ramman.

La información sobre la temperatura y la atmósfera de cocción es también de gran interés en el contexto arqueológico, ya que permite aproximar la técnica empleada y el periodo histórico en el que se realizaron las piezas, y todo ello puede estimarse a partir de los datos mineralógicos obtenidos de los fragmentos cerámicos. El color de la cerámica está relacionado con varios factores, como la naturaleza de la arcilla empleada, el contenido de óxidos de hierro, la materia orgánica presente o añadida, la textura, la temperatura y la atmósfera de cocción del horno (Castellanos *et al.*, 2012). En el caso de los vidriados, los colores estarán lógicamente condicionados por los elementos cromóforos utilizados (Pb, Cu, Sn, Fe, Mn...).

El Grupo de Mineralogía Aplicada de la Universidad de Sevilla, lleva trabajando desde los años ochenta en la caracterización de materias primas cerámicas utilizadas en construcción. En los últimos cinco años, han iniciado estudios de materiales arqueológicos en la zona de Cuatrovitas (Bollullos de la Mitación, Sevilla) y, en colaboración con la Universidad Pablo de Olavide, se está trabajando actualmente en la caracterización de los paños de la emblemática Plaza de España de Sevilla. En el último caso, se ha cubierto una primera fase de caracterización por las técnicas habituales, pero está previsto que se realicen análisis *in situ* de las cerámicas por técnicas no invasivas con equipos portátiles de FRX-DRX del CITIUS.

CUATROVITAS (BOLLULLOS DE LA MITACIÓN (SEVILLA))

Los materiales utilizados en Cuatrovitas fueron doce piezas cerámicas procedentes del período almohade de Al-Andalus. (Figura 1). La Ermita de Nuestra Señora de Cuatrovitas, junto al yacimiento, es la única construcción que se conserva de origen islámico. Numerosas son las piezas cerámicas repartidas por el entorno, que pueden ser especialmente visibles tras periodos de lluvia debido a que la escorrentía levanta la capa superficial del terreno y arrastra algunas de ellas hacia el cauce del pequeño arroyo adyacente. La citada ermita se trata de una mezquita reconvertida en templo cristiano.

El estudio arqueométrico de los diferentes restos cerámicos encontrados pueden contribuir al conocimiento de la cultura europea existente en la época medieval. Además, ha permitido conocer las canteras de donde se extrajeron los materiales utilizados para la realización de las piezas cerámicas (González *et al.*, 2018).

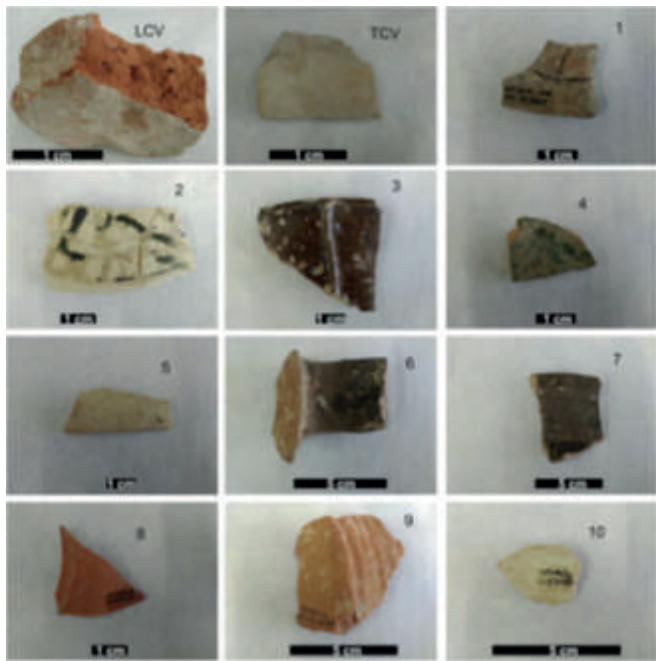


Figura 1. Piezas cerámicas del yacimiento arqueológico de Cuatrovitas.

La caracterización mineralógica de todas las muestras se realizó mediante difracción de rayos-X con difractómetro Bruker D8 Advance A25 (radiación $\text{Cu K}\alpha$, filtro de níquel, 20mA, 40kV) por el método de polvo. En el caso de las piezas arqueológicas, se efectuó una semicuantificación mediante la medida de la altura de los picos, en una primera aproximación, y, posteriormente, se realizó mediante Reference Intensity Ratio (RIR), método que utiliza corindón como patrón interno. Se obtuvieron buenos resultados y, por supuesto, de esta manera se han mejorado análisis

semicuantitativos de los años ochenta donde las tablas de composición mineralógica de las fases de alta temperatura se daban con valores aproximados o, incluso en algunas publicaciones de hace diez años, se cometen graves errores, como realizar un análisis semicuantitativo de estas fases utilizando los poderes reflectantes de Martín Pozas (1968), cuando, en ningún momento, dicho autor los definió para fases de alta temperatura. Este hecho puede llevar a errores en la interpretación de la temperatura de cocción o composición original de las materias primas.

En función de la composición mineralógica, se han diferenciado dos grupos:

a) GRUPO 1: muestras con presencia de minerales de alta temperatura como diópsido-anortita-gehlenita y bajos contenidos en calcita (TCV, 2, 3, 4, 5, 10). Podemos deducir que las materias primas de las piezas cerámicas probablemente serán ricas en Mg y Ca y, durante la cocción, se han formado nuevas fases minerales anortita, gehlenita y diópsido aproximadamente a 950 °C. La presencia de calcita, especialmente en la muestra 5, no es compatible con minerales de alta temperatura, por lo que se debe atribuir a pinturas ricas en calcita o a la formación de eflorescencias poscocción.

b) GRUPO 2: muestras con bajos contenidos de calcita y sin diópsido ni gehlenita (LCV, 6, 7, 8 y 9). Estas muestras podrían haber sido elaboradas a partir de materia prima con bajo contenido en calcita o que se hayan cocido a temperaturas entre 800 y 900 °C. En este rango de temperatura, la calcita no se ha destruido por completo y la gehlenita y la cal aún no se han formado.

La composición química de las muestras en las que no se disponía de suficiente cantidad (se determinó mediante microfluorescencia de rayos-X con el equipo Eagle III de la marca EDAX). Los porcentajes obtenidos por fluorescencia de rayos-X están de acuerdo con la composición mineralógica de las muestras. En el mapa tomado por microFRX de la muestra TCV, se observan granos compuestos principalmente por calcio (plagioclasas cálcicas o gehlenita) y otros formados de aluminio y potasio (feldespato potásico). (Figura 2).

El estudio arqueométrico de los diferentes restos cerámicos encontrados pueden contribuir al conocimiento de la cultura europea existente en la época medieval. Además, ha permitido conocer las canteras de donde se extrajeron los materiales utilizados para la realización de las piezas cerámicas (González *et al.*, 2018).

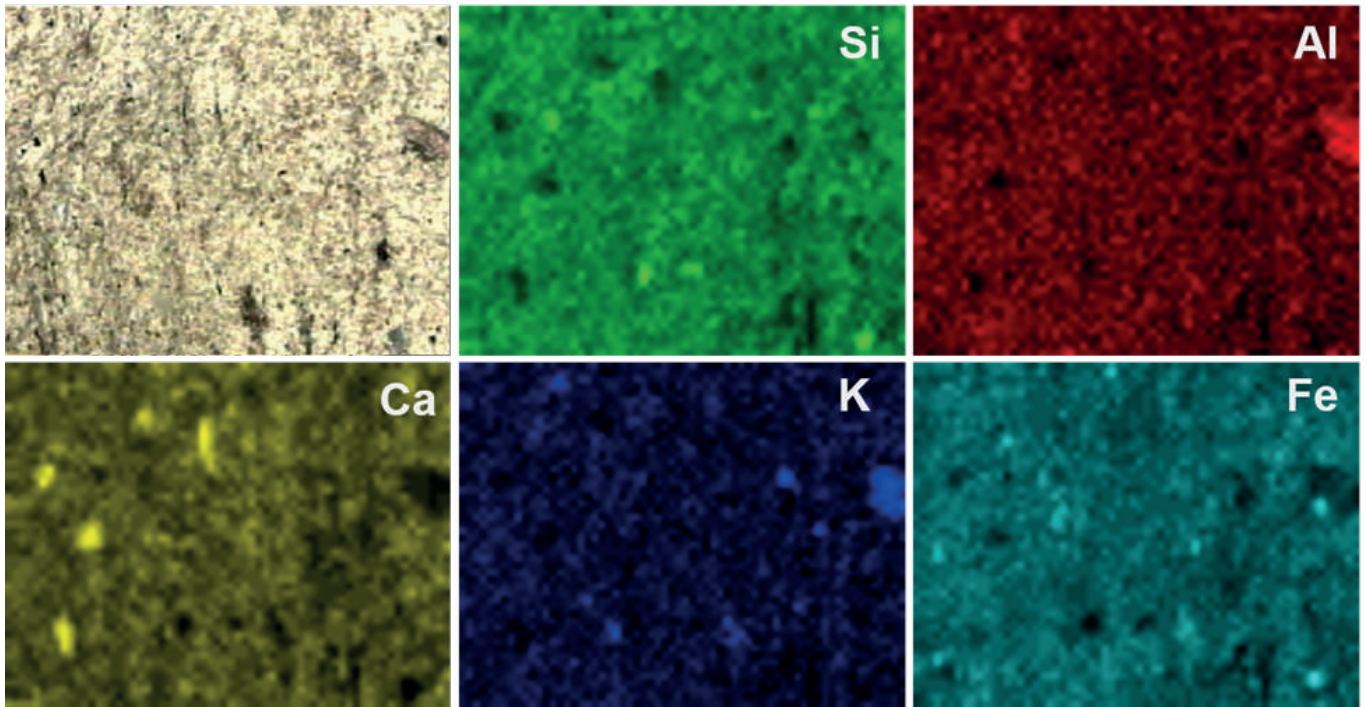


Figura 2. μ -FRX de la zona interna de la muestra TCV.

La microscopía electrónica de barrido ha permitido observar las texturas de las piezas arqueológicas y realizar análisis puntuales. El ladrillo LCV es homogéneo en su interior y composición, un hecho relevante es que se han observado diatomeas sobre la superficie del mismo (Figura 3). Esto hace suponer que posiblemente la fachada de la mezquita ha sido encalada con margas diatomíticas, que son rocas sedimentarias silíceas formadas por la acumulación de frústulas de diatomeas y suelen tener espículas de esponjas y otros materiales silíceos posiblemente de la zona de Sanlúcar de Barrameda.

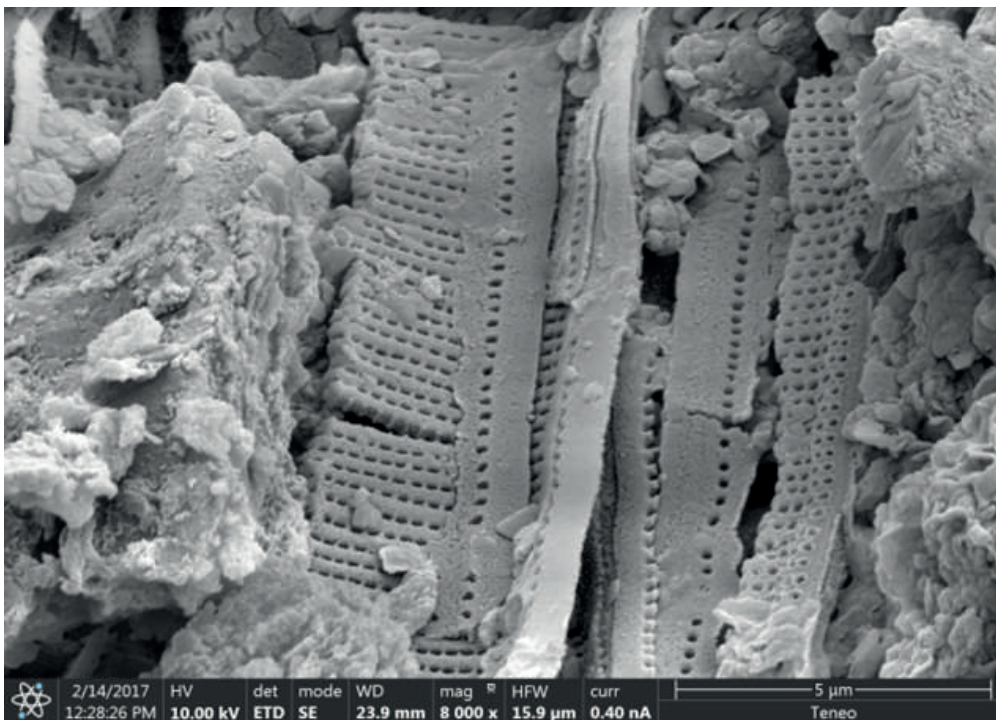


Figura 3. Microfotografía de diatomeas en la capa superficial del ladrillo LCV.

Las texturas observadas mediante microscopía electrónica de barrido (SEM) en el resto de piezas arqueológicas se pueden dividir en dos tipos de superficies, siendo una más porosa y otra vitrificada. Todas tienen una composición similar según análisis EDS, con altos contenidos en Si y Al, menores de Ca, Fe, Mg y Ti (Figura 4). Destaca la presencia de plomo en las muestras vidriadas con contenidos de PbO_2 de hasta 40 % en peso.

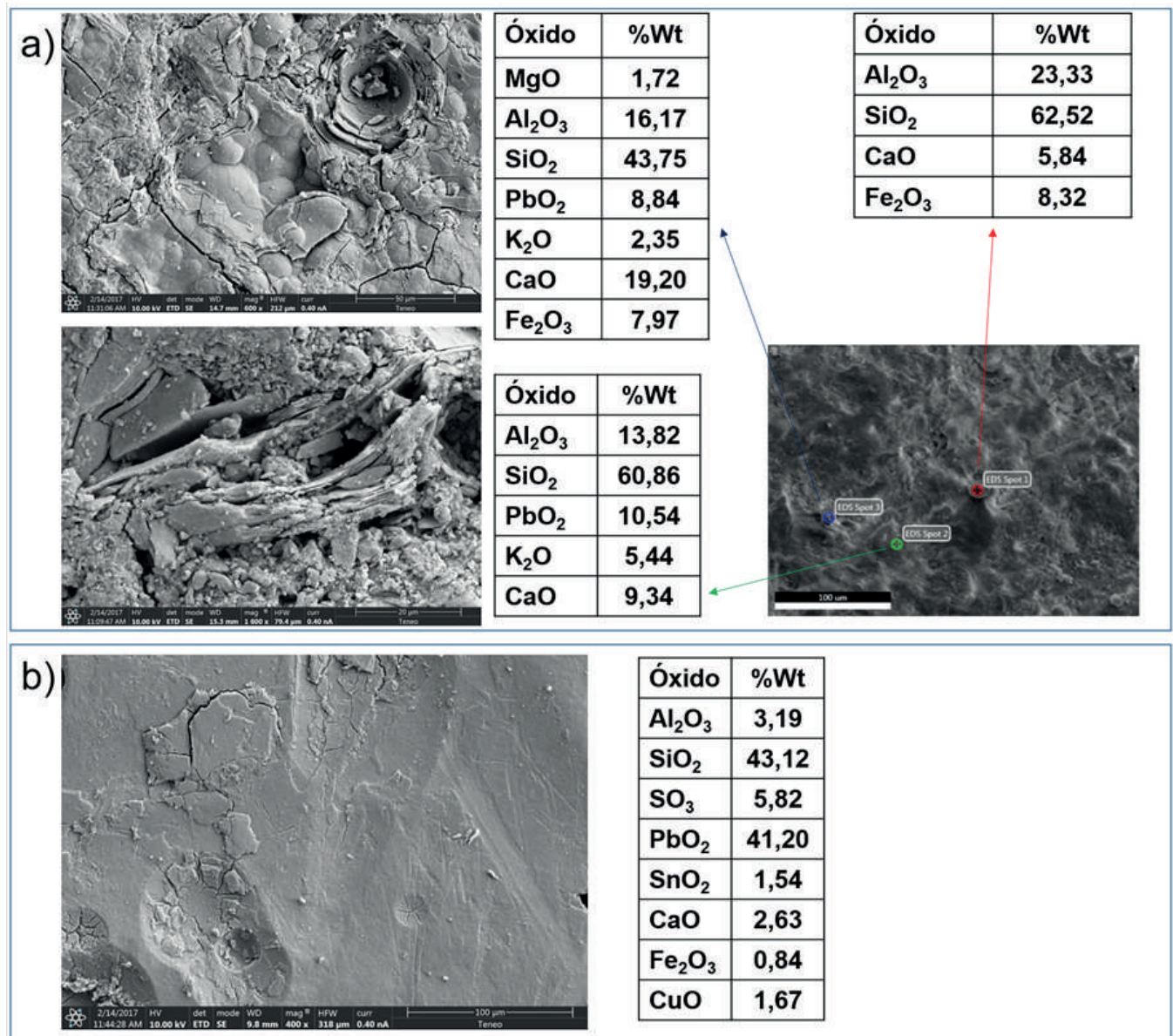


Figura 4. Imágenes SEM y análisis EDS de la muestra 2. a) Zona no vidriada, b) Zona vidriada.

Como se ha comentado en la introducción, la importancia de la caracterización mineralógica y química queda puesta de manifiesto ya que se pueden proponer las materias primas utilizadas, así como la temperatura de cocción.

Las muestras LCV y TCV provienen de un material inicial rico en cuarzo y feldespatos y pobre en minerales de la arcilla, así como con elevados contenidos en magnesio. La diferencia entre las dos piezas cerámicas es la temperatura de cocción. La temperatura del ladrillo debió ser menor de 700-800 °C, debido a que sigue habiendo calcita presente en la muestra y no se ha encontrado ninguna fase mineral de alta temperatura. Puede que la TCV tuviera calcita, pero se ha cocido a una temperatura mayor que LCV, porque se han formado nuevas fases minerales diópsido, gehlenita y kilchoanita.

Para la muestra 1 se puede proponer una temperatura de cocción menor de 700 °C debido a la presencia de carbo-

natos. La materia prima debía poseer alto contenido en carbonatos y bajo en filosilicatos. La muestra 2 debió cocerse también a baja temperatura, pues sigue conteniendo calcita. Además, el vedrío que posee en la superficie emplea el plomo como fundente. La utilización de este elemento indica que no puede cocerse a alta temperatura. Las muestras 3, 6 y 8 deben haberse cocido a temperatura baja, por debajo de los 800 °C.

Sin embargo, las muestras TCV 4 y 10 han debido cocerse a mayores temperaturas (≥ 900 °C), pues presentan fases minerales que se forman a altas temperaturas, tales como gehlenita, kilchoanita y wollastonita.

Para la producción de la muestra 5, probablemente fue utilizada una materia prima rica en magnesio, o con esmectitas como una de las fases minerales. La temperatura de cocción debió ser 800-850 °C.

PLAZA DE ESPAÑA (SEVILLA)

La Plaza de España (Sevilla, España) es un conjunto monumental único, perteneciente a la arquitectura regionalista, y una muestra de cómo los azulejos sevillanos pueden decorar uno de los monumentos más emblemáticos de la ciudad. De gran interés la bancada de azulejos en la que estaban representadas todas las provincias del país durante su construcción para la Exposición Universal del 29 en Sevilla. En algunos de ellos, no se pusieron las piezas originales y actualmente están guardadas en dependencias de la Delegación especial de Economía y Hacienda de Andalucía (Figura 5). En el resto, se han ido restaurando en función del deterioro ambiental o humano que han sufrido en estos últimos años.

La finalidad en la primera etapa del trabajo ha sido el estudio de caracterización de las piezas cerámicas (azulejos) por métodos convencionales lo que puede conducir a resolver el origen de los materiales utilizados (Figura 6). Dado el valor histórico-artístico que acompaña a estas piezas y fragmentos cerámicos, su estudio se puede ver limitado debido a la necesidad de conservar la integridad de la pieza (Figura 5). En un futuro inmediato, se usarán técnicas y procesos no destructivos como el análisis *in situ* de las

cerámicas por técnicas no invasivas con equipos portátiles de FRX-DRX y de FRX.

El análisis mineralógico se ha realizado por difracción de rayos X (DRX), por el método de polvo desorientado, con un difractómetro Bruker D8 Advance A25. Para ello, se utilizaron porta-muestras de carga lateral y se rodaron entre 3-70 °2θ en condiciones generales para una cuantificación con un error de ±5 %. La identificación de fases se hizo con el software Diffract Plus EVA (Bruker). Las cuantificaciones se realizaron usando el programa PROFEX v.4.3.6 mediante ajuste de parámetros Rietveld. Esta metodología de cuantificación se ha optimizado para este tipo de muestras y en todos los casos los parámetros de ajuste fueron buenos.



Figura 5. Paño de la provincia de Logroño conservado en las dependencias de la Delegación de Hacienda.



Figura 6. Muestras de azulejos de distintos paneles de la Plaza de España.

El análisis mineralógico se ha realizado por difracción de rayos X (DRX), por el método de polvo desorientado, con un difractómetro Bruker D8 Advance A25. Para ello, se utilizaron porta-muestras de carga lateral y se rodaron entre 3-70 °2θ en condiciones generales para una cuantificación con un error de ±5 %. La identificación de fases se hizo con el *software* Diffract Plus EVA (Bruker). Las cuantificaciones se realizaron usando el programa PROFEX v.4.3.6 mediante ajuste de parámetros Rietveld. Esta metodología de cuantificación se ha optimizado para este tipo de mues-

tras y en todos los casos los parámetros de ajuste fueron buenos.

La composición mineralógica de las muestras hace suponer un material original rico en cuarzo, filosilicatos y carbonatos, con feldespatos minoritarios. La temperatura de cocción ha sido entre los 950 °C y 1050 °C, ya que ha desaparecido la illita y se han formado nuevas fases minerales como gehlenita, diópsido, y wollastonita (Tabla 1).

MUESTRAS	CUARZO	PLAGIOCLASAS	WOLLASTONITA	GEHLENITA	DIOPSIDO	HEMATITES	CALCITA	ILLITA
PE-AP-003-2024	22	9	15	17	27	tr	5	
PE-AP-004-2024	23	16	12	13	30	tr	tr	tr
PE-AP-007-2024	24	11	10	13	25	tr	9	tr
PE-AP-008-2024	23	17	8	13	29	tr	7	tr
PE-AP-013-2024	28	25	10	14	16	tr	5	

Tabla 1. Composición mineralógica (%) de los fragmentos de azulejos en muestras seleccionadas (tr: trazas).

La composición química de las muestras se ha determinado mediante microfluorescencia de rayos-X con el equipo Eagle III de la marca EDAX. Los porcentajes obtenidos por fluorescencia de rayos-X coinciden con la composición mineralógica de las muestras. Se ha constatado que en el caso del bizcocho el material usado para la fabricación es fundamentalmente cálcico (Figura 7).

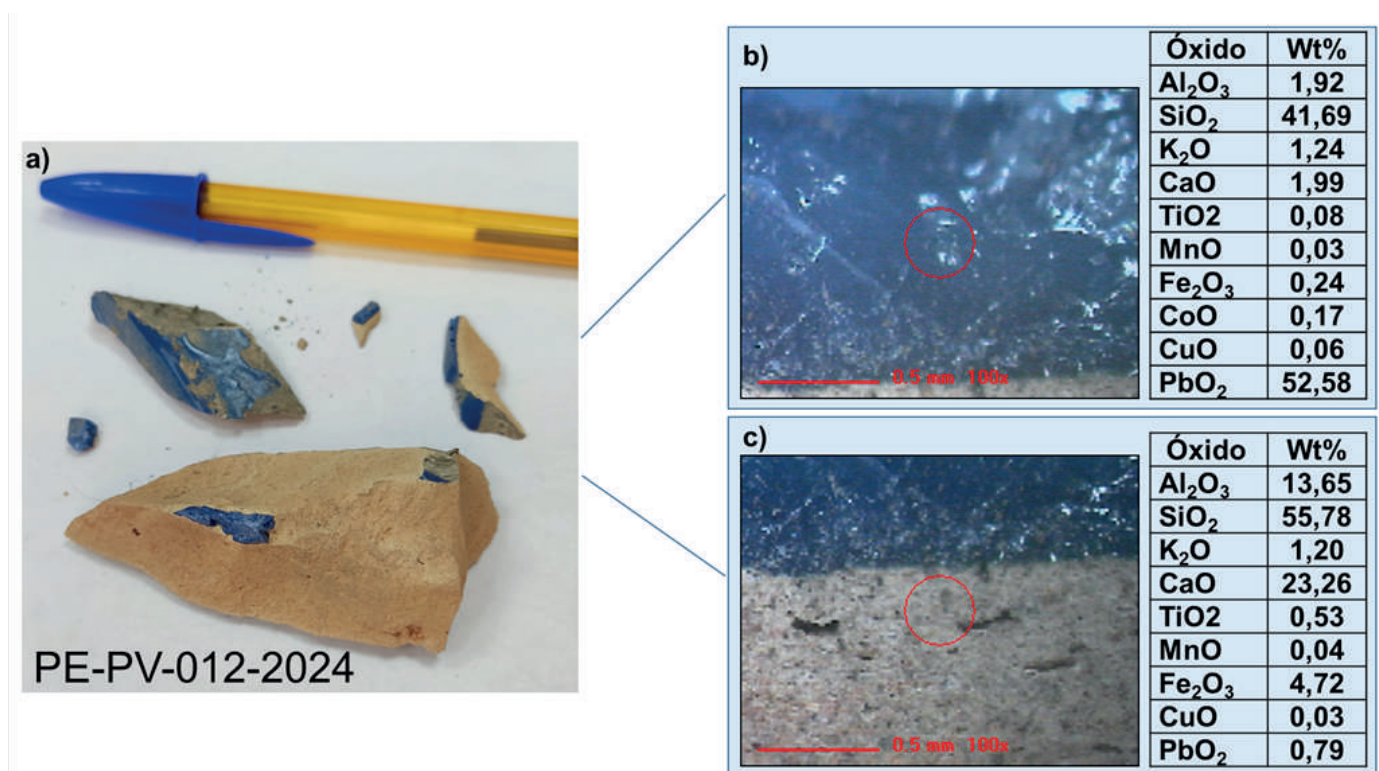


Figura 7. Muestra PE-PV-012-2024 (a) y análisis químico por μ -fluorescencia de rayos X de la zona vidriada (b) y del bizcocho (c).

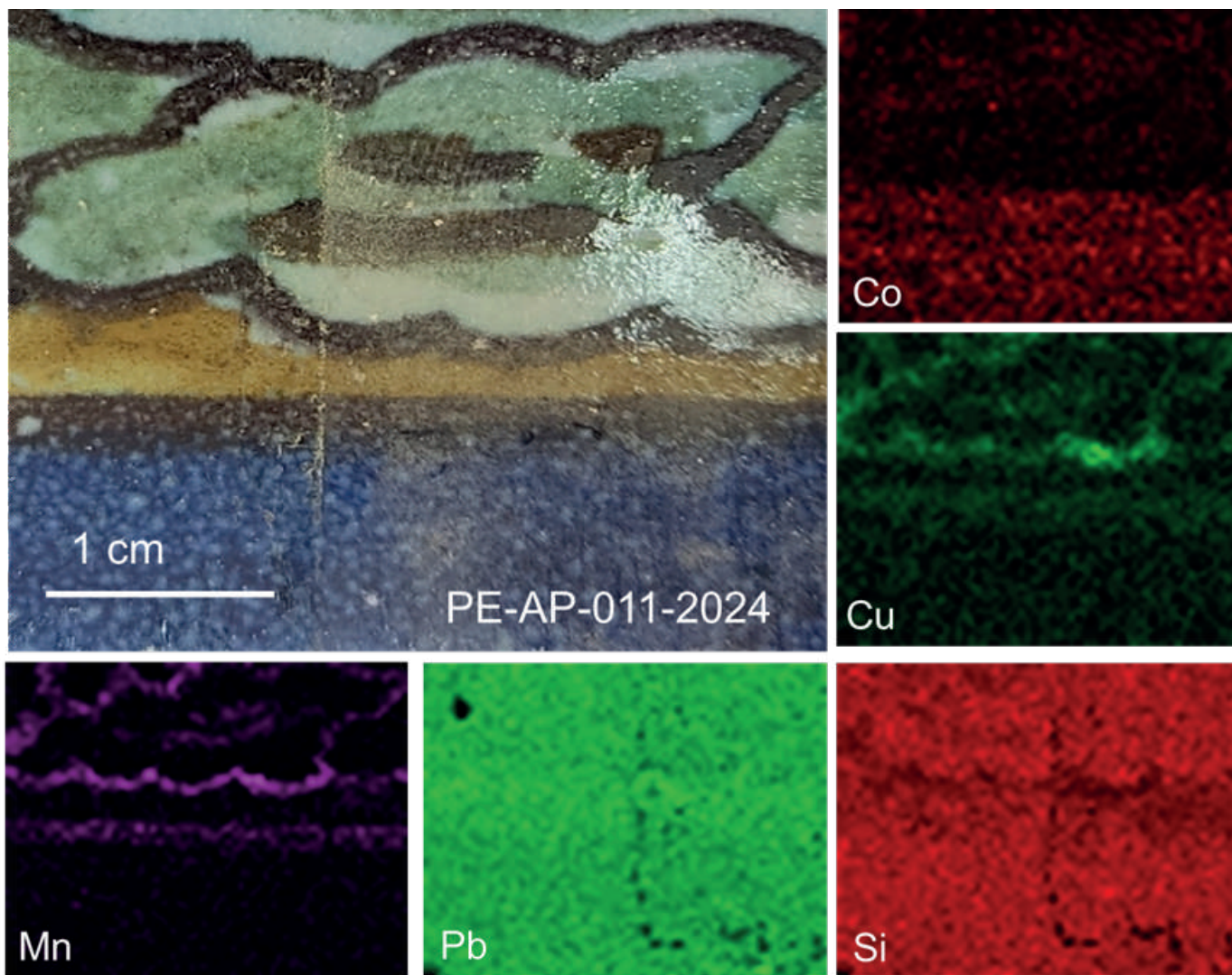


Figura 8. Mapa de la composición química obtenida por μ -FRX del vidriado para la muestra PE-AP-011-2024.

Los vidriados tienen plomo con porcentajes de PbO_2 en el intervalo 37-41 %. Los porcentajes de SnO_2 (3,73-4,38 %) son muy homogéneos en las muestras de las Figuras 8 y 9 (Tabla 2). El color verde se obtiene por la presencia de Cu combinado con una matriz vítrea rica en Pb, y el color negro por la adición de hierro y manganeso. El color melado se obtuvo por la adición de hierro sin cobre o manganeso. El color azul se obtuvo añadiendo cobalto (0,24 %).

El estudio al SEM ha permitido caracterizar inclusiones en la fase vítrea que se observan en el vidriado, en concreto las de morfología acicular se han atribuido a wollastonita.

Se observaron burbujas en el esmalte de algunas de las muestras vidriadas, posiblemente formadas durante su enfriamiento, debido a que los gases producidos durante fusión del vidriado no pudieron escapar fácilmente al exterior. Esto ha hecho que aparezcan poros abiertos en la superficie.

En esas vacuolas, se han identificado cristales de halita y yeso (posiblemente, añadido como sustrato o formando parte del cemento). La presencia de las sales altera el vidrio y pueden ser responsables de una mayor degradación de los materiales (Figura 10).

Colour	SiO ₂	SnO ₂	CaO	MnO	Fe ₂ O ₃	CoO	CuO	PbO ₂	Al ₂ O ₃	K ₂ O	TiO ₂	ZnO	ZrO ₂	Cr ₂ O ₃
Yellow	51.19	3.73	0.00	0.04	0.91	0.01	0.10	41.78	3.75	1.42	0.16	0.14	0.09	0.08
Green	53.00	4.38	0.00	0.05	0.55	0.04	0.12	39.98	4.01	1.41	0.15	0.14	0.09	0.12
Black	56.03	3.74	0.00	0.83	0.58	0.07	0.14	35.74	4.07	1.60	0.12	0.10	0.08	0.16
Blue	53.13	4.36	0.53	0.20	0.34	0.24	0.10	39.94	3.26	1.48	0.09	0.17	0.09	0.16
Red	52.09	4.06	0.00	0.04	0.73	0.03	0.11	40.88	3.88	1.41	0.15	0.14	0.09	0.10
White	54.51	4.06	0.00	0.44	0.56	0.06	0.13	37.86	4.04	1.50	0.14	0.12	0.08	0.14

Tabla 2. Composición química (%) de los distintos colores de los vidriados.

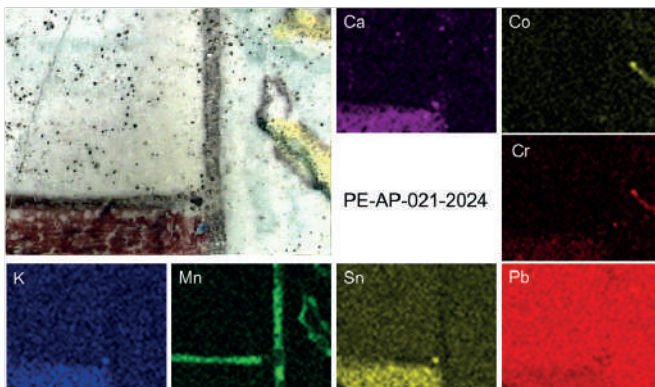


Figura 9. Mapa de la composición química obtenida por μ -FRX del vidriado para la muestra PE-AP-021-20244.

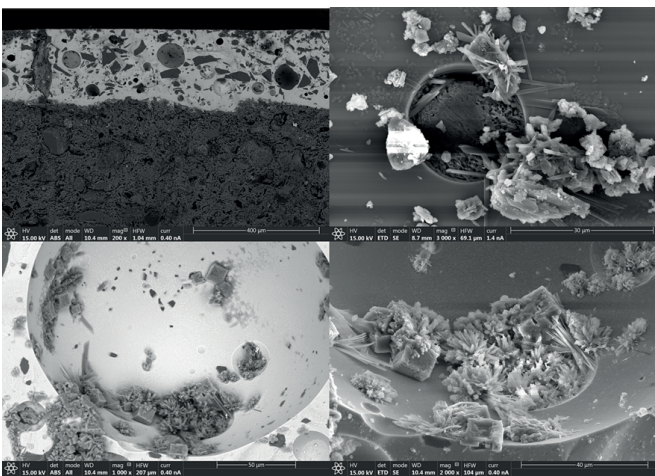


Figura 10. Microfotografías de la muestra donde se puede observar los intercrecimientos en el bizcocho y en la fase vítrea, y las vacuolas con crecimiento de yeso y cloruro sódico.

CONSIDERACIONES

Todo lo comentado pone de manifiesto la importancia de la caracterización mineralógica y química de los materiales cerámicos, ya que se puede conocer el origen de las materias primas utilizadas, así como su temperatura de cocción. Además, en el caso de los vidriados, la caracterización permite conocer el tipo de pigmentos empleados, y los posibles defectos para, una vez puestos de manifiesto, podamos realizar una buena reposición en los casos en los que sea necesario.

En un futuro próximo el uso de técnicas no destructivas, como la fluorescencia de rayos-X y la difracción de rayos-X portátiles nos dará información en aquellas piezas que por su valor artístico no se puedan destruir, de hecho está previsto que el equipo de investigación utilice dichas técnicas en los paños expuestos actualmente en la Plaza de España.

REFERENCIAS

Barba-Brioso C. Toro, L.; Ortíz, P.; González, I. *Study of the tiles of Plaza de España (Seville, Spain). A model for characterization and preventive conservation*. 2024. International Conference Glazed Ceramics in Cultural Heritage. Lisbon. 79.

Castellanos, O.M.; Ríos, C.A.; Ramos, M.A.; Plaza, E.V. *A comparative study of mineralogical transformations in fired clays from the Laboyos Valley, upper Magdalena Basin (Colombia)*. 2012. Boletín de Geología, 34, 1, 43-55.

Cultrone, G.; Rodríguez-Navarro, C.; Sebastián, E.; Cazalla, O; de la Torre, M. J. *Carbonate and silicate phase reactions during ceramic firing*. 2001. European Journal of Mineralogy, 13 (3), 621-634.

Cordero Ruiz, L.; García Sanjuán, V.; Hurtado Pérez, J.M.; Martín Ramírez, A.; Polvorinos del Río, A.; Taylor, R. *La arqueometría de materiales cerámicos: una evaluación de la experiencia andaluza*. 2006. Trabajos de Prehistoria 63. 1, 9–35.

De Soto García, R.; García Giménez, R.; De Soto García, I. *Estudio mineralógico de cerámica común de yacimientos Romanos en el Valle del Río Almar (Ávila)*. Revista de la Sociedad Española de Mineralogía, Macla. 2012, 16, 32-33.

Gómez Morón, A.; Polvorinos del Río, Á.J.; Castaing, J.; Pleguezuelo Hernández, A. *Cerámicas de Niculoso Pisano y análisis cuantitativo de vidriados por FRX portátil*. PH Investigación: Revista del IAPH para la Investigación del Patrimonio Cultural. 2013. 1, 17-39.

González, I.; Renedo, E.; Galán, E. *Materials for Structural Clay Products from the Bailen Area*. Clay Minerals in the Modern Society. Uppsala, Suecia. 1985. Clay Minerals in the Modern Society, 77-90.

González, I.; Romero, A.; Galán, E.; Miras, A.; Castilla, J.C.; Campos, P. *Ceramic materials from Cuatrovitas archaeological site (Spain). A mineralogical and chemical study for determining the provenance and the firing temperature*. 2018. Applied Clay Science. 166, 38-48.

González García, F; Romero Acosta, V.; García Ramos, G.; González Rodríguez, M. *Firing transformations of mixtures of clays containing illite, kaolinite and calcium carbonate used by ornamental tile industries*. 1990. Applied Clay Science, 5, 361-365.

Martín Pozas, J.M. *Análisis cuantitativo de filosilicatos de la arcilla por difracción de rayos X*. Tesis doctoral. Universidad Granada. 1968.

Pérez Monserrat, E.M.; Cultrone, G.; Rincón, J.M.; Perla, A.; Fort, R. *Multidisciplinary study of glazed ceramics from Chamberi Metro Station (Madrid, Spain): a knowledge base with technological and heritage value*. 2019. Applied Clay Science 175, 102-114.

Pérez-Rodríguez, J.L.; Robador, M.D.; Castaing, J.; de Viguierie, L.; Garrote, M.A.; Pleguezuelo, A. *Caracterización arqueométrica (físico-química y microestructural) de azulejos en el palacio mudéjar del Real Alcázar de Sevilla mediante métodos químicos cuantitativos no invasivos*. 2021. Bol. Soc. Esp. Ceram. 60, 4, 211–228.

El impacto económico y sociocultural de los *e-sports*

FERNANDO GÓMEZ-GONZALVO¹, PERE MOLINA², JAVIER VALENCIANO-VALCÁRCEL³

¹ Departamento de Ciencias de la Educación. Universidad CEU Cardenal Herrera.

² Departament d'Educació Física i Esportiva. Universitat de València.

³ Departamento de Didáctica de la Educación Física, Artística y Música. Universidad de Castilla-La Mancha.

INTRODUCCIÓN

Los deportes electrónicos, comúnmente conocidos como *e-sports*, se pueden definir como competiciones de videojuegos en los que varios participantes, en equipo o individualmente, juegan para vencer al rival mediante una serie de habilidades técnicas y tácticas al mismo tiempo que despliegan sus capacidades dentro del entorno virtual del videojuego (Molina *et al.*, 2019). Sin embargo, debemos tener claro que no todos los videojuegos pueden ser considerados como *e-sports*.

Aunque las competiciones de videojuegos se realizan desde hace décadas, las actuales competiciones de *e-sports* han experimentado un crecimiento exponencial en la última década debido a la posibilidad de enfrentarse en línea varios jugadores que no tienen que compartir el mismo espacio (Molina *et al.*, 2024). En este tiempo, se han convertido en un fenómeno global con impactos significativos en múltiples áreas, incluyendo la económica, la sociocultural y la deportiva. Sin embargo, este fenómeno tiene un rasgo generacional significativo, y es que los principales seguidores y consumidores de *e-sports* hoy en día son adultos jóvenes y adolescentes, o lo que es lo mismo, los consumidores principales pertenecen a las generaciones *millennial* y *Z*.

En paralelo al aumento de la popularidad que los *e-sports* tienen entre la juventud y a su auge como negocio, se ha desarrollado en los últimos años una aproximación de los *e-sports* y algunos otros videojuegos al ámbito de lo deportivo (Reitman *et al.*, 2020).

Así, el objetivo de este trabajo es exponer los principales escenarios en los que los *e-sports* están ganando influencia y mostrar los argumentos de debate sobre los *e-sports*.

EL ÁMBITO ECONÓMICO DE LOS E-SPORTS. VOLUMEN DE NEGOCIO, ESPECTADORES Y JUGADORES

Desde una perspectiva económica, los *e-sports* han mostrado un rápido crecimiento, con un aumento significativo en la generación de ingresos, la creación de empleo y la inversión en infraestructuras tecnológicas. En este sentido, la industria de los *e-sports* se ha expandido, en poco tiempo, hasta un límite que parecía impensable.

Esta expansión se ha producido principalmente gracias a la cantidad y diversificación de fuentes de ingresos que han desarrollado los *e-sports*, que incluyen desde la venta de derechos de transmisión pasando por ropa oficial, entradas a grandes eventos, ventas de videojuegos y publicidad hasta la compra o venta de jugadores de *e-sports*. En este sentido, Mendoza *et al.* (2023) señalan que tanto los jugadores profesionales como *amateurs* junto a los clubs de *e-sports* han contribuido sustancialmente a la expansión económica de estos a través de la participación en diversas competiciones de cierto nivel y reconocimiento. Para ello, la participación de jugadores referentes, a nivel mundial o nacional, de forma regular en estas competiciones han generado un fenómeno fan, similar a los deportistas profesionales, que ha producido un fenómeno de atracción de patrocinios y audiencias cada vez mayores.

En la actualidad, los *e-sports* son una realidad social que moviliza masas, a la vez que cifras astronómicas de dinero. Según la consultora Newzoo, una de las referencias en el sector, en el año 2023, los usuarios de videojuegos alcanzaron la cifra de 3305 millones de seguidores en todo el mundo, un 4,3 % más de jugadores que en el año 2022 y generaron unos ingresos de 184 mil millones de dólares, lo que supuso un incremento del 0,6 % respecto al año anterior en todo el mundo (Newzoo, 2024).

Por lo que respecta a los *e-sports*, esta consultora indica que la audiencia global de los deportes electrónicos alcanzó el año 2022 los 532 millones de seguidores en todo el mundo con un total de 261 millones de entusiastas, es decir, de seguidores frecuentes. Según Newzoo (2022), el mercado global de los *e-sports* generó en el año 2022 unos ingresos de 1380 millones de dólares y se estima que, durante ese año, uno de cada cuatro jóvenes en todo el mundo siguió y consumió *e-sports*.

Como indicábamos, los *e-sports* han transformado el negocio de los videojuegos convirtiéndose en un espectáculo para sus seguidores y, en un ámbito profesional, para muchos de sus jugadores, organizadores de eventos, comunicadores y otros agentes implicados. En la actualidad, se estima que hay 2700 millones de personas que juegan o han jugado a *e-sports* repartidos entre los cinco continentes. Esta cifra incluye a jugadores profesionales, que reciben un salario por jugar y competir en este tipo de eventos, pero también a todas aquellas personas que juegan a un nivel *amateurs*, es decir, que juegan y compiten como forma de ocio y entretenimiento sin recibir una contraprestación. Sin embargo, la mayor concentración de jugadores de *e-sports* se encuentra en la región de Asia-Pacífico con un 55 %, seguida de Europa, África y oriente medio con un 28 % de jugadores (Newzoo, 2020). Por lo tanto, podemos enmarcar el fenómeno de los *e-sports* como una manifestación global, pero con un gran arraigo en los países asiáticos y del Pacífico como China, Taiwán, Japón, Corea del Sur, Indonesia o Malasia entre otros.

LOS E-SPORTS Y LA TRANSFORMACIÓN CULTURAL

Desde un punto de vista antropológico, los juegos crean un vínculo sociocultural con las personas que los juegan de forma que son capaces de reflejar aquellas prácticas y valores socialmente aceptados por la diferentes generaciones y momentos históricos en las cuales se ponen de manifiesto las cualidades personales y sociales que tienen importancia para esa sociedad (Caillois, 2001).

Como indicábamos antes, existe un componente generacional en los *e-sports* que no podemos pasar por alto. Los *e-sports* han influido en la percepción pública del juego competitivo, transformándolo de un pasatiempo a una actividad reconocida y con cierto prestigio entre la juventud a nivel profesional. En este sentido, Bascón-Seda y Rodríguez-Sánchez (2020), destacan cómo los *e-sports* han sido incorporados en la cultura popular, afectando a la identidad y los valores de los jóvenes incorporando las prácticas y cultura extraídas de este ámbito social a su vida diaria a través de expresiones, modos de interacción o en la creación de referentes culturales y, también, desafiando las nociones tradicionales de deporte y competición.

No debemos olvidar que estas competiciones de videojuegos se han generado en un momento histórico concreto y tras la culminación de unos avances tecnológicos que las han propiciado.

Nuestra sociedad vive inmersa en la tecnología de forma que esta se ha convertido en un elemento principal de la forma de vida y de socialización de las personas, lo

que ha dado lugar a que las habilidades y capacidades relacionadas con el uso de la tecnología adquieran un valor fundamental.

Tal y como señalan Molina *et al.* (2024), el deporte se genera en una sociedad industrial que la que se valoraba enormemente las capacidades, las destrezas y habilidades físicas materializadas en el trabajo físico que se realizaba principalmente en el campo o en las fábricas. En contraposición, en la sociedad digital del siglo XXI se valoran otro tipo de habilidades y capacidades de las personas que son necesarias para la socialización en la era digital como la inmediatez, la toma de decisiones, la ubicuidad, el manejo de datos a gran escala, el uso de diversas herramientas digitales o la rapidez de adaptación a contextos cambiantes e inciertos (Harari, 2017), por lo que parece que era cuestión de tiempo que se generara una actividad humana donde se pusiera de manifiesto el dominio de estas nuevas habilidades.

Por otro lado, los videojuegos que conforman los *e-sports* han sobrepasado la línea del entretenimiento para convertirse en una plataforma de interacción y escaparate social, ofreciendo oportunidades para el fomento de las relaciones sociales, así como el desarrollo de habilidades dentro de un entorno virtual.

Los *e-sports* permiten a personas con una amplia diversidad participar en competiciones, por lo que es una forma de promoción e inclusión social ya que la interacción virtual permite reducir las limitaciones corporales, los diferentes niveles socioeconómicos a la hora de la competición y elimina las barreras espacio temporales. Así, las competiciones de videojuegos y de *e-sports* se están convirtiendo, en un sentido inclusivo, en un acontecimiento social en el cual todo el mundo puede participar debido a que la interacción entre los participantes, al realizarse en un mundo virtual, limita las diferencias físicas que pudieran existir. En este sentido, podrían competir con mayor igualdad de oportunidades cualquier persona sin importar el nivel de discapacidad, el sexo, la altura, el peso, la edad o el país de residencia.

Por último, ha sido ampliamente debatido desde los ámbitos académicos y sociales la necesidad o no de integrar a los *e-sports* como un deporte más. Sirva como ejemplo que se ha propuesto en varias ocasiones la inclusión de los *e-sports* como un deporte olímpico, aunque solo han sido relegados a las exhibiciones previas en los Juegos Olímpicos de Tokio 2021 o en los de París 2024. También se ha considerado su incorporación en los Juegos de la Commonwealth de 2026 pero, por el momento, no se ha materializado ninguna de estas propuestas. A pesar de que existe un reconocimiento de los *e-sports* en plataformas deportivas internacionales, lo cierto es que el posicionamiento de las entidades deportivas internacionales es claro y no se le ha permitido definirse como tal.

En esta línea, se vienen desarrollando posturas enfrentadas sobre si los *e-sports* son un deporte y deben considerarse como tal o, por el contrario, no son un deporte y no deben ser considerados de esta manera. Los argumentos a favor y en contra se han centrado en diversas temáticas como nivel de actividad física existente en los *e-sports* en comparación con los deportes y en que conceptualmente los *e-sports* no cumplen con los elementos necesarios para ser considerados deportes desde un punto de vista conceptual.

Hay autores (Rosell-Llorens, 2016 y 2017; Jonasson 2016; Skubida, 2016), que defienden que en algunos *e-sports* los niveles de actividad física que alcanzan los participantes son similares al mismo que se pretende simular en los videojuegos como es el caso del automovilismo y el motociclismo.

Además, se ha argumentado que hay deportes con un bajo nivel de actividad física como, por ejemplo, el golf o el tiro con arco, que son deportes, incluso reconocidos como deportes Olímpicos. En comparación con los *e-sports*, estos deportes tienen niveles de actividad física similares. Los detractores de considerar a los *e-sports* como deporte indican que, efectivamente, hay deportes que tienen un nivel bajo o moderado de actividad física, pero que la mayoría de los deportes tienen un gran componente motriz y de alta intensidad y, en comparación con los *e-sports*, son muy pocos videojuegos en los que se alcanzan altas intensidades de actividad física.

Otro argumento de los defensores de los *e-sports* como deporte ha sido la existencia de deportes con un alto componente cognitivo donde se desarrollan las tácticas para ganar al oponente como el ajedrez, que está reconocido en la actualidad como deporte por el Comité Olímpico Internacional. Por similitudes, los defensores de los *e-sports* han señalado que éstos, sobre todo refiriéndose a videojuegos donde la estrategia es un elemento fundamental para alcanzar el éxito, requieren de un proceso complejo de organización de la información, así como la toma de decisiones con diferentes datos para vencer al rival en la partida.

Algunos autores han señalado las diferencias existentes en los *e-sports* en comparación con los deportes según el «lugar» donde se desarrollan. Así, se ha señalado que en los deportes se realizan las acciones en el mundo real mientras que en los videojuegos estas acciones se transmiten a una pantalla y a un mundo virtual (Holt, 2016). Este ha sido uno de los elementos fundamentales para no considerar los *e-sports* como deporte entre sus detractores. Parry (2019), indica que la diferencia entre la ejecución e interacción de los deportistas, que se realiza en un espacio físico compartido y donde la interacción se hace en ese mismo espacio físico, es fundamental para conceptualizar los deportes. Es decir, los deportes se realizan en un espacio y tiempo físico donde las acciones que realiza un jugador tienen un efecto

inmediato en el resto de los jugadores y en el propio espacio y tiempo que se comparte. Por el contrario, en los *e-sports* y los videojuegos las acciones de los jugadores se ejecutan en el mundo real, pero sus consecuencias son trasladadas a un mundo virtual donde la interacción se realiza mediante avatares, pero nunca directamente entre los jugadores.

Otro de los elementos fundamentales para considerar a los *e-sports* como deportes son las instituciones que regulan las normas, promueven las competiciones y aplican la normativa. En el caso de los deportes, los detractores de los *e-sports* argumentan que son las federaciones deportivas, bien locales, nacionales o internacionales de cada deporte, las que asumen ese compromiso con la sociedad y promueven la práctica deportiva de forma libre, es decir, nadie tiene que pagar por jugar a fútbol o baloncesto porque estas actividades no están restringidas por derechos de propiedad.

Sin embargo, las instituciones que regulan la participación y las normativas en el caso de los *e-sports* son empresas privadas con ánimo de lucro que, como consecuencia, obtienen un beneficio económico de la propia práctica. En otras palabras, los videojuegos que se han convertido en *e-sports* están protegidos por derechos de propiedad intelectual e industrial y su uso conlleva un desembolso por parte de los participantes.

Esto ha sido especial objeto de crítica entre los detractores de los *e-sports* como deporte puesto que existe un interés en los *e-sports* como negocio y se señala que la intención de la industria del videojuego a la hora de introducir a los *e-sports* como un deporte tiene un interés económico más que uno social. En otras palabras, que se acepte a los *e-sports* como deporte abre la puerta a la industria a obtener cierto reconocimiento y prestigio social ante los usuarios y los potenciales usuarios puesto que se asociará a los *e-sports* con una actividad positiva desde un punto de vista social y, por otra, este reconocimiento como deporte permitiría a los *e-sports* y a su industria estar en disposición de obtener subvenciones del estado para la promoción de su deporte.

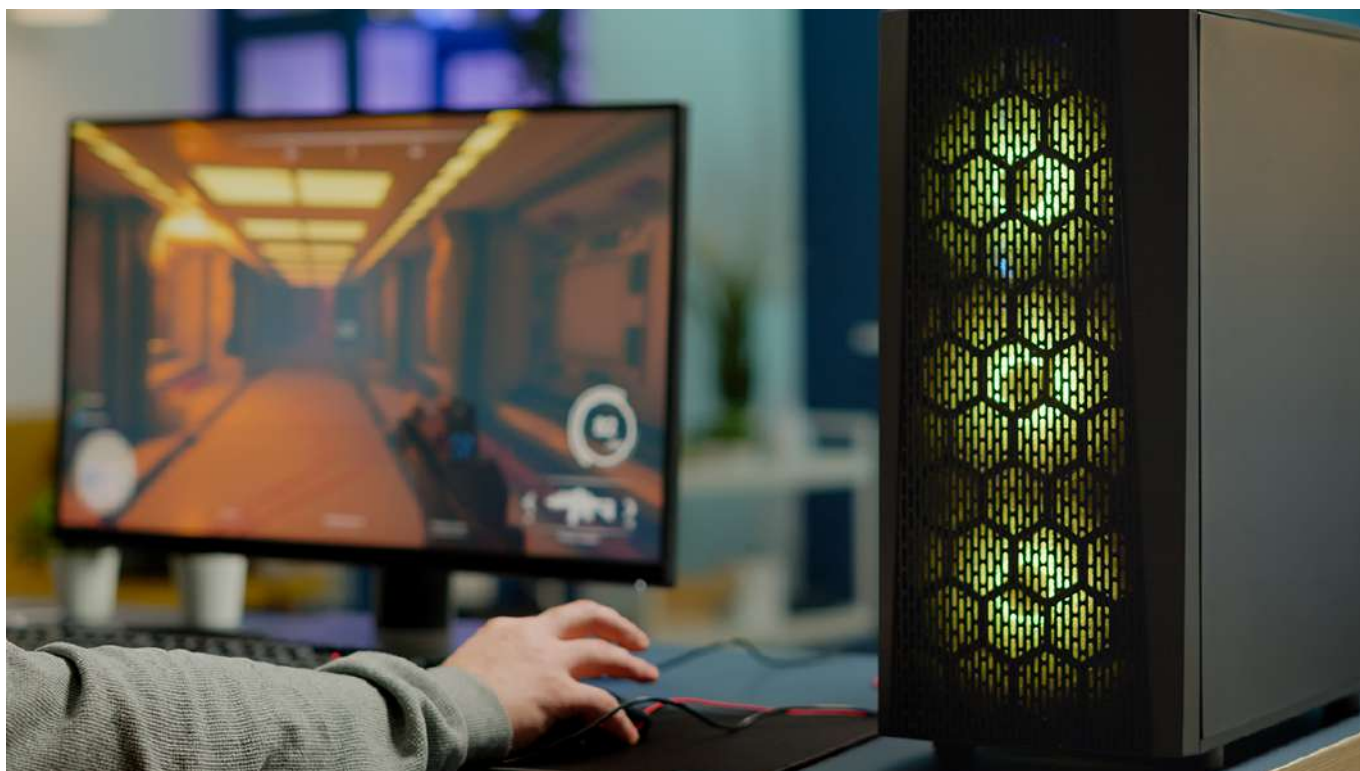
A MODO DE CONCLUSIÓN

Los *e-sports* y los deportes son dos realidades diferentes, aunque tienen aspectos en común. Sin embargo, quedan muchas incógnitas por resolver y muchos aspectos por clarificar para poder aceptar a los *e-sports* como un deporte. En la situación actual, los *e-sports* no cumplen con los elementos necesarios para considerarse un deporte.

Los *e-sports* están teniendo un impacto social significativo en las nuevas generaciones y se han convertido en un motor económico muy relevante creando nuevas oportunidades de empleo, pero también en el desarrollo de habilidades y de manifestaciones culturales propias de la era digital.

REFERENCIAS

- Bascón-Seda, A., & Rodríguez-Sánchez, A. R. (2020). *Esports y ciencia: sintonizando con el fenómeno de los deportes electrónicos*. *Cultura, Ciencia y Deporte*, 15(45), 341-352.
- Caillois, R. (2001). *Los juegos y los hombres: la máscara y el vértigo*. Fondo Cultura Económica de España.
- Harari, Y. (2017). *Homo Deus. Breve historia del mañana*. Debate.
- Holt J. (2016). *Virtual domains for sports and games*. *Sport, Ethics and Philosophy* 10(1), 5–13.
- Jonasson, K. (2016). *Broadband and circuits: the place of public gaming in the history of sport*. *Sport, Ethics and Philosophy*, 10 (1), 28-41.
- Mendoza, G., Bonilla, I., Chamarro, A., & Jiménez, M. (2023). *Las características definitorias de los jugadores de esports. Una revisión sistemática de las muestras utilizadas en la investigación de esports*. *Aloma: Revista de Psicología, Ciències de l'Educació i de l'Esport*, 41(1), 111-120.
- Molina, P., Gómez-Gonzalvo, F., & Valenciano-Valcárcel, J. (2019). *Los e-sports como deporte: una aproximación desde las ciencias de la actividad física y el deporte*. *Revista Aranzadi de Derecho de Deporte y Entretenimiento*, 63, 387-405.
- Molina, P., Gómez-Gonzalvo, F., & Valenciano-Valcárcel, J. (2024). *The sportization of esports and its implications in the near future of sport*. *Sport, Ethics and Philosophy*. 1-15.
- Newzoo (2022). *Newzoo's Global Esports & Live Streaming Market Report 2022*. Newzoo.
- Newzoo (2024). *Global Games Market Report 2023, free version*. Newzoo.
- Parlebas, P. (1999). *Jeux, sports et sociétés: Lexique de praxéologie motrice*. INSEP-Éditions.
- Parry, J. (2019). *E-sports are not sports*. *Sport, Ethics and Philosophy*, 13(1), 3-18.
- Reitman, J., Anderson-Coto, M.J., Wu, M., Lee, J.S., & Steinkuehler, C. (2020). *Esports research: a literature review*. *Games and Culture*, 15(1), 32-50.
- Rosell-Llorens, M. (2016). *Los eSports: una nueva modalidad deportiva*. *Revista Aranzadi de Derecho del Deporte y Entretenimiento*, 52, 215-224.
- Rosell-Llorens, M. (2017). *eSport Gaming: The Rise of a New Sports Practice*. *Sport, Ethics and Philosophy* 1 (4), 464-476.
- Skubida, D. (2016). *Can some computer games be a sport? Issues with legitimization of eSport as a sporting activity*. *International Journal of Gaming and Computer-Mediated Simulations*, 8 (4), 38-52.





La lógica y la imagen

Autores: José Luis Caballero Bono y Jaime Vilaroig

RECENSIÓN

El profesor José Luis Caballero nos regala los sentidos y el entendimiento con este precioso libro que aúna arte y pensamiento. Ciertamente, se trata de un libro sin precedentes como afirma el propio autor en el prólogo. No se trata de un manual de lógica apoyado en imágenes, ni un estudio exhaustivo sobre los modos y maneras de representar la lógica, ni un tratado de iconografía de la lógica... Pero es todas estas cosas a la vez. El texto está escrito en un castellano preciosista que alimenta el alma y el ingenio, aunque nos atrevemos a sugerir que la lectura requiere de unos conocimientos siquiera básicos de lógica clásica.

El libro se divide en tres partes. La primera propone algunas imágenes de la lógica como arte liberal que el propio autor ha ido recogiendo aquí y allá. La segunda parte expone algunas imágenes de temas lógicos en la tradición docente de la lógica, como el famoso cuadro de oposiciones. La tercera parte ofrece algunos ejemplos de viñetas en la prensa española que tienen como fondo temas de la lógica clásica.



No todo vale. ¿Qué hace un científico hablando de ética?

Autor: Lluís Montoliu

RECENSIÓN

Me temo que no son pocas las veces que la gente piensa que aquellos que nos dedicamos a la ciencia podemos hacer cualquier cosa que se nos ocurra. Que con la excusa de la libertad científica no hay límites en los experimentos que podemos imaginar o llevar a cabo. Sin embargo, esta percepción social no se ajusta a la realidad. Naturalmente que los científicos y científicas operamos dentro de un marco legal, delimitado por leyes, normas y recomendaciones, construido a lo largo de los años hasta incluir los más altos estándares éticos que la misma sociedad nos pide que cumplamos. No todos los experimentos deben acometerse, aunque sean técnicamente posibles. La principal pregunta que debemos abordar es: ¿Para qué? ¿Cuál es la razón que justifica ese experimento y que nos permite asumir los riesgos que todo experimento conlleva en aras de obtener unos beneficios proporcionalmente mayores para la sociedad? Si no tenemos una buena respuesta para esa pregunta, o, si la respuesta que tenemos no es positiva entonces no deberíamos hacer ese experimento.



In Memoriam. José Lladó Fernández-Urrutia, 1934-2024



De izquierda a derecha, José Lladó, Jesús María Rincón y Alfonso Navas.

Empresario, político, economista y diplomático español, fallecido en Madrid el 14 de febrero de 2024 a los 89 años después de una larga enfermedad.

Uno de los fundadores de la empresa Técnicas Reunidas S.A. y Presidente Ejecutivo de dicha empresa durante 14 años, desde 2006 hasta finales de junio de 2020, cuando fue relevado por su hijo Juan Lladó Arburúa y pasó a ocupar la Presidencia de Honor de Técnicas Reunidas S.A. que posee más de 6500 empleados. Accionista de referencia del grupo de ingeniería y construcción de Técnicas Reunidas S.A. y apasionado por el arte, fue también primer Presidente del Real Patronato del Museo de Arte Reina Sofía, desde 1986 a 1994, así como patrono de la Fundación Amigos del Museo del Prado, desde 1983 hasta 2021, cuando pasó a ser patrono de honor. Presidente Ejecutivo del Patronato de la Universidad Pontificia de Salamanca, Presidente de la Fundación INCIPE, fundador de la Fundación de Apoyo a la Cultura y de la Fundación Colegio Libre de Eméritos Universitarios.

Doctor en Química Industrial por la Universidad de Madrid, miembro de honor de la American Chemical Society, fue uno de los impulsores de la expansión internacional

de Técnicas Reunidas S.A. A través de Aragonesas Promoción de Obras y Construcciones y Araltec, la familia Lladó es la principal accionista de Técnicas Reunidas.

A lo largo de su trayectoria profesional, José Lladó Fernández-Urrutia ocupó varios cargos, entre ellos el de Presidente del Consejo General de los Químicos de España y Presidente del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC).

Ministro de Comercio (1976-1977) y Ministro de Transportes y Comunicaciones (1977- 1978) entre 1976 y 1978, en los primeros años de la Democracia bajo la presidencia de Adolfo Suárez. Finalizado este periodo, fue Embajador de España en los Estados Unidos de América del Norte, desde 1978 a 1982.

Entre sus condecoraciones destaca la Gran Cruz de la Orden del Mérito Civil, Medalla de Honor al Fomento de Invención, Medalla al Mérito en el Comercio, la Gran Cruz de Carlos III, la Gran Cruz de la Orden Civil de Alfonso X el Sabio y la encomienda de la Legión de Honor francesa.

PLACAS DE HONOR DE LA ASOCIACIÓN

Sevilla, 23 de noviembre de 2023



De izquierda a derecha, arriba, Manuel Jordán, María del Carmen Gallardo, Patricia Aparicio. Abajo, Ana María Alonso, Sergi Maicas, María del Mar Malagón, Amador Menéndez, Isabel González y Santiago García.

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

Excma. Sra. Vicerrectora de Estudiantes de la Universidad de Sevilla, querida Mari Carmen, Sra. Directora General de Relaciones de Gobierno de la Universidad de Sevilla, querida Patricia, Sr. Rector Emérito de la Universidad Miguel Hernández de Elche (UMH), querido Jesús, Sr. Vicerrector de Estudiantes y Coordinación de la UMH, querido José Juan, Ilmo. Sr. Decano de la Facultad de Química de la Universidad de Sevilla, querido Juan Luis, Sra. Delegada Institucional del CSIC en Andalucía y Extremadura, querida Margarita, Sra. Delegada Institucional del CSIC en la Comunidad de Madrid, querida Marina, Sr. Decano del Colegio de Químicos del Sur, querido Otilio, Sra. Presidenta de la Asociación de Químicos de Andalucía, querida Ana Isabel, Directores del Instituto de Ciencia de Materiales de Sevilla y del Centro de Investigaciones Científicas Isla de la Cartuja, otras autoridades civiles y académi-

cas, Sr. Vicepresidente de la Asociación Española de Científicos (AEC), querido Enrique, Sra. Vicepresidenta de la AEC, estimada Mari Carmen, miembros del Consejo Rector de la AEC, socios y socias de la AEC, galardonadas y galardonados en esta XXV edición de las Placas de Honor de la AEC, presentadores, familiares, acompañantes, claustro de profesores, estudiantes, miembros del personal de gestión, administración y servicios, compañeros y amigos.

Un año más nos reunimos para entregar las Placas de Honor de la AEC. Hace ya 25 años años –la de hoy es la 25ª edición–, los entonces miembros del Consejo Rector de la AEC 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 ya ha cumplido su primer medio siglo de vida. Desde su fundación se recoge en sus estatutos el impulso a la transferencia, la colaboración público-privada

da, la divulgación, la ética e integridad 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. Mi 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 los socios y socias que en estos más de cincuenta años de vida de nuestra asociación han permitido conservarla viva, activa y dinámica.

Será siempre nuestra obligación y compromiso promover que la sociedad española considere a la Ciencia como una actividad deseada y querida, imprescindible para el desarrollo y la libertad. No olvidamos nunca que la misión del científico es acoger los problemas que se le planteen y prestar sus conocimientos para su resolución.

Hoy es un día histórico para la AEC porque, por segunda vez en su historia, celebra su acto institucional de mayor relevancia social fuera de la villa y corte de Madrid. Concretamente, en la Universidad de Sevilla, en el marco de su hermoso Paraninfo. Mi más sincero agradecimiento al Rector de la Universidad de Sevilla, Miguel Ángel Castro Arroyo, a la Directora General de Relaciones de Gobierno, Patricia Aparicio y a todo el Consejo de Dirección por su grata acogida y por su gran entusiasmo y apoyo a la celebración de la gala de la ciencia de la AEC 2023 en estas magníficas instalaciones. Conozco la Universidad de Sevilla desde 1992 gracias a la oportunidad que me brindó el catedrático D. Emilio Galán Huertos y su grupo de investigación de realizar un curso de posgrado internacional sobre las arcillas, su geología y sus aplicaciones. Desde entonces, la relación ha ido más allá de la Geología o de la Mineralogía Aplicada, acogiéndome siempre con inmenso cariño y afecto.

También quiero reconocer la ayuda prestada por el Instituto de Ciencia de Materiales de Sevilla y de su director, por aquel entonces, el profesor de investigación D. José Luís Pérez Rodríguez, en el uso de técnicas analíticas avanzadas disponibles en dicho Instituto en los años 90 y que me permitieron formarme como investigador y defender con éxito la tesis doctoral. Además, mi reconocimiento a la labor de Pedro José Sánchez Soto, vocal del Consejo Rector, Concha Andújar, directora de Comunicación de RUVID, Cristina Todolí, secretaria de cargo del vicerrectorado de Investigación y Transferencia de la UMH, y Rosario Cornejo, jefa del Servicio de Protocolo de la Universidad de Sevilla, por cuidar con tanto esmero todos los detalles, gracias por vuestra profesionalidad y generosidad.

Tras los agradecimientos, comenzaré mi intervención con un breve relato o, si se me permite, con la justificación de la inversión en la Ciencia, la Investigación y la Transferencia o intercambio del conocimiento. Como docente en el Grado de Ciencias Ambientales, quisiera relatar unos hechos ocurridos hace unas décadas que explico cada año a mis alumnos de Medio Físico, concretamente en el tema 2 de la asignatura, titulado *El tiempo y la escala geológica*, que,

en mi opinión, ejemplifican y nos ayudan a reflexionar en torno a la investigación, sobre el papel e importancia del científico y de la Ciencia, y, sobre todo, las implicaciones sociales, ambientales y económicas que puede tener.

Al término de los años 40 del siglo pasado, el estudiante Clair Patterson, graduado en Geología y doctorando de la Universidad de Chicago, se había propuesto -como tema de su tesis doctoral- determinar la edad de la Tierra utilizando un método físico-químico nuevo de datación radiométrica, basado en medir la proporción entre átomos de plomo (Pb) y uranio en rocas ígneas volcánicas y en meteoritos caídos sobre la Tierra. Durante su búsqueda se encontró con el inconveniente, sorprendente y casi insalvable, que todas las rocas meteóricas que utilizaba, por el simple contacto con la atmósfera, quedaban contaminadas con grandes dosis de plomo, lo que enmascaraba los datos y la datación de nuestro planeta. Para evitar esta contaminación, tuvo que crear una «sala limpia» donde almacenar sus muestras, sin que se contaminaran. A esta tarea dedicó muchos años y esfuerzo, pero, finalmente, determinó que la edad de la Tierra era de 4550 millones de años. Una edad que, hoy en día, todavía se da por correcta. Pero Patterson, intrigado por la contaminación por Pb de sus muestras, se interesó por descubrir su origen y concluyó que era debido a la actividad antropogénica; en un 92 %, provenía de las emisiones de los automóviles que usaban como combustible gasolina con plomo. Y es que, a partir del año 1923, se comercializó el tetraetil plomo, aditivo que se añadía a los combustibles de automoción porque reducía la vibración de los motores de explosión.

Patterson comprobó, mediante técnicas novedosas para su época que, antes de 1923, casi no había Pb en la atmósfera y que, a partir del año de la comercialización de los combustibles con Pb, el nivel de este había aumentado de una manera progresiva y peligrosa, ya que el plomo es un elemento neurotóxico que el cuerpo humano no elimina y en dosis elevadas puede dañar el cerebro y el sistema nervioso central de manera irreversible. Desde ese momento, Patterson, en el ejercicio de su responsabilidad como científico, se dedicó al activismo social en la lucha para lograr la prohibición de los combustibles con Pb de los automóviles. Se enfrentó a grandes empresas del sector petrolífero y de la automoción.

Gracias a su lucha constante, en 1971, EE. UU. aprobó la Ley del Aire Limpio y, en 1985, se retiró la gasolina con plomo de aquel país. La Unión Europea prohibía la venta de gasolina con plomo mucho más tarde, el 1 de enero de 2000, y, en España, se retiró en enero de 2002. Si me he detenido con este relato es porque pone de manifiesto algunas virtudes de la investigación, tan relevantes que justifican el impulso y el apoyo mantenido incluso en tiempos de dificultades económicas y financieras.

La tesis doctoral de Patterson era, sin duda, un proyecto de investigación básica, probablemente un proyecto que, en época de recortes económicos, algún evaluador o alguna

agencia estatal o europea podría calificar de «prescindible» y, por consiguiente, no financiable. Sin embargo, el trabajo cuidadoso y riguroso de Patterson, no sólo condujo a datar el origen de la Tierra, también permitió, gracias a su valía y honestidad científica, que la divulgación de sus investigaciones tuviera un papel determinante, en algo tan aplicado y relevante como preservar la calidad del aire y proteger la salud de las personas y los ecosistemas.

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 nuestro país, a pesar de que debemos reivindicar el heroísmo de nuestras y nuestros investigadores, pues la producción científica en España es sorprendente por la cantidad de trabajos publicados y, cada vez, en mejores revistas. Por ejemplo, con tres veces menos gasto en I+D que Corea del Sur, una de las grandes potencias innovadoras del planeta y con una población similar a la española, los científicos que trabajamos en España logramos publicar más y con un impacto mayor que los surcoreanos, si bien estamos muy lejos de ellos en la transferencia de ese conocimiento, medida con la generación de patentes.

En relación al producto interior bruto (PIB), la inversión de I+D en España equivale al 1,4 %, muy por debajo de la media de la Unión Europea, que se sitúa en algo más del 2,3 %. España gasta menos en innovación y desarrollo que países vecinos como Italia, mucho menos que Estados Unidos y a enorme distancia de los líderes en inversión científica, Israel y Corea del Sur, que rozan el 5 % con un tamaño económico y poblacional similar al español.

A este diagnóstico debo añadir que, además de la escasez de recursos, en España hay grandes trabas burocráticas para utilizarlos, pues no somos capaces de ejecutar presupuestos entre procesos de contratación y fiscalización. El dinero nunca llega a tiempo y los escasos presupuestos no se ejecutan más allá del 65 %, por lo que se requieren nuevos mecanismos mucho más sencillos.

Además, la mayor parte de los investigadores, hasta que llegan a un puesto fijo, pasan por contratos precarios, en proyectos de investigación de duración muy corta, lo cual aboca a muchos científicos a expatriarse. La situación para los jóvenes investigadores, incluyendo como jóvenes a científicos con 40 años, es desesperada. Para ellos, es una tragedia, y para el sistema español de ciencia y tecnología es un gran despilfarro económico.

La Ciencia ha sido, sin duda, el motor fundamental en el desarrollo de la sociedad. Hoy en día, no se entiende el progreso sin los aportes de la ciencia, pero no se halla suficientemente considerada. La inversión en ciencia puede facilitar una sociedad más rica y un futuro más feliz.

Por ello, la AEC debe ser un interlocutor y un activo válido en la solución de problemas que plantea la sociedad actual en lo relativo a desarrollo científico y tecnológico, educación, ordenación del territorio, cambio climático,

biomedicina, salud, energía, agua, inteligencia artificial, etc. Uno de los retos de la AEC es influir en la gestión de la investigación, la innovación y la transferencia para que los resultados puedan ser de provecho para la sociedad española en la mejora de nuestras empresas e instituciones, repercutiendo en la generación de puestos de trabajo altamente cualificados.

Nuestra sociedad debe entender que España, como país miembro de la Unión Europea, está recibiendo fondos de diferentes programas europeos, como el Next Generation que, si no son bien empleados, pueden producir efectos no deseados. Únicamente la inversión en Ciencia, la valoración del personal investigador y su equiparación y dignificación son el auténtico método de progreso.

Por ello, la AEC se ofrece como interlocutor directo con los gobiernos central y autonómicos, sin menoscabo de otros agentes consultivos, para ayudar a que tanto las directrices científicas como el avance y promoción de la carrera científica española sean políticas fundamentales en el presente y futuro. Queremos servir de reflexión y reconsideración de las necesidades de España en la investigación científica y tecnológica para poder conocer el peso que tenemos en un mundo globalizado, evaluar y valorar lo que estamos haciendo en ciencia y tecnología.

España tiene sus propios problemas y sus propios recursos, por lo que debe alumbrarse un modelo propio de investigación. Nuestros problemas de recursos hídricos, desertización, cambio climático, la España vaciada, nuestras infraestructuras turísticas, especialmente en nuestro litoral, etc., son cuestiones que nunca afrontará una Ciencia mimética. Esta priorización de nuestras realidades sociales, coyunturales y valores culturales no deben surgir de decisiones políticas precipitadas, sino que compete a científicos e intelectuales cuya existencia y dotación económica sí depende de gobiernos y administraciones.

Nuestra gran esperanza, la recientemente aprobada Ley de la Ciencia se ha convertido en una gran decepción pues «no consigue establecer un marco a la altura del compromiso necesario de nuestro país con la ciencia». Esta afirmación de la COSCE (Confederación de Sociedades Científicas de España) se basa en que dicha Ley no atiende los problemas estructurales, entre ellos, el déficit en financiación, los científicos expatriados, la burocratización, la falta de planes plurianuales o la falta de planificación. Ante esta situación, no debemos rendirnos nunca, debemos seguir luchando desde la constante reivindicación y con aportaciones realistas, manteniendo la unidad de acción, pues nuestra sociedad se juega mucho en un mundo globalizado que se enfrenta hoy, sin duda, a la transición ecológica, la salud pública, la digitalización e inteligencia artificial, entre otros muchos grandes retos.

La tercera parte de esta intervención, como no puede ser de otra forma, va dedicada íntegramente a las galardonadas y galardonados con las Placas de Honor de la AEC 2023. 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 por dar respuestas a la necesidad que tienen los individuos de la especie humana de comprender el mundo y comprenderse a sí mismos.

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, su humildad y su empatía.

Nombraré a continuación, por orden de intervención, a los premiados de esta 25ª edición en la categoría de científicas y científicos destacados.

En primer lugar, al Dr. Amador Menéndez Velázquez, investigador del Centro Tecnológico INODIAL de Asturias, por sus contribuciones de alto impacto y relevancia internacional en el ámbito de la nanociencia y la fotónica, así como por su dedicación al desarrollo de aplicaciones y tecnologías útiles para la sociedad y a la divulgación de las mismas.

En segundo lugar, a la Dra. Isabel Gonzalez Díez, catedrática de Cristalografía y Mineralogía de la Universidad de Sevilla, por sus contribuciones de relevancia internacional y alto impacto a lo largo de toda su trayectoria científica en el campo de la geología ambiental, la mineralogía aplicada, los recursos naturales y el medio ambiente, siendo un gran referente en España en su ámbito de conocimiento.

Finalizaré esta modalidad mencionando a la Dra. María del Mar Malagón Poyato, catedrática de Biología Celular de la Universidad de Córdoba, por sus contribuciones de alto impacto y relevancia internacional en el campo de la Biología Integrativa, Fisiología, Endocrinología, obesidad y enfermedades metabólicas, siendo un gran referente en España en su ámbito de conocimiento, valorando además, muy positivamente, sus actividades de gestión de la Ciencia en su especialidad.

En la categoría de difusión y divulgación de la ciencia, se premia al castellonense Dr. Sergi Maicas Prieto, profesor titular de Microbiología de la Universitat de València, por sus contribuciones de gran relevancia en el campo de la innovación docente en Microbiología, liderando los proyectos Micromón, Tiny Earth y Small Word Initiative, así como por su trayectoria profesional en el ámbito de la divulgación científica mediante la realización de numerosos talleres en institutos públicos de secundaria y bachillerato, siendo un referente en España en su especialidad.

Asimismo, galardonamos en esta modalidad al profesor de Estadística e investigador de la Universidad Miguel Hernández de Elche, Santiago García Cremades, por sus

contribuciones de gran relevancia en la divulgación de las Matemáticas en secundaria y bachillerato, así como por su liderazgo en diferentes medios de comunicación de difusión nacional de gran audiencia en TV y radio, siendo un referente en España como profesional de la divulgación científica.

En la categoría de entidades y empresas se otorga la Placa de Honor 2023 al Instituto Geológico y Minero de España (IGME) por su relevante contribución científica y tecnológica a la gestión de la emergencia geológica y personal originada por la erupción del volcán Cumbre Vieja en la isla de La Palma. Asimismo, por su contribución imprescindible a las actividades de prevención y proyección, y su compromiso de informar a la sociedad con las mejores evidencias científicas disponibles.

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

Isaac Newton, considerado el físico más importante de todos los tiempos, afirmaba que: «Si he llegado a ver más lejos que otros es porque subí a hombros de gigantes». Pues bien, desde estos «hombros de gigantes», busquemos la verdad. Busquémosla con nuestro conocimiento, con nuestro estudio y trabajo y con el compromiso firme para construir una sociedad mejor, más libre y más justa. Pongámonos a buscar las soluciones de los problemas que tenemos hoy. Y hagámoslo, al igual que los galardonados, con la fórmula más segura y eficaz: la honestidad, el esfuerzo, el trabajo, el estudio y la innovación. Porque estoy convencido de que es la mejor inversión de futuro.

Una vez concluida la entrega de las seis Placas de Honor AEC 2023, clausurará el acto la Sra. Vicerrectora de la Universidad de Sevilla, María del Carmen Gallardo Cruz, 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 la Universidad de Sevilla, 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.

Como ya he reiterado en muchas de mis intervenciones, reivindicemos en esta modesta, pero entrañable Gala Anual de la Ciencia, a nuestros científicos y científicas y a la Ciencia como potente arma de destrucción masiva contra el negacionismo y la mediocridad.

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 2023 concedida a Amador Menéndez Velázquez

Es un placer y un honor el participar un año más en el acto de entrega de las Placas de Honor de la Asociación Española de Científicos (AEC). Es un acto, permitidme calificarlo de pequeño, pero también entrañable, que busca poner de manifiesto el esfuerzo y el talento dedicado en España a la generación del conocimiento, a la difusión del mismo y a su aplicación en beneficio de la sociedad.

Es aún un placer mayor, y una tarea fácil, el presentar los méritos del Dr. Amador Menéndez Velázquez quien, precisamente, ha dedicado su talento y su esfuerzo a la generación de conocimiento, a la difusión del mismo y a su aplicación en beneficio de la sociedad.

Amador es licenciado (1992) y doctor (1999) en Química por la Universidad de Oviedo. En los principios de su carrera, compaginó la investigación con la docencia como profesor de Matemáticas en los Institutos de Educación Secundaria de Cerdeño (Oviedo) y Cangas del Narcea, donde también fue coordinador de Nuevas Tecnologías. Este «pluriempleo» no le impidió, o quizás incluso le facilitó, desarrollar el programa *Molfinder*, una tecnología de análisis topológico de mapas de densidad electrónica asistida por inteligencia artificial. El programa se publicó en 2003 y,

en agosto de 2004, fue adoptado por el Congreso Mundial de la Química y la Cristalografía como el programa prototipo para la determinación del enlace químico y la estructura molecular.

Amador ha investigado en el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), en la Universidad de Oviedo, en el Laboratorio Europeo de Radiación de Sincrotrón (ESRF) y en el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT). Actualmente, investiga en el Centro Tecnológico IDONIAL (Asturias). Su investigación se ha centrado en la Nanociencia y la Fotónica, tanto de los procesos básicos como de los desarrollos tecnológicos disruptivos con aplicación en ámbitos como la generación de energía, la eficiencia energética y la salud humana.

Para dar idea de sus logros investigadores, destacaré que, en mayo de 2010, en el MIT, junto con otros cinco investigadores, estableció el récord mundial de eficiencia en la captura de energía solar, récord que seguramente fue efímero, pero no por ello menos indicativo del nivel de su investigación, conscientemente orientada al beneficio de la sociedad. Además de sus desarrollos sobre energía solar, catalogados entre las mejores tecnologías emergentes del año 2013 por el Departamento de Energía de Estados Unidos, también investiga en la fotosíntesis artificial para la generación de hidrógeno verde.



De izquierda a derecha, Enrique J. de la Rosa, Amador Menéndez, M^a del Carmen Gallardo, Manuel Jordán y Patricia Aparicio.

Asimismo, Amador ha participado en el desarrollo de materiales fotocromáticos y termocromáticos, que aplicados a elementos arquitectónicos como las ventanas de los edificios las convierte en «ventanas inteligentes». Esto es, que permiten regular el flujo de luz y calor hacia el interior de los edificios, ahorrando así en calefacción y refrigeración. En el campo de la salud, investiga en fotofarmacología, fármacos activados por luz, así como en el desarrollo de una nueva generación de filtros avanzados y lentes oftálmicas neuroprotectoras y terapéuticas.

Yo conocí inicialmente a Amador por su labor divulgadora como organizador de la Semana de la Ciencia de *La Nueva España*, a la que tuvo la amabilidad de invitarme como ponente. Posiblemente, su pasión divulgadora se cimenta en sus doce años como profesor de Enseñanza Secundaria, etapa en la que no solo fue un innovador en el aula y un pionero en la utilización de las Nuevas Tecnologías, sino que proporcionó a sus alumnos el contacto con personalidades e instituciones científicas de relieve. Siendo labor imposible listar sus actividades divulgativas en prensa escrita, radio, conferencias, libros, etc., sirva como indicativo de su nivel alguno de los galardones recibidos: Premio Europeo de Divulgación Científica 2009, Premio Prismas de la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología 2013, Premio Iberoamericano de Comunicación 2016, Premio Internacional de Ensayo Jovellanos 2017 por su libro *Historia del futuro. Tecnologías que cambiarán nuestras vidas*, y Premio Nacional a la Difusión de la Ciencia 2018, otorgado por la Confederación de Sociedades Científicas de España.

A estos reconocimientos, se unen otros como Premio Nacional a la mejor iniciativa educativa por el aprovechamiento de Internet en el aula 2005, Premio de la Sociedad de la Información del Gobierno del Principado de Asturias 2005, Premio Nacional de Arquitectura Avanzada 2018 y Premio Nacional SOCIEMAT 2021 de Ciencia y Tecnología de Materiales. Hoy se une a todos ellos la Placa de Honor de la Asociación Española de Científicos 2023, lo que nos honra a sus miembros tanto como al Dr. Amador Menéndez Velázquez.

ENRIQUE J. DE LA ROSA

Profesor de Investigación CSIC, (CIB) Madrid, y Vicepresidente de la Asociación Española de Científicos.

Respuesta del galardonado

Sr. Presidente de la Asociación Española de Científicos (AEC), D. Manuel Jordán Vidal, y demás miembros del Consejo Rector, autoridades, galardonados, compañeros y amigos, señoras y señores, muy buenas tardes.

Son muchos los sentimientos que en este momento pasan por mi cabeza. Pero, por encima de todos ellos, desta-



Amador Menéndez Velázquez.

caría el de gratitud. Muchas gracias, AEC. Muchas gracias, Dr. Manuel Jordán Vidal, en calidad de Presidente de esta Asociación; un agradecimiento que hago extensivo al resto de miembros del Consejo Rector y, en particular, al Profesor Enrique de la Rosa. Gracias, querido Enrique, porque creo que has tenido mucho que ver en todo esto. Gracias también por tus muy amables y generosas palabras. Es para mí un gran honor que glose mi figura el Dr. Enrique de la Rosa, un referente mundial de la Biología Molecular, y ex director del Centro de Investigaciones Biológicas Margarita Salas, dependiente del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC).

Me honra también compartir esta Placa de Honor con el resto de galardonados en el día de hoy y con los que, años atrás, nos precedieron. Felicidades Isabel, María del Mar, Sergi, Santiago e Instituto Geológico y Minero, representado por la Dra. Ana María Alonso Zarza. Felicidades también a Margarita del Val, aquí presente, y a todos los galardonados en las diferentes ediciones

Comencé mi carrera investigadora estudiando colectivos de átomos unidos entre sí mediante enlaces químicos. Conocida la estructura molecular con precisión, era el momento de buscar aplicaciones prácticas. Una vez escuché a un Premio Nobel la frase: «Ciencia es lo que le enseña un padre al hijo; tecnología es lo que le enseña el hijo al padre». No tengo hijos, pero sí sobrinos; soy, además, el mayor de cuatro hermanos. Yo les enseño las leyes de Newton o las reacciones químicas, pero son ellos los que me instruyen

con la tableta electrónica o el último teléfono inteligente. Quizás sin querer me empujaron al lado más tecnológico. Y así, un buen día, llegué al Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT), la gran catedral de la tecnología.

Corría el año 2009 cuando me incorporé al MIT. Por aquel entonces, Susan Hockfield era la presidenta de la institución. Su nombramiento en el año 2004 había causado un gran impacto mediático. Era la primera mujer en dirigir el MIT. Pero esa no era la noticia más impactante. La noticia más sorprendente fue que una bióloga, Susan Hockfield, dirigiría el MIT, la mejor escuela de ingeniería del mundo. La elección no fue casual. En el fondo, representaba una llamada de atención a la comunidad científica, una llamada para inspirarse en la biología. Ciertamente, la Naturaleza es una maestra en innovación. 3800 millones de años de I+D+i, desde ese primer momento en el que apareció la vida en la Tierra, la avalan.

MIT me impregnó ese espíritu biomimético. Así, por ejemplo, en nuestras investigaciones nos inspiramos en las plantas para tratar de atrapar eficientemente la radiación solar. Casualidades de la vida, un reputado biólogo, el profesor Enrique de la Rosa, glosa hoy mi figura. Quizás el destino ha querido recordarme de que no me olvide nunca de la biología como fuente de inspiración.

Me detendré ahora en el progreso científico-tecnológico. El conocimiento acumulado por generaciones de investigadores traza un mapa de lo conocido, cuya geografía podemos recorrer. Pero, en algún momento, alcanzamos los límites de lo conocido. Ahí comienza el viaje de verdad. En esencia, la búsqueda del conocimiento científico reside en aventurarse por esos caminos inexplorados, aún conscientes del riesgo inherente.

A lo largo de mi carrera científica, me han atraído especialmente los caminos más inexplorados, los proyectos científico-tecnológicos de alto riesgo. Creo firmemente en la necesidad de apostar por este tipo de proyectos, los cuales pueden derivar en tecnologías disruptivas en beneficio de la sociedad. El gran físico y filósofo Gerard Holton apuntaba: «El punto de partida en la Ciencia no es la objetividad, sino la creencia apasionada en algo que puede que no exista, pero que merece la pena buscar».

Pablo Neruda decía: «Juegas todos los días con la luz del Universo». Y a eso enfoco mis investigaciones. Desde el nanomundo, trato de domesticar la luz en beneficio de la salud humana y la del planeta, dos grandes desafíos de nuestra era. La nanofotónica puede ser un gran aliado a la hora de abordar los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

Pero más allá de sus aplicaciones prácticas, la Ciencia es una fascinante aventura intelectual. Y como tal, merece ser contada. A la divulgación científica dedico también parte de mis esfuerzos, como apuntaba el profesor de la Rosa. En ese largo camino, en el camino de la vida, siempre estuve arropado por mi familia, en especial por mis padres, a

quienes debo todo en la vida. Tuve también la fortuna de cruzarme y colaborar con muchas personas en diferentes instituciones, y ahora, en IDONIAL, de las que me he enriquecido humana y profesionalmente. Y en ese camino sigo encontrándome con gente maravillosa y muy interesante, como en el día de hoy, un día que siempre llevaré en mi corazón.

Quiero terminar como comencé: por una parte, felicitando a todos los galardonados en el día de hoy y en las diferentes ediciones; por otra parte, reiterando mi más sincera gratitud a la Asociación Española de Científicos (AEC). Pasearé esta Placa de Honor AEC con mucho orgullo por el mundo.

A todos ustedes, Sr. Presidente y Consejo Rector de la AEC, autoridades, galardonados, compañeros y amigos, señoras y señores, muchas gracias.

AMADOR MENÉNDEZ VELÁZQUEZ

Investigador del Centro Tecnológico IDONIAL (Asturias)

Placa de Honor de la AEC 2023 concedida a Isabel González Díez

Excelentísimas autoridades, premiados y familiares de los premiados, estimados colegas y amigos, en primer lugar, quiero felicitar a todos los galardonados y a sus familiares por esta distinción. Asimismo, quiero agradecer a la Asociación Española de Científicos (AEC), y en especial a su Presidente, la oportunidad que me han dado de poder participar en este acto presentando a mi compañera y amiga Isabel González Díez, y así poder dar algunos detalles de su currículum y personalidad, que la hacen merecedora de esta distinción, que se concede por primera vez a una catedrática de nuestra universidad.

Se trata de un momento muy emotivo para mí, ya que me unen muchos momentos personales y profesionales. Ambas tuvimos la suerte de ser discípulas del mismo maestro, nuestro añorado Emilio Galán.

Isabel estudió Ciencias Geológicas en la Universidad de Zaragoza, y llegó a la Universidad de Sevilla para realizar su tesis doctoral, con la que obtuvo el Premio Ciudad de Sevilla, y que fue y continúa siendo un referente para la geología de Sevilla y su entorno.

El mismo año de la lectura de su tesis, su investigación en arcillas dio un giro hacia la mineralogía aplicada, ya que entró de lleno en el mundo de la cerámica tradicional, tema en el que ha trabajado desde entonces. No sólo abordó la mineralogía y propiedades técnicas de las arcillas, así como la formulación de nuevos productos con mayor valor añadido, sino también la interpretación paleogeográfica de estas formaciones. En esta línea de investigación, ha tenido diver-



De izquierda a derecha, Patricia Aparicio, Isabel González, M^a del Carmen Gallardo y Manuel Jordán.

sos proyectos nacionales y autonómicos, así como una alta colaboración con empresas.

Más tarde, y gracias a varios proyectos con la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía, se introdujo en el campo del medio ambiente, abordando las emisiones de flúor, cloro, azufre y dióxido de carbono derivadas de la transformación térmica de las arcillas cerámicas. Estos trabajos fueron pioneros en España, cuando nadie apostaba entonces por la trascendencia ambiental de las emisiones de la industria cerámica. Los datos de estos estudios han sido posteriormente básicos para la normativa de emisiones de la Junta de Andalucía.

En 1998, un hecho insólito vino a cambiar parte de la actividad investigadora de nuestro grupo de investigación: el accidente de la mina de Aznalcóllar. Nuestro grupo de investigación estuvo desde el primer momento inmerso en la valoración de la contaminación de los suelos de diversas áreas afectadas, antes y después de las labores de limpieza. Esto provocó que Isabel comenzara a trabajar en contaminación de suelos, área en la que actualmente es referente a nivel internacional.

Merece la pena citar el gran aporte que estas investigaciones han supuesto para la administración autonómica. Ya que dispone de valores de referencia propios para conocer cuándo un suelo se puede considerar contaminado por elementos traza. Además, dispone de los fondos (*baselines*) a

nivel de Andalucía de los principales elementos traza en los suelos (As, Cd, Co, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn), inclusive contextualizados para los distintos dominios geológicos, juntos con sus anomalías y el carácter geogénico o antropogénico de las mismas. Y, finalmente, dispone también de Niveles Genérico de Referencias propios.

Hoy, el grupo de investigación Mineralogía Aplicada, liderado por Isabel continúa trabajando en la Faja Pirítica de Huelva, donde las aportaciones realizadas a la especiación químico-mineralógica de elementos traza en suelos y sedimentos, y a la consideración mediante criterios científicos de lo que debe ser un suelo contaminado, está sirviendo para que la Administración, empresas y particulares puedan solventar con el mínimo gasto posible muchos problemas de contaminación, evitando esfuerzos innecesarios de recuperación.

Isabel es el autora y coautora de ciento cuarenta publicaciones científicas, la mayoría de ellas relacionadas con geología y mineralogía de arcillas, minerales y rocas industriales, y en contaminación de suelos y atmósfera por elementos traza. Ha participado en la redacción de veinticuatro libros o capítulos de libros sobre la Mineralogía aplicada y el Medio ambiente.

Ha presentado más de cien trabajos científicos en congresos cincuenta de ellos de carácter internacional. La Dra. González ha dado numerosas conferencias en diferen-

tes foros científicos. Ha colaborado en más de cincuenta proyectos financiados por Entidades públicas Nacionales e Internacionales, Comunidades Autónomas y Empresas, sobre temas relacionados con recursos naturales y Minerología Aplicada (catorce de ellos liderados por ella). Ha recibido distintos premios y distinciones a lo largo de su trayectoria investigadora.

Es evaluadora desde 1995 de la ANEP en el área de Ciencias de la Tierra y Recursos Naturales, de la Agencia de Evaluación de Castilla y León desde el año 2004, de los proyectos de investigación de la Universitat Jaume I de Castelló desde 2002, y del VI Programa Marco Europeo desde 2003 (propuesta por la Universidad de Sevilla).

También ha sido invitada por el Comité del Premio Nobel de Química, para designar a los candidatos para el Premio Nobel de Química en 2011 y para el Premio Nobel de Física 2014.

Es importante destacar la transferencia tecnológica realizada a empresas. Este proceso ha dado lugar a más de una treintena de contratos de colaboración, varios informes y el desarrollo de tres patentes. La transferencia tecnológica se ha llevado a cabo con la empresa Comercial Cerámica de Bailén desde 1994, se ha asesorado al laboratorio de I+D+i de la empresa MALPESA desde 1999, a la empresa EMAPLICADA desde 2005 (*spin-off* creada a partir del Grupo de Minerología Aplicada y ganadora del premio Arco Iris concedido por la Consejería de Innovación Ciencia y Empresa a la mejor cooperativa innovadora en 2008).



Isabel González Díez.

Por último, se ha establecido una plataforma para la transferencia tecnológica con INNOVARCILLA (Bailén), en 2012, y COSENTINO, en 2022.

Quisiera destacar que toda esta actividad científica, Isabel la ha compaginado con su actividad intensa docente. Desde 1982, ha impartido docencia en las universidades de Zaragoza, Huelva y Sevilla, concretamente, en las Licenciaturas de Geología, Química, Farmacia, Biología, y en los grados de Química, Doble Grado en Química e Ingeniería de Materiales, Grado en Ingeniería Civil, en Ciencias de la Educación, así como en Másteres, Programas de Doctorado y Cursos de Formación Complementaria.

Ha sido Presidenta de la Comisión Académica del Programa de Doctorado Recursos Naturales y Medio Ambiente de la Universidad de Sevilla y, actualmente, es Ponente de Geología para la PEVAU en esta universidad.

Isabel es una excelente docente, que contagia entusiasmo e ilusión, y que cuenta con el reconocimiento de sus alumnos entre los que me encuentro. El Presidente de la AEC, mi gran amigo Manu, y yo misma fuimos afortunados en formar parte del alumnado del curso *Arcillas: mineralogía, geología y aplicaciones*, que se impartió en nuestro Departamento en 1992 y en el que una embarazadísima Isabel nos transmitió su amor por la investigación en arcillas.

Se suele decir que las personas extraordinarias lo son gracias a su actitud y carácter. Pues en el caso de Isabel, doy fe de que esto es así: es generosa, positiva, optimista, alegre y espontánea, de risa contagiosa, llena de una gran energía, con la que no para de pensar en nuevos retos, a pesar de que insista que ya le toca jubilarse.

Enhorabuena Isabel, por este reconocimiento tan merecido, y mis felicitaciones de nuevo a los familiares y amigos de Isabel que la acompañan en este momento tan especial.

PATRICIA APARICIO FERNÁNDEZ

Directora General de Relaciones de Gobierno y Profesora Titular del Departamento de Cristalografía, Minerología y Química Agrícola de la Universidad de Sevilla

Respuesta de la galardonada

Buenas tardes, Sra. Vicerrectora de Estudiantes de la Universidad de Sevilla, autoridades académicas, miembros de la Asociación Española de Científicos (AEC), profesores, investigadores, galardonados, señoras y señores.

Me gustaría iniciar estas palabras con un agradecimiento a la Asociación Española de Científicos (AEC) y, en concreto, al Consejo Rector y a su Presidente por haber tenido a bien otorgarme esta distinción que siempre llevaré con orgullo y agradecimiento.

Me honra sobremanera recibir esta placa por muchas razones, pero una de ellas, y creo que importante, es por el reconocimiento a una labor investigadora en Mineralogía Aplicada y, por ende, en Geología, ciencia que últimamente está un poquito abandonada, aunque cualquiera que estuviera hoy en esta sala no tendría esa percepción, ya que tengo el honor de compartir este galardón con el Instituto Geológico y Minero, por lo que me siento feliz. También porque, por primera vez, se otorga a una mujer científica de la Universidad de Sevilla.

Permítanme decir que, a pesar de los errores que tengan estas palabras, comprometen toda mi gratitud a instituciones como la Universidad de Zaragoza, Universidad de Sevilla y el Consejo Superior de Investigaciones Científicas, que han contribuido a mi formación, han posibilitado el desarrollo de mi labor investigadora y me han permitido trabajar en lo que me gusta, siempre me he considerado una privilegiada por ello. También a las personas -es imposible nombrarlas a todas- que, durante estos años, han confiado en mí, apoyando mi trabajo con su inestimable ayuda.

Por supuesto, quiero felicitar al resto de galardonados, por sus grandes logros científicos, sociales y de divulgación tan importantes en nuestra vida. Para todos nosotros, el estar hoy aquí es sinónimo de esfuerzo, dedicación, paciencia, y sacrificio, y, en ocasiones, empatía como hace unos días se ha puesto de manifiesto en la entrega de los premios Princesa de Asturias. Valores todos ellos que, en nuestra sociedad actual, donde impera la inmediatez, no son tan populares, pero, en mi opinión, muy necesarios. También a mi querida compañera y amiga Patricia Aparicio por sus amables palabras que posiblemente no merezca.

Antes de escribir este discurso, esperé a que se apagara el ruido para que mis palabras salieran, como siempre, del corazón. He recibido un honor muy grande y, cuando supe la noticia, pensé primero en mi madre y en mis hijos. La yaya, una mujer que si tuviera que definirla es puro coraje y fuerza; gracias, mamá, por tenerte siempre tan cerca; y mis hijos Eduardo e Isabel, mis dos pilares que me han apoyado en todas las decisiones que he tomado: veros crecer, aprender y madurar me hace sentir muy orgullosa y me da la fuerza para seguir adelante, gracias por los magníficos momentos que hemos pasado juntos y los que vendrán.

Un recuerdo especial a quienes hoy no están aquí pero que hubiesen disfrutado mucho de este momento: mi padre y mis suegros, y mi maestro Emilio Galán, porque sin él, sin sus enseñanzas, no hubiese sucedido nada de esto ni estaría pronunciando estas palabras. Este acto me ofrece la oportunidad de decir una vez más públicamente que, pese a los años, sigo siendo una alumna muy agradecida por todas sus enseñanzas científicas y humanas, entre ellas, poder conocer al Dr. Sanfeliu y a sus magníficos discípulos. ¡Qué bien nos formaron, Dr. Jordán!

Este premio no es solo un reconocimiento a mi trabajo, que he intentado realizar con la mayor seriedad, haciendo

camino al andar, aprendiendo sobre la marcha, estudiando, investigando, curioseando y un largo etc., pero nada hubiese sido posible sin la dedicación y el esfuerzo de todo el Grupo de Trabajo de Mineralogía Aplicada (Cinta, Joaquín, Domingo, Adolfo, Antonio, Paloma, Patricia, Juan Carlos, Olivia) y de mis compañeros, y además amigos, del Área de conocimiento de Cristalografía y Mineralogía de la Universidad de Sevilla, de la Universidad Pablo de Olavide y de la Universidad de Murcia, los que están actualmente en activo y los jubilados.

El éxito que hemos logrado juntos, desarrollando distintas líneas de investigación, y realizando una importante labor de transferencia tecnológica, no hubiese sido posible sin vuestra valiosa contribución y compromiso, algunos meses de julio dan fe de ello. Gracias por vuestro entusiasmo, por vuestra dedicación al trabajo, por vuestros aportes y por secundarme en tantas ideas, propuestas y proyectos, muchos de ellos un poco locos, pero que hoy vemos realizados y que serán los pilares sobre los que se siga apoyando el desarrollo futuro de nuestro trabajo.

Es verdad que estoy en una etapa de medio despedida, pero quiero decir que no permitáis nunca que en épocas difíciles, que vendrán, especialmente en esta etapa de cambios, la rutina, el conformismo o el desaliento entren en vuestro día a día; todo lo contrario, luchad por mantener el espíritu de innovación y el entusiasmo que os ha caracterizado todos estos años y que ha sido el motor para lograr la mayoría de las metas que nos hemos propuesto.

No quiero olvidar ni dejar de lado una de las dos vertientes más importantes de mi vida. He hablado un poco de trabajo, pero no quiero dejar pasar esta oportunidad para decir que me siento realmente orgullosa de tener una corta, pero gran familia: Dori, Javier, Primi, Pol, Elvira, siempre os tengo muy cerca; y unos magníficos amigos, que hoy también están aquí, algunos llevamos compartiendo vida desde hace más de 50 años, realmente soy una afortunada.

No puedo nombrarlos a todos, pero gracias por todas las risas que hemos compartido, por las tardes de café y oporto, fresas con chocolate, por las charlas profundas, por los abrazos reconfortantes y por las aventuras inolvidables. Creo que, además de la tesis que he empezado a dirigir, y con la que estoy realmente ilusionada, deberíamos escribir un libro de divulgación con todas las anécdotas vividas.

Por último, no tengo palabras suficientemente expresivas para manifestar mi agradecimiento por su presencia y por la paciencia con la que me han escuchado. Gracias a todos.

ISABEL GONZÁLEZ DÍEZ

Catedrática de Cristalografía y Mineralogía de la Universidad de Sevilla

Placa de Honor de la AEC 2023 concedida a María del Mar Malagón Poyato

Excelentísimas autoridades, queridos colegas, amigas y amigos.

Conocí a María del Mar algunos años atrás, preparando mi candidatura a la Presidencia de la Sociedad Española de Biología Celular (SEBC) y tratando de formar un equipo activo para dinamizar la Sociedad e impulsar este área del conocimiento en España, como nos requerían las Sociedades internacionales, ECBO, IFBC, etc.

Y nos encontramos personalmente cuando celebramos la primera Reunión de la JD de la SEBC en el CIB (Centro de Investigaciones Biológicas Margarita Salas).

Es un honor presentar los méritos que hacen a María del Mar Malagón merecedora de la Placa de Honor de la Asociación Española de Científicos (AEC) como un gran referente en España en su ámbito de conocimiento en el campo de la Biología Integrativa y Fisiología, Endocrinología, Obesidad y Enfermedades Metabólicas, por sus contribuciones de alto impacto y relevancia internacional y su importante y decisiva Gestión de la Ciencia en dicho ámbito.

María del Mar es Licenciada en Biología (Universidad de Córdoba, 1985) y Doctora en Ciencias Biológicas (Universidad de Córdoba, 1989). Actualmente, es Catedrática de Biología Celular (Universidad de Córdoba), desde el año 2008, y Subdirectora Científica del Instituto Maimónides de Investigación Biomédica de Córdoba (IMIBIC).

También es coordinadora del Área de Nutrición, Enfermedades Endocrinas y Metabólicas del citado Instituto Maimónides (IMIBIC) y Hospital Universitario Reina Sofía/Universidad de Córdoba, así como de la Comisión de Formación de dicho Instituto.

En primer lugar, su estatus de Catedrática, Subdirectora y Coordinadora del Área de Endocrinología Obesidad y Enfermedades metabólicas es una consecuencia lógica de su formación, de su destacada labor docente y de su relevante labor científica con alto impacto internacional – con más de 145 artículos científicos-, directora de 9 proyectos del Plan Nacional, 2 Acciones Integradas Hispano-Francesas, 2 proyectos de Excelencia y 1 proyecto de la Consejería de Salud (Junta de Andalucía), 2 patentes, directora de 18 Tesis Doctorales, Miembro del Comité Editorial de las revistas *Endocrinology*, *Journal of Integrated Omics*, *General and Comparative Endocrinology*, previamente del *Journal of Neuroendocrinology*, y editora asociada de *Frontiers in Neuroendocrine*



De izquierda a derecha, M^a Carmen Risueño, M^a Mar Malagón, M^a Carmen Gallardo, Manuel Jordán y Patricia Aparicio.

Science, y, desde 2016, dirige el Programa de Doctorado en Biomedicina de la Universidad de Córdoba. Todo lo cual evidencia su compromiso con la Universidad y la Ciencia Española.

En segundo lugar, ese compromiso ha hecho que María del Mar haya tenido a lo largo de su carrera numerosos cargos de representación y gestión, tanto a nivel nacional como internacional, y merece destacarse que es la actual Presidenta de la Sociedad Española para el Estudio de la Obesidad (SEEDO), asumiendo un importante compromiso social en contra de graves lacras que ocasiona esta enfermedad muy arraigada originando seria discriminación que en nada ayuda a estas personas.

Es miembro de la Fundación de la Sociedad Española de Endocrinología y Nutrición (SEEN) (2011-), de la Junta Directiva de la Sociedad Española para el Estudio de la Obesidad (SEEDO) (2014-) y de la Fundación de dicha Sociedad (2017-). Ha sido Tesorera y Miembro de la Junta Directiva de la Sociedad Española de Biología Celular (2001-2011), Consejera de la International Federation of Comparative Endocrinology Societies (2001-2005), Consejera de la Societé de Neuroendocrinologie (Francia) (2006-2009) y Miembro del Comité Científico de la International Regulatory Peptide Society (2008-). Y ha formado parte del Comité Científico de los congresos organizados por dichas sociedades científicas.

En tercer lugar, hay que resaltar su importante y decisiva Gestión de la Ciencia Española en dicho ámbito de la Biología Integrativa, Fisiología, Endocrinología y Obesidad en base a su alta y amplia especialización, en paralelo con su tarea docente y labor científica. María del Mar ha sido: Adjunta del Área de Fisiología y Farmacología de la Agencia Nacional de Evaluación y Prospectiva (ANEP) (2005-2009) y Gestora del Área de Biología Integrativa y Fisiología (BFI) de la Subdirección General de Proyectos de Investigación del Ministerio de Economía y Competitividad (2010-2014) y, actualmente, es miembro del Comité Técnico de la Dirección de Evaluación y Acreditación de la Agencia Andaluza del Conocimiento (2014-).

Es también evaluadora de l'Agence Nationale de la Recherche (ANR, Francia), l'Agence d'Evaluation de la Recherche et de l'enseignement Supérieur (AERES, Francia), la Research Grants Council of Hong Kong, la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica de la Argentina, de la National Science Foundation (NSF, EE. UU.), y del Fondo de Investigaciones Sanitarias (ISCIII). Habiendo además participado en paneles de evaluación de las convocatorias: Miguel Servet, Ramón y Cajal, JIN y L'Oreal.

Y ¡cómo no! A María del Mar aún le queda tiempo para promover y divulgar la ciencia, motivando e ilusionando a niños y jóvenes mediante su participación habitual en la Noche de los Investigadores.

Aunque muy brevemente, no puedo dejar de describir su Línea de investigación como Directora del Grupo de Adipobiología en:

- Identificación y caracterización de biomarcadores de disfunción del tejido adiposo en relación al desarrollo de resistencia a insulina y diabetes tipo 2 asociados a obesidad o lipodistrofia.
- Estudio de las diferencias entre obesos metabólicamente sanos y obesos con enfermedad metabólica.
- Consecuencias metabólicas de la cirugía bariátrica y de la dieta sobre el tejido adiposo.

Porque, entre sus hallazgos en este tema tan complejo, están sus resultados sobre por qué algunos obesos desarrollan enfermedad metabólica, mientras que otros parecen estar protegidos y permanecen sanos a pesar de tener un exceso de tejido adiposo, determinando así las posibles dianas con interés terapéutico.

La meta de esta línea de investigación es aportar nuevo conocimiento útil a la sociedad, además de formar a los investigadores del futuro.

Con su permiso, transcribo su deseo científico (que me parece apasionante): «Conseguir establecer dianas útiles para el diseño de estrategias de diagnóstico o tratamiento de las enfermedades asociadas a la obesidad, dado que se asume que la voluntad de la persona es la que determina si está delgada o no, y eso es un gran error».

Permitidme mencionar, aunque me estoy alargando un poco, mi asombro por cómo María del Mar ha podido hacer tanto en tan poco tiempo. El compromiso social que se ha marcado María del Mar y en su presidencia de la SEEDO, en especial «en favor de las personas con obesidad», es de gran recorrido y de mucha envergadura, – ante el hándicap de ¿Por qué la obesidad no se considera una enfermedad si conlleva tantos riesgos asociados?, y pasa por cuestionar algunas opiniones equivocadas que estigmatizan la obesidad.

Esa opinión generalizada, ya mencionada, asume que la obesidad depende de la voluntad y autocontrol del paciente, incluso en ambientes científicos no especialistas en obesidad, cuando se dice que es una enfermedad, la respuesta de todos es «Pues que cierre el pico, ¿no?», lo cual, como viene manifestando María del Mar, es mucho más complejo que eso y uno de los conceptos más erróneos que contribuye a impedir que la obesidad se considere una enfermedad (entrevista reciente en *El País*).

Bromas al margen, y para terminar, también querría explicar las razones no científicas de este homenaje. Resulta que, además de toda esta biografía de trabajo útil y eficaz, María del Mar es una persona racional y razonable, voluntariosa, agradable y siempre dispuesta a ayudar y apoyar a quien lo necesita, y a quien se interesa por los mismos asuntos a los que ha dedicado su labor científica.

Tiene alma de maestra que regala lo que sabe, y que se alegra con la mejora de sus alumnos y los éxitos de sus amigos.

Sobre todo por esto último, muchas gracias, María del Mar.

MARÍA DEL CARMEN RISUEÑO

Profesora de Investigación CSIC, (CIB) Madrid, y Vicepresidenta de la Asociación Española de Científicos

Respuesta de la galardonada

Quiero agradecer, en primer lugar, a la Asociación Española de Científicos (AEC) y a su Presidente, Profesor Manuel Jordán Vidal, por el premio que me han concedido. Hago extensivo mi agradecimiento a todos los miembros del Consejo Rector de la Asociación.

Es un verdadero honor y un placer recibir esta distinción tan prestigiosa de una institución con tan larga tradición; viendo el nombre de los premiados anteriormente y también de los que han recibido el premio en esta edición, a los que felicito, me siento humildemente agraciada por esta concesión.

Mi gratitud especial a la Vicepresidenta de la Asociación, la Dra. Mari Carmen Risueño, por su apoyo y cariño y por las generosas palabras que me ha dedicado. Tuve el placer de coincidir con la Dra. Risueño hace ya varios años, cuando ella era Presidenta de la Sociedad Española de Biología Celular (SEBC) y yo, Tesorera. Además de iniciar una larga y bonita amistad, aprendí muchas cosas de la Dra. Risueño, entre otras, a valorar la diversidad de la ciencia, porque no hay ciencia grande ni pequeña si tiene calidad. También aprendí de ella que hay que apoyar y alentar a los jóvenes que inician su carrera, que luego se convertirán en los científicos y científicas que no solo mantienen, sino que además mejoran la ciencia que se hace en nuestro país.

Durante el tiempo que pasé en la Junta Directiva de la SEBC, también coincidí con un magnífico grupo de investigadores, incluyendo a la Dra. Sánchez Testillano, vocal de esta Asociación. Con ellos, me inicié en la organización de actividades científicas y han sido además compañeros de viaje en mi carrera investigadora/profesional.

Hasta aquí he hablado de maestros, maestra en este caso, y compañeros, porque si miro retrospectivamente mi carrera, creo que he tenido mucha suerte de encontrar y compartir este camino con tanta gente extraordinaria. Porque en ciencia hay que ir más allá de uno mismo. Aparte del gran esfuerzo que creo que hacemos los investigadores para conseguir hacer ciencia, muchas veces a costa de nuestras relaciones familiares y personales, lo que se hace y



María del Mar Malagón Poyato.

se consigue es posible gracias a las personas que nos rodean; solo mencionar a personas como mi Director de Tesis, el Dr. Francisco Gracia-Navarro y de posdoc en la Universidad de Rouen (Francia), Dr. Hubert Vaudry, o colegas como el Dr. Carlos Diéguez, y muchos otros colaboradores que son referentes todos ellos en investigación o en gestión de la ciencia.

Resalto la gestión de la investigación porque, de manera paralela a la gestión del laboratorio y de mi grupo, he tenido la oportunidad de participar en la evaluación de proyectos de investigación y de recursos humanos para distintas agencias, de nuevo, afortunadamente, acompañada por personas de una enorme calidad científica y humana, siempre empeñados en defender y apoyar, a veces salvar, la buena ciencia y los buenos científicos. Esta es la gran gestión, o la gestión a gran escala, que he hecho y sigo haciendo habitualmente, pero ahora también puedo disfrutar de hacer gestión más local, en el Instituto Maimónides de Investigación Biomédica (IMIBIC) de la Universidad de Córdoba, donde desde la Subdirección Científica, junto con el Director del Instituto, Dr. Pablo Pérez Martínez, del que nunca dejo de aprender (de nuevo, la suerte de tener a gente extraordinaria alrededor), puedo emprender acciones, muchas veces pequeñas, para facilitar el trabajo de los investigadores, los más sénior y los más jóvenes.

Y cierro el círculo con los más jóvenes y volviendo a la ciencia. Una de las tareas más bonitas y reconfortantes de mi vida profesional y, en general, creo que de todos los que nos dedicamos a la ciencia, es la capacidad de formar a las personas que pasan por nuestros grupos.

Han sido ya muchos investigadores predoctorales y posdoctorales a los que he podido dirigir o encaminar o ayudar en su investigación y que ahora veo con orgullo que han formado sus propios grupos o que, incluso estando fuera del sistema de ciencia, porque es muy difícil quedarse, siguen su camino y se convierten en maestros de las siguientes generaciones. Quiero mencionar aquí también el placer de haber participado en la formación docente, que te «obliga» a estar al día de todo y a transmitir, de otra manera igualmente interesante y gratificante, el amor por la ciencia. Porque, al final, ese ha sido el motor de mi vida profesional.

Como mencionaba anteriormente, aunque la carrera investigadora es trabajosa y, en ocasiones, dura, la ciencia es divertida y emocionante, por lo que te aporta a nivel personal, y solidaria y necesaria para construir un mundo en el que las personas vivan mejor. Ahora mismo, estamos celebrando aquí, en Sevilla, el XIX Congreso de la Sociedad Española de Obesidad (SEEDO), sociedad que presido en la actualidad acompañada por una Junta Directiva compuesta por gente extraordinaria (otro círculo que se cierra desde mi inicio en la SEBC). Justo en este momento, mientras estamos celebrando estos premios, está teniendo lugar una manifestación en el Paseo de Colón, aquí en Sevilla, organizada desde la SEEDO para apoyar a las personas que sufren esta enfermedad, desde una sociedad científica y desde la investigación. No hay nada mejor que ver que, desde la ciencia, grande o pequeña, podemos hacer algo por las personas.

Y quiero acabar agradeciendo a las otras personas que me han acompañado y acompañan en mi vida, mi querida familia y amigos, que saben comprender las ausencias y la falta de tiempo, y me apoyan siempre brindándome su amor incondicional.

Muchas gracias por su atención.

MARÍA DEL MAR MALAGÓN POYATO

Catedrática de Biología Celular de la Universidad de Córdoba

Placa de Honor de la AEC 2023 concedida a Sergi Maicas Prieto

Autoridades académicas, miembros de la Asociación, personas galardonadas, queridos colegas y resto de público presente en la sala. Tengo hoy el honor de presentar al Dr. Sergi Maicas en este acto de entrega de las Placas de Honor de la Asociación Española de Científicos 2023 en el que se reconoce su labor divulgadora.

Sergi nació en Castelló, una pequeña capital de provincia. Desde muy joven, sabía que su actividad profesional se encaminaría hacia la Biología. Y así fue como, tras el bachillerato, optó por trasladarse a la Universitat de València (UV) para poder licenciarse en esta especialidad a pesar de las «reticencias familiares».

Fue en el inicio de su carrera cuando ambos nos conocimos, compartiendo asignaturas y profesores. Pocos años después, al iniciar la especialización en Bioquímica, volvimos a coincidir en el Departamento de Microbiología en el que él continuó hasta doctorarse en esta especialidad a finales del siglo pasado. Su interés se centró pronto en la microbiología enológica, uniéndose primero como alumno colaborador y, finalmente, como doctorando, en el grupo entonces liderado por el profesor Federico Uruburu. Nuestras vidas académicas se separaron en esa etapa, ya que yo inicié mi tesis doctoral en un centro del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC).

Tras doctorarse bajo la supervisión de los doctores Sergi Ferrer e Isabel Pardo, Sergi realizó una estancia posdoctoral en el Instituto de Agroquímica y Tecnología de los Alimentos del CSIC en València con el Dr. Julio Polaina hasta que su carrera investigadora se encaminó hacia el mundo de la industria. ¿Cuál fue el motivo de esta deriva? Lo común en esa etapa de desarrollo profesional era y es emprender el vuelo hacia otro país, pero eso implicaba una desconexión familiar que él no estaba dispuesto a asumir. Así, durante una década, sus esfuerzos se centraron en el desarrollo de una empresa biotecnológica dedicada a obtener y purificar proteínas de interés farmacéutico.

Esta etapa fue enriquecedora, le proporcionó conocimientos diferentes y complementarios a los académicos. Además, la posibilidad de poder trabajar cerca de casa le permitió compaginar su labor empresarial con la de impartir docencia como Profesor Asociado en el área de Microbiología en diferentes universidades de València.

Hace poco más de diez años tuvo la oportunidad de retornar al mundo académico, al mismo Departamento donde realizó su tesis doctoral, y así lo hizo. Actualmente, es Profesor Titular en el Departamento de Microbiología y Ecología de la UV. Esta última etapa ha sido frenética para él: aparte de impartir sus asignaturas y pedir proyectos de investigación, ha montado un laboratorio de investigación, escrito artículos, dirigido trabajos de investigación y ha gestionado como director un máster, tareas, por otro lado, comunes a cualquier profesor de la universidad. Lo meritorio es que todo esto lo ha hecho al mismo tiempo que ha desarrollado una gran labor divulgativa, labor por la que se le concede este galardón.

Inició tímidamente su faceta divulgadora coordinando un curso MOOC de Biología Molecular destinado al alumnado de diferentes etapas educativas, pero poco después se lanzó de lleno a la divulgación, implantó el proyecto *Small World Initiative/Micromón* en la UV e impulsó el proyecto *Divulsuperbac* que le ha llevado a recorrer de norte a sur la Comunitat Valenciana, en colaboración con otros profesores y estudiantes universitarios, siempre cargado de material para realizar talleres y exposiciones. El proyecto *Divulsuperbac* ha saltado las fronteras de la Comunitat Valenciana y se ha extendido no sólo a otras comunidades. sino a otros



De izquierda a derecha, M^a Dolores Gómez, Sergi Maicas, M^a Carmen Gallardo, Manuel Jordán y Patricia Aparicio.

países dentro del proyecto europeo *Forthem*. Me gustaría destacar dos características comunes en estos proyectos. Implican a profesorado de diferentes facultades y departamentos y van dirigidos a estudiantes de varios niveles educativos. A estas actividades se suma la impartición de cursos a profesorado de secundaria, a personas mayores, charlas en institutos de educación, en Semanas de la Ciencia en distintas poblaciones, y no continúo enumerando eventos para no excederme en el tiempo.

Llegado a este punto debo de indicar que el hilo común que une a todas sus actividades divulgativas es transmitir a la sociedad el preocupante aumento de las resistencias microbianas y fomentar el buen uso de los antibióticos. Aunque parezca increíble, la mayoría de la sociedad no conoce la diferencia entre un antibiótico y un antiinflamatorio. Por si esto fuera poco, llegó la pandemia: entrevistas en radio, televisión, asesoramiento a medios escritos y lo que surgiera. Difícil decir no a quien te pide que informes, que divulgues, que pongas un poco de luz a la etapa tan complicada que vivimos.

Informar a la sociedad es una forma de devolverle el favor que ella nos hace al posibilitar que nosotros, investigadores, tengamos trabajos tan maravillosos y, a la vez, de poner nuestro granito de arena en la construcción de un mundo más sabio, libre y justo.

Por último, quiero resaltar su gran capacidad de trabajo y gestión, cualidades que le han permitido, siempre con varios frentes abiertos, alcanzar todos los objetivos previstos. Por todo ello, es para mí un verdadero placer presentar al Dr. Sergi Maicas aquí con motivo de la concesión de esta placa de honor que le otorga la Asociación Española de Científicos en su edición del 2023.

Gracias por haber sido mi compañero y amigo durante todos los años que llevamos compartidos.

MARÍA DOLORES GÓMEZ GIMÉNEZ
Científica Titular del Instituto de Biología Molecular y Celular de Plantas IBMCP (CSIC-UPV), Valencia

Respuesta del galardonado

Queridos y queridas colegas. Mis primeras palabras no pueden ser otras que las que expresen mi agradecimiento a la Asociación Española de Científicos (AEC) por el reconocimiento que supone la concesión de su Placa de Honor a la Divulgación Científica. Supone para mí un gran honor que científicos y científicas de prestigio hayan pensado en mí, por lo que no podía empezar mi discurso de otra manera.



Sergi Maicas Prieto.

La ciencia tiene sentido si aporta una mejora a la sociedad, si permite el descubrimiento de un hecho básico antes no conocido por el ser humano o bien permite un avance o mejora de algún concepto o producto previo. Ciencia básica y ciencia aplicada, dos pilares fundamentales que quedan cojos sin un tercer sustento. La ciencia que no se transmite, no se divulga y queda en el cajón del olvido (me refiero a su publicación en una de las miles de revistas especializadas existentes hoy en día) contribuye de forma poco eficiente al progreso de la sociedad. Transmitir los avances científicos contribuye a hacer de la nuestra una sociedad más libre, más democrática, más informada y, por lo tanto, mejor.

El siglo XXI (del que ni tan siquiera hemos cubierto la cuarta parte) va camino de ser el de las pandemias masivas. Ya no solo por los millones de personas afectadas (en eso, coincidimos con las primeras plagas datadas en el mundo romano), sino por la difusión casi al instante que hoy tenemos de las cifras de personas afectadas o muertas. Venimos de estar inmersos en la COVID-19, una pandemia vírica originada probablemente en Asia, con una repercusión mundial. Tal vez algún día sepamos con certeza el origen, la vía de transmisión y muchos otros aspectos de importancia que nos permitan actuar de manera más organizada en una pandemia posterior. Porque esta no será la última pandemia que azote a la humanidad. El hambre, las guerras, ya son una plaga actual causada por el ser humano.

El azote que suponen para nuestra sociedad se suma a los innegables efectos negativos del cambio climático. Un

terreno y unas reglas de juego en permanente evolución, que necesitan de una sociedad en permanente estado de alerta y actuación. Y es en este punto en el que me gustaría introducir el tema central de mi actividad en los últimos años: la crisis antibiótica.

Cuando Alexander Fleming, algo descuidado en la limpieza del laboratorio, pero ducho en la observación de sus cultivos, descubrió la penicilina, una nueva era científica surgió. La posibilidad de atajar infecciones, hasta entonces mortales o gravemente incapacitantes, nos permitió aumentar notablemente las condiciones y la esperanza de vida. Fue el mismo Fleming, en su discurso de aceptación del Premio Nobel, el que puso en valor el concepto de resistencia bacteriana. El mal uso, generalmente sobreuso, de los antibióticos, permite a los microorganismos (no solo bacterias) adaptarse a su presencia, restando de manera acelerada efectividad en la acción.

El abaratamiento en los procesos de producción ha hecho accesibles una batería de antibióticos de primera línea que son consumidos no siempre con el rigor que se debería. Poder pagar por un servicio no debería ser sinónimo de derroche de dicho bien. El concepto del «quien paga, manda», nos está conduciendo a un desastre de consecuencias terribles. Sin ánimo de ser demasiado catastrofista, o actuamos ya o, también en este aspecto, cuando queramos, será demasiado tarde.

Muchas de las contribuciones que han convencido a quienes me han hecho merecedor de esta Placa de Honor de la Asociación Española de Científicos (AEC) 2023 han sido implementadas en centros de educación secundaria y primaria. Intentamos concienciar a la población en conferencias generalistas, en redes sociales, en congresos y en cualquier foro donde nos sea posible. Atender las llamadas de los medios de comunicación, para traducir conceptos científicos de cierta dificultad a público no especializado es una labor a veces compleja, pero necesaria. Son pequeñas aportaciones (traducciones a un lenguaje más sencillo) que de manera rigurosa intentamos hacer para que así sea.

Me enorgullece formar parte de un equipo de profesores y alumnos de Microbiología, dedicados en los últimos años a divulgar, a informar sobre esta crisis. Ellos son tan merecedores como yo de este galardón, y por eso quisiera hacerlos también partícipes.

No quiero acabar sin felicitar a todas las personas que como yo hoy, han sido premiadas con esta Placa de Honor de la AEC. Quiero compartir el premio con mi familia, con todas mis chicas, con mis amistades y con los compañeros de todos los centros donde he realizado mi labor profesional los últimos 30 años.

SERGI MAICAS PRIETO

Profesor Titular de Microbiología y Ecología de la Universitat de València.



De izquierda a derecha, José Juan López, Santiago García Cremades, Manuel Jordán, Mª Carmen Gallardo y Patricia Aparicio.

Placa de Honor de la AEC 2023 concedida a Santiago García Cremades

Jose Santiago García Cremades nació en Molina de Segura (Murcia) el 13 de octubre de 1985. Si tuviera que definirlo en pocas palabras, diría que es malo en la puntualidad, regular como profesor, bueno como divulgador científico, y muy, muy bueno como amigo.

De hecho, se dedica a la divulgación científica desde 2014, con contenidos periódicos en diferentes medios nacionales y una importante presencia en redes sociales. A dar clase en la universidad (machacando con matemáticas a los de periodismo), y a soportarme de vez en cuando tomando una caña en un bar del centro de Murcia.

Cursó sus estudios en la Universidad de Murcia, graduándose en la Licenciatura de Matemáticas en 2008 y obteniendo un Máster en matemática avanzada en 2010.

Comenzó en 2011 como investigador sobre estudios genómicos de caso-control sobre demencias, con la Fundación ACE de Barcelona, trabajando posteriormente en la Facultad de Matemáticas de la Universidad de Murcia como contratado de investigación en el modelado matemático del genoma humano.

Desde 2015 es profesor asociado de la Universidad Miguel Hernández (UMH) de Elche impartiendo estadística en la titulación de periodismo, y, en los últimos años, además, en la Universidad de Murcia, impartiendo matemáticas en la titulación de ingeniería informática.

En 2018, entró como miembro en la Academia de TV. En 2019, comenzó el Doctorado en Matemática Aplicada en la UMH centrandose su investigación en los modelos matemáticos utilizados en la pandemia, publicando en 2021 su primer artículo científico sobre modelos predictivos de contagios COVID-19 con el uso de variables de movilidad de Google, entrando dicho artículo en el 5 % de los más leídos a nivel mundial en ese momento.

Durante la etapa de la pandemia de enfermedad por coronavirus, ha sido una referencia en la evolución de los datos en España, investigando y comunicando diferentes modelos matemáticos y apareciendo repetidamente en programas como *Liarla Pardo*, *La Sexta Noche*, *La Mañana de La 1*, Informativos de Antena 3 con Vicente Vallés o El Programa de AR.

Por su labor, fue reconocido con el Premio Importantes 2020 en el diario *Información* de Alicante. Y con el premio al mejor Divulgador Científico del año 2021, por la Asociación de Divulgación Científica de Murcia.

Ha sido una de las caras de las fiestas de Murcia en 2021, con un cartel que desató la polémica en los medios, junto con Raquel Sastre. Colabora en RTVE en *Mapi* (programa de televisión) y en Radio Nacional en *Gente Despierta* y *De Vuelta*, y en ATresMedia en La Sexta, en *La Roca*, con Nuria Roca y en Onda Cero en *Más De Uno*, con Carlos Alsina.

En conclusión, Santi lleva la ciencia, y más concretamente las matemáticas, allí donde va, haciendo bandera de ella, y contándola con humor, pero con precisión.

JOSÉ JUAN LÓPEZ ESPÍN

Profesor Titular de Lenguajes y Sistemas Informáticos y Vicerrector de Estudiantes y Coordinación de la Universidad Miguel Hernández (UMH) de Elche

Respuesta del galardonado

Presidente de la Asociación Española de Científicos (AEC), Manu, para los amigos, Consejo Rector de la AEC, autoridades de la Universidad de Sevilla, excelencias académicas, colegas, amigos, amigas, gracias.

Soy Santi, hijo de Pepito, el de Lola de la Posada, y de Angelita, la de Santiago. Mis padres siempre me enseñaron a ser agradecido. Así que, gracias. Y quiero agradecer especialmente a ciertas personas que han hecho que yo esté aquí hoy, con una placa de honor a la divulgación científica.

Aunque, pensándolo bien... ¿estás seguro, Manu, de que no te has equivocado? ¿Un matemático premiado? Eso es un oxímoron de toda la vida. Como silencio ensordecedor o científico con una vida estable. Si no te has equivocado, pensaré entonces que has seguido un algoritmo, que habéis pensado que las matemáticas tienen una importancia esencial en todos los aspectos técnicos de nuestra vida y que a nivel mediático cada vez son más necesarias como parte de una cultura general, parte que hasta ahora estaba olvidada. En ese caso, gracias al algoritmo, y también a las personas que abrieron barreras para llegar a este punto.

En primer lugar, a los anteriores premiados, en especial a Jesús Tadeo Pastor, que es uno de los mejores matemáticos de nuestros tiempos y fue mi compañero de despacho en la Universidad Miguel Hernández (UMH) de Elche. La verdad es que no se me ha pegado nada bueno de él, tiene más de 200 *papers*, yo 3. Ha sido Rector, yo soy presidente de mi comunidad... Espero seguir su camino, aunque él dé zancadas y yo vaya gateando. También quiero recordar a Manuel Seara, los mejores hombros de gigantes que pude tener. Él fue el que hizo posible que me dieran un programa de radio sobre el mundo de las matemáticas, y llevamos ya más de 300 programas en Radio Nacional, *Raíz de 5* se llama. Gracias Manolo, mi hipotenuso favorito, y a Radio 5.

La verdad es que no me gusta dar las gracias a un

algoritmo, así que lo retiro. Precisamente, me gustaría agradecer todo por las veces que conseguimos romper los algoritmos. Algunos lo llaman encontrar un cisne negro, otros una anomalía; yo lo llamo encontrar un contraejemplo, que para un matemático eso es ya demostrar un teorema. Pues en mi vida ha habido varios contraejemplos importantes.

De pequeño era un niño normal; bueno, me gustaban las matemáticas, pero el resto os juro que era casi normal. Me gustaba también la música, el fútbol y los amigos. Vi *Regreso Al Futuro* y quería ser inventor, vi luego *Indiana Jones* y quería ser arqueólogo, luego *Jurassic Park* y quería ser... no, dinosaurio no, matemático, como Ian Malcolm, un matemático sexy. Y al menos he conseguido una de las dos partes. Mi pareja me dice que con lo influyente que era, menos mal que en mis tiempos no existía *Breaking Bad*... Lo digo porque para Química ya está mi cuñada. Pasó el tiempo, serendipias varias, eureka pocos, parábolas muchas... y elegí el camino de las ciencias exactas porque suponía romper mi primer algoritmo. Sí, todo el mundo me decía que no la hiciera, que no tenía salidas, que era solo apto para genios con hombreras. Y la verdad es que ese reto, encontrar un contraejemplo, me supuso una satisfacción casi infinita.

Estudié, disfruté, me licencié. Y ya supe que era un camino de no retorno. Desde entonces recuerdo algunos contraejemplos que me sirvieron como guía. Mi amigo del alma, casi un hermano para mí es ahora mi director de Tesis. José Juan López Espín, que tengo la suerte y desgracia que me presente hoy aquí. Suerte porque no se me ocurre nadie



Santiago García Cremades.

mejor y desgracia porque seguro que va a ser más gracioso que yo. Recuerdo una llamada suya, una de esas que por probabilidad te hace conduciendo. Y me rompió el algoritmo laboral. Yo estaba sin trabajo, sin beca y buscando un camino incierto en un lugar llámalo x. Entonces me dijo: «mañana empiezas a trabajar en la UMH». Era el año 2011, y como no sé decirle que no a nada, salvo a salir de fiesta, que todo el mundo sabe que yo no soy de salir... pues empecé en la UMH y aquí sigo. Gracias, hermano.

En 2014, me enamoré. A ver, con Coral llevo apenas 2 años, pero tenemos una relación abierta («abierta unas narices», me dice ella). Me enamoré de la divulgación. Y quiero agradecer a Antonio Pérez Sanz, profesor de matemáticas, ya jubilado, que me llenó a mí de júbilo desde que era adolescente y fan de todo lo que tocaba. Creó una línea de divulgación matemática donde no había nada. Tienes dos series documentales: *Más Por Menos* y *Universo Matemático*, que se emitieron en La 2 y envejecen mejor que Jordi Hurtado. Él me enseñó el contraejemplo que me lleva hasta aquí: que las matemáticas sí se pueden comunicar en los medios, se puede mostrar su belleza y sí que interesan al gran público. Además, tengo la suerte y la desgracia que sea mi amigo: suerte porque lo admiro y lo disfruto y desgracia porque no lo veo ni la mitad de la mitad de la mitad (y así 42 veces) de lo que me gustaría. Gracias, maestro.

Desde entonces me han pasado contraejemplos por todos sitios: me quedé tercero en un concurso nacional de monólogos científicos (sí, yo tampoco sabía que existía), que organizaba la FECyT y me cambió la vida. Gracias a César y a Gonzalo, y gracias FECyT. Entré en Radio, en Onda Regional. Gracias Delfina, *teloviu*. Hice giras por toda España haciendo *shows* de ciencia en institutos, museos y hasta bares (recuerdo de actuar en un cabaret, y que las cabareteras me aplaudiesen por cantar al teorema de Fermat). Gracias, Javi, *et al*, entré en televisión, dos temporadas de *Órbita Laika* mágicas. Gracias por ese viaje, Jesús y compañeros. Y desde entonces la vida se abrió camino. Y el algoritmo a veces se rompe por algo que no queremos, como una pandemia. Ahí empezó otro, un caos donde las matemáticas tuvieron más fuerza que nunca.

Después de mucho ruido, mucha tv y radio y, sobre todo, mucha labor de investigación matemática llegó el final, y ahí recuerdo mi último contraejemplo laboral, mi favorito. Me llamaba un señor de Onda Cero, Jorge Abad, para hacer retos matemáticos con Carlos Alsina los jueves. En ese momento estaba mal, el algoritmo iba a un lugar no deseado y se rompió gracias a ellos. Gracias Jorge, Carlos y a la Academia Más de Uno.

Podrías seguir con más, Coral, la mujer más guapa y lista del mundo, mi madre, la mejor, mi familia, amigos, compañeros y compañeras que conozco y me han inspirado siempre, e incluso a otros que son más de expirar. Me gustaría agradecer esta oportunidad, por dejarme mostrar la belleza de las matemáticas, algo que parece una paradoja, pero no lo es. Se dice paradoja porque parece imposible,

pero es culpa del algoritmo que todos tenemos dentro, que es mejor que el ChatGPT o Dall-e 3. Y quisiera animaros a buscar un contraejemplo en vuestra vida, que seguro que lo encontráis.

No os dejéis tanto llevar por los algoritmos, o entraréis en burbujas, llevar siempre un alfiler, como mi madre, en forma de pensamiento crítico y sensibilidad hacia las cosas buenas de la vida. Y esto se lo debo a mis dos divulgadores favoritos. A mi padre, lo mejor que ha habido en el mundo. Él me enseñó divulgándome sobre el amor a los suyos, el trabajo y la confianza en hacer el bien. Y mi hija, Vera, que no ha podido venir porque tiene 3 meses y le he dicho que estas son cosas de mayores (sí, ya le he enseñado falacias de autoridad a estas alturas). Ella me enseña cada segundo a encontrar el sentido y la dirección de la vida.

Gracias a todos, y seguimos, por inducción... $n+1$.

SANTIAGO GARCÍA CREMADES

Profesor de Estadística e Investigador del Centro de Investigación Operativa de la Universidad Miguel Hernández (UMH) de Elche

Placa de Honor de la AEC 2023 concedida al Instituto Geológico y Minero de España, IGME-CSIC

Estimados Presidente y Junta del Consejo Rector de la Asociación Española de Científicos (AEC), estimadas autoridades, estimados galardonados y acompañantes. Es para mí un privilegio participar una vez más en la entrega de Placas de Honor de la AEC, a los que quiero felicitar por la diversidad de actividades y de valores de la ciencia y de los investigadores que destacan en sus galardones anuales.

Es, además, para mí un honor poder presentar al Instituto Geológico y Minero de España (IGME), una institución de larguísima trayectoria, que se ha incorporado hace no muchos años al CSIC, al Consejo Superior de Investigaciones Científicas, la institución a la que yo también pertenezco. En sus casi 175 años de historia, el IGME ha realizado muchas y muy nobles funciones, proporcionando una información rigurosa a distintas administraciones públicas y atendiendo a las necesidades de la sociedad en general.

Es muy conocido su maravilloso Museo Geominero en Madrid, lleno de tesoros geológicos y de auténticas preciosidades, disfrute de grandes y pequeños. Algo menos conocidos son sus mapas geológicos, otro tesoro para una península e islas con tanta diversidad geológica y riquezas mineras. Una geología muy rica que, además, está a la vista para disfrutarla, pues España tiene una combinación óptima de formaciones geológicas y de vegetación, que permiten su disfrute al lego y al profano.



De izquierda a derecha, Margarita del Val, Ana Alonso, M^a Carmen Gallardo, Manuel Jordán y Patricia Aparicio.

Precisamente por mi afición a la geología, me alegré mucho de conocer a la actual Directora del IGME, Ana Alonso Zarza, que recoge el galardón de la AEC. Fue a principios de septiembre de 2021 en un acto oficial. Fíjense en la fecha los que recuerden cuándo fue la erupción del volcán de La Palma, central para este galardón. Ambas representábamos al CSIC, y llevábamos año y medio de pandemia, tiempo durante el cual yo había informado y explicado lo mejor posible cómo enfrentarse al virus y cómo protegernos con las vacunas. Recuerdo que en ese acto oficial le comenté a Ana Alonso, Directora del IGME: «cuando una emergencia te toca muy cerca de tu campo de experiencia, hay que asumir la responsabilidad y volcarse lo mejor posible a la sociedad; algún día a lo mejor os toca a vosotros en el IGME».

Casi siento habérselo dicho, porque fue tan solo unos 10 días después cuando entró en erupción el volcán Tajogaite en la Cumbre Vieja de la isla de La Palma. El IGME, con su directora al frente, y con muchas expertas y expertos en primera línea, dio un ejemplo fabuloso de conocimiento y de servicio a los ciudadanos en una emergencia.

Es precisamente esta actuación el objeto de este galardón de la AEC, que estimo muy merecido. Con Inés Galindo como cara serena y muy visible, fuimos siguiendo ese fenómeno geológico que es una erupción, y sintiendo muy cerca la angustia de los ciudadanos afectados, a los que

informaban lo mejor posible y con todo rigor y sensibilidad. Recibieron a cambio todo el respeto de los ciudadanos para con los científicos.

El magnífico equipo de drones del IGME y sus inolvidables vídeos, su perfecta conexión con el gabinete de prensa del CSIC... Creo que todo ello quedará en nuestras memorias por mucho tiempo. Y, desde mi punto de vista desde dentro del CSIC, contribuyó a la integración del IGME en el gran organismo que es el CSIC, tras su entonces muy reciente integración formal.

Esta respuesta del IGME a una emergencia fue muy visible. Su larguísima trayectoria de intachable labor técnica de estudio, sin embargo, ya le ha hecho enfrentarse a otras emergencias nacionales e internacionales, aunque probablemente antes no había sido tan visible.

Ahora, hemos vuelto a coincidir volcanes, incendios, epidemias, y emergencias en océanos dentro del CSIC, en una nueva iniciativa para estar aún más preparados para que, en caso de emergencias, podamos responder desde el CSIC con todo el conocimiento de largos años de sus científicas y científicos, para ponerlo inmediatamente al servicio de la sociedad, de las Administraciones Públicas y del sector privado. Esta nueva iniciativa está precisamente capitaneada por una investigadora del IGME, la propia Inés Galindo, ahora vicepresidenta adjunta del CSIC.

Es por ello que en conjunto me ha tocado muy cerca como científica la experiencia del IGME frente a la emergencia del volcán de La Palma. Por ello, también como ciudadana, me alegro mucho de la concesión de esta Placa de Honor por la AEC y felicito calurosamente al IGME y a sus directivos, en especial a Ana Alonso, que recogerá la Placa en nombre de todo el equipo premiado.

Muchas gracias por su atención.

MARGARITA DEL VAL LATORRE

Investigadora Científica en el Centro de Biología Molecular Severo Ochoa del CSIC y Placa de Honor de la AEC 2021

Respuesta de la galardonada

Excm.a Sra. Vicerrectora de Estudiantes de la Universidad de Sevilla, querida Mari Carmen, Sra. Directora General de Relaciones de Gobierno de la Universidad de Sevilla, querida Patricia, Sr. Rector Emérito de la Universidad Miguel Hernández de Elche (UMH), querido Jesús, Sr. Vicerrector de Estudiantes y Coordinación de la UMH, querido Jose Juan, Ilmo. Sr. Decano de la Facultad de Químicas de la Universidad de Sevilla, querido Juan Luis, Sra. Delegada Institucional del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) en Andalucía, querida Margarita, Sra. Delegada institucional del CSIC en la Comunidad de Madrid, querida Marina, Sr. Decano del Colegio de Químicos del Sur, querido Otilio, Sra. Presidenta de la Asociación de Químicos de Andalucía, querida Ana Isabel, Directores del Instituto de Ciencia de Materiales de Sevilla y del Centro de Investigaciones Científicas de la Cartuja, otras autoridades civiles y académicas, Sr. Vicepresidente de la Asociación Española de Científicos (AEC), querido Enrique, Sra. Vicepresidenta de la AEC, estimada Mari Carmen, miembros del Consejo Rector de la AEC, socios y socias de la AEC, galardonadas y galardonados en esta XXV edición de las Placas de Honor de la AEC, presentadores, familiares, acompañantes, claustro de profesores, estudiantes, miembros del personal de gestión, administración y servicios, compañeras y compañeros.

En primer lugar, quiero felicitar a todos los premiados y premiadas y agradecer a la AEC la organización de este acto. Gracias por conceder este premio al Instituto Geológico y Minero de España (IGME), del CSIC, que recojo en representación de todo su personal y especialmente en todas las personas que participaron activamente en la emergencia del volcán de la isla de La Palma.

Es un honor recibir este premio de mi amiga y gran investigadora Margarita del Val, con la que compartimos algo muy importante: la asistencia, asesoramiento y divulgación en emergencias. El IGME tuvo un papel relevante en la emergencia del volcán de Tajogaite en la isla de La Palma. Nuestra tarea, desde días antes de la erupción del volcán

fue estar a disposición de las autoridades competentes, en concreto PEVOLCA (Plan de Emergencias Volcánicas de Canarias) del Gobierno de la Comunidad Autónoma de Canarias para junto con otras instituciones científicas (IGN, AEMET, Universidades de La Laguna y Las Palmas de Gran Canaria, INVOLCAN, CSIC, e IEO) asesorar en la gestión de la emergencia para ayudar a proteger a las personas y sus bienes.

El IGME tiene una clara vocación de servicio público. Su nacimiento se remonta al 12 de julio de 1849, cuando se crea mediante Real Decreto la «Comisión para la Carta Geológica de Madrid y General del Reino» con el objetivo de iniciar un campo en la investigación minera apoyándose en la Geología, lo que permitiría a nuestro país avanzar en ciencia y tecnología al mismo tiempo que los países de nuestro entorno.

El próximo año, el IGME celebra sus 175 años. Desde entonces el IGME tiene como misión proporcionar a la Administración del Estado o de las Comunidades Autónomas que lo soliciten, y a la sociedad en general, el conocimiento y la información precisa en relación con las ciencias y tecnologías de la tierra para cualquier actuación sobre el territorio.

A lo largo de todos estos años, el IGME ha tenido hitos significativos como la realización de la cartografía geológica de nuestro país, las investigaciones en recursos minerales y aguas subterráneas, entre otros muchos, pero también la investigación básica en Ciencias de la Tierra.

El contexto actual de cambio global y el impacto que las personas tienen sobre nuestro planeta y sobre todo sobre nuestra habitabilidad en el mismo hace necesario más que nunca un centro de investigación básica y aplicada y un servicio público de las ciencias de la tierra.

Por ello, el CN IGME-CSIC, ya avanzado el siglo XXI, se enfrenta al reto de la transición ecológica fijando su mirada hacia el recurso básico para la vida, el agua, recursos tales como: minerales críticos, geotermia, almacenamiento subterráneo o patrimonio geológico; y sin duda los riesgos geológicos (volcánicos, sísmicos, inundaciones, tsunamis, desprendimientos, y otros muchos).

Es en este último aspecto, el de los riesgos geológicos que inciden de forma directa en la seguridad de las personas, en las que el IGME se implicó de forma decidida en la emergencia de La Palma. No sabría decir si fue fácil o difícil, tampoco si podríamos haber actuado de otra forma. Lo que sí puedo decir es que fue una actuación llevada a cabo con una enorme profesionalidad, voluntarismo y disposición por parte del todo el personal del IGME, contando siempre con el apoyo del CSIC y del Ministerio de Ciencia e Innovación.

El IGME cuenta con un magnífico grupo de más de 40 personas tremendamente decididas y comprometidas con el

trabajo inesperado de atender una emergencia. Esa fue su tarea fundamental dar respuesta científica a la emergencia. La investigación ya vendría más tarde y es lo que se está haciendo ahora.

Personalmente, debo indicar que llevando solo un año como directora del IGME y en el IGME, pues soy catedrática de la Universidad Complutense de Madrid, me encontré con un enorme susto, que se convirtió en reto, y cierta inseguridad a la hora de abordarlo. Hay personas que marcan la forma de actuar y sin querer o queriendo y esa persona fue Inés Galindo, de la Unidad Territorial del IGME en Las Palmas, días antes de la emergencia Inés me llamó por teléfono para decirme que había que enviar personas y nuestros drones a La Palma. Y eso hicimos, además en la distancia un grupo importante de personal científico-técnico del IGME se puso a trabajar con los datos que se iban obteniendo, al mismo tiempo que visibilizando toda la tarea que se estaba haciendo y la evolución del evento volcánico.

La erupción se produjo el 19 de septiembre de 2021, a partir de entonces y casi hasta enero del 2022, mantuvimos sobre el terreno una media de 8 personas y más 30 colaborando en la distancia. Fue y sigue siendo un gran trabajo de equipo, en unas circunstancias muy complicadas y de un trabajo agotador física y psicológicamente, con una enorme responsabilidad y mucha tensión. Y por supuesto, mucha ilusión y ganas de cumplir con nuestra función de servicio público. Esperamos que este premio y el trabajo realizado contribuya a poner el valor la Geología, una ciencia imprescindible para la sociedad y no siempre visible.

El trabajo y la misión del IGME además de la investigación y el asesoramiento tiene otra pata fundamental, la divulgación, para ello contamos con un magnífico buque insignia nuestro Museo Geominero, una joya arquitectónica que contiene una riquísima variedad de rocas, minerales y fósiles de todas las edades y países del mundo. La tarea realizada en La Palma, también ha quedado plasmada en la exposición Bajo el Volcán inaugurada coincidiendo con el primer año de la erupción y que aún se puede visitar.

Por todo ello, el IGME, ya integrado en el CSIC, se constituye como un centro puntero y multidisciplinar en Ciencias de la Tierra y que con sus tres pilares básicos: investigación, asesoramiento y divulgación, que ha mantenido desde hace ya casi 175 años.

Muchas gracias de nuevo por esta Mención de Honor que recibo en nombre de todo el personal de IGME.

ANA MARÍA ALONSO ZARZA

Catedrática del Departamento de Petrología y Geoquímica de la Facultad de Geológicas de la Universidad Complutense de Madrid



Ana María Alonso Zarza.

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

Sr. Rector Emérito de la Universidad Miguel Hernández (UMH) de Elche, Sr. Vicerrector de Estudiantes y Coordinación de la UMH, Sr. Presidente de la Asociación Española de Científicos, Sra. Directora General de Relaciones de Gobierno de la Universidad de Sevilla, Decano de la Facultad de Químicas de la Universidad de Sevilla, Sra. Delegada Institucional del CSIC en Andalucía, Sra. Delegada institucional del CSIC en la Comunidad de Madrid, Sr. Decano del Colegio de Químicos del Sur, Sra. Presidenta de la Asociación de Químicos de Andalucía, galardonadas y galardonados, presentadores, familiares, acompañantes, profesores, estudiantes, miembros del personal de administración y servicios, compañeros y compañeras.

Es un orgullo que la Asociación Española de Científicos (AEC) haya elegido como sede para la entrega de sus Placas de Honor a la Universidad de Sevilla. Estamos para ello en el Paraninfo de nuestra universidad, que es el sitio reservado para los más importantes actos académicos.

En primer lugar, quiero felicitar a los galardonados y a sus familiares asistentes a este emotivo acto. Permítanme unas breves palabras para que puedan ustedes conocer un poco mejor la Universidad de Sevilla. Tengo el placer de daros la bienvenida a la Universidad de Sevilla, una institución con más de cinco siglos de historia, (518 años en concre-

to) de acreditada tradición académica, que cuenta con un riquísimo patrimonio histórico artístico, que ustedes pueden en parte observar hoy en la sede central de la Fábrica de Tabacos. La Universidad de Sevilla, integrada por casi 80.000 mil personas (4400 PDI, 2936 PTGAS), conforma una ciudad dentro de la ciudad, ya que nuestros campus se extienden desde los barrios de los Bermejales y la Isla de la Cartuja, hasta el casco antiguo, pasando por Reina Mercedes, los Remedios, los Perdigones o San Bernardo.

En los últimos años, la Universidad de Sevilla ha experimentado un impresionante proceso de internacionalización que tiene su más claro exponente en la Alianza Europea de Universidades Ulysseus que lidera, y que en noviembre de 2022 se ha renovado por otros cuatro años (con una dotación económica de 12,8 M€). Esta alianza está formada, además de por la Universidad de Sevilla, por la Universidad de Génova (Italia), de Côte d'Azur (Francia), Technical de Košice (Eslovaquia), MCI The Entrepreneurial School (Austria), Ciencias Aplicadas de Haaga-Helia, y a las que se han incorporado las Universidades de Múnster y Montenegro. Fruto de esta alianza son las redes académicas que se están conformando con universidades asiáticas, africanas e iberoamericanas. Actualmente, hay acreditado un título de máster conjunto en Energía, Transporte y Movilidad Eficientes y Sostenibles para Construir las Ciudades Inteligentes del Futuro, que se encuentra ahora mismo en fase de

admisión. Esta internacionalización también se refleja en la amplia y rica oferta académica de la US que cuenta con 165 titulaciones (67 de grado, 98 de Máster universitario y 32 programas de Doctorado), de las que 76 son titulaciones internacionales.

Nuestra universidad lidera a nivel andaluz la captación de fondos para la financiación de proyectos de investigación procedentes de la Unión Europea, Estado y Comunidad Autónoma de Andalucía, siendo también una de las primeras a nivel nacional. Seguimos creciendo en actividades de transferencia con 82 nuevos registros en 2022 de solicitudes de patentes nacionales, extensiones internacionales y registros de software. Prueba de esta actividad de transferencia es que el pasado curso académico se crearon 13 nuevas empresas basadas en el conocimiento.

Finalizo mis palabras felicitando de nuevo a la AEC por estos premios que, en sus diferentes modalidades de reconocimiento a científicos y empresas y medios de comunicación, aporta una visión global de la labor desarrollada por los científicos y científicas. Y a los premiados, deseándoles los mayores éxitos en sus diferentes ámbitos.

MARÍA DEL CARMEN GALLARDO RUIZ
Vicerrectora de Estudiantes de la Universidad de Sevilla



De izquierda a derecha, Manuel Jordán, Mª Carmen Gallardo y Patricia Aparicio.



UNIVERSITAS
Miguel Hernández

www.umh.es



VIDAL

BODEGAS Y DESTILERÍAS

www.bodegasvidal.com