

EDITORIAL

La AEC cumple 50 años

La Asociación Española de Científicos (AEC) ha cumplido cincuenta años desde su registro como asociación en el Ministerio del Interior en 1972. Comenzamos una nueva andadura en la que continuaremos favoreciendo el acercamiento entre los científicos y la sociedad, intensificando las relaciones con las Universidades y todos los sectores que forman la gran familia de la I+D+i en España, así como con instituciones culturales con una doble finalidad: que la Ciencia esté siempre presente en la vida cotidiana y en el tejido productivo.

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, 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 que este 50 aniversario sirva 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, la España vaciada, nuestras infraestructuras turísticas, especialmente en nuestro litoral, etc., son cuestiones que nunca afrontará una Ciencia mimética. Esta priorización de nuestras realidades 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.

Los socios de la AEC seguimos animados y comprometidos para seguir ofreciendo un marco donde expresar nuestras ideas e inquietudes a nuestra sociedad. Nuestra actividad afecta a toda la ciudadanía. La AEC está siempre abierta para contribuir a que la ciencia, la innovación, la tecnología y la cultura incrementen el nivel de bienestar.

Es nuestra obligación promover que la sociedad española considere a la Ciencia como una actividad deseada y querida, imprescindible para el desarrollo, la educación y la libertad. Nuestro compromiso es incrementar nuestra relación con la sociedad y la empresa.

Finalmente, debemos ser capaces de articular un sistema español de Ciencia-Tecnología-Empresa-Sociedad para que las inversiones en investigación sean rentables. La misión del científico es acoger los problemas que se le planteen y prestar sus conocimientos para su resolución.

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

La Polianilina en biosensores

ORTEGA DIANA, ONOFRE EDGAR

3

Las aguas subterráneas y la explotación de rocas carbonatadas: afecciones al karst por las canteras

ERNESTO GARCÍA SÁNCHEZ, MANUEL M. JORDÁN VIDAL,
JOSÉ M. ANDREU RODES

7

Los residuos de la industria siderúrgica y metalúrgica del aluminio

E. BONET-MARTÍNEZ, S. MARTÍNEZ-MARTÍNEZ, D. ELICHE-
QUESADA, L. PÉREZ-VILLAREJO, P. J. SÁNCHEZ-SOTO

15

El dátil y los palmerales españoles, los grandes desconocidos

JOSÉ ÁNGEL PÉREZ-ÁLVAREZ, MANUEL VIUDA-MARTOS, MARÍA
ESTRELLA SAYAS-BARBERÁ, CASILDA NAVARRO-RODRÍGUEZ DE
VERA, CARMEN MARÍA BOTELLA-RODRÍGUEZ, JUANA FERNÁNDEZ-
LÓPEZ

22

Reseña de libro

Chemistry and Biochemistry of Food. José
Román Pérez Castiñeira

31

PLACAS DE HONOR DE LA ASOCIACIÓN

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

32

- Margarita del Val Latorre

- José Ángel Pérez Álvarez

- Fernando Pliego Alfaro

- José Manuel Bautista Santa Cruz

- Anuario y Boletín InfoRUVI

- Museo Nacional de Ciencias Naturales

- Discurso de clausura del acto de entrega de las Placas de la AEC, Joaquín Goyache Goñi

54

La Polianilina en biosensores

ORTEGA DIANA¹, ONOFRE EDGAR¹

¹ Instituto Politécnico Nacional, CICATA-Unidad Altamira, km 14.5 Carretera Tampico-Puerto Industrial, 89600, Altamira, Tamaulipas, MÉXICO.

INTRODUCCIÓN

Durante varias décadas, las investigaciones centradas en los biosensores para detección de enfermedades han ido creciendo, debido a la necesidad de encontrar materiales más sensibles, eficaces y eficientes para su fabricación. Los biosensores de glucosa más exitosos se han basado en el uso de una matriz polimérica reforzada con materiales metálicos, logrando incrementar sus propiedades de biosensibilidad y disminuyendo el límite de detección de esta biomolécula. La polianilina (PANI) es reforzada con otros materiales como las nanopartículas de Au y el óxido de grafeno (GO), para incrementar sus propiedades biosensibles, los cuales, han sido ampliamente estudiados en este ámbito, obteniendo compuestos por diferentes rutas de síntesis, siguiendo distintas metodologías, sin embargo, aún no se logra concretar un material que aporte las características necesarias para funcionar como un biosensor de glucosa ¹.

A través de técnicas electroquímicas se ha logrado determinar las propiedades biosensibles de los biosensores de glucosa. Un estudio de Voltametría Cíclica (VC), por ejemplo, puede aportar información acerca de las reacciones redox que se llevan a cabo en la interfaz sustrato/electrolito (este último conteniendo el analito de interés), generando una variación de la corriente resultante del sistema, la cual, se atribuye directamente a la concentración de glucosa presente en la muestra. Así como también puede determinarse el límite de detección de la glucosa. Otra de las técnicas ampliamente utilizadas, es la espectroscopia de impedancia electroquímica (EIS), debido a que, tras el reconocimiento biológico del analito objetivo en la interfaz de detección, se producen reacciones electroquímicas, provocando cambios resistivos y capacitivos del circuito equivalente de estas reacciones, proporcionando información sobre las reacciones redox que estén llevándose a cabo ².

BIOSENSORES

Un biosensor es un dispositivo electrónico analítico que genera una señal electrónica mediante interacciones entre receptor y analito. El componente principal de un biosensor es un biorreceptor integrado a un transductor fisicoquímico. El biosensor produce una señal electrónica digital resultante de las reacciones redox llevadas a cabo en la interfaz, la cual, es directamente proporcional a la concentración de la

biomolécula de estudio, proporcionando información analítica cuantitativa o semicuantitativa.

La sensibilidad del biosensor depende de muchos factores, principalmente, la intensidad de la señal electroquímica generada por la reacción entre el analito, el biorreceptor y el polímero conductor (en este caso). Esta señal electroquímica puede ser un cambio en el valor del voltaje, corriente, conductividad/resistencia, impedancia o número de electrones intercambiados a través de una reacción de oxidación o reducción que conduce a la fabricación de biosensores potenciométricos, amperométricos, conductimétricos, impedimétricos y voltamétricos, respectivamente. En un biosensor de glucosa, el más empleado es el biosensor electroquímico que funciona mediante un transductor electroquímico. Ayudan a detectar materiales biológicos como enzimas, hormonas, ligandos específicos, células y tejidos completos y, a veces, matrices no biológicas.

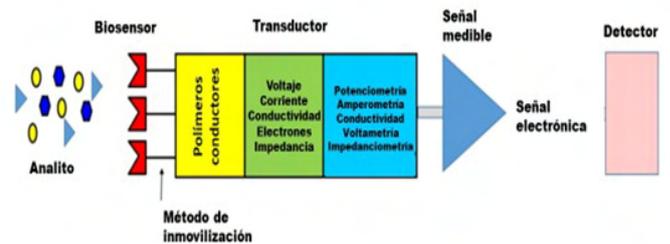


Figura 4. Diagrama esquemático que muestra los componentes principales de un biosensor típico ³

Existen tres generaciones de biosensores: Los de primera generación, que son dependientes del oxígeno. Los de segunda generación, que no requieren oxígeno, pero necesitan un mediador específico entre la reacción y el transductor para mejorar la señal de respuesta. Y los de tercera generación, donde la reacción en sí misma puede causar la señal de respuesta y no requiere directamente de un mediador. El primer biosensor de glucosa desarrollado fue el «electrodo de Clark», en el año de 1956, por Leland C. Clark, Jr, el cual, su fundamento se basaba en la detección de oxígeno. Sin embargo, en la actualidad, un biosensor electroquímico de glucosa se basa en el monitoreo del peróxido de hidrogeno (H_2O_2) resultante de la oxidación de la glucosa catalizada por la glucosa oxidasa (GOx), donde, la concentración de este subproducto se puede atribuir directamente a la concentración de glucosa presente en la muestra ^{4,5}.

Entre las principales características de un biosensor, destacan la selectividad, donde el elemento biorreceptor puede detectar un analito específico en una muestra que consiste en una mezcla de especies no deseadas y contaminantes. En caso de que el biorreceptor tenga baja selectividad, se pueden generar resultados falsos positivos. También debe presentar sensibilidad, que se define como

una relación entre la intensidad de la señal transducida y el cambio en la concentración de bioanalitos. Los biosensores con alta sensibilidad pueden generar la respuesta con fluctuaciones menores en la concentración de una muestra. El rango del biosensor también se especifica mediante los límites de detección superior e inferior, que indican las concentraciones máxima y mínima de la muestra.

Por otro lado, la reproducibilidad también es importante, debido a que se refiere a la capacidad del biosensor de proporcionar los mismos resultados midiendo la misma muestra más de una vez. Se caracteriza por la precisión y exactitud en las medidas. Y por último, pero igualmente importante es la estabilidad, de la que depende la afinidad y degradación de los biorreceptores tras un periodo de tiempo, por lo que es necesaria una monitorización continua de la estabilidad del biosensor ⁴.

POLÍMEROS CONDUCTORES

De acuerdo con sus propiedades de conductividad eléctrica a temperatura ambiente, los materiales se pueden clasificar en tres categorías: aislantes, semiconductores (polímeros conductores) y conductores. Los polímeros conductores suelen ser estructuras policonjugadas, que son aislantes en estado puro, pero con la adición controlada de especies químicas como agentes oxidantes o reductores (dopaje) pueden convertirse en sales poliméricas con conductividades eléctricas comparables a las de los metales. Su propiedad de conducción eléctrica se atribuye a la presencia de dobles enlaces conjugados que permiten el paso de un flujo de electrones. Cuando se extrae un electrón de uno de estos dobles enlaces se genera un radical catión, también llamado polarón, y al seguir oxidando se puede arrancar un segundo electrón para formar un dicatión, o bipolarón, que es muy estable. Esta carga positiva puede desplazarse por la cadena pasando de un doble enlace a otro conduciendo de este modo la electricidad. La principal característica de estos materiales es la estructura molecular conjugada de la cadena principal del polímero donde los electrones π se deslocalizan en toda la cadena del polímero. Los polímeros conjugados se convierten en polímeros conductores después del dopaje. Por lo general, los polímeros conjugados presentan conductividades eléctricas de 10–10 a 101 S/cm, sin embargo, a través del proceso de dopaje, se pueden obtener conductividades eléctricas de 1 a 104 S/cm. Durante el dopaje, el polímero se oxida en el ánodo y, al mismo tiempo, los aniones dopantes, que se originan en el electrolito, se insertan en la matriz polimérica. El dopaje electroquímico se puede realizar a corriente constante o a potencial constante. A consecuencia del dopaje, los electrones se extraen del orbital molecular ocupado más alto (HOMO) de la banda de valencia (oxidación) o se transfieren al orbital molecular desocupado más bajo (LUMO) de la banda de conducción (reducción). En el estado básico de los polímeros conductores, todas las bandas de valencia están ocupadas por electrones y las bandas de conducción están

todas vacías. La diferencia entre el HOMO y LUMO se denomina banda prohibida o *Band Gap* (Eg). Los valores de Eg de la mayoría de los polímeros conductores están en el rango de 1.5 a 3.0 eV. Este proceso de oxidación/reducción crea portadores de carga en forma de polarones (iones radicales), bipolarones (dicaciones o dianiones) o solitones en el polímero, donde la conductividad eléctrica depende de la cantidad de portadores de carga. La concentración del agente dopante y el pH del medio mejoran la conductividad. Los polímeros conductores más estudiados, tanto científicamente como en términos de aplicaciones prácticas son: la poli(anilina), el poli(pirrol) y los poli(tiofenos) ⁶⁷.

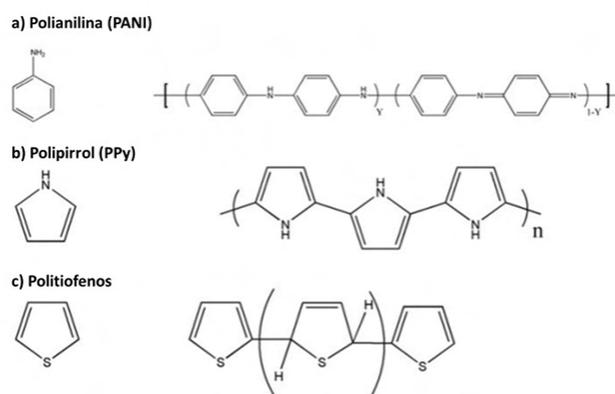


Figura 1. Polímeros conductores más comunes: (a) poli(anilina), (b) poli(pirrol), y (c) poli(tiofenos) ⁷

PANI

La PANI representa uno de los polímeros conductores más importantes debido a su conductividad eléctrica controlable. Su estructura está conformada por anillos quinoides y benzoides, en diferentes proporciones.

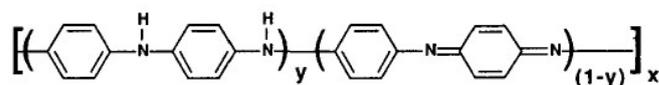


Figura 2. Estructura básica de PANI ⁸

Existe en una variedad de formas que difieren en su nivel de oxidación: leucoesmeraldina base ($y=0$), totalmente reducida que se encuentra en estado quinoides; esmeraldina base ($y=0.5$), presenta una proporción igual de benzoides y anillos quinoides y ; pernigranilina base ($y=1$), totalmente oxidada se encuentra en estado benzoides. El grado de oxidación depende de y . La PANI se vuelve conductora sólo cuando está en un estado moderadamente oxidado y actúa como aislante en un estado completamente oxidado ⁸.

La PANI representa un material atractivo para la aplicación de biosensores debido a sus propiedades eléctricas que permiten convertir información bioquímica en señales eléctricas. Adicionalmente, la adición de grupos funcionales

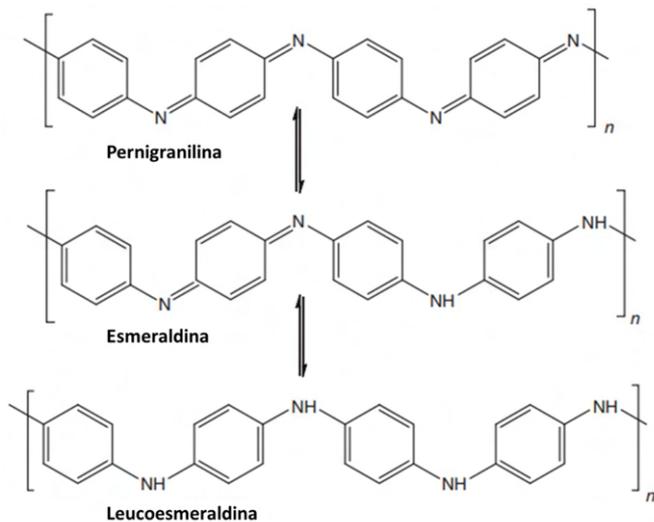


Figura 3. Formas redox de bases PANI ⁷

a su estructura puede mejorar su capacidad de detección y cuantificación de bioanalitos y/o maximizar las interacciones entre las biomoléculas y la PANI. En un biosensor de glucosa, PANI tiene propiedades electroquímicas y ópticas explícitas que están asociadas con electrones π conjugados en su cadena principal. Puede ser utilizado como mediador redox para la transferencia de electrones entre GOx y la superficie del electrodo, mediante la inmovilización de la glucosa en la película polimérica ².

PANI EN BIOSENSORES

Los compuestos de PANI se aplican ampliamente en biosensores de glucosa, colesterol, ácido úrico, cáncer, etc., debido a sus características únicas, que incluyen gran área de superficie, citocompatibilidad, fácil mecanismo de dopaje/desdopaje, facilidad de síntesis y estabilidad ambiental. Estas propiedades le aportan al PANI la selectividad deseada, rápida detección de analitos, alta sensibilidad y estabilidad, propiedades deseadas en la aplicación de biosensores. Algunas de las aplicaciones en biodetección de la PANI se muestran a continuación:

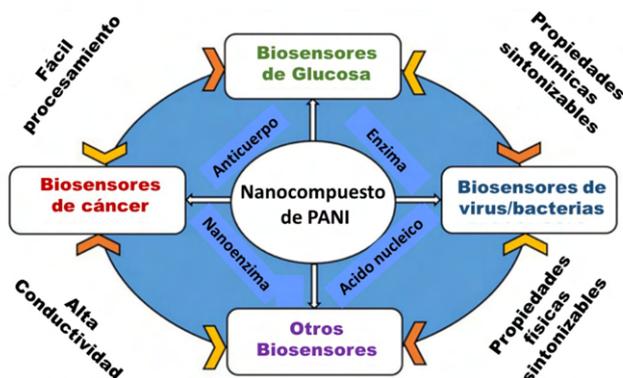


Figura 5. Esquema de las propiedades y aplicaciones de biodetección de nanocompuestos basados en PANI ⁹

Las nanoestructuras de PANI desarrollan el funcionamiento de la plataforma de biodetección inmovilizando GOx y facilitando la transferencia de electrones de GOx. PANI puede funcionar como mediador de transferencia de electrones o como matriz para inmovilizar GOx. Dado que PANI posee dos pares redox, no hay necesidad de ningún otro mediador en el biosensor y PANI puede actuar como un mediador autónomo, podría utilizarse para detectar biomoléculas y agentes con una respuesta rápida y una sensibilidad sobresaliente. La oxidación de la glucosa influye directamente en el mecanismo de detección del biosensor debido a la concentración del H_2O_2 producido.

El refuerzo de PANI con otros materiales, como metales nobles (Au) y GO, puede mejorar considerablemente sus propiedades biosensibles como la sensibilidad, precisión, estabilidad, tiempo de respuesta y rentabilidad de los biosensores. La detección a temperatura ambiente evita variaciones de respuesta resultantes de cambios en las estructuras de PANI a altas temperaturas, previniendo así la inestabilidad del biosensor y mejorar su vida útil ⁹. Las evaluaciones electroquímicas de PANI con nanopartículas de oro (AuNP) influyen positivamente en las corrientes electrocatalíticas de PANI, donde, la incorporación de las AuNP propicia mayor concentración de enzimas y el aumento de la conductividad del material. Por otro lado, la sensibilidad de PANI en un biosensor también puede evaluarse basado en el cambio de conductividad. En la tabla 1 se muestra un resumen de las recientes investigaciones de PANI reforzada con diferentes materiales aplicada en biosensores en el ámbito médico ¹⁰.

CONCLUSIONES

El interés sobre la PANI se ha incrementado exponencialmente y con ello se han propuesto diversos métodos para obtener materiales con mejores propiedades biosensibles cada vez. PANI por sí sola presenta las propiedades requeridas para utilizarse en un biosensor, sin embargo, se ha demostrado que el refuerzo de PANI puede llevar a las investigaciones científicas a encontrar las herramientas necesarias para obtener el material con mejores propiedades, mejor estabilidad ambiental, mayor sensibilidad y selectividad, así como menor límite de detección y mayor capacidad de inmovilización de biomoléculas, logrando así un biosensor más selectivo. Como se pudo observar en el transcurso de este artículo, PANI juega un papel importante en los sistemas de detección de glucosa, funcionando como matriz de inmovilización del GOx y como mediador de electrones durante las reacciones enzimáticas. Por lo que, en comparación con otros polímeros conductores como PPy, PANI presenta mejor actividad electroquímica y una excelente estabilidad para la construcción de biosensores de glucosa.

Aplicación	Biomarcador	Composición	Método Electroquímico	Límite de Detección
Cáncer	PSA	PANI/AuNP/PNT	Amperométrico	0.68 ng.mL ⁻¹
	PCa DNA	PANI/GO	Amperométrico	3.3x10 ⁻¹¹ μM
	PSA	nanocables de PANI/AuNP	DPV	0.0006 ng.mL ⁻¹
	CA125	AuNP-PB-PtNP/PANI	SWV	4.4 mU.mL ⁻¹
	HER2	NFG/AgNP/PANI	DPV	2 células. mL ⁻¹
	AFP	PANI 3D-macroporosa	DPV	0.0037 ng.mL ⁻¹
	AFP	PEG/AuNP/nanocables de PANI	DPV	7x10 ⁻⁶ ng.mL ⁻¹
	célula K562	GO/PANI	ASV	3 células. mL ⁻¹
Glucosa	Glucosa	AuNP/PANI/CC	CV	3.08 μM
	Glucosa	Gox-SnO ₂ -PANI	Amperométrico	0.0026 μM
	Glucosa	rGO/PANI	CA	0.24 μM
	Glucosa	CuO/PANI	Amperométrico	0.14 μM
	Glucosa	NiCo ₂ S ₄ /rGO@PANI	Amperométrico	0.38 μM
Ácido úrico	Ácido úrico	c-MWCNT/PANI	Amperométrico	5 μM
	Ácido úrico	Fe ₃ O ₄ /CHIT/PANI	Amperométrico	0.1 μM
Colesterol	Colesterol	PANI/AuNP/GR	Amperométrico	-
	Colesterol	PANI/Au/CH	CV	378x10 ³ ng.mL ⁻¹

Tabla 1. Estudio comparativo de nanobiosensores basados en polianilina y sus aplicaciones en el campo clínico ¹⁰

PSA, antígeno prostático específico, AuNP, nanopartículas de oro, PNT, nanotubo peptídico, PCa, cáncer de próstata, GO, óxido de grafeno, DPV, voltamperometría de pulso diferencial, CA125, antígeno de carcinoma 125, PB-PtNP, nanopartículas de platino azul de Prusia, SWV, voltamperometría de onda cuadrada, HER2, receptor 2 del factor de crecimiento epidérmico humano, NFG, grafeno dopado con nitrógeno, AgNP, nanopartículas de plata, AFP, alfa fetoproteína, 3D, tridimensional, PEG, poli etilenglicoles, CdS QDs, puntos cuánticos de cadmio, PS, microesferas de poliestireno, ASV: voltamperometría de redisolución anódica, CV: voltamperometría cíclica, CuO, óxido de cobre, PANI-NF, nanofibra de polianilina, CA: cronoamperometría, cMWCNT, nanotubos de carbono carboxilados multipared, CHIT-g, injerto de quitosano, NSPANI: polianilina nanoestructurada, GR, grafeno, CH, quitosano.

REFERENCIAS

- [1] A. Popov et al., *Reduced Graphene Oxide and Polyani-line Nanofibers Nanocomposite for the Development of an Ampe-rometric Glucose Biosensor*, 2021.
- [2] A. Manuscript, *Analytical Methods*, 2020, doi: 10.1039/D0AY01018A.
- [3] B. Lakard, *Electrochemical Biosensors Based on Conducting Polymers: A Review*, *Appl. Sci.*, 10, 6614, 2020.
- [4] U. Chadha, P. Bhardwaj, R. Agarwal, and P. Rawat, *Journal of Industrial and Engineering Chemistry Recent progress and growth in biosensors technology: A critical review*, *J. Ind. Eng. Chem.*, vol. 109, pp. 21–51, 2022, doi: 10.1016/j.-jiec.2022.02.010.
- [5] A. Haleem, M. Javaid, R. Pratap, R. Suman, and S. Rab, *Biosensors applications in medical fields: A brief review*, *Sensors Int.*, vol. 2, no. May, p. 100100, 2021, doi: 10.1016/j.-sintl.2021.100100.
- [6] C. I. Awuzie, *Science Direct Conducting Polymers*, *Mater. Today Proc.*, vol. 4, no. 4, pp. 5721–5726, 2017, doi: 10.1016/j.matpr.2017.06.036.
- [7] I. C. *Nanotubes, Conducting Polymers*, *Fundamentals and Applications*.
- [8] B. Malhotra et al., *Polyaniline-based biosensors*, *Nanobiosensors Dis. Diagnosis*, no. July, p. 25, 2015, doi: 10.2147/ndd.s64841.
- [9] F. Kazemi, S. M. Naghib, Y. Zare, and K. Y. Rhee, *Biosensing Applications of Polyaniline (PANI) - Based Nano-composites: A Review Biosensing Applications of Polyaniline (PANI) -Based Nanocomposites: A Review*, *Polym. Rev.*, vol. 0, no. 0, pp. 1–45, 2020, doi: 10.1080/15583724.2020.1858871.
- [10] N. Shoaie, M. Daneshpour, M. Azimzadeh, S. Mahshid, and S. M. Khoshfetrat, *Electrochemical sensors and biosensors based on the use of polyaniline and its nanocomposites: a review on recent advances*, pp. 1–29, 2019.

Las aguas subterráneas y la explotación de rocas carbonatadas: afecciones al karst por las canteras

ERNESTO GARCÍA SÁNCHEZ¹, MANUEL M. JORDÁN VIDAL², JOSÉ M. ANDREU RODES³

^{1 y 2} Departamento de Agroquímica y Medio Ambiente. Universidad Miguel Hernández (UMH) de Elche.

³ Departamento de Ciencias de la Tierra y Medio Ambiente. Universidad de Alicante.

AGUA Y MINERÍA

La explotación de los recursos naturales lleva, necesariamente, asociadas afecciones ambientales; entre las más evidentes, por visibles, están la pérdida de la vegetación, la retirada del suelo o el deterioro de la calidad paisajística. No obstante, en ocasiones, éstas no son las que llevan consigo las consecuencias de mayor gravedad o dificultad para reducir sus impactos.

El impacto a las aguas superficiales y subterráneas por las actividades mineras es especialmente grave cuando el agua se pone en contacto con minerales y rocas que pueden modificar su calidad. La restauración persigue mitigar los impactos ambientales que generan las actividades mineras; por ello, la correcta planificación y ejecución de las labores de explotación es imprescindible para tener éxito en la posterior restauración.

La naturaleza de las rocas carbonatadas y la profundidad del nivel freático son dos factores importantes a tener en cuenta al valorar los impactos mineros en el ciclo hídrico. En este sentido, se deberán adoptar medidas preventivas durante las fases de exploración y explotación minera. El abandono de toda explotación, como episodio final de la actividad minera, conlleva la necesidad de implantar medidas que eviten o reduzcan una posible afección a las aguas superficiales y subterráneas.

El plan de restauración de cualquier explotación requiere del conocimiento más preciso posible de la hidrología, superficial y subterránea, del entorno y del sistema de explotación a desarrollar. Para Fernández Rubio, *et al.* (1986), los trabajos de abandono de una explotación son dinámicos y deberán ser actualizados e ir adaptándose en el tiempo a la realidad de la explotación.

Sin embargo, cuando esto no es así, las explotaciones pueden constituir focos potenciales de contaminación de las aguas subterráneas, si no es que ya han provocado procesos de degradación en la calidad de las mismas.

La explotación de las rocas carbonatadas se puede llevar a cabo en superficie, lo que también se conoce como explotaciones «a cielo abierto», o de forma subterránea. La minería «a cielo abierto» se caracteriza por los grandes volúmenes de materiales que debe mover. La estructura del yacimiento, el recubrimiento y las intercalaciones de material estéril, condicionan la viabilidad económica de las explotaciones y, consecuentemente, la profundidad que puede alcanzar la minería de superficie. Ésta, también está fuertemente condicionada por la proximidad del nivel freático a la superficie y por la permeabilidad de los terrenos explotados.

En minería subterránea el control del terreno o de los huecos, una vez extraído el mineral, es una de las consideraciones más importantes que intervienen en la forma de explotar un yacimiento. Especialmente importante es el control hidrogeológico cuando las explotaciones alcanzan los niveles freáticos, pues junto a la viabilidad de la explotación debe considerarse la seguridad de los trabajadores.

La protección de la calidad de las aguas subterráneas debe ser un objetivo prioritario en cualquier actuación minera que se vaya a llevar a cabo. No menos importante es el factor cuantitativo, pues la distorsión de los balances hídricos en una masa de agua puede conllevar carencias graves para el sostenimiento de regadíos o el abastecimiento a poblaciones, sin olvidar el deterioro que puede provocar en los ecosistemas.

MÉTODOS DE EXPLOTACIÓN

La minería a cielo abierto aporta la mayoría de los productos minerales en todo el mundo, automatizándose los procesos al mejorar la maquinaria empleada. Esta evolución se ha traducido en un incremento de los rendimientos, un mejor aprovechamiento energético, una mayor disponibilidad de la maquinaria y, en esencia, en un abaratamiento de los costes. Esto último permite asumir labores de bombeo en las explotaciones donde se requiera; de esta forma, yacimientos que antes no eran rentables, en la actualidad pueden serlo. La minería «a cielo abierto» representa casi la totalidad de la producción de productos de cantera, sin embargo, sustancias como el carbón o el uranio son explotadas mayoritariamente mediante minería subterránea.

La presencia de agua subterránea, en las explotaciones a cielo abierto o de superficie, puede ser frecuente en métodos

como las cortas, descubiertas o graveras, por ejemplo; sin embargo, no suele ser abundante su presencia en las canteras (método muy frecuente de explotación). En la minería subterránea es muy probable que se presenten problemas con las aguas subterráneas debido al propio diseño de las explotaciones, con labores que alcanzan profundidades de centenares de metros y que en ocasiones pueden superar los 2000 m. Si bien es frecuente que disminuya la permeabilidad de los materiales con la profundidad, también es cierto que las presiones de las columnas de agua crecen con la profundidad, haciendo más difícil las labores en la mina.

Por otra parte, las actividades mineras producen, tanto si son superficiales como subterráneas, una gran cantidad de material de rechazo, lo que plantea el problema de su almacenamiento en condiciones adecuadas de estabilidad, seguridad e integración en el entorno. Generalmente, se depositan como fragmentos gruesos que constituyen las denominadas escombreras.

EFFECTOS DE LAS LABORES MINERAS EN LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS

Por su propia naturaleza, la minería es una actividad industrial estrechamente ligada al agua. En numerosas ocasiones, es necesario realizar operaciones de manejo de grandes volúmenes de agua, por lo que el tipo de explotación y sus características, condicionará el grado de alteración y la dificultad para paliar los efectos negativos que ocasionen las labores mineras sobre las aguas subterráneas.

El agua en la minería procede fundamentalmente de los acuíferos interceptados y de la escorrentía superficial. Su presencia en las explotaciones crea numerosos problemas, por lo que es necesaria su extracción y conducción fuera de las áreas de laboreo mediante los adecuados sistemas de desagüe. Estas actividades provocan cambios en los flujos naturales del agua en los acuíferos, distorsionando las redes de flujo, y pudiendo afectar a usuarios y ecosistemas.

En ocasiones, la introducción de sustancias o de ciertas formas de energía, tales como el calor, provocan cambios en las características físicas y químicas de las aguas subterráneas. En general, los procesos químicos tendrán mayor gravedad que los físicos, debido a su, habitualmente, mayor persistencia. Por todo ello, las explotaciones mineras requieren de estudios de control de vertidos, así como de medidas de prevención de la contaminación de las aguas, tanto durante su actividad como tras su abandono.

Las explotaciones subterráneas exigen para su actividad un drenaje continuo a lo largo de grandes períodos de tiempo, lo que da lugar a una alteración del balance hídrico de los acuíferos, con conos de descensos que pueden alcanzar extensiones con radios de afección de varios kilómetros. La extracción de importantes volúmenes de roca, unido a

las descompresiones que se producen en las mismas a consecuencia del vaciado del agua de sus poros, puede provocar el colapso de los huecos subterráneos, dando lugar a cambios significativos en las complejas relaciones de las aguas subterráneas y superficiales.

Durante 2017, el número de explotaciones superficiales (productos de cantera y rocas ornamentales) activas representaba más del 90% del total (IGME, 2018). Sin embargo, las explotaciones subterráneas presentan un mayor potencial de afección, pues algunas minas podrían considerarse más como explotaciones de agua que de cualquier otra sustancia, al superar claramente los volúmenes de agua a los del material beneficiado por la explotación.

Las actividades mineras no sólo afectan a las redes de flujo subterráneo, sino que alteran las características hidráulicas de las formaciones geológicas, abriendo y cerrando fisuras o modificando notablemente los parámetros hidrogeológicos de los acuíferos. En este sentido, se generan nuevas surgencias, se agotan las antiguas o varían los caudales de los manantiales.

Por consiguiente, se puede afirmar que las excavaciones mineras cambian las características hidrodinámicas de los acuíferos en el entorno de las explotaciones, y aunque los huecos se rellenen con estériles, la recuperación de las condiciones originales resulta muy complicada.

Otro aspecto que considerar es la contaminación de los acuíferos a causa de las labores mineras o por vertidos accidentales ocasionados durante la manipulación, utilización y almacenamiento de sustancias contaminantes utilizadas en los procesos mineros. En otras ocasiones, son los lixiviados de estériles de la actividad minera o el vertido de sustancias contaminantes en huecos mineros abandonados los responsables de la incorporación de contaminantes a los acuíferos.

En las explotaciones mineras, y especialmente en las superficiales, la retirada del suelo y la excavación del terreno, traen como consecuencia la pérdida total del poder purificador del suelo y la disminución del espesor no saturado de acuífero, dos factores determinantes que garantizan la protección de los acuíferos. En consecuencia, las actividades mineras suponen un aumento de la vulnerabilidad a la contaminación de las aguas subterráneas, por lo que se deberán tomar las medidas adecuadas para la protección de las mismas.

CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS GENERADAS POR LA MINERÍA

Independientemente de la fuente que da origen a las aguas residuales mineras, éstas se dividen en dos grandes grupos, aguas alcalinas y aguas ácidas.

Las aguas alcalinas se generan al circular a través de materiales carbonáticos; excepcionalmente, algunas aguas alcalinas contienen altas concentraciones de hierro ferroso, por lo que tras su oxidación e hidrólisis puede llegar a cambiar el drenaje a tipo ácido. Estos tipos de descargas son más comunes en explotaciones subterráneas que de superficie. Aunque no es lo habitual, las aguas alcalinas podrían llegar a ser tan contaminantes como las ácidas.

Los yacimientos de carbón, sulfuros metálicos o uranio, contienen importantes cantidades de minerales sulfurosos (pirita, marcasita y blenda, p.e.), que al quedar expuestos a la meteorización a consecuencia de las actividades mineras, forman las denominadas aguas ácidas. Para que esto tenga lugar son necesarias unas condiciones aerobias, es decir, la existencia de cantidades suficientes de agua y oxígeno, y simultáneamente la acción catalizadora de bacterias.

Durante el periodo de actividad de la mina, se adoptan medidas de control de los procesos de formación de aguas ácidas, sin embargo, tras el abandono de la explotación, el nivel freático se recupera, inundando las galerías subterráneas o situándose por encima del estéril removido en las minas a cielo abierto.

AFECCIONES AL KARST POR LAS CANTERAS

Las calizas, dolomías y mármoles, en general todas las rocas carbonáticas, constituyen los principales terrenos kársticos. En ocasiones, se desarrollan karst en yesos y raramente en otras litologías. En el karst los procesos de disolución dan lugar a la formación de multitud de morfologías destructivas y provocan el drenaje subterráneo de los terrenos en los que se desarrollan.

Las formaciones kársticas constituyen grandes recursos minerales, por lo que se encuentran sometidas a diversas actividades humanas, generando el deterioro del Medio Ambiente kárstico, y en consecuencia la degradación de los ecosistemas sobre ellos sustentados. Las áreas kársticas constituyen alrededor del 10% de la superficie de la Tierra (USGS, 2001).

La karstificación es un proceso discontinuo que da lugar a la coexistencia de zonas muy permeables con otras de baja permeabilidad. En los macizos kársticos coexiste un elemento transmisivo (dren) y otro capacitivo (bloque). Como resultado de esta heterogeneidad espacial se produce una circulación rápida por los conductos o fracturas grandes (drenes), que representan un volumen pequeño en relación con el volumen total del acuífero; y un almacenamiento en los bloques, separados por las fracturas transmisivas.

Los bloques pueden alcanzar una elevada capacidad de almacenamiento gracias a las discontinuidades de orden

menor existentes en ellos y también como resultado de una importante porosidad primaria de la roca.

Por tanto, en las explotaciones mineras en rocas carbonáticas la circulación del agua por los poros y pequeñas fisuras (elementos capacitivos) se puede considerar despreciable frente a los flujos que circulan a través de las fracturas abiertas por las labores mineras y las zonas de descompresión asociadas a ellas, estas últimas favorecidas por las fracturas y diaclasas existentes en la roca.

Las canteras son uno de los métodos más antiguos de explotación en rocas carbonáticas; por ello, las actuaciones mineras sobre los sistemas kársticos han sido frecuentes desde hace siglos. Las labores de cantera comienzan eliminando la zona de alteración superficial del macizo kárstico o zona epikárstica, la mayor parte de las ocasiones muy alterada, de tal forma que disminuye la protección natural que ofrece esta franja no saturada de roca y se facilita la contaminación del acuífero (Figura 1).

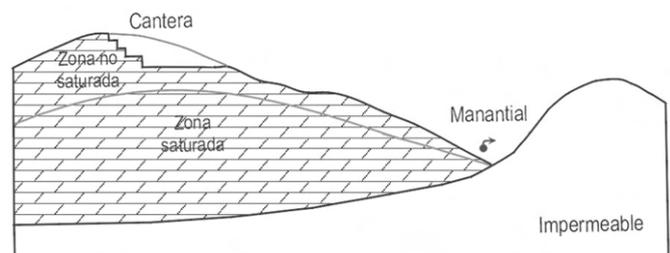


Figura 1. Labores de cantera. Pérdida del acuífero epikárstico

Las canteras con desarrollo vertical actúan como «dolin artificial», poniendo en contacto directo las aguas subterráneas con el medio exterior cuando el nivel freático queda expuesto. Estas situaciones facilitan la contaminación de las aguas subterráneas. Además, la modificación de los flujos subterráneos provoca efectos diversos en los acuíferos, desde agotamiento de unos manantiales e incremento de caudal en otros, hasta descensos piezométricos en sondeos de explotación situados en el radio de influencia del conoide de bombeo provocado por el drenaje de la cantera (Figura 2). En consecuencia, la actividad de las canteras puede ocasionar graves afecciones al sistema kárstico, que en ocasiones tienen difícil solución.

Mención aparte, por su carácter destructivo, merece la afección a cavidades y todo tipo de morfologías kársticas. Numerosos casos han sido registrados en muchos países (Gillieson, 1989 y Stanton, 1990, en Hess y Slattery, 1999), así como descritos gran cantidad de impactos geomorfológicos ocasionados por las canteras de rocas carbonáticas. Las medidas correctoras frente a estos impactos han sido descritas por Gagen y Gunn (1987) y Gunn y Bailey (1993), en USGS, 2001.

Es posible identificar diferentes impactos de las canteras en función del momento y la zona en que se producen.

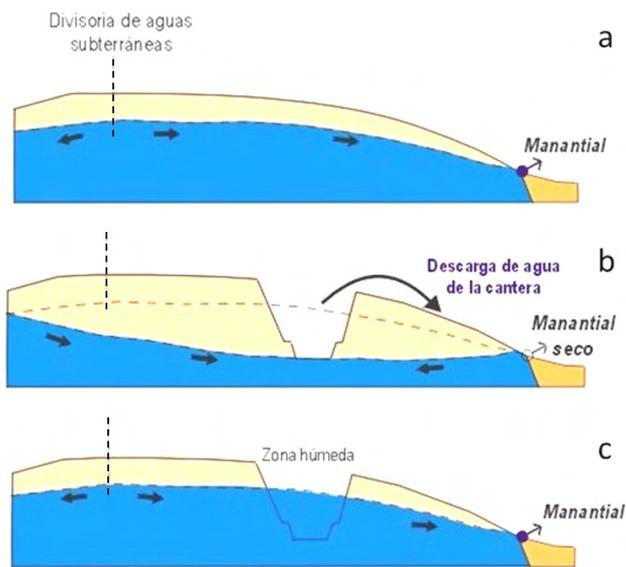


Figura 2. Distorsión de los flujos subterráneos por efecto del drenaje en la cantera. Fase previa (a), Fase de explotación (b) y Fase de abandono (c)

IMPACTOS EN LA ZONA NO SATURADA DURANTE LA FASE DE EXPLOTACIÓN

Las labores de cantera en la zona no saturada frecuentemente ocasionan impactos de carácter local. Entre ellos se puede destacar: aumento de la escorrentía, pérdida de calidad del agua, modificación de los flujos de recarga hacia la zona saturada y, con carácter restringido a las proximidades de la cantera, reducción del almacenamiento de agua subterránea (USGS, 2001).

Frecuentemente la zona no saturada del karst contiene pequeños porcentajes de agua almacenada, por ello el impacto sobre la cantidad de recursos es mínimo (Hobbs y Gunn, 1998), especialmente en los casos en que es pequeño el espesor de zona no saturada o cuando esta presenta una pobre fracturación.

No obstante, la zona no saturada de un acuífero kárstico adquiere su relevancia como barrera de protección natural de las aguas subterráneas frente a los contaminantes externos. La eliminación de esta protección debido a las labores de cantera, representa una disminución del poder depurador del terreno y un aumento de la vulnerabilidad a la contaminación de los acuíferos.

Otros efectos son la modificación de las vías de circulación de flujo en la zona no saturada (vías de recarga) o el deterioro de la calidad de las aguas de infiltración.

En conclusión, la eliminación de la cubierta vegetal, del suelo y del epikarst representa una pérdida de las capacidades depuradoras del terreno, por lo que aumentará la vulnerabilidad a la contaminación de las aguas subterráneas.

IMPACTOS EN LA ZONA SATURADA DURANTE LA FASE DE EXPLOTACIÓN

Cuando los recursos mineros se agotan en superficie, debido a que se alcanzan los límites de las formaciones o por salir de las demarcaciones de las concesiones mineras, se adopta la solución de explotar la formación en profundidad.

Durante la actividad de la cantera se producen impactos en la zona saturada del karst que corresponden al descenso del nivel freático, causado por el drenaje de la explotación, y al deterioro de la calidad natural del agua subterránea (Figura 3).

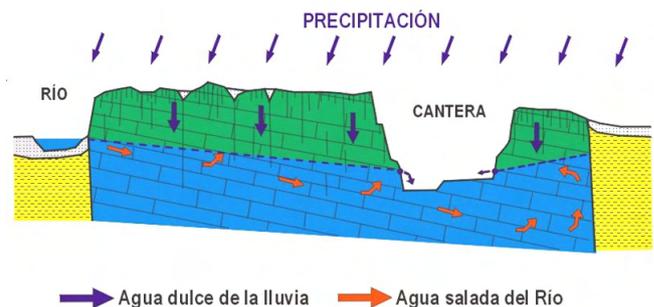


Figura 3. Descensos de nivel y deterioro de la calidad del agua subterránea por efecto del drenaje en la cantera (modificado de Motyka y Postawa, 2000)

Impactos especialmente graves sobre el nivel freático se producen cuando las labores de cantera cortan conductos de circulación preferente que conforman los elementos transmisivos del acuífero (Figura 4). En estas situaciones se produce un drenaje rápido de la formación, tanto más veloz cuanto mayor sea la conexión entre estos conductos y los elementos capacitivos del acuífero.

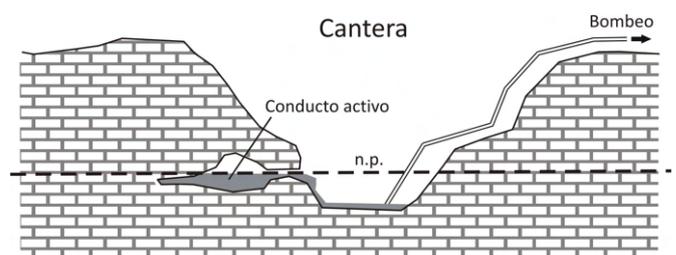


Figura 4. Drenaje en una cantera a partir de conductos preferentes de circulación del flujo

En función de las características hidráulicas del acuífero y de la forma de acometer las labores en la cantera, los conos de descensos generados por los bombeos pueden oscilar entre dimensiones próximas a las de la propia cantera o llegar a alcanzar radios próximos a 3000 m (USGS, 2001).

Cuando el nivel freático en el karst muestra unas marcas fluctuaciones estacionales se debe intentar programar las labores de extracción durante los periodos de estiaje, cuando el nivel freático se encuentra más bajo; de esta forma, se evitarían los bombeos en la explotación y las

afecciones al acuífero y a los sondeos de abastecimiento que pudieran existir en los radios de afección de aquellos. Además, se disminuiría el riesgo de formación de dolinas de colapso. Durante la estación húmeda la cantera se inundará, complicando y encareciendo los trabajos de extracción.

Entre los impactos generados en la zona saturada por efecto de los bombeos, cabe indicar el agotamiento o reducción del caudal de los manantiales, la afección a las captaciones de abastecimiento que se encuentren en el radio de influencia del drenaje de la cantera y la modificación de las redes de flujo subterráneo. En el caso de vertidos accidentales durante las labores de explotación, se produciría la contaminación del acuífero y, por tanto, la pérdida de recursos.

IMPACTOS POTENCIALES EN CANTERAS ABANDONADAS

Al cesar la actividad de una cantera, esta puede quedar abandonada o ser restaurada; si no se acometen los trabajos de restauración, el agua inundará la explotación a un ritmo que será función de las precipitaciones locales, la evaporación y el flujo subterráneo.

Al principio del cese de las labores mineras y, por tanto, de los bombeos es posible que algunos manantiales agotados vuelvan a surgir de nuevo (Figura 2), y aquellos que no hubieran llegado a agotarse podrían ver incrementados sus caudales. En el caso de que existiera relación hidráulica con algún río, esta volverá a las condiciones previas al inicio de la actividad de la cantera.

Debido a que la capacidad de almacenamiento de la cantera es del 100% y la de las calizas kárstificadas se encuentra entre el 1 y 3%, los niveles piezométricos del acuífero tardarán algún tiempo en recuperarse (Gunn y Hobbs, 1999). Sin embargo, este proceso está muy condicionado por la transmisividad que presente la formación, pues valores muy altos de este parámetro reducen considerablemente los tiempos de recuperación. En general, como en cualquier recuperación de niveles tras un bombeo, los descensos residuales son habituales y tardan un cierto tiempo en desaparecer.

En cierto modo, las canteras se pueden asimilar a pozos de gran diámetro, donde los almacenamientos son muy importantes, lo que permite bombeos de gran caudal. El tiempo de recuperación que requiere un acuífero será en función del valor de los parámetros hidráulicos que lo caractericen. De esta forma, debido a que el drenaje o vaciado de la cantera se produce con una transmisividad infinita, la superficie del agua es prácticamente horizontal.

El nivel freático, una vez cerrada la cantera, puede que no llegue a recuperar su posición inicial y algunos manantiales no vuelvan a brotar. Estos procesos están condicionados por las características hidráulicas de la formación y por

los aprovechamientos que estén realizándose de las aguas del acuífero. Aquellas canteras de calizas que han sido abandonadas sin adoptar los correspondientes planes de restauración, en ocasiones, son utilizadas como vertederos de residuos sin ningún tipo de control. En esta situación, y cuando el nivel freático está muy próximo a la superficie del terreno (aquí se considera la base de la cantera), los lixiviados se incorporan rápidamente al acuífero debido a la alta permeabilidad de las formaciones kársticas. Más grave es el caso de aquellas canteras que permanecen inundadas, pues es inmediato el contacto de los residuos con las aguas del karst. En ambas situaciones, se puede producir una rápida migración y una mínima dilución del contaminante antes de alcanzar los manantiales.

Edwards y Smart (1989) citan el caso de una cantera abandonada de calizas carboníferas en el Reino Unido, donde se produjo el vertido de residuos sin tratar. El lixiviado de los residuos se realizó de forma rápida, movilizándose los contaminantes hacia un manantial localizado a 2 km de distancia, el cual sufrió una contaminación grave. Posteriormente, la superficie de la cantera fue recubierta con una capa de material de baja permeabilidad, con la intención de reducir la generación de lixiviados.

Esto confirma el riesgo que supone el abandono de las canteras en terrenos kársticos sin haber adoptado las debidas medidas de restauración. En ningún caso, deberán ser utilizadas las canteras abandonadas de rocas carbonatadas como vertederos de residuos, ni tan siquiera de los considerados inertes. Quizás, el mayor riesgo no se encuentra en las grandes explotaciones, sino en aquellas de pequeño tamaño que se encuentran dispersas por el territorio. Es frecuente que estas pequeñas canteras sean abandonadas sin tomar ningún tipo de medidas de restauración ni de protección de las aguas subterráneas. El caso será extremadamente grave cuando se trate de residuos industriales y peligrosos y se encuentre próximo a la cantera un manantial.

OTROS IMPACTOS GENERADOS EN EL KARST

Entre estos estaría la formación de dolinas de colapso, frecuentemente condicionada por aquellos trabajos que requieren del drenaje de los acuíferos y provocan el descenso del nivel freático por debajo del contacto suelo-roca. Las canteras, entre otro tipo de actuaciones, pueden provocar este descenso; su efecto, frecuentemente, se restringe a un área relativamente pequeña, salvo cuando las características hidráulicas del acuífero kárstico y el volumen de agua drenada favorecen la formación de importantes conos de descensos.

A diferencia de las dolinas generadas por efecto preferente de la disolución de la roca o de aquellas originadas por colapsos de bóvedas de cavernas, las que tienen su origen en las actividades humanas se producen en periodos muy cortos de tiempo, siempre a escala humana (Figura 5). De esta forma, Newton (1976), en USGS (2001), estima que

de las 4000 dolinas formadas en el estado norteamericano de Alabama entre 1900 y 1976, tan sólo 50 tuvieron un origen exclusivamente natural. Una vez que cesan los bombeos, o bien descienden los volúmenes de extracción, los niveles freáticos se recuperan y se frena la formación y el desarrollo de las dolinas.



Figura 5. Dolina formada por bombeos en un acuífero kárstico, Alabama (Estados Unidos). Las dimensiones son: 145 m de largo, 115 de ancho y 50 m de profundidad (USGS, 2001)

En ocasiones, las afecciones se desarrollan directamente en las cavidades kársticas. Éstas son unos sistemas naturales con un equilibrio extremadamente frágil, en donde aire, agua y roca están en estrecha relación y condicionados por variables como la temperatura, luz, CO₂, humedad relativa, oscilaciones del nivel del agua y actividad biológica (Pulido-Bosch *et al.*, 1997).

Las canteras representan una agresión grave frente a estos equilibrios; de forma indirecta, modificando los niveles freáticos y, por actuaciones directas sobre las propias cavidades, destruyéndolas por completo. En observaciones de campo, es difícil llegar a caracterizar el daño si las canteras son de áridos; sin embargo, las explotaciones de roca ornamental (Figura 6), debido a los sistemas de corte que utilizan pueden convertirse en excelentes laboratorios de investigación.



Figura 6. Cantera de calizas jurásicas para uso como roca ornamental. Barinas (Murcia)

En los frentes de explotación de estas canteras, se pueden observar perfectamente el desarrollo de cavidades y espeleotemas (Figura 7). Cañaveras *et al.* (2002) realizan un detallado estudio de los procesos de karstificación en las canteras de Crema Marfil de Pinoso (Alicante).

Las voladuras en las labores de cantera no corresponden a explosiones de gran tamaño como pueden ser las diseñadas, con carácter destructivo, en obras civiles, por ejemplo. En las canteras, los explosivos se distribuyen a lo largo de líneas, que se corresponden con los límites de bloques que deben ser extraídos.

Las vibraciones y las ondas de choque producidas por las voladuras pueden causar la destrucción de estalactitas, estalagmitas y espeleotemas en general; así como, producir el colapso de las bóvedas de las cavidades. Estas afecciones pueden considerarse impactos graves sobre el karst. Igualmente, se pueden formar nuevas fracturas o ensanchar las ya existentes en las paredes de las canteras (zonas en distensión), incrementando la permeabilidad de la roca en estas zonas y favoreciendo el drenaje hacia el interior de la cantera (Gagen y Gunn, 1987; en USGS, 2001).

Para Smart *et al.* (1991), en USGS (2001), las explosiones por debajo del piso de las canteras (zonas sometidas a cargas), pueden provocar incrementos en la densidad de fracturas, disminución de la porosidad primaria y oclusión de conductos kársticos. Sin embargo, Lolcama *et al.* (1999), en USGS (2001), describe el caso de una cantera bajo cuyo piso se abrieron conductos tras una explosión. Como consecuencia de ello, se modificó el flujo del acuífero, produciéndose el drenaje del karst hacia un río próximo y un acuífero contiguo.

Respecto a las labores de cantera, hay que indicar que pueden utilizarse los métodos de banco único de gran altura o bancos múltiples. Este último es el más adecuado, ya que permite trabajar con mayores condiciones de seguridad y facilita la recuperación del entorno afectado. En el primer tipo, se encuentran las canteras desarrolladas sobre las laderas y, por tanto, ligadas a relieves con desniveles importantes. Cuando la morfología del terreno presenta pendientes muy suaves, las canteras se desarrollan en profundidad, originando explotaciones que serán las que presenten mayores problemas de agua, pues las cortas avanzan hacia el nivel freático.



Figura 7. Espeleotemas expuestos por labores de cantera. Barinas (Murcia)

Por otra parte, este tipo de canteras requiere de un correcto diseño del sistema de canales perimetrales de evacuación de pluviales, que garantice que la cantera no se inunde.

Los principales productos que se obtienen a partir de las labores de canteras, en lo que al karst se refiere, son los áridos «de machaqueo» y las rocas ornamentales. En las primeras, es frecuente el uso de explosivos, y es aquí donde deben buscarse las principales afecciones por las voladuras.

Si bien la fracturación inducida por las voladuras provoca en las proximidades de la explotación un incremento de la permeabilidad de la formación que puede aumentar el drenaje hacia la cantera, también es cierto que podría favorecer el desarrollo de dolinas de colapso.

Estos efectos estarán fuertemente condicionados por el tipo de explosivo utilizado y el diseño de voladura realizado.

Sin embargo, las canteras de roca ornamental requieren, sólo ocasionalmente, de voladuras para sus labores mineras, y esto suele ser para eliminar las «monteras» que recubren los afloramientos canterables.

El tipo de producto obtenido en estas explotaciones aconseja no utilizar explosivos, pues éstos pueden provocar la aparición de nuevas fracturas en la roca o la abertura de aquellas que estuvieran cerradas, provocando la pérdida del valor comercial de las rocas.

VULNERABILIDAD A CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS

La caracterización del terreno por categorías de vulnerabilidad permite identificar áreas que potencialmente presenten mayor o menor riesgo de afección a la calidad de las aguas subterráneas. En la actualidad, el desarrollo de potentes herramientas informáticas de gestión gráfica (CAD y SIG entre otras), así como, de modelos de flujos subterráneos (programas del tipo MODFLOW), han facilitado el conocimiento de los acuíferos y cómo responderían éstos ante determinadas acciones tales como bombeos, inyecciones y propagación de contaminantes, por ejemplo.

En la bibliografía es posible encontrar un número importante de métodos de evaluación de la vulnerabilidad

CLASE DE SENSIBILIDAD	PERMEABILIDAD (m/día)	ESESOR		CALIDAD DEL AGUA
		Medio detrítico (m)	Medio Fisurado (m)	
Muy Alta (4)	> 850	< 3	< 10	No se considera
Alta (3)	85 – 850	3 – 5	10 – 50	Potable
Media (2)	8,5 – 85	5 – 15	50 – 100	Excepcional
Baja (1)	0,85 – 8,5	15 – 35	100 – 200	Salobre
Muy Baja (0)	< 0,85	> 35	> 200	Salina

Tabla 1. Clases de sensibilidad para acuíferos detríticos y kársticos (COPUT, 1998)

a la contaminación de las aguas subterráneas. Así, por ejemplo, la COPUT (1998) considera tres variables condicionantes para caracterizar la vulnerabilidad (Tabla 1): permeabilidad de la formación, espesor de la zona no saturada y calidad actual de las aguas subterráneas, ésta se valora según los usos a que se destinen.

A partir de ellas se establecen las clases de sensibilidad y las categorías de vulnerabilidad que se asignan a los acuíferos. El procedimiento de elaboración puede ser consultado en la bibliografía indicada.

Puede observarse la diferencia importante entre los valores de espesor no saturado que se requieren para obtener una misma clase de sensibilidad en acuíferos detríticos y fisurados (karstificados). Claramente los karst son formaciones altamente sensibles a la contaminación; por tanto, cualquier actuación que se desarrolle en ellos deberá ser especialmente controlada para evitar el deterioro y la contaminación de las aguas subterráneas

REFERENCIAS

- Cañaveras, J. C., García del Cura, M. A., Sánchez Moral, S. Muñoz Cervera, M. C. y Ordóñez, S. (2002). *Procesos de karstificación polifásica en las canteras de Crema Marfil (Pinoso, Alicante). Aplicación a la explotación de rocas ornamentales*. Geogaceta, 31, 31-34 p.
- COPUT (1998). *Vulnerabilidad a la contaminación de las aguas subterráneas por actividades urbanísticas en la Comunidad Valenciana*. Conselleria d'Obres Públiques, Urbanisme i Transports. Generalitat Valenciana. Valencia.
- Edwards, E. J. y Smart, P. L. (1989). *Waste disposal on karstified Carboniferous limestones aquifers of England and Wales*. In Beck, B. F. (ed.) 1989. Engineering and Environmental Impacts of Sinkholes and Karst, Proc. of the 3rd Multidisciplinary Conference on Sinkholes and the Environmental impacts of karst: 165-182. Rotterdam: Balkema.
- Fernández Rubio, R., Fernández Lorca, S. y Esteban Arlegui, J. (1986). *Abandono de minas. Impacto Hidrológico*. Instituto Geológico y Minero de España y E.T.S. de Ingenieros de Minas. Madrid.
- Gunn, J. y Hobbs, S. (1999). *Limestones quarrying: Hydrogeological impacts, consequences, implications*. Karst Hydrogeology and Human Activities. Impacts, Consequences and Implications. International Contributions to Hydrogeology, 20, IAH. A.A. Balkema Publishers, Rotterdam, 192-201 p.
- Hess, J. W. y Slattery, L. D. (1999). *Overview of extractive industries impact*. Karst Hydrogeology and Human Activities. Impacts, Consequences and Implications. International Contributions to Hydrogeology, 20, IAH. A.A. Balkema Publishers, Rotterdam, 187-192 p.
- Hobbs, S. L. y Gunn, J. (1998). *The hydrogeological effect of quarrying karstified limestone: options for protection and mitigation*. Quarterly Journal of Engineering Geology, v. 31, 147-157 p.
- IGME (2018). *Panorama Minero 2017*. Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades. Madrid.
- Motyka, J. y Postawa, A. (2000). *Influence of contaminated Vistula River water on the groundwater entering the Zakrzówek limestone quarry, Cracow region, Poland*. Environmental Geology 39 (3-4) 398-404.
- Pulido-Bosch, A., Martín-Rosales, W., López-Chicano, M., Rodríguez-Navarro, C. M. y Vallejos, A. (1997). *Human impact in a tourist karstic cave (Aracena, Spain)*. Environmental Geology, 31 (3/4) 142-149 p.
- USGS (2001). *Potential Environment Impacts of Quarrying Stone in Karst. A Literature Review*. Open-File Report OF-01-0484. U. S. Geological Survey.

Los residuos de la industria siderúrgica y metalúrgica del aluminio

E. BONET-MARTÍNEZ¹, S. MARTÍNEZ-MARTÍNEZ^{1,2}, D. ELICHE-QUESADA², L. PÉREZ-VILLAREJO¹, P.J. SÁNCHEZ-SOTO³.

¹ Departamento de Ingeniería Química, Ambiental y de los Materiales, Escuela Politécnica Superior de Linares, Universidad de Jaén, Linares (Jaén).

² Departamento de Ingeniería Química, Ambiental y de los Materiales, Escuela Politécnica Superior de Jaén, Universidad de Jaén, Jaén.

³ Instituto de Ciencia de Materiales de Sevilla, Centro Mixto Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)-Universidad de Sevilla (US), Sevilla.

RESIDUOS

En general, por el término residuo entendemos «algo» que no tiene utilidad para las personas y del cual deben desprenderse. Existen varias definiciones de residuos. Según Vián Ortuño ¹: «Residuo es lo que queda o resulta después de utilizar las cosas. Y, como vivir es usar cosas, unas ineludiblemente, otras de modo caprichoso, resulta que vivir implica producir residuos». Para Nemerow ²: «Residuo es toda materia generada por las actividades productivas y de consumo que no alcanza en el contexto de producción ningún valor económico, es decir, es aquello que su propietario desecha por no serle útil».

Una definición más o menos elaborada de residuo es aquella que considera que «el término residuo comprende todo bien u objeto que se obtiene a la vez que el producto principal, e incluye tanto los que han devenido inaprovechables (desechos), como los que simplemente subsisten después de cualquier tipo de proceso (restos o residuos propiamente dichos)» ³.

La Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados ⁴ define residuo como «cualquier sustancia u objeto que su poseedor desecha o tenga la intención o la obligación de desechar».

CLASIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS

Los residuos se pueden clasificar atendiendo a diferentes criterios tales como:

- Según su estado físico: sólidos, líquidos y gaseosos.
- Según su origen o procedencia:
 - Sector primario: agrícolas, ganaderos y forestales
 - Sector secundario: Industriales
 - Sector terciario: Sólidos urbanos y sanitarios

- Según su peligrosidad:
 - Residuos peligrosos
 - Residuos Radioactivos
 - Residuos Inertes

La Ley 22/2011 ⁴ considera estos tipos de residuos:

a) **Residuos domésticos:** residuos generados en los hogares como consecuencia de las actividades domésticas. Se consideran también residuos domésticos los similares a los anteriores generados en servicios e industrias. Se incluyen también en esta categoría los residuos que se generan en los hogares como son los aparatos eléctricos y electrónicos, ropa, pilas, acumuladores, muebles y enseres, además de los residuos y escombros procedentes de obras menores de construcción y reparación domiciliaria.

Tendrán la consideración de residuos domésticos los residuos procedentes de limpieza de vías públicas, zonas verdes, áreas recreativas y playas, los animales domésticos muertos y los vehículos abandonados.

b) **Residuos comerciales:** residuos generados por la actividad propia del comercio, al por mayor y al por menor, de los servicios de restauración y bares, de las oficinas y de los mercados, así como del resto del sector servicios.

c) **Residuos industriales:** residuos resultantes de los procesos de fabricación, de transformación, de utilización, de consumo, de limpieza o de mantenimiento generados por la actividad industrial, excluidas las emisiones a la atmósfera reguladas en la Ley 34/2007, de 15 de noviembre, de calidad del aire y protección de la atmósfera ⁵.

d) **Residuo peligroso:** residuo que presenta una o varias de las características peligrosas enumeradas en el anexo III de la citada Ley ⁴ y aquél que pueda aprobar el Gobierno de conformidad con lo establecido en la normativa europea o en los convenios internacionales de los que España sea parte, así como los recipientes y envases que los hayan contenido.

e) **Aceites usados:** todos los aceites minerales o sintéticos, industriales o de lubricación, que hayan dejado de ser aptos para el uso originalmente previsto, como son los aceites usados de motores de combustión y los aceites de cajas de cambios, aceites lubricantes, aceites para turbinas y aceites hidráulicos.

f) **Biorresiduo:** residuo biodegradable de jardines y parques, residuos alimenticios y de cocina procedentes de hogares, restaurantes, servicios de restauración colectiva y

establecimientos de venta al por menor; así como, residuos comparables de plantas de procesamiento de alimentos.

RESIDUOS INDUSTRIALES

Los residuos industriales son los materiales procedentes de los procesos industriales que han sido utilizados en la fabricación de productos y que no tienen ya, en la mayoría de los casos, un valor económico.

Los residuos industriales, debido a su abundancia, se clasifican atendiendo a su forma de gestión en:

- **Residuos urbanos.** Todos aquellos residuos que no tengan la calificación de peligrosos y que, por su naturaleza o composición, puedan asimilarse a los producidos en domicilios particulares, comercios, oficinas y servicios.
- **Residuos inertes.** Son residuos que no experimentan transformaciones físicas, químicas o biológicas significativas. No son solubles ni combustibles, no reaccionan química ni físicamente de ninguna otra manera ni son biodegradables, ni afectan negativamente a otras materias con las cuales entran en contacto de forma que puedan dar lugar a contaminación del medio ambiente o perjudicar a la salud humana.
- **Residuos peligrosos.** Definidos con anterioridad.

Así, existirán residuos industriales procedentes de las industrias alimentarias, construcción, siderúrgica/metallúrgica, química y derivadas, farmacéuticas, madera/papel, textiles y afines, energéticas y otras industrias.

Este artículo se centrará en los residuos industriales procedentes de la industria siderúrgica y de la industria del aluminio.

VALORACIÓN DE RESIDUOS

Uno de los grandes desafíos a los que se enfrenta actualmente la Humanidad es la de conseguir una salida factible y viable a los residuos generados por la industria.

La generación de residuos es tan elevada que las administraciones competentes en el desarrollo de las políticas y de la legislación en materia de prevención y gestión de residuos se aplican para conseguir el mejor resultado ambiental global.

De acuerdo con un orden de prioridad, la jerarquía de residuos es la siguiente:

- a) Prevención

- b) Preparación para la reutilización
- c) Reciclado
- d) Otro tipo de valorización, incluida la valorización energética
- e) Eliminación

La definición de valoración que proporciona la Ley 22/2011 ⁴ de residuos y suelos contaminados es «cualquier operación cuyo resultado principal sea que el residuo sirva a una finalidad útil al sustituir a otros materiales, que de otro modo se habrían utilizado para cumplir una función particular, o que el residuo sea preparado para cumplir esa función en la instalación o en la economía en general».

La industria cerámica presenta un enorme potencial para la reutilización y valorización de algunos de los residuos industriales producidos en grandes cantidades por otras industrias, sobre todo aquellos que provienen de la industria minera, debido a la gran cantidad de materias primas usadas por esta actividad, así como por el gran volumen de productos finales en construcción.

Numerosos estudios y trabajos han encontrado que materiales base, como son los cementos y los cerámicos, con materias primas arcillosas, son los más adecuados para conseguir la inertización y neutralización de los residuos industriales por inertización y encapsulamiento de los mismos en su matriz ⁶.

La industria cerámica que utiliza materias primas arcillosas posee posibilidades únicas que la hacen una candidata potencial para el uso de grandes cantidades de residuos industriales. Esto es así porque los materiales cerámicos, una vez conformados y sinterizados, apenas producen lixiviación al medio de elementos contaminantes, por lo que, si se es capaz de introducir alguna cantidad de residuos dentro de la matriz cerámica, por pequeña que sea ésta, estaremos consiguiendo inertizar el residuo dentro de la misma ⁷.

La inertización es un conjunto de técnicas que tienen por objeto anular el poder contaminante de un residuo mediante su transformación, o mediante su incorporación a un material inactivo. Por tanto, la introducción del residuo modifica la microestructura de la matriz arcillosa produciendo modificaciones en las propiedades tecnológicas y reduciendo los costes de producción.

Se pretende, además, optimizar las composiciones arcilla-residuo, la temperatura y el tiempo de cocción, para obtener materiales cerámicos que cumplan la legislación sobre materiales de construcción para mercado CE.

A continuación se muestran resultados seleccionados en cuanto a caracterización de residuos procedentes de las industrias de la fabricación de acero y del tratamiento de aluminio para su reciclaje.

VALORIZACIÓN DE RESIDUOS DE PROCESOS INDUSTRIALES DE LA SIDERURGIA

La industria siderúrgica en España se encuentra ubicada principalmente en el norte del territorio. La mayor parte de la producción es acero común (70%) y acero especial (28,4%), siendo el resto acero inoxidable ⁸.

En España, hay 21 acerías de horno eléctrico, que producen el 75% del acero total fabricado en nuestro país y consumen alrededor del 90-95% de la chatarra que el sector utiliza como materia prima. El 5-10% restante se consume en la instalación de siderurgia integral ubicada en el norte del país, que produce acero básicamente a partir de mineral de hierro, utilizando como material refrigerante una cierta cantidad de chatarra.

En la Figura 1, se muestran las localizaciones en España de acerías de arco eléctrico de acero común e inoxidable ⁹.

Existen dos diferentes procesos industriales en la actual producción siderúrgica: la siderurgia integral (horno alto y acería al oxígeno LD) y las acerías de horno eléctrico.

En el primer caso, la producción de acero se realiza básicamente a partir de mineral de hierro, pero se utiliza también entre un 20% y un 30% de chatarra que se emplea para controlar la temperatura del proceso, actuando como material refrigerante. La acería de horno eléctrico, por su

parte, utiliza fundamentalmente y hasta en un 100% chatarra como materia prima.

Los residuos generados por la industria siderúrgica son las escorias procedentes de la fabricación del acero. Todos los subproductos resultantes del proceso de fabricación del acero se pueden reutilizar, así como la escoria generada durante la producción de arrabio y acero. Las escorias blancas se generan de la fabricación del acero y están catalogadas como residuos que no son tóxicos o peligrosos, tanto en la legislación estatal como en el Catálogo europeo de residuos. También es considerado como subproducto en la fabricación del acero.

Otro tipo de escorias generadas en el proceso de fabricación son las escorias negras, con un uso más extendido como material de construcción (Figura 2 y Tabla 1). Un análisis de fases cristalinas por difracción de rayos X (DRX) de una muestra de este tipo de escorias permite conocer que contiene óxido de hierro, óxido de manganeso y silicatos como larnita, con calcio, y gehlenita, con aluminio y calcio (Figura 2).

Su composición química, comparada con una arcilla, permite apreciar un alto contenido en óxidos de Calcio, Hierro, Aluminio y Silicio, sobre todo de Calcio y Silicio, además de otros en menor porcentaje relativo (Tabla 1).

LEYENDA

● Acerías de horno eléctrico de arco (acero común)

● Acerías de horno eléctrico de arco (acero inoxidable)



Figura 1. Localizaciones en España de acerías de arco eléctrico de acero común y de acero inoxidable ⁹

Composición en óxidos (% en peso)	Escoria negra	Arcilla
K ₂ O	0,04	2,78
TiO ₂	0,41	0,83
Na ₂ O	0,20	0,49
CaO	30,48	9,21
MgO	5,52	1,49
MnO	2,91	0,03
Fe ₂ O ₃	12,50	4,83
Al ₂ O ₃	11,33	12,13
SiO ₂	29,36	55,82
Pérdida por calcinación a 950°C	-	10,55
Suma total	92,75	98,15

Tabla 1. Resultados de análisis químico por fluorescencia de rayos X (FRX) de una escoria negra y su composición comparada con la de una arcilla

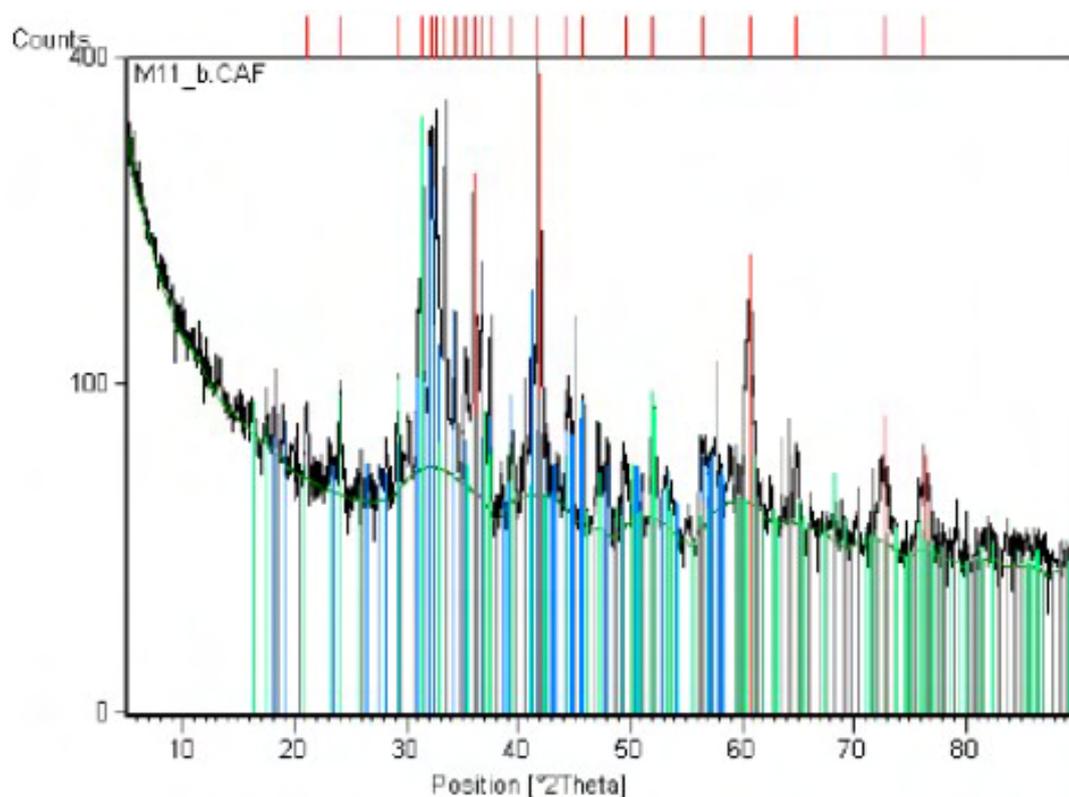


Figura 2. Difractograma de rayos X de la escoria negra empleada en la elaboración de las piezas cerámicas e identificación de las fases cristalinas presentes

Residue + Peak List
01-077-2355; Fe O; Iron Oxide
00-033-0302; Ca ₂ Si O ₄ ; Larnite, syn
01-077-1147; Ca ₂ Al (Al (Si _{0.974} Cr _{0.026}) O ₇); Gehlenite, syn
01-075-0765; Mn ₃ O ₄ ; Manganese Oxide

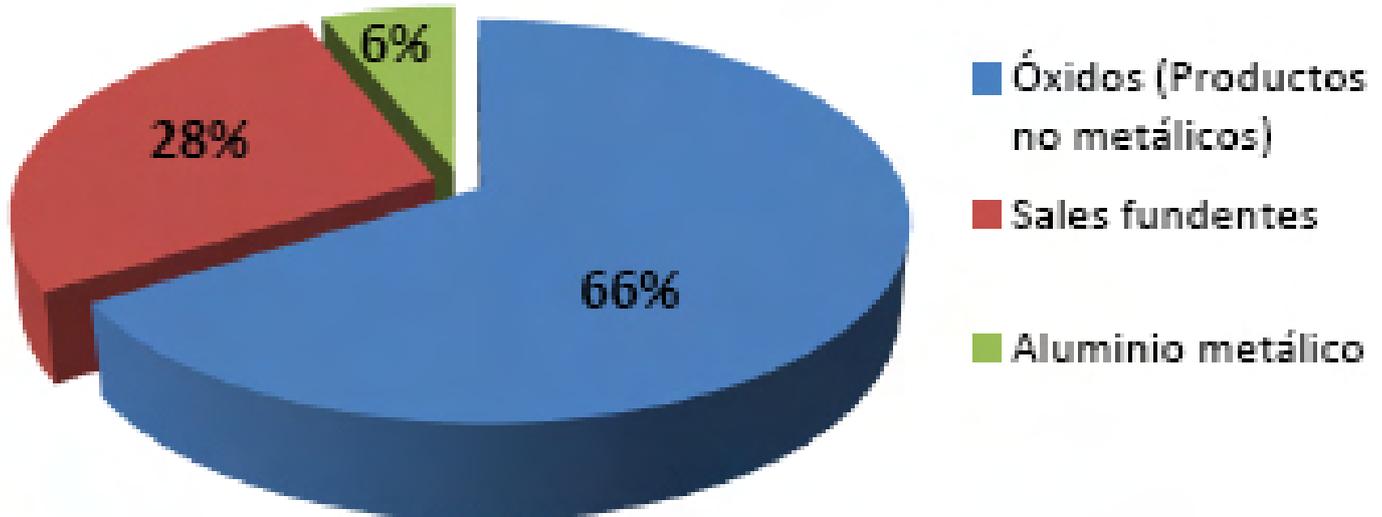


Figura 3. Subproductos de la valoración de las escorias salinas ¹⁰

La escoria blanca, al contrario de la escoria negra, es un material blando con apenas materiales pesados y posee elevada basicidad debido a su alto contenido en cal que si es hidratada realiza una función de cimentación. Sin embargo, la escoria negra es un material granular con alto contenido en materiales pesados y con elevada dureza. La composición química de la escoria negra está condicionada por el tipo de chatarra utilizada en el proceso, el control de las variables de operación y otros factores.

VALORIZACIÓN DE RESIDUOS DE PROCESOS INDUSTRIALES DEL ALUMINIO

La industria del aluminio comienza por la extracción de la bauxita, que es el mineral del que se obtiene la alúmina mediante el proceso Bayer, y de ella el aluminio mediante electrólisis⁹. El aluminio que se obtiene de las celdas electro-líticas se introduce en un horno de fusión donde unos quemadores calientan el material hasta provocar una fusión. En este proceso se producen unas escorias blancas, las cuáles se forman a partir de la fusión del aluminio, además de otras negras que se forman al añadir fundentes a la carga de los hornos.

El aluminio secundario es aquel que se obtiene de la fusión de productos de aluminio que han llegado al final de su ciclo de vida útil, como son los subproductos de la trans-

formación del aluminio y chatarra procedente de piezas de aluminio ya usadas de aeronaves, automóviles, bicicletas, latas de bebidas y restos de mecanizados. La producción de aluminio secundario consta de las siguientes fases:

- ✓ Recepción, clasificación y almacenamiento del material
- ✓ Tratamiento previo de los materiales antes de su incorporación al horno de fusión (separación previa de elementos indeseables, compactación, eliminación de aceites y recubrimientos, etc.)
- ✓ Fusión. Esta etapa incluye la fusión, la adición de fundentes y eliminación de gases.
- ✓ Control de la colada de aluminio fundido e introducción en moldes para la obtención de lingotes

Los residuos generados durante el proceso de segunda fusión del aluminio son:

- ✓ Polvos de filtrado de molienda
- ✓ Polvos de filtros de gases de los hornos
- ✓ Espumas, y
- ✓ Escorias salinas

Estas escorias salinas son residuos peligrosos y no pueden ser enviadas directamente a vertedero debido a su alta reactividad con el agua. Por tanto, son gestionadas por gestores autorizados para su tratamiento.

Las escorias salinas se reciclan a través de un proceso de cuatro etapas:

1. Molienda y clasificación granulométrica de los residuos recibidos. En esta fase, se va a obtener aluminio metálico que se comercializa en otros sectores metalúrgicos.
2. Reacción de los componentes peligrosos y disolución de las sales. Se obtiene óxido de aluminio (denominado PAVAL), cuyas características se asemejan en gran medida a la bauxita.
3. Separación, lavado y obtención de productos inertizados.
4. Cristalización de las sales. Se obtienen sales que también se pueden reciclar como aditivo en la industria del cemento.

En este proceso de valorización de las escorias salinas, se consiguen tres subproductos (Figura 3): óxidos (productos no metálicos), sales fundentes y aluminio metálico.

El material denominado PAVAL es un residuo mineral con alto contenido de alúmina (Al_2O_3) generado en el proceso de reciclado de escorias salinas procedentes de la fusión del aluminio (Figura 4 y Tabla 2). Se trata de un polvo con un tamaño medio de $250\ \mu\text{m}$ y que posee un color grisáceo debido al remanente de carbono que contiene, con una composición de fases cristalinas identificadas por DRX como es la mostrada en la Figura 4.

Contiene corindón ($\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$), hidróxido de aluminio [$\text{Al}(\text{OH})_3$], cuarzo (SiO_2), óxidos complejos de magnesio, hierro y aluminio y de sodio, hierro y aluminio, además de carbonato de calcio (CaCO_3 variedad aragonito). Posee un punto de fusión alto debido a su composición con un elevado contenido en alúmina (56,22% en peso, Tabla 2).

SUMARIO

En el presente artículo se han expuesto los diversos tipos de residuos, clasificados según diferentes criterios de acuerdo con la legislación vigente, describiendo también los residuos industriales. Se han destacado aspectos importantes y de interés sobre valoración de dichos residuos, así como de su inertización mediante su incorporación en una matriz cerámica. Esto último presenta interesantes posibilidades para la industria cerámica.

Seguidamente se han mostrado con más detalle los residuos generados en procesos industriales, como son la siderurgia y la metalurgia del aluminio. En el proceso de fabricación del acero se generan escorias blancas y escorias negras, habiéndose caracterizado dos muestras representativas de este tipo de residuos por DRX para el análisis de fases cristalinas presentes y análisis químico por FRX.

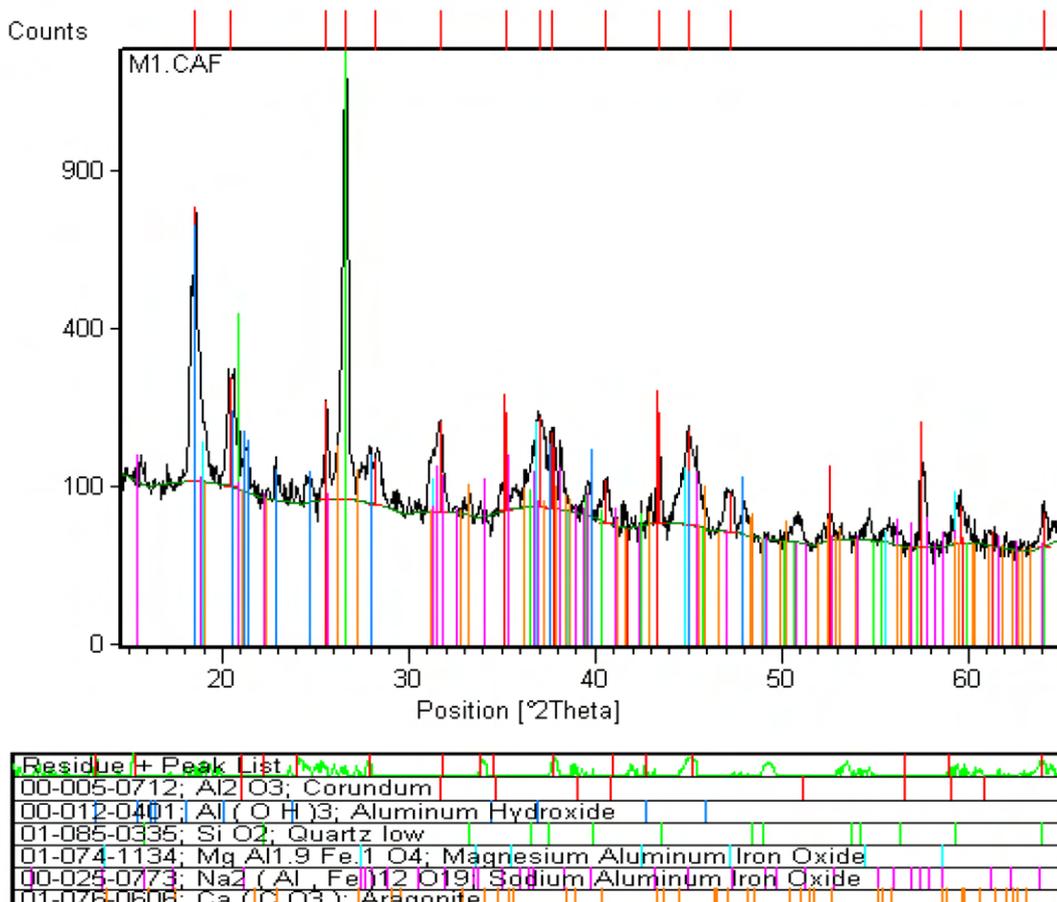


Figura 4. Difractograma del residuo PAVAL con identificación de las fases minerales cristalinas que lo componen (corindón o α -alúmina, hidróxido de aluminio, cuarzo, óxido de aluminio, hierro y magnesio, óxido de aluminio, hierro y sodio, carbonato de calcio en su forma polimórfica de aragonito)

Composición en óxidos (% en peso)	Arcilla	Residuo PAVAL
K ₂ O	2,78	1,41
TiO ₂	0,83	0,54
Na ₂ O	0,49	3,88
CaO	9,21	1,9
MgO	1,49	5,75
MnO	0,03	0,19
Fe ₂ O ₃	4,83	1,81
Al ₂ O ₃	12,13	56,22
SiO ₂	55,82	8,6
Pérdida a 950 °C	10,55	-
Suma total	98,15	80,3

Tabla 2. Análisis químico por FRX de la una arcilla (mostrada ya en la Tabla 1) y del residuo denominado PAVAL

También en el proceso de obtención de aluminio en hornos de fusión se generan escorias que son subproductos, como es un residuo con alto contenido en óxido de aluminio, denominado PAVAL. Se trata de un tipo de escorias salinas y que se considera un residuo peligroso que reacciona con agua.

Se ha caracterizado una muestra representativa de este tipo de residuos mediante DRX y FRX, encontrándose que posee más del 50 % en peso de óxido de aluminio, que aparece como hidróxido y óxido de aluminio, según los resultados del análisis realizado por DRX. Posee un contenido en óxido de hierro inferior al 2 % y de titanio inferior al 1 % en peso, además de elementos alcalinos y alcalinotérreos.

Estas características le dan un cierto valor económico e interés potencial para el desarrollo de futuras investigaciones partiendo de este residuo como materia prima reutilizable y que podría ayudar a resolver un problema medioambiental.

REFERENCIAS

- [1] Vian Ortuño, A., 1998. *Introducción a la química industrial*. Editorial Reverté, pp. 656.
- [2] Nemerow, N.L., 1998. *Tratamiento de vertidos industriales y peligrosos*. Ediciones Díaz de Santos S.A., pp. 842.
- [3] Campins Eritja, M., 1994. *La gestión de los residuos peligrosos en la Comunidad Europea*. Bosch Editor, S.A. pp. 29-54.
- [4] Ley estatal 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados.
- [5] Ley 34/2007, de 15 de noviembre, de calidad del aire y protección de la atmósfera.
- [6] Torres, P., Fernandes, H.R., Agathopoulos, S., Tulyaganov, D.U., Ferreira, J.M.F., 2004. *Incorporation of granite cutting sludge in industrial porcelain tile formulation*. J. Eur. Ceram. Soc. 24, 3177-3185.
- [7] Martínez-García, C., Eliche-Quesada, D., Pérez-Villarejo, L., Iglesias-Godino, F.J., Corpas-Iglesias, F.A., 2012. *Sludge valorization from wastewater treatment plant to its application on the ceramic industry*. J. Environ. Manag. 95, S343-S348.
- [8] CEDEX (Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas: Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente y Ministerio de Fomento).
- [9] Elías, X. (Ed.), 2009. *Reciclaje de Residuos Industriales, Residuos sólidos urbanos y fangos de depuradora*. 2ª Edición. Editorial Díaz de Santos, Madrid, España.
- [10] www.idalsa.com

El dátil y los palmerales españoles. Los grandes desconocidos

JOSÉ ÁNGEL PÉREZ-ÁLVAREZ^{1,2*}, MANUEL VIUDA-MARTOS^{1,2}, MARÍA ESTRELLA SAYAS-BARBERÁ¹, CASILDA NAVARRO-RODRÍGUEZ DE VERA¹, CARMEN MARÍA BOTELLA-MARTÍNEZ¹, JUANA FERNÁNDEZ-LÓPEZ¹

¹ Grupo Industrialización de Productos de Origen Animal (Grupo IPOA), Centro de Investigación e Innovación Agroalimentaria y Agroambiental de la Universidad Miguel Hernández de Elche (CIAGRO-UMH).

² Cátedra Palmeral d'Elx. Universidad Miguel Hernández (UMH) de Elche.

* Correspondencia: ja.perez@umh.es

INTRODUCCIÓN

Los palmerales y las palmeras, tan comunes en nuestro entorno, encierran muchas características que son completamente desconocidas, tanto para el gran público como para la comunidad científica nacional e internacional. A pesar de que España posee unos palmerales con identidad propia y con características únicas a nivel internacional. Sin embargo, son los grandes desconocidos y olvidados, a pesar de que al menos, el más importante de ellos, el Palmeral de Elche, fue declarado Patrimonio Material de la Humanidad por la UNESCO en el año 2000.

Otro tanto ocurre con el dátil, que ya era ya muy conocido desde la antigüedad y tanto él como las distintas representaciones de la palmera se han encontrado tanto en tumbas faraónicas en Egipto como en tumbas del Valle del

Jordán (Israel y Jordania) en mosaicos de villas romanas, ánforas y monedas griegas, y en otras muchas zonas arqueológicas del Mediterráneo.

Hasta principios de la era romana, la presencia y el cultivo de la palmera datilera estaba circunscrito a los oasis, particularmente los de Oriente Medio y, de hecho, sus frutos eran considerados un manjar digno sólo de los emperadores y patricios romanos por su elevado coste económico. Así, se ha datado su cultivo en las orillas del Mar Muerto, en particular, en las zonas fronterizas de los reinos judío y nabateo. Su producción fue muy importante durante el periodo helenístico, romano y bizantino, ya que se obtenían una importante producción de dátiles (Erickson-Gini, 2016) bien sea para el consumo local o en las ciudades romanas más importantes. En la época bizantina, los dátiles, empezaron a ser mucho más populares, sin dejar de ser considerados una joya gastronómica y culinaria.

El origen de la palmera parece ser incierto, aunque algunos autores señalan que su origen está en Omán (Saffar *et al.*, 2022) y otros en Mesopotamia. En España, hay discrepancias en cuanto a la existencia de una palmera ibérica autóctona, a la que no habría que confundir con el palmito (*Chamaerops humilis* L); sin embargo, no se han encontrado huesos de dátil que puedan corroborar este hecho.

La palmera datilera que conocemos en la actualidad se clasifica botánicamente dentro de la familia *Arecaceae*

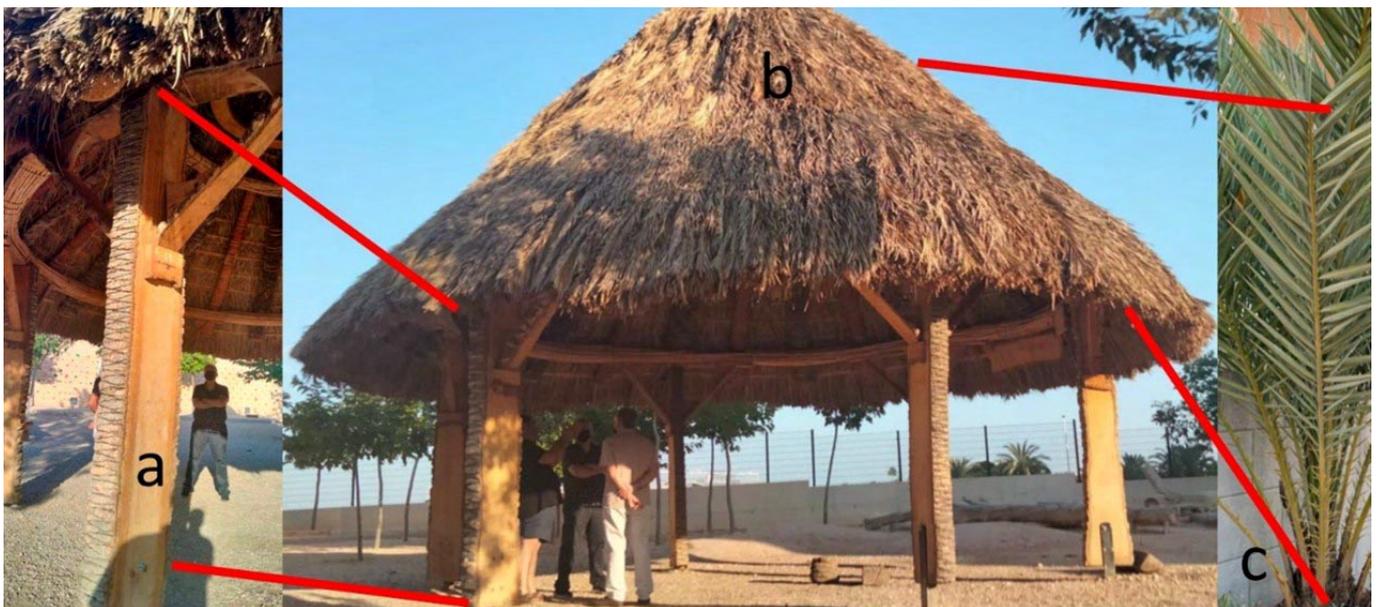


Figura 1. Elementos estructurales de una palapa realizados con distintas partes de la palmera. (a) tronco o estípite de palmera, (b) tejado elaborado con palma seca y (c) palma de palmera datilera. Estructura elaborada por D. Vicente Campos Rubira. Fotos: D. Luis Marín Fernández Rodríguez y D. José Angel Pérez Álvarez



Figura 2. Mobiliario elaborado con madera de palmera datilera (a) sillas de comedor; (b) mesa y bancos de jardín; (c) banco de jardín; (d) mesa de comedor Fotos: D. Vicente Campos Rubira y D. Luis Martín Fernández Rodríguez

(*Palmaceae*), Sub-familia *Coryphoideae*, y el género *Phoenix* y de la especie *Phoenix dactylifera* L. Se cree que fue traída, posiblemente, por fenicios, griegos o romanos y que con los árabes alcanzó su máximo apogeo en toda la Cuenca Mediterránea española, especialmente en aquellas zonas en las condiciones edafoclimáticas no permite otros muchos cultivos con mayor demanda de agua y calidad de la misma y, aun hoy en día, son varios los palmerales (principalmente, el palmeral ilicitano) que mantienen las técnicas agrícolas heredadas del periodo musulmán.

Carassale *et al.*, (2013) mencionan que la palmera no sólo se ha cultivado por los dátiles, sino que tiene muchas otras utilidades tanto religiosas (en fiestas judías o cristianas) como decorativas e incluso como material de construcción de viviendas o de muebles (Figuras 1 y 2).

En cuanto a la madera de palmera, Vicente Campos, (2022, comunicación personal) menciona que «aprovechar la madera de la palmera es, sin duda, una manera de dignificar la sabiduría de la naturaleza, de dar gracias a la tierra por lo que nos ofrece y colocarnos más cerca de una humanidad en armonía con el universo». Sin olvidar que es, quizás, la parte religiosa, y el simbolismo de la palmera en la religión cristiana (por ejemplo, el Domingo de Ramos en la Semana Santa), lo que ha contribuido a su difusión a nivel mundial, no sin olvidar que, para los primeros cristianos, la

palma representa la victoria de la fe en Jesucristo sobre los infieles. Así, en las representaciones artísticas, la presencia de palmas en manos o brazos representa a los mártires por la fe, evidenciando, con ello, la victoria del espíritu sobre la carne. Así son muchos los santos (San Lorenzo, San Sebastián, San Pedro Mártir, etc.) que llevan en sus manos o brazos una palma.

El dátil como fruto de la palmera datilera es uno de los cultivos más antiguos (aproximadamente 5000 años) y para las poblaciones de Oriente Medio y Mesopotamia es muy conocido, de hecho, tanto los judíos como los musulmanes, consideran a la palmera un árbol sagrado (el árbol de la vida) y a los dátiles la miel y el pan del desierto; de hecho, en la zona del Levante español (principalmente en las provincias de Alicante y Murcia), se consume una especialidad denominada «pan de dátil» como herencia de la influencia sefardí y morisca.

En España, el cultivo del dátil está centrado principalmente en tres palmerales «tradicionales» de gran importancia económica, medioambiental y social, a saber, el Palmeral de Elche (Alicante), declarado Patrimonio Material de la Humanidad por la UNESCO en el año 2000; el Palmeral de San Antón (Orihuela, Alicante), recientemente reacondicionado tras los severos daños causados por las inclemencias meteorológicas (DANA) de 2019; y el Palmeral de Abanilla

(Murcia). No obstante, existen otros pequeños palmerales tradicionales pero que con el tiempo y los cambios en los usos agronómicos del suelo, han caído en un franco deterioro y retroceso, como es el Palmeral de Santiago y Zairaiche (Murcia), y el más moderno, el Palmeral de Ulea (Murcia), con aproximadamente un siglo de antigüedad y en una única propiedad.

La palmera datilera se vislumbra como un excelente aliado contra el cambio climático, no sólo por el secuestro de CO₂, sino también porque se puede cultivar en suelos de mala calidad; además, soportan muy bien el riego con aguas con elevado contenido en sales minerales y que, para otros cultivos, estas aguas no son adecuadas y soportan las sequías prolongadas.

El cambio climático es un hecho incuestionable y, desde el punto de vista agronómico, muchos de los cultivos «convencionales» del sureste español se están replanteando, tanto por sus altos requerimientos hídricos como por las elevadas temperaturas que no permiten un crecimiento o maduración adecuado.

Todo esto supone un reto multisectorial y multidisciplinar para la agricultura y la alimentación. Por ello, se plantea en la agricultura y, por ende, en la alimentación, un gran reto científico-tecnológico, que se deberá desarrollar e

implementar en los próximos años. La agricultura y la alimentación del 2030, en adelante, está aún generándose en las Universidades, Centros de Investigación y Departamentos de I+D+i+C (Investigación, Desarrollo, Innovación y Comunicación) de todo el mundo en los cuales los palmerales y el dátil tendrán mucho que decir.

El gran reto que supone, a nivel mundial, el cambio climático está haciendo que se esté «revisando» y actualizando el papel del cultivo de la palmera datilera y el importante papel que puede tener el dátil en la alimentación del siglo XXI. España no debe ni puede quedarse al margen de esta «revolución de las palmeras» y de los cultivos que podrán asociarse a los palmerales.

Afortunadamente, además de las palmeras, existen en el Sureste Español otros cultivos que se pueden adaptar perfectamente a estas condiciones altamente desfavorables y que a fecha de hoy están, al igual que la palmera, infrautilizados e infravalorados o al borde de su desaparición como, es el caso de los jínjoles (*Ziziphus jujuba*).

En el caso de la palmera es más que evidente que es un cultivo que se adapta perfectamente a condiciones mucho más adversas a las que en la actualidad existen en el Levante español, ya que son capaces de crecer y fructificar en condiciones extremas como son las zonas áridas o semidesérticas,



Figura 3. Vástagos (hijuelos) en palmeras datileras ilicitanas y murcianas. (a) vástagos aéreos (Región de Murcia); (b) vástagos terrestres (Elche). Fotos de D. José Angel Pérez Álvarez

con una enorme ventaja sobre otros cultivos, ya que su cultivo permite estabilizar y crear nuevos entornos más sostenibles (Ishurd *et al.*, 2002), y son perfecto ejemplo de ello los palmerales de Elche, Orihuela y Abanilla.

Los palmerales españoles tienen otra importante peculiaridad que los hace únicos en el mundo. Esto se debe fundamentalmente a su enorme diversidad genética. A modo de ejemplo, se estima que sólo en el Palmeral de Elche hay aproximadamente 200.000 palmeras «censadas» y unas 300.000 sin censar, y cada una de ellas proceden de semillas, sin contar con el resto de los palmerales españoles. A diferencia del resto de los principales palmerales del mundo (Oriente Medio, Península Arábiga y el Indostán), donde su propagación se realiza a través de los hijuelos o vástagos enraizados y no los aéreos (Figura 3). Esta es la razón por la que los dátiles se puedan comercializar, a gran escala, con una misma variedad (Hayani, Degleet Noor, Medjoul, etc).

Los palmerales tradicionales iberoamericanos proceden también de semillas, mientras que los cultivos comerciales ya proceden de hijuelos, como es el caso de los palmerales mexicanos de los estados de Sonora y Baja California Norte, donde las palmeras son mayoritariamente, Medjoul.

Con la finalidad de que el dátil ilicitano pudiese competir en los mercados internacionales, en España se implantaron de forma incipiente las técnicas de propagación de las palmeras a través de los cultivos *in vitro*. En su etapa inicial, se cultivaron palmeras de la variedad Medjoul y una autóctona, la variedad Confitera. Aunque en la actualidad esta técnica de propagación ha disminuido su actividad, entre otras razones, por la escasa rentabilidad económica de su cultivo y, por ende, la escasa demanda del sector.

Es bastante curioso que de tanta diversidad genética existente en el Palmeral de Elche (al menos 100.000 potenciales variedades de dátil), no se hayan seleccionado más variedades autóctonas, ya que las condiciones climáticas ilicitanas no permiten obtener dátiles de la variedad Medjoul con similares características y costos a los cultivados en el Magreb.

En cuanto a la producción de dátil, este es estacional; dependiendo de las variedades, se puede encontrar dátil fresco desde mediados de octubre hasta finales de febrero. No obstante, existen variedades que pueden cosecharse más tardíamente, desafortunadamente son ejemplares únicos y en su mayoría se encuentran en huertos privados y no se le ha dado la enorme importancia que tienen para el despegue del sector.

Respecto a la producción de dátil, en España, mayoritariamente se encuentra en el Palmeral de Elche y representa el 90 % de la producción de dátil nacional, correspondiendo el 10 % restante a los otros palmerales del Sureste español.

Otro dato muy importante que se debe considerar y que permitirá dar una idea del elevado potencial del dátil y por

qué está infravalorado e infrautilizado (Ghnimi, *et al.*, 2017), es que sólo el 2 % de la producción española se consume en fresco o se industrializa.

El estudio del dátil debe hacerse desde una perspectiva integradora de este, ya que el dátil, como cualquier otro alimento, tiene sentido sólo si se ve y analiza desde un punto de vista agronómico, antropológico, religioso, social, cultural, nutritivo, de ocio, tecnológico, social, histórico, legal, entre otros. Por parte de los sectores relacionados con las palmeras y el dátil, se dice que «de la palmera y del cerdo se aprovecha todo». En el caso de la palmera, se refiere en particular al tronco (estípote), las ramas, los frutos, donde tiene cada uno diferentes utilidades de acuerdo con sus especiales características (Figuras 1 y 2).

Por ejemplo, en el calzado (da ligereza y resistencia a las suelas), en la construcción de viviendas tradicionales donde los troncos actúan como vigas (es cilíndrico y presenta el mismo grosor en todo su extensión) y soporte de tejados (actualmente, al no estar homologados, no están permitidos por la legislación de la construcción su uso), actúa como un excelente aislante térmico y acústico en las paredes, en carpintería y ebanistería para la realización de mobiliario (mesas, sillas, tarimas, muebles), las hojas como techumbre de palapas (Figura 1) y corrales para el ganado, entre otras.

Al hablar del dátil en particular, en Elche, existía antes de la Guerra Civil Española una tradición muy interesante (desde el punto de vista social, antropológico y nutritivo muy curiosa y de la cual se puede sacar una buena reflexión) que consistía en que cuando iban a visitar una casa ilicitana, a los anfitriones, en la sala donde se recibían a las visitas, se les obsequiaba con tres o cuatro dátiles y un vaso de agua fresca, mientras se charlaba amigablemente. Una vez pasado el tiempo y los anfitriones invitaban a pasar al comedor, el agua y el dátil habían «interactuado» entre ambos, «hinchándose» en el estómago, lo que proporciona una sensación de saciedad que repercutía en la cantidad de alimentos a ingerir, generalmente menor, durante el ágape, reduciendo con ello el volumen ingerido de comida y un ahorro económico al reducir el gasto en alimentación que suponían «las visitas».

Todo ello era una estrategia de ahorro económico y valor nutritivo en las comidas. Esta tradición prácticamente cayó en desuso y hoy en día casi nadie lo hace. Sin embargo, esta excelente práctica, aunque se haya que modificar por los actuales usos y costumbres sociales, se debería recuperar por todas las implicaciones nutritivas, económicas y sociales que conlleva. En otras zonas levantinas, principalmente en la Vega Baja y partes de la Vega Media y el Río Chícamo, existía durante todo el año la tradición de finalizar las comidas con dátiles, tanto en el ámbito casero como en la restauración, aspecto que desafortunadamente se ha perdido y que, al igual que la tradición de hospitalidad ilicitana, se deberían recuperar, además de fomentar su consumo en otras Comunidades Autónomas, donde el dátil, si se llega a consumir, sólo se hace en Navidad.



Figura 4. Alimentos tradicionales e industrializados a base de dátil. (a) Interpretación de las Delicias de Elche por parte del asesor gastronómico de la Catedra Palmeral de Elche, D. Luis Martín Fernández Rodríguez; (b) Producto comercial de V gama, elaborada a partir de las Delicias de Elche; (c) Dátil relleno de mazapán. Fotografías (a), D. Luis Martín Fernández Rodríguez, (b) y (c) de D. José Angel Pérez Álvarez

En España, el dátil se industrializa de distintas formas; la artesanal, a través del «pan de dátil»; las especialidades gastronómicas locales como las Delicias de Elche, elaboradas con dátil y beicon (Figura 4) en formato de V Gama; y en las industrias de bebidas alcohólicas, para la elaboración del Licor de Dátil, entre otras bebidas espirituosas.

A nivel institucional, tanto desde el Gobierno de España o la Generalitat Valenciana como de los ayuntamientos de Abanilla, Elche y Orihuela, no existen programas de fomento específico al consumo del dátil, no así para la recuperación de los palmerales tradicionales que, aunque muy escasos de fondos económicos, algo se hace, tanto por ser Patrimonio Material de la Humanidad (UNESCO) como por la iniciativa para la protección del palmeral ilicitano mediante la Ley del Palmeral de Elche (Ley 6/2021, de 12 de noviembre, de protección y promoción del palmeral de Elche, publicada en el BOE el 29 de diciembre de 2021) de la Generalitat Valenciana.

A nivel universitario, únicamente la Cátedra Palmeral de Elche (Universidad Miguel Hernández de Elche) está trabajando en difundir la tradición y cultura asociada a los palmerales y en el estudio de las características científico-tecnológicas (Figura 5), saludables (Figura 6) y culinarias de los dátiles ilicitanos y oriolanos tan característicos de la Comunitat Valenciana. Sin olvidar el importante papel socioeconómico, cultural, ecológico y medioambiental de su cultivo *per se* como la de los cultivos asociados al palmeral.

Otro objetivo importante de esta Cátedra es tratar de recuperar el consumo del dátil, así como exportar su consumo no sólo a otras comunidades autónomas españolas,

donde solo se consume como cualquier otro fruto seco (avellanas, almendras, nueces, orejones, turrón, entre otros) sino también dentro de la propia Comunidad Autónoma, donde no es muy usual su consumo o en algunas comarcas donde también se ha perdido la costumbre de su uso culinario o social. En este aspecto, son varias las actividades que se están desarrollando, como cursos, talleres, conferencias, *show-cookings*, edición de material bibliográfico de índole científica y gastronómica, concursos gastronómicos y premios a la I+D+i+C, entre otros, lo que da una idea de la implicación en fomentar el consumo de una de las frutas más emblemáticas del Sureste español, además de representativa del Patrimonio Material de la Humanidad que representa, en particular, el Palmeral de Elche.

EL DÁTIL ES MUCHO MÁS QUE UN SIMPLE ALIMENTO

El consumo de cualquier alimento o producto culinario tiene una base antropológica que permite dar una idea del porqué de su consumo (abundancia, estacionalidad, facilidad de preparación y de conservación, entre otros) y su influencia dentro de la sociedad. Dada la enorme importancia que tiene para muchas culturas y religiones, el dátil en sí mismo no sólo es un alimento, sino que representa mucho más.

Desde la antigüedad, el dátil está relacionado con la misma esencia del ser humano ya que lo podemos encontrar en distintos aspectos relacionados con el arte, la cultura, la



Figura 5. Infografía realizada por la Cátedra Palmeral de Elche (Universidad Miguel Hernández de Elche) sobre la composición y valor nutricional de los dátiles



Figura 6. Infografía realizada por la Cátedra Palmeral de Elche (Universidad Miguel Hernández de Elche) sobre los aspectos saludables que el consumo del dátil genera en el organismo (modificado a partir de Fernández-López et al., 2022)

tradición, la sociabilidad, la religión, el ocio, la gastronomía, etc. A modo de resumen se podría decir que, con el dátil, «la cultura se come y se bebe», tal y como Luis Martín Fernández Rodríguez menciona en su blog de Facebook, *En tu cocina o en la mía*. Así, por ejemplo, en las tres religiones monoteístas más importantes en la actualidad (judaísmo, islamismo y cristianismo) tiene a la palmera, en sí misma o en algunas de sus partes (tronco, ramas o fruto) una gran relevancia religiosa que destaca sobre otros árboles o frutos.

Para los judíos, la palmera datilera es uno de los siete árboles sagrados, y de ahí la mención que se hace en el Antiguo Testamento (libro del Génesis) de la Tierra Prometida, Canaán, como «la tierra de leche y miel». Para los hebreos, la referencia a la miel se entiende únicamente a la procedente del dátil. Aunque hay otras referencias sobre el dátil en la Torá, a través de Débora, la Sulamita y del Rey Salomón. Además, el dátil es un alimento simbólico en la mesa (Simanim) y es imprescindible para celebrar la fiesta de Rosh HaShana. En el caso del islam, el dátil ya no sólo tiene una connotación religiosa, sino que forma parte de su alimentación de los pueblos nómadas del desierto de la Península Arábiga y que fueron los propagadores de la fe islámica. Las tribus nómadas consumían y consumen los dátiles, tanto por el gran aporte energético, como por su fácil conservación en entornos muy extremos para la conservación de alimentos durante las peregrinaciones, en las caravanas o en las rutas marítimas.

También el dátil tiene un reflejo dieto-religioso ya que,

según la tradición musulmana, el profeta utilizó el dátil a través del Tahnik (masticar un dátil, tomar una pequeña cantidad de la pasta formada y frotar el paladar o la boca del recién nacido) como forma de bendecir ante Dios a los recién nacidos. En la actualidad, esta ceremonia de índole religiosa la suele realizar una persona piadosa. No sin olvidar que el dátil también se utiliza en la alimentación infantil de la población musulmana.

Por último, en el cristianismo, la palmera tiene una connotación muy importante con la celebración del Domingo de Ramos, donde Jesús fue recibido en Jerusalén en loor de multitudes con ramas de palmera. Y que esa tradición tiene el culmen con la artesanía que se realiza con palma blanca en las localidades de Elche y, en menor grado, en Orihuela, y que ha sido «exportada» a toda la cristiandad, de ahí que, en muchos países de Latinoamérica, mayoritariamente de religión cristiana, existan palmerales con sus correspondientes dátiles.

Las representaciones escultóricas y pictóricas de la Semana Santa suelen incluir alegorías a las palmeras y a los dátiles o incluso su uso directo en los tronos. Un ejemplo de ello se puede apreciar en la Figura 7.



Figura 7. Representación escultórica de una escena de la Oración del Huerto de la Semana Santa Illicitana. Fotografía de D. Luis Martín Fernández Rodríguez

MITOS RELACIONADOS CON EL CONSUMO DEL DÁTIL

EL PODER CURATIVO DEL DÁTIL

Son muchos los mitos, no comprobados científicamente, que están relacionados con el dátil y la palmera. Estos mitos pueden incluir desde la protección espiritual hasta poderes curativos plenipotenciales. Son muchas más las leyendas o tradiciones (religiosas, culturales, nutritivas y saludables) asociadas a su consumo. Muchas de las creencias o leyendas relacionadas con las «magníficas» propiedades saludables del dátil y su efecto «milagroso» sobre distintas patologías. Así, a modo de ejemplo, los dátiles que se colocan durante la Semana Santa en el Paso de la Oración del Huerto (representación custodiada en el Museo Salzillo, de Murcia) son repartidos entre las mujeres que desean quedar embarazadas, una vez utilizados en las procesiones. La creencia popular es que «sólo esos dátiles» tienen poderes para «curar» la infertilidad femenina o facilitar la concepción. La

última creencia sobre el poder curativo del dátil es que puede curar la COVID-19. Por supuesto, al igual que en el caso de mejorar la fertilidad femenina, no existe ninguna evidencia científica que lo corrobore. Durante la pandemia de la COVID-19, se trató de buscar «remedios» naturales para combatirlo y el dátil no fue ajeno a ello. Esto se debió, fundamentalmente, a la excelente reputación que tiene en los países de religión musulmana de que el dátil es una fruta muy saludable y contribuye a mejorar la salud. Con estos antecedentes, la población buscó soluciones ante la pandemia y las consultas realizadas a través de Internet y otras fuentes pseudocientíficas se incrementaron, y no ocurrió de igual forma con las fuentes científicas (Mafruchati, 2020).

COMO EL DÁTIL ES UN FRUTO SECO, PRODUCE ALERGIA

Incluir al dátil de forma genérica como fruto seco no ha favorecido mucho. Está claro que no tiene nada que ver, botánica, tecnológica ni nutritivamente con el resto de los frutos secos. Sobre el dátil se podría mencionar que es un fruto de mesocarpio carnoso y endocarpio leñoso con una sola semilla (drupa), siendo el mesocarpio la parte comestible. Habitualmente, no suele consumirse la semilla, aunque se podría hacer perfectamente. Debido a su enorme dureza, el hueso de dátil sólo se podría consumir en forma de harina, ya que el hueso es comestible y un elemento a considerar en la elaboración de análogos cárnicos por sus excelentes propiedades tecnológicas.

Las características botánicas del dátil difieren completamente con el resto de frutos secos, a excepción del higo seco y los orejones de frutas (albaricoque y melocotón), que se considerarían de manera similar al dátil y que son habituales en las fiestas navideñas. Otra enorme diferencia se encuentra en el contenido y tipo de proteínas y grasas que, en el dátil son muy pequeñas (ver Figura 5), justo lo opuesto a los frutos secos, donde las proteínas son, en muchos casos, alergénicas para determinadas personas.

No hay descrito en la literatura científica estudios que relacionen el consumo del dátil con procesos alérgicos. No así con el polen de la palmera. Su polen está relacionado con trastornos alérgicos de las vías respiratorias altas, aunque no está asociado directamente con el tamaño del polen, ya que la forma y el tamaño de los granos de polen de la palmera no facilitan la penetración hacia los pulmones. La alergia al polen de la palmera datilera se asocia frecuentemente con polisensibilización. Los estudios clínicos realizados sugieren que las personas sensibilizadas a ella podrían incluirse en un grupo distinto de pacientes, los polisensibilizados, a los cuales aún se desconoce su origen ya que se cree que está relacionado con la presencia de panalérgenos que aún no han sido claramente identificados. Ello implica que puede haber una posible reactividad cruzada con otros pólenes de árboles, lo que también merece que se siga estudiando al respecto. Sin embargo, sí que parece que uno de los agentes panalérgicos podrían ser las profilinas (proteínas) presentes en el polen, aunque no hay estudios concluyentes. Hay

otros estudios, incipientes aún, que teorizan que hay otras proteínas presentes en el polen que se unirían a la inmunoglobulina E (IgE) y sería la posible causa de esta sensibilización al polen. Otro factor a tener en cuenta en el polen es la presencia de aminas biógenas como la β -feniletilamina, la putrescina, la cadaverina, la histamina, la tiramina y la espermidina que podrían contribuir a esa sensibilización.

Actualmente, hay una corriente científica que incluye como factores desencadenantes de la alergia al polen de la palmera datilera el aumento de la contaminación del aire y los efectos del cambio climático. Un aspecto práctico sobre posible alergenicidad del polen de la palmera datilera se encuentra en la planificación de los espacios urbanos, como ocurre en Elche y Orihuela, donde la palmera datilera forma parte intrínseca del entorno urbano, además de la interacción con el polen de otras plantas que florecen simultáneamente al formar muchos espacios verdes adaptados a las especiales condiciones climáticas del sureste español, y podría afectar seriamente a los ciudadanos.

EL DÁTIL NO ES SÓLO AZÚCAR

En la década de los años 60-70 del siglo XX, muchos alimentos fueron atacados, infundadamente, por su contenido en grasas (pescados grasos, aceite de oliva, etc.), almidones (pan, patatas entre otros) y azúcares (diversas frutas y en especial el dátil). Afortunadamente, la ciencia ha ido refutando paulatinamente estas desinformaciones de una forma contundente (contrastada con rigurosos estudios científicos). Muchos de estos estudios se han centrado en los alimentos de amplio consumo y difusión mundial (aceite de oliva, pan, tubérculos, etc.), no ha sido el caso del dátil, aunque en los últimos 5 años se ha visto ya un enorme esfuerzo científico para poner en valor sus características nutritivas y sus propiedades saludables. Como prueba de ello son los 6996 artículos científicos (Scopus) publicados en el periodo de 2018-2023 (ambos incluidos) sobre este punto.

El dátil, es una verdadera «joya» de la alimentación o como se suele denominar en la actualidad, en entornos no académicos, un «superalimento». En un entorno más académico y científico, se puede considerar al dátil como un Alimento 5S (un alimento Sano, Seguro, Sabroso, Sostenible y Socialmente aceptado). Sus propiedades nutritivas, tecnológicas y saludables varían considerablemente en función de la parte anatómica del fruto (piel, pulpa o semilla), variedad (hay más de 2000 variedades de dátil comercial, sin contar con las variedades autóctonas españolas (más de 100.000). En España, y más específicamente en la provincia de Alicante se pueden encontrar varias variedades autóctonas como son la Confitera (Figura 8) o Leona, del palmeral ilicitano, y la Oriol, Larga, Bolica, del palmeral oriolano. En ambos palmerales hay otras variedades ajenas a los mismos y que se han sembrado recientemente a partir de hijuelos como la Hayani y Barhi y la Medjoul a partir de cultivo *in vitro*. En el mercado español, también se pueden encontrar otras variedades, estrictamente importadas, como la Ajwa, Deglet Noor, entre otras.

Para desmitificar el negativo papel del dátil en la alimentación, nutrición y salud, se podría decir de una forma muy sencilla que «el dátil no sólo es azúcar, es mucho más». No obstante, se debe hacer una gran labor de divulgación científica en los distintos medios de comunicación y redes sociales para combatir la infodemia relacionada con el dátil y su ingesta, y potenciar aquellas informaciones, contrastadas sobre su consumo y su efecto sobre la salud de los consumidores.

En la Figura 5, se detalla tanto el contenido en macro y micronutrientes del dátil en general, destacando por cantidad el azúcar, pero a diferencia del azúcar convencional, el dátil aporta muchos otros nutrientes que lo hacen único. Así, a modo de ejemplo, 100 g de dátiles (5-10 dátiles al día, según la variedad), aportan el 27% de la fibra dietética o sólo el 25% de los hidratos de carbono necesarios por el organis-



Figura 8. Dátiles variedad Confitera selección “Cátedra Palmeral de Elche” categoría Premiun, en distintos estados de maduración. (a) Khalal; (b) Routab y (c) Tamar. Fotografías de D. Luis Martín Fernández Rodríguez y D. José Angel Pérez Álvarez

mo y se podría decir que prácticamente no aporta grasas (0,15/100 g) a la dieta (Hussain *et al.*, 2020). Si se busca en los micronutrientes, por ejemplo, en los minerales, el dátil aporta, en promedio, el 28% del potasio, el 40% del cobre y el 13% del manganeso, entre otros minerales necesarios para el organismo (dine Tariq, 2020). El contenido de estos nutrientes no sólo depende de la variedad, sino también del estado de maduración. En el dátil, se presentan distintos estados de maduración, siendo estos el Hababauk, Kimri, Kahalal, Rutab y Tamar (Figura 8). Estos tres últimos son los considerados comestibles, de hecho, en otros idiomas, como el portugués, a los dátiles se les denomina Tamaras, ya que suelen consumirlos, mayoritariamente, en estado Tamar.

Como se mencionó anteriormente, el dátil es un alimento muy importante por el aporte de fibra dietética que ayuda a disminuir el riesgo de padecer varias enfermedades crónicas. Sin embargo, presenta importantes diferencias en su concentración en función de la variedad de dátil. Que, en el caso de los dátiles españoles, en particular la Confitera, está entre un 13-16% (Martín-Sánchez *et al.*, 2014). En cuanto a la fibra dietética, si hay algo que caracteriza y podría definir más aun al dátil como un alimento «muy saludable», es su contenido en beta-D-glucano (β -glucano, descrito por primera vez hace 20 años). Los β -glucanos son fibras dietéticas con reconocidas propiedades cardiosaludables, entre otras. Esta fibra dietética característica de cereales como la avena o de algunas setas comestibles, difiere en el dátil ya que es una mezcla de (1 \rightarrow 3)- β -D-glucano, a diferencia de los otros tipos, los (1 \rightarrow 3) (1 \rightarrow 6)- β -D-glucanos de origen fúngico y los (1 \rightarrow 3)(1 \rightarrow 4)- β -D-glucanos presentes en los cereales y que aún, a ciencia cierta, se desconoce si tiene además otros papeles relevantes en la salud humana. Su concentración varía en función de la variedad del dátil (se desconoce aún si influye el estado de madurez del fruto) y en el caso de los dátiles españoles, se desconoce su concentración. También es importante destacar que, en la fibra dietética del dátil, están presentes otros compuestos bioactivos (ácidos fenólicos, α -tocoferol, flavonoides, saponinas, taninos, esteroides, antocianinas, vitamina C, selenio, entre otros) que se encuentran asociados a ella y que son muy eficaces en la activación de los mecanismos antioxidantes (Kchaou *et al.*, 2013) del organismo, sean estos mediados por sistemas enzimáticos y no enzimáticos.

CONCLUSIONES

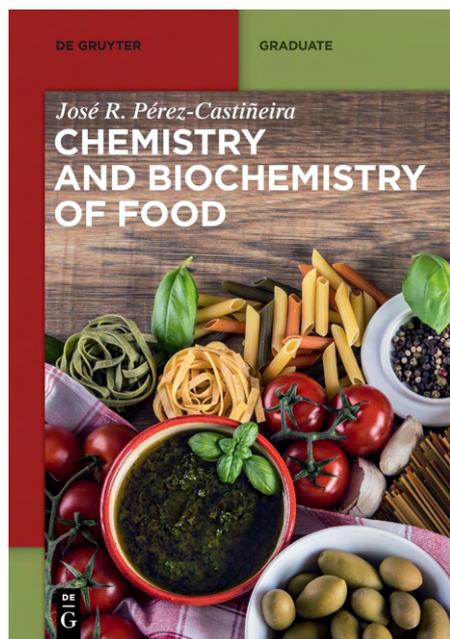
España y la Comunitat Valenciana tienen el privilegio de contar con los dos palmerales más importantes de Europa y como sociedad no se ha sabido aprovechar. Los palmerales y todo lo que conlleva representan una enorme riqueza cultural, económica, medioambiental, social, saludable, entre otras. La sostenibilidad de estos entornos dependerá claramente de todas las acciones que se tomen al respecto. Los palmerales son responsabilidad de todos, el cuidarlos, ya que de ello depende no solo mejorar el medioambiente de las áreas donde se encuentran, sino que,

además, se están perdiendo, con el dátil, una importante fuente de alimentos y compuestos saludables, que ayudarán a cumplir los Objetivos de Desarrollo Sostenible que favorecerán la Economía Circular, además de mejorar la Salud y Bienestar de la población.

Agradecemos a la Cátedra Palmeral d'Elx (UMH) y a sus asesores por todas las facilidades brindadas y material gráfico suministrado; a TodoPalmera (Elche), por el material gráfico y documental; a D. Vicente Campos Rubira, por explicar los usos de las «maderas de palmera»; y a D. Luis Martín Fernández Rodríguez, por su asesoría gastronómica y por el material gráfico suministrado por ambos.

REFERENCIAS

- Carassale, A., Castellana, R., Dore, M.N., Veziano, P. (2013). *The historic phoeniculture in Italy: Description of the medieval palm grove of Bordighera (Sanremo-liguria) and of the Italian palms craft*. Acta Horticulturae. 994: 39-52
- Dine Tariq B, Derouich, M., Meziani, R., Bourkhis, B., Filali-Zegzouti, Y., Alem, C. (2020). *Nutritional, mineral, and organic acid composition of syrups produced from six Moroccan date fruit (Phoenix dactylifera L.) varieties*. Journal of Food Composition and Analysis. 93: 10359
- Erickson-Gini, T. (2016). *Excavations at the Nabatean Site of 'En Tamar*. Atiqot. 87: 49-71
- Ghnmimi, S., Umer, S., Karim, A., Kamal-Eldin, A. (2017). *Date fruit (Phoenix dactylifera L.): An underutilized food seeking industrial valorization*. NFS Journal. 6: 1-10.
- Hussain, M.I., Farooq, M., Syed, Q.A. (2020). *Nutritional and biological characteristics of the date palm fruit (Phoenix dactylifera L.). A review*. Food Bioscience. 34: 100509. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2019.100509>
- Ishur, O., Sun, C., Xiao, P., Ashour, A., Pan, Y. (2002). *A neutral β -D-glucan from dates of the date palm, Phoenix dactylifera L.* Carbohydrate Research. 337:1325–1328
- Kchaou, W., Abbès, F., Blecker, C., Attia, H., Besbes, S. (2013). *Effects of extraction solvents on phenolic contents and antioxidant activities of Tunisian date varieties (Phoenix dactylifera L.)*. Industrial Crops and Products. 45: 262-269.
- Mafruchati, M. (2020). *The use of dates against COVID-19, based on effectiveness or religion's believe? trends and relevance analysis in big data*. Systematic Reviews in Pharmacy. 11(8): 394-399
- Martín-Sánchez, A.M., Cherif, S., Vilella-Esplá, J., Ben-Abda, J., Kuri, V., Pérez-Álvarez, J.A., Sayas-Barberá, E. (2014). *Characterization of novel intermediate food products from Spanish date palm (Phoenix dactylifera L., cv. Confitera) co-products for industrial use*. Food Chemistry 154: 269-275
- Saffar, W., Bourguiba, H., Cherif, E., Chabrilange, N., Hachef, A., Ivorra, S., Moussini, S., Naqvi, S. A., Littardi, C., Zango, O., Lemansour, A., Abdoukader, S., Daher, A., Terral, F.J., Aberlenc, F., Zehdi-Azouzi, S. (2022). *Towards the identification of wild African date palms in Kerkennah Islands from Tunisia by morphometric and genetic analyses*. Scientia Horticulturae. 297,110973



José Román Pérez Castiñeira es licenciado en Química (Universidad de Sevilla, 1986) y obtuvo el grado de Doctor en Bioquímica por la Universidad de Edimburgo (Reino Unido) en 1991. Es profesor titular de la Universidad de Sevilla desde 2008. Su área científica es Bioquímica y Biología Molecular y es investigador adscrito al Instituto de Bioquímica Vegetal y Fotosíntesis (IBVF), centro mixto del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) y la Universidad de Sevilla (US).

Desde 1988 a 1992 trabajó en la Universidad de Edimburgo y después en la Universidad de Sevilla (1992-1993) con un contrato posdoctoral. En 1997, se incorporó al IBVF con un contrato posdoctoral (1997-2000). Además de numerosas publicaciones, Pérez Castiñeira posee una patente de invención y ha presentado más de 60 comunicaciones en congresos nacionales e internacionales, así como conferencias por invitación. Director de 4 Tesis Doctorales, 3 Tesis de Máster y 10 Trabajos de Fin de Grado.

Ha realizado diversas estancias en Edimburgo, Royal Veterinary and Agricultural University de Copenhague, Arrhenius Laboratory de la Universidad de Estocolmo y Biozentrum de la Universidad de Viena. En 2011, realizó una estancia en el Membrane Protein Laboratory at the Diamond Light Source en Oxfordshire (Reino Unido).

Chemistry and Biochemistry of Food

Autor: José Román Pérez Castiñeira

RECENSIÓN

La obra que presentamos es de interés para comprender los procesos químicos que intervienen en la transformación de alimentos, bioquímica de la digestión y metabolismo energético de los componentes de los alimentos.

El autor es profesor del Departamento de Bioquímica Vegetal y Biología Molecular de la Universidad de Sevilla. La obra condensa toda su labor de experiencia docente, más de veinte años, en las asignaturas que ha impartido sobre Química y Bioquímica de Alimentos de la Licenciatura/Grado en Química, Bioquímica de Alimentos de la antigua Licenciatura en Bioquímica, además de la asignatura Biotecnología de Alimentos del Máster en Estudios Avanzados en Química. En la edición de este libro, han colaborado otros profesores de la Universidad de Sevilla, como son el profesor Dr. José María Vega Piqueres, catedrático emérito de Bioquímica, y la Dra. María de la Montaña Durán Barrantes, profesora del Departamento de Ingeniería Química de la Facultad de Química. También han colaborado otros profesores de universidades españolas, como son la Dra. Victoria Valls-Bellés, profesora de la Universitat Jaume I de Castelló, y el profesor Dr. Javier Vígara Fernández, de la Universidad de Huelva.

Como indica el autor, este libro supone «una plataforma para comprender los procesos químicos involucrados en la transformación de alimentos». El libro comienza con un capítulo, a modo de introducción, sobre los alimentos, nutrición y dieta, seguido del examen de los componentes principales que los constituyen. Dedicamos varios capítulos al papel del agua como nutriente, carbohidratos, lípidos, proteínas y vitaminas. Incluye un capítulo sobre minerales (macroelementos, fuentes, biodisponibilidad, deficiencia y su papel biológico). En la obra, se abordan aspectos básicos de la bioquímica de la digestión, absorción de nutrientes y el metabolismo energético de los nutrientes que componen los alimentos. Se estudian seguidamente varios aspectos de importancia e interés, como son el estrés oxidativo, los antioxidantes en nutrición, bioquímica de la percepción del sabor, aditivos alimentarios, principios de la seguridad alimentaria y la dieta mediterránea.

Concluye la obra con una exposición de tecnologías alimentarias modernas y las perspectivas futuras. El autor ha incluido también cuatro apéndices con valores de referencia dietario y un sumario de requerimientos medios de energía para diferentes grupos de población, además del alcohol como nutriente. De este modo, la obra ayuda a saber y comprender más sobre las bases científicas de los alimentos y la nutrición.

Se trata de una excelente iniciativa y una importante y reciente contribución. La publicación está realizada de tal modo que es de interés para profesionales, especialistas y científicos, además de estudiantes de últimos años de Grado y posgrado, en disciplinas del campo de las Biociencias y Nutrición: Química, Biología, Farmacia, Bioquímica y Medicina.

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

Editado por: Gruyter GmbH, Berlín/Boston
Textbook, 588 páginas, 2020
ISBN: 978-3-11-059547-5

PLACAS DE HONOR DE LA ASOCIACIÓN

Madrid, 25 de noviembre de 2021



De izquierda a derecha, José Ángel Pérez, Margarita del Val, José Manuel Bautista, Rafael Zardoya, Fernando Pliego y Jesús Lancis.

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

Queridos Rectores de la Universidad Complutense de Madrid (UCM) y Universidad Miguel Hernández (UMH) de Elche, vicerrector de Estudiantes y Coordinación de la UMH, vicerrectores/as de investigación y transferencia de la Universitat de València, Universitat Politècnica de València, Universidad de Alicante (UA), Universitat Jaume I de Castelló y UMH, director general de Ciencia e Investigación de la Comunitat Valenciana, gerente de RUVID, director del secretariado de transferencia de la UA, vicepresidenta adjunta del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), director del Museo Nacional de Ciencias Naturales, decano de la Facultad de Biología de la UCM, decano de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Málaga, directora del Instituto de Bioingeniería de la UMH, otras autoridades científicas y académicas, galardonados y acompañantes,

miembros del Consejo Rector de la Asociación Española de Científicos (AEC), socios, simpatizantes, compañeros y amigos.

Tras la pausa obligada por la pandemia, un año más nos reunimos para entregar las Placas de Honor de la AEC. Hace más de 20 años –la de hoy es la 23ª edición–, los entonces miembros de la AEC instituyeron este galardón para poner de manifiesto 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.

Como afirmó nuestro anterior presidente, nos sorprende muy agradablemente que en los primeros estatutos de nuestra asociación, que cumple este año 50 años, se recoja la transferencia, la colaboración público-privada, 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 por la Sociedad.

Como presidente entrante quiero mostrar mi agradecimiento a todos los socios por vuestro apoyo a la renovación en mayo de este año del Consejo Rector y de los Estatutos de la AEC, muy especialmente a los asistentes a la Asamblea General Extraordinaria y a los que remitisteis vuestro voto telemático.

Quiero agradecer al anterior presidente, Enrique de la Rosa, su magnífica gestión al frente de la AEC en momentos muy complejos. Asimismo, deseo mostrar mi gratitud al secretario general, Enrique Ruiz Ayúcar, por su excelente disposición y a los demás miembros del Consejo Rector. Doy la bienvenida a Pilar Sánchez Testillano y Francisco Pardo Fabregat, nuevas incorporaciones al órgano de dirección de la AEC. Muchas gracias por aceptar formar parte de este nuevo equipo.

Mi más sincero agradecimiento al Rector de la UMH, Juan José Ruíz, a su Consejo de Dirección, y al director del Departamento de Agroquímica y Medio Ambiente, Ignacio Gómez, por acoger la sede de la AEC en las instalaciones de la UMH. También quiero reconocer la labor de Cristina Todolí, Begoña García y Concha Andújar por cuidar con tanto esmero todos los detalles, gracias por vuestra profesionalidad y generosidad.

En diciembre de 2019, hace casi dos años, se anunciaron en China los primeros casos de infección por el virus SARS-CoV-2. Desde ese momento, y hasta la fecha en que redacté este discurso, más de 219 millones de personas se han infectado y el número de fallecimientos supera los 4,5 millones en todo el mundo, según datos de la John Hopkins University.

Algunos de nosotros hemos sufrido pérdidas de familiares, seres queridos, amigos y compañeros. Al drama sanitario y humano hay que añadir el económico y laboral. Tan sólo unas pocas semanas después de los primeros casos, se pudo conocer la naturaleza exacta de la amenaza a través de la secuenciación genómica del nuevo virus. Desde entonces, científicas y científicos en todo el mundo trabajan para identificar y desarrollar tratamientos, herramientas de diagnóstico y vacunas eficaces. Los modelos y algoritmos matemáticos epidemiológicos aportan datos para predecir el comportamiento de la infección. Un trabajo frenético que está permitiendo mitigar en parte los impactos de la crisis sanitaria y salvar vidas.

Comparto las palabras de S.M. el Rey en el acto de entrega de los premios Princesa de Asturias 2021. «La ciencia nos ofreció una de las mayores alegrías con la creación de las vacunas contra la COVID-19. Un acontecimiento histórico que reconocemos con el Premio de Investigación Científica y Técnica a los siete científicos que han liderado las investigaciones y el desarrollo de estas vacunas». Ahora más que nunca queda en evidencia que «sin ciencia la humanidad no tiene futuro».

La ciencia española demostró su rápida reacción una

vez se pudo reanudar la presencialidad en los laboratorios, arrancando de forma casi inmediata iniciativas basadas en sus capacidades de investigación. Reacción que ha generado soluciones que demuestra el fuerte compromiso del personal investigador con los problemas sociales. La investigación es, sin duda, una actividad esencial. ¿Alguien lo dudaba?

La crisis sanitaria deja tras de sí una certeza. La investigación científica es la única alternativa capaz de proporcionar una respuesta global al desafío y mitigar, aunque sólo sea parcialmente, sus efectos. También que la gestión del conocimiento es clave para reactivar la actividad económica y la creación de empleo. Sin embargo, algo que no suele producirse es que los resultados prometedores se obtengan de modo inmediato. El vertiginoso avance conseguido en los últimos meses en la lucha contra la epidemia no habría sido posible sin el trabajo riguroso y la perseverancia de investigadores e investigadoras durante décadas.

En 1972, sólo un año después del nacimiento de la AEC, se logró la secuenciación del primer gen. Un paso necesario en la carrera científica que, en 2020, ha permitido identificar la amenaza en un tiempo récord. Y no, no existen atajos, no se dejen engañar. La única opción viable para acelerar la investigación es la inversión continuada en los recursos humanos y materiales. España debe aumentar su porcentaje de gasto en actividades de I+D sobre el PIB y, al menos, recuperar en un corto plazo el diferencial negativo respecto a la media de la Unión Europea. Sin duda, es un objetivo extremadamente modesto si se compara con la inversión de los países más avanzados del mundo.

Cada año vemos con resignación cómo las diferentes administraciones que toman responsabilidades en el ámbito de la I+D+i adoptan nuevas medidas para tratar de salvar los obstáculos con los que convivimos, y que responden a la falta de medios materiales y humanos, pero también a las condiciones asfixiantes en las que instituciones y científicos debemos desarrollar nuestro trabajo cotidiano. Con todo ello, es posible que la complejidad y burocracia con la que convivimos actualmente no tenga en España ningún precedente histórico.

Hemos recibido con entusiasmo nuevas medidas impulsadas por nuestras Administraciones estatales y autonómicas, como el reconocimiento a la transferencia, o nuevas líneas de actuación de la Agencia Estatal de Investigación, entre otras. Pero una vez más nos enfrentamos al riesgo de que estos incentivos puedan fracasar si no los dotamos de agilidad y eficacia.

Estamos viviendo un momento sin precedentes y aprovechando la oportunidad de este acto, quiero evidenciar en esta intervención tres aspectos que considero esenciales. El primero de ellos es que estamos siendo testigos de cómo el mundo necesita estar en la frontera del conocimiento para resolver los grandes problemas de la humanidad.

Sin embargo, la ciencia no se improvisa, sino que es el resultado del esfuerzo continuado y acumulado en el tiempo, de la búsqueda constante de respuestas. En segundo lugar, estamos comprobando, en esta época de crisis cómo la comunidad científica es capaz de ofrecer respuestas a los retos más acuciantes cuando le brindan oportunidades. Y en tercer lugar, debe aumentar notoriamente el porcentaje de la población ocupada en actividades de I+D con estabilidad laboral. Sólo los países como el nuestro, que cuentan con científicos y científicas responsables, tienen un futuro prometedor, pero necesitan carreras investigadoras atractivas que hagan viable su consolidación. Necesitamos alcanzar ya ese «pacto por la ciencia» que cuente con el consenso de toda la sociedad. Sin esa unidad, los resultados serán más pobres y las metas cada vez más lejanas.

Una lección que hemos aprendido es que necesitamos del trabajo de los científicos para poder responder mejor y más rápido a las futuras amenazas. Entre ellas, sin duda, el calentamiento global o cambio climático, la pérdida de biodiversidad o las cada vez más frecuentes catástrofes naturales o fenómenos extremos. Desde la AEC queremos evidenciar nuestra solidaridad con los damnificados por la erupción volcánica en la isla de La Palma, que han visto golpeadas sus vidas de una manera dramática.

Un año más la AEC distingue a un reducido número de investigadores e investigadoras españoles de relevancia internacional de entre los muchos recursos humanos de investigación que, sin duda, lo merecen por dar algunas 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 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.

Nombraré a continuación por orden de intervención a los galardonados de esta 23ª edición en la categoría de científicas y científicos destacados. En primer lugar, citaré a la investigadora del CSIC, **Margarita del Val Latorre**, premiada por sus investigaciones de relevancia internacional en el campo de la virología y la inmunología, lo que le ha permitido ser un referente de comunicación científica rigurosa, accesible a toda la sociedad, durante la terrible pandemia de la COVID-19.

En segundo lugar, al profesor de la UMH, **José Ángel Pérez Álvarez**, galardonado por sus contribuciones de alto impacto en ciencia y tecnología de los alimentos, siendo un referente mundial en su ámbito de conocimiento.

El tercer galardonado es el profesor de la Universidad de Málaga, **Fernando Pliego Alfaro**, por sus relevantes aportaciones a la biotecnología de plantas de interés agroalimentario.

Y concluyo mencionando al profesor de la Universidad Complutense de Madrid, **José Manuel Bautista** (Chema), premiado por sus investigaciones en el campo de la biología y la biomedicina, así como por su iniciativa de poner el talento y las infraestructuras de investigación de su universidad al servicio del sistema público de salud.

Un año más, reconocemos también la labor de la divulgación científica, pues la ciencia que no se cuenta, no cuenta, con la entrega de la Placa de Honor de la AEC 2021 al **Museo Nacional de Ciencias Naturales** del CSIC en sus 250 años de historia por transmitir los conocimientos que generan los investigadores a la sociedad a través de sus colecciones científicas y exposiciones que permiten explicar al público visitante cómo ha cambiado nuestro planeta y la enorme diversidad que ha albergado desde el origen de la vida hasta la actualidad.

Y, con especial afecto y gran admiración como investigador castellonense e ilicitano, quiero destacar el premio al Anuario y revista digital **InfoRUVID**, red que este año cumple su vigésimo aniversario, por su contribución a la difusión de la ciencia, la tecnología y la innovación realizada en las siete Universidades radicadas en la Comunitat Valenciana.

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

Tras la entrega de las seis Placas de Honor, clausura el acto el Sr. Rector Magnífico de la Universidad Complutense de Madrid, D. Joaquín Goyache Goñi, quien ha tenido, a pesar de su complicada agenda, la amabilidad de presidir este acto y acompañarnos en un día tan entrañable para nuestra sociedad en representación de su Universidad, pero también de todo el personal investigador de las universidades españolas, convertidas junto con el CSIC en organismos clave para la articulación de la investigación en todos los ámbitos de saber.

Reivindiquemos en esta modesta pero entrañable Gala 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 de esta velada. Muchas gracias por su asistencia.

MANUEL M. JORDÁN VIDAL
Presidente de la AEC

Placa de Honor de la AEC 2021 concedida a Margarita del Val Latorre

Presidente de la Asociación Española de Científicos (AEC), autoridades, socios, galardonados, amigas y amigos, quiero agradecerles la oportunidad de poder participar en este acto que me causa una gran ilusión y, especialmente, en nombre de nuestra institución, el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), agradecer esta distinción a una de nuestras investigadoras más destacadas y reconocidas, la profesora Margarita del Val Latorre.

Margarita del Val es Doctora en Ciencias Químicas por la Universidad Autónoma de Madrid (UAM). A lo largo de su vida profesional, siempre ha trabajado con virus. Bajo la supervisión del profesor Dr. Eladio Viñuela, realizó su tesis doctoral sobre la biología molecular de los virus de la peste porcina africana, explorando su potencial para formar parte de una vacuna. Este fue ya entonces un difícil desafío científico que, incluso 35 años después, permanece sin resolver.

Durante su estancia posdoctoral de cinco años con el profesor Dr. Ulrich Koszinowski en Tübingen y en Ulm, en Alemania, evolucionó al estudio de la respuesta inmune frente a las infecciones virales. De vuelta a Madrid, inició su propio grupo de investigación en Inmunología Viral como investigadora del Instituto de Salud Carlos III, en el que

trabajó durante 15 años y, posteriormente, su grupo se trasladó al Centro de Biología Molecular Severo Ochoa, centro mixto del CSIC y la UAM, en el que ha orientado la mayor parte de su trayectoria hacia el estudio de la respuesta inmune frente a patógenos e infecciones virales.

Su labor investigadora ha revertido a la sociedad de varias formas: ha sido representante de España en la Agencia Europea del Medicamento, EMA, es experta asesora de la Comisión de Vacunas de la Comunidad de Madrid, Académica de la Real Academia Nacional de Farmacia y ha sido Vocal de la Junta de Gobierno de COSCE.

Pero además de por su destacada carrera científica, este reconocimiento que hoy se le concede tiene un sentido muy especial. Con una presencia casi diaria en los medios, Margarita ha sido una de las principales voces científicas durante la pandemia COVID-19 que ha puesto su conocimiento al alcance de todas las personas, de todas las instituciones y de todos los medios de comunicación.

La comunicación sobre la pandemia se inició el 9 de marzo de 2020 con un largo mensaje de whatsapp explicativo de la grave situación, que alcanzó unas 80.000 visitas en las primeras 24 horas; su alcance fue excepcional, se difundió también por Twitter y alcanzó Latinoamérica.

También en este momento se embarcó en una de las



De izquierda a derecha, María Victoria Moreno, Manuel Jordán y Margarita del Val

acciones de investigación más ambiciosas que se han desarrollado en la historia del CSIC, la coordinación de la Plataforma Salud Global que impulsamos para abordar la pandemia desde todos los puntos de vista de la investigación: la evolución genómica del virus y la recopilación de datos a partir de hospitales de toda España y secuenciados y analizados por el CSIC en colaboración con otras entidades, la elaboración de vacunas, búsqueda de antivirales, diseño de mascarillas, análisis de aguas residuales, detección del virus en los hospitales y en otros lugares públicos, propagación de la pandemia y sus efectos sociales.

Este esfuerzo colectivo de más de 300 grupos de investigación, tras un año desde su creación, se ha convertido en un instrumento de transformación tratando de impulsar hacia empresas y hospitales los desarrollos alcanzados, algunos ya comercializados.

Durante todos estos meses, Margarita ha concedido más de 300 entrevistas en radio, más de 400 en televisión y más de 50 en prensa impresa y digital, apareciendo en más de 1.000 noticias en prensa, todo ello en más de 100 medios de comunicación diferentes. Otra manera de llegar a diversos públicos, para proporcionar información contrastada y actualizada sobre de la pandemia, ha sido las más de 150 presentaciones en diferentes ponencias, coloquios o debates en foros científicos: conferencias a empresas; en el ámbito sanitario: a profesionales de la comunicación; a autoridades, incluyendo la Casa Real, el Presidente del Gobierno, Parlamentarios y Embajadas; a fundaciones, asociaciones y centros culturales; a adolescentes, jóvenes, residencias y ONGs; a Universidades y entidades de investigación.

Hemos sido muchos los que hemos compartido la compañía de Margarita durante todos estos meses, incansables sesiones diarias de trabajo, momentos emotivos y, también, tremendamente complejos y agotadores, y en los que siempre he sentido su talento, su increíble capacidad de trabajo sin perder, en ningún momento, la perspectiva, y su formidable compromiso social. Estoy convencida de que este esfuerzo ha contribuido, al menos en parte, a cuanto hemos visto que ha cambiado la sociedad tras esta pandemia y el papel de la Ciencia en la misma.

Mi más sincera enhorabuena a Margarita. Quiero transmitirle el agradecimiento de la sociedad, el agradecimiento institucional y también mi agradecimiento personal.

Mis felicitaciones a la AEC por la iniciativa de este entrañable acto anual y a todos los galardonados de esta edición 2021, con una mención muy especial al Museo Nacional de Ciencias Naturales del CSIC, también distinguido en esta edición. Muchas gracias.

MARÍA VICTORIA MORENO ARRIBAS
Vicepresidenta Adjunta de Áreas Científicas del CSIC

Respuesta de la galardonada

Queridos amigos y colegas, en primer lugar, agradezco a la Asociación Española de Científicos (AEC) que aprecie con sus Placas de Honor tantos aspectos diversos del valor de la investigación y la ciencia para la sociedad. Aprovecho para felicitar a los demás premiados. Yo me siento muy honrada con la distinción que se me otorga. Creo que es un reconocimiento al papel que me ha tocado en este último año y medio. Cuando la peor crisis en salud del último siglo te cae tan de cerca en la experiencia de toda la vida, los virus y la enfermedad que causan, y su solución que es la inmunidad y las vacunas, es fácil sentir la responsabilidad de aportar lo que se pueda.

Desde el principio percibí que, igual que a mí, a mucha gente le tranquilizaba entender lo que pasaba, con lo terrible que era, y por eso intenté explicarlo, aportando mi granito de arena. Ha supuesto un buen esfuerzo, no sólo de comunicar comprensiblemente, sino por la energía necesaria para estudiar las novedades científicas, evaluarlas con rigor, intentar entender, aprender, destilar la información, proyectarla hacia el presente y el futuro y transmitirla como necesitaba la sociedad.

Aprovecho en este punto para agradecer todo el apoyo de mi familia, Enrique y Pablo, de mi equipo de investigación, Luis y Elena, de mis colegas investigadores de la Plata-



Margarita del Val Latorre

forma de Salud Global del CSIC y demás, del equipo de prensa y de los responsables del CSIC. Al transmitir el conocimiento científico, ha habido momentos de especial responsabilidad, como con los efectos adversos muy infrecuentes de las vacunas. Entre todos, hemos logrado alcanzar la situación que ahora tiene España, envidiable para muchos países incluso europeos. Es envidiable la madurez, la sensatez, la responsabilidad y la solidaridad que ha demostrado la sociedad española. Es muy loable en especial la actitud de los jóvenes que, en esta sociedad tan conectada entre generaciones, durante un año y medio han hecho sacrificios no por beneficio propio, sino para proteger a los demás, como integrantes maduros de la sociedad.

Es importante percibir que España está en buena situación para dirigirse a la normalidad (con cautela, porque la pandemia no ha pasado), porque la ciencia le ha dado la vuelta totalmente a la situación con las vacunas. Y, especialmente, porque se han vacunado los más vulnerables, los mayores de 60 años, en un porcentaje elevadísimo y significativamente superior a muchos países europeos. Fijaos que, en este momento, el riesgo, medido como el porcentaje de vulnerables sin vacunar, es unas diez veces superior en la media europea que en España.

En analogía con la situación en España, el planeta podrá volver con cautela a la normalidad sólo cuando vacunemos a los países más vulnerables. Espero que colaboremos lo máximo posible facilitando el flujo de dosis de vacuna a otros países. Además, para mí ha sido importante dar visibilidad social a las mujeres científicas ejerciendo su labor como tales, que se vea que disfrutamos de nuestra profesión, que podemos ser valiosas para la sociedad. La sociedad del futuro necesita a todas y a todos, y no podemos perdernos a las chicas que ahora no se atreven con carreras científicas y tecnológicas, que predominarán entre las futuras profesiones. Necesitamos que su entorno y sus familias las entiendan y las apoyen, y no las cuestionen repetidamente, que eso es lo que nos hace abandonar.

Me siento la cara visible de otros científicos y científicas que también han contribuido mucho en la pandemia, pero que lo han hecho más silenciosamente. La ciencia con mayúscula, de todos los campos del saber, y con los conocimientos acumulados por décadas, nos permite generar las vacunas y tratamientos, conocer la transmisión por aerosoles, protegernos antes y mejor, ayudar a sectores especiales de la población. Por eso, en mi labor de comunicación he querido compartir qué es la ciencia, para que la conozcáis, la valoreis, la apoyéis. Porque como sociedad y como científica percibo que la necesitamos mucho para estar mejor preparados para el futuro. Una sociedad más informada y con más conocimiento científico es una sociedad más sólida, más culta y más libre.

MARGARITA DEL VAL LATORRE

Investigadora científica del Centro de Biología Molecular Severo Ochoa

Placa de Honor de la AEC 2021 concedida a José Ángel Pérez Álvarez

En primer lugar, permítanme felicitar a las científicas y científicos premiados: Margarita del Val, José Ángel Pérez, Fernando Pliego, José Manuel Bautista, y a InfoRUID y el Museo Nacional de Ciencias Naturales de Madrid. Enhora-buena y gracias por vuestra contribución a la ciencia y a su difusión. El presidente de la Asociación Española de Científicos (AEC), mi buen amigo Manuel Jordán, me pidió hace unos meses que hiciese la presentación o Laudatio de otro buen amigo: José Ángel Pérez Álvarez. Ciertamente, es un gran honor para mí porque, como he dicho antes, José Ángel es un buen amigo y, además, compañero de universidad, campus y escuela; e incluso de equipos de dirección.

José Ángel es Licenciado en Farmacia, Máster en Ciencia e Ingeniería de Alimentos y Doctor Ingeniero Agrónomo. Comenzó su andadura como profesor de Tecnología de Alimentos en los inicios de la UMH. Ha impartido docencia en los grados de Ciencia y Tecnología de los Alimentos y de Biotecnología, y en varios cursos de doctorado y máster. Desde el año 2010, es catedrático de universidad. A su extensa trayectoria docente hay que añadir su labor en gestión como coordinador de la Licenciatura en Ciencia y Tecnología de los Alimentos, director del programa de doctorado de Ciencias y Tecnologías Agrarias y Alimentarias y vicerrector adjunto de Investigación con competencias en doctorado, recursos bibliográficos y el campus de Excelencia HABITAT5U. Actualmente es el director de la Cátedra Palmeral de Elche.

A todos los méritos anteriores, hay que unir su más que brillante carrera investigadora. Es autor de 188 artículos, 135 publicaciones en el Q1, con 10.464 citas en 8.247 documentos, índice h: 66 Top SciVal Topic (áreas de investigación especializada del autor en Scopus desde 1996). Tiene cuatro tramos de investigación reconocidos por el Ministerio, ha dirigido 17 tesis doctorales, algunas de ellas reconocidas con el premio extraordinario de doctorado y mención internacional. Sus artículos tienen más de 500 citas en revistas como *Food Research International*, *Journal of Food Science*, *Food Chemistry* y *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*.

Desde 2016., está considerado por la plataforma Clarivate Analytics (Thomson Reuters) como Investigador Altamente Citado, siendo en 2016 el único profesor de universidad española en el campo de la *Agricultural Sciences*. Este mismo reconocimiento ha sido obtenido en el periodo 2017-2021. En el ranking de la Universidad de Stanford, forma parte del 2 % de los investigadores más citados del mundo en 2020.

En el campo de la difusión científica, ha sido director de los Programas Salud y Bienestar a través de la alimentación, Retos en las Ondas, Discapacidades Invisibles y RadioUMH, con la que colabora en programas de acerca-



De izquierda a derecha, Manuel Jordán, José Ángel Pérez y Juan José Ruiz.

miento de alumnos de Ciencia y Tecnología de Alimentos a los medios de comunicación. Ha colaborado en el programa de radio *Onda Universitaria* de Radio Nacional y *Comando Actualidad* de Radio Televisión Española.

Ha dirigido varios Cursos de Verano y de Invierno del programa de Extensión Universitaria de la UMH y comparte la paternidad de los concursos INNOBIOTEC y NEW FOOD EPSO UMH. Colabora como asesor científico en la Fundación UMH, en la Red de Expertos del Parque Científico UMH del área de Tecnología de los Alimentos.

Forma parte del comité científico que elabora la propuesta para la Declaración de la Paella como Patrimonio Inmaterial de la Humanidad ante la UNESCO y colabora como director de talleres de la Semana de la Ciencia en Elche FECITELX. Ha realizado varios cursos en las Universidades panameñas de Coclé, Santiago de Veraguas y Chiriquí, Universidad italiana de Téramo, Universidad Nacional de Colombia, Nacional del Litoral y Universidad Nacional de Entre Ríos en Argentina.

Colabora como asesor científico tecnológico del grupo TECNAS, del Centro de Investigación y Alimentación y Desarrollo A.C. CIAD-CONACYT de Sonora, México y Universidad del Atlántico en Colombia. Además de todo lo anterior, cabe destacar su no menos importante faceta como emprendedor, pues es socio fundador de la Empresa de Base Tecnológica INNOFOOD y de la Empresa Gluten-free

fibers. Ha sido distinguido con varias menciones especiales y premios en su carrera, al que tendrá que añadir este.

En resumen, el catedrático José Ángel Pérez Álvarez es uno de los científicos españoles con mayor relevancia a nivel internacional. Sus aportaciones en el campo de la Tecnología de alimentos le hacen sobradamente merecedor de cualquier galardón. Pero, bajo mi punto de vista, y más allá de todos sus logros en investigación, creo que lo que le caracteriza y valora más es su faceta de divulgador. Ha puesto tanto empeño en investigar como en dar difusión a la ciencia, acercándola incluso a estudiantes de cursos de primaria, como he mencionado anteriormente en la Semana de la Ciencia de Elche.

Su vocación como divulgador es un reflejo de la generosidad de su persona. Su deseo de compartir la ciencia, de contagiar su ilusión a los demás, a los futuros científicos, es una labor que muchas veces no se valora adecuadamente. Yo, hoy, aquí, quiero poner en valor toda tu carrera y sobre todo agradecerte que hayas sido un compañero generoso, humilde, y con vocación de servicio a los demás. Has dejado huella en todos y cada uno de los puestos que has desempeñado: tu forma de trabajar, tu cercanía y siempre buen carácter.

JUAN JOSÉ RUIZ MARTÍNEZ
Rector de la UMH

Respuesta del galardonado

Estimado Señor Presidente, Secretario y Junta Rectora de la Asociación Española de Científicos (AEC), autoridades académicas y políticas, compañeros galardonados, compañeros y amigos del equipo de Investigación Industrialización de Productos de Origen Animal (IPOA), familiares y amigos aquí presentes, y aquellos que por diversos motivos no me han acompañado el día de hoy y que les hubiese encantado estar hoy aquí y, cómo no, a los que no están ya presentes, pero que siguen estando en nuestros pensamientos. Muchísimas gracias por la hermosa y sentida *Laudatio* que me has brindado Juanjo, compañero, amigo y Rector de mi querida Universidad, la Universidad Miguel Hernández (UMH) de Elche.

Es difícil hablar en este momento, cuando comparto esta gala con importantísimos compañeros científicos y con unas experiencias científicas increíbles y que, por ellas, reciben hoy su merecido reconocimiento. Así que entenderán que se me agolpan las vivencias y pensamientos del por qué estoy hoy aquí, en este hermoso y muy emotivo evento. Cada uno de los galardonados tenemos una experiencia vital distinta, pero con un denominador común, nuestro amor por la ciencia.

Hablar de ciencia en España se me hace francamente difícil porque hay sentimientos muy encontrados: primero, porque soy de los afortunados que lo pueden hacer y disfrutar, no sin dejar de mencionar que nos ponen una franca carrera de obstáculos de toda índole y que, en mi opinión, la investigación es el pariente pobre de los presupuestos del estado. Si hay que recortar, recortemos a los investigadores, que con poco se conforman y, si dejan de investigar, pues como que no pasa nada.

Seguramente estaré muy equivocado, pero después de 34 años, no he visto una política de estado, meridianamente clara con respecto a la investigación. Cuando hay alguien del gabinete que lo hace bien o aceptable, lo quitan de ministro. Espero que la pandemia despierte en los gobiernos la necesidad imperiosa de que se invierta mucho más en ciencia y tecnología; como ejemplo tenemos las vacunas contra la COVID-19.

El estado debería apoyar de forma decisiva la investigación y no ponernos obstáculos que más parecen que nos dificulten o desmotivan de pedir proyectos o subvenciones de investigación. A modo de ejemplo, y que seguro más de uno esbozará una leve sonrisa, proyectos que se piden en enero-marzo y se resuelven a finales de noviembre, con el ejercicio económico a punto de cerrar y, para colmo, te has tenido que haber gastado el dinero de todo ese año, sin saber si te concedían o no el proyecto, devolviendo una gran cantidad de dinero al estado. Un despropósito total, pero a pesar de ello, lo hacemos para poder continuar con nuestra pasión, la investigación, y seguir formando a los futuros investigadores de nuestro país.

Un galardón como el que hoy recibo es una gran responsabilidad, más aún cuando soy el primer Tecnólogo de Alimentos en recibirlo. Sirvan estas palabras para brindar un reconocimiento y agradecimiento público a todos aquellos profesionales de la Ciencia y Tecnología de Alimentos que con su esfuerzo y dedicación lograron que en ningún momento de esta pandemia dejásemos de tener alimentos en los supermercados, en las condiciones de mayor higiene y seguridad de la que nunca habíamos disfrutado.

Gracias por conducir a los equipos de trabajo (brigadas) para que se cumplieran las estrictas normas de higiene y desinfección de los distintos ambientes de trabajo. Al igual que otros sectores, vuestra labor ha sido crucial durante toda esta etapa de pandemia, causada por la COVID-19.

La carrera científica requiere de mucho sacrificio, personal, familiar y profesional, Por ello, hoy brindaré un pequeño homenaje a cada uno de ellos, ya que han contribuido y contribuyen a que la labor del científico siga adelante día a día. En cuanto al equipo de investigación, qué decir: un investigador no trabaja solo y no podría llegar a estos niveles que hoy se reconocen.

Todos los comienzos suelen ser difíciles y con mucho trabajo y sacrificio. Aún recuerdo el primer día en que empezamos a trabajar mi compañera Estrella Sayas y yo en la Universitat Politècnica de València, donde nos dejaron un escritorio para compartir como única «herramienta de trabajo», y luego, cuando llegamos a la Escuela Politécnica Superior de Orihuela, donde, aparte del despacho y un escritorio individual, no teníamos mucho más; es por ello que me gusta decir que empezamos nuestra carrera de investigadores con una mano delante y otra detrás.

Estrella, he nos aquí 34 años después. Después de Estrella llegó, ya en la UMH, Juana Fernández, compañera de trabajo incansable, amante de la ciencia, que se convirtió, además, en compañera de vida. ¡Quién nos iba a decir que nuestros destinos se unirían en un laboratorio y que, hasta hoy, seguimos trabajando codo con codo, en los momentos buenos y no tan buenos!

Un reconocimiento especial a Casilda Navarro, con su aporte humanitario a todo lo que hacemos y que nos hace ver la parte humana que tiene la ciencia y que hay que reconocer, que muchas veces olvidamos o no logramos verla con claridad. También a Manuel Viuda, quien en su momento no quería, bajo ningún concepto, trabajar conmigo, y que el destino ha hecho que trabaje también codo con codo en nuestro grupo, un investigador incansable y, además, nos hemos convertido en compadres de Ximena Quetzalli.

Sería injusto de mi parte dejar de reconocer la enorme labor de todos los becarios que hemos formado y que han pasado por nuestro grupo y que, en un momento, dejaron de ser becarios para pasar a ser amigos y que ahora son



José Ángel Pérez Álvarez

grandes profesionales de la Ciencia y Tecnología de Alimentos, tanto en España como en el extranjero, gracias, Elena, José María, Luis, Yolanda, M^a Cruz, Raquel, Marcelo, Flavia, Jorge, Jairo, Juan Camilo, Gustavo, Lina, entre otros.

Sin olvidar a nuestra querida Clemencia Chaves de la Universidad de Teramo, amiga fraternal de todos y cada uno de nosotros. Es por ello que, en nuestro caso, se confirma que la ciencia puede crear grandes lazos de amistad y que nunca deberíamos perderlos, es más, deberíamos potenciarlos mucho más. Así que, Estrella, Juana, Manolo, Casilda, este reconocimiento es también de todos y cada uno de vosotros, Gracias.

Otro de los pilares básicos de un investigador es el personal que nos ayuda en todas las labores administrativas, que cada día mas son más tediosas y pareciese que, más que un investigador, se es un administrativo de la investigación. Así que, mi más sincero reconocimiento a los compañeros que imputan facturas, quienes nos revisan los proyectos, quienes nos atienden cuando tenemos dudas, que, en el caso de la UMH, reconozco que son excepcionalmente muy atentos y, sobre todo, cuando nos soportan en el día a día. Gracias Cristina, Maribel, Fernando, Dr. Parra, Maricarmen, Antonio, Paco, entre otros.

La ciencia, sin divulgación, no es ciencia, por ello, debemos potenciar la divulgación de nuestro trabajo y las bondades de la ciencia, no entre nosotros, sino entre la

población en general, y en particular, debemos, con nuestro trabajo, despertar vocaciones científicas tanto en hombres como en mujeres, que, en nuestra área de conocimiento, debo mencionar, que son más las científicas que los científicos. Para muestra un botón: nuestro grupo de investigación. Además, con un altísimo nivel, que hace de España uno de los países mas punteros en Ciencia y Tecnología de Alimentos a nivel mundial. Es por ello que agradezco a todos los compañeros de la UMH en divulgación científica, por cierto, grandísimos profesionales, que nos hacen la labor de divulgación más fácil ante los medios de comunicación y que nos han permitido divulgar nuestro trabajo, tanto en medios de comunicación convencionales como en las redes sociales. Gracias a todos y cada uno de vosotros que formáis la gran familia de la Oficina de Comunicación de la UMH.

Un buen investigador sin una familia que lo apoye incondicionalmente es complicado que pueda desplegar todo su potencial. Independientemente de que entienda o no, nuestro trabajo y el «amor» que le tenemos, que en muchas veces es sumamente absorbente y que les resta dedicación a los seres que más queremos, nuestros hijos y pareja. Así que, aprovecho este momento para pedir perdón a los miembros de mi familia, que se han visto relegados en cualquier momento. En particular, a mis hijos por el tiempo que, cuando eran pequeños, no les dediqué: tengo en mi mente el recuerdo de cuando venían y pedían «papi, juega con nosotros» y les decía que no podía y me preguntaban por qué, sin saber realmente qué decirles para que ellos lo entendiesen. Por ello, quiero pedirles perdón. Igualmente, a mi compañera de vida por los momentos más difíciles que hemos pasado y que sin su apoyo jamás hubiese podido superar. Gracias a todos y cada uno de ellos.

No puedo dejar de nombrar a mis padres, referentes de una lucha y sacrificio ejemplar, que me enseñaron con su ejemplo constante, su tenacidad y lucha contra la adversidad que, para conseguir las metas que uno se proponga, hay que superar todos los obstáculos que la vida te pone, con sacrificio y esfuerzo, y que nunca uno debe desfallecer cuando tiene un objetivo claro, que en mi caso era el de ser científico. Hoy les diría: «papás, aquí estáis viendo el fruto de vuestro esfuerzo y sacrificio. Donde estéis, gracias, aunque en mi corazón, estáis todos los días». Gracias a mi hermana, cuñado y sobrinos, por su apoyo incondicional durante toda la vida y que me ha permitido seguir con mi labor investigadora desde siempre.

Gracias a mi otra familia, la que me acogió como uno más, que nos han ayudado cuando el trabajo no nos permitía llevarnos a nuestros hijos con nosotros y, sobre todo, cuando vinieron los tiempos malos y estuvieron ahí, siendo un gran apoyo emocional para toda nuestra familia; haré una mención especial a los «segundos padres» que tienen a mis hijos en Madrid. Gracias a todos y cada uno de vosotros.

Gracias a mis profesores e introductores a la investigación y que, sin su labor, seguramente no hubiese germinado la vocación científica en mí. Gracias a la Dra. Araceli

Sánchez de Corral (QEPD), al Ingeniero José Luis Curiel Monteagudo y a mi director de tesis doctoral, el Dr. Vicente Aranda Catalá. Todas ellas, personal y profesionalmente, son unas personas increíbles, y a mis amigos que están ahí tanto en momentos de éxito como en los momentos más duros y de zozobra que te da la vida: María Rosa, Alfonso, Enrique, Carmen, María Teresa, Xavi, José Juan, Tonia, María José. Gracias.

Por último, y no menos importante, gracias a la institución donde desarrollé mi labor científica. Aquí es donde me siento muy afortunado de formar parte de la UMH, no solo porque la he visto nacer y crecer, sino porque ha pasado de ser una institución pública que nadie conocía, incluso que consideraban privada, a ser un referente internacional en muchos campos, como es el de la Tecnología de Alimentos.

Gracias a todos los equipos de gobierno que hemos tenido porque han sabido buscar el lado más adecuado de cada uno de nosotros, apoyando decididamente la investigación, creando un entorno científico único en el Levante Español y que, en algunos aspectos, viene a ser nuestro modelo de éxito. Que me permitieran, por un periodo, formar parte del equipo de trabajo de la UMH, no sólo me ha permitido ver cómo es mi universidad por dentro, sino que también me ha permitido crecer personal y profesionalmente y conocer a la gente increíble que formamos la UMH. He aprendido mucho de cada uno de vosotros, así que, gracias a Jesús, Juanjo, Fernando y a Manu.

Por ello, considero que todos los investigadores de la UMH somos unos afortunados y estoy francamente orgulloso de formar parte de este gran equipo de trabajo que formamos todos en la UMH, investigadores, personal administrativo, gestores, comunicadores, equipo de gobierno, etc. y que tan buenos resultados, en lo científico, estamos cosechando. Orgullo UMH.

Muchas gracias.

JOSÉ ÁNGEL PÉREZ ÁLVAREZ
Catedrático de la Universidad Miguel Hernández (UMH)
de Elche

Placa de Honor de la AEC 2021 concedida a Fernando Pliego Alfaro

Excelentísimas autoridades, queridos colegas, amigas y amigos. Como sabréis que mi campo de experiencia son las plantas, y en este foro donde abundan especialistas de salud, medicina o tecnología, quizá las plantas «suenen a bicho raro», permitidme que empiece recordando que «sin plantas no hay vida», que de ellas dependemos en todos los sentidos y que, para mí, es un placer presentaros a un eminente biotecnólogo de plantas, Fernando Pliego Alfaro.

Mi relación con Fernando se inicia de modo tangencial,

aunque botánicamente diría de forma adventicia, y fructífera cuando hace ya algunos años (no muchos) tuve la suerte de aprender algo acerca del cultivo (*in vitro*) de células vegetales que, aunque parezca obvio y fácil (que las plantas se cultivan), exige bastante atención a muchos detalles técnicos y no son células fáciles de modificar o domesticar. Desde entonces, y por causa de esa disposición natural de Fernando a compartir y enseñar todo lo que le apasiona, no deja de sorprenderme la aparente facilidad con que se mete en ciertos jardines (nunca mejor dicho) para explorar problemas que, en principio, no hay por dónde cogerlos.

Desde la micropropagación de la fresa mediante cultivo de ápices caulinares, su regeneración vía organogénesis adventicia y transformación genética mediada por *Agrobacterium tumefaciens* hasta el cultivo *in vitro* de embriones de olivo para inducir floración precoz en plantas de semilla, y posterior forzado de crecimiento de las plántulas, en invernadero bajo luz continua (¡ahí es nada!). Como eso no era suficiente, ha desarrollado protocolos de micropropagación, mediante cultivo de secciones nodales e inducción de brotes axilares, regeneración vía embriogénesis somática y transformación genética, también mediante *Agrobacterium tumefaciens*.

Que estos problemas no eran sólo fruto de la curiosidad científica por entender la fisiología y la organogénesis vegetales lo demuestra que todo ese trabajo ha cristalizado, además, en protocolos de micropropagación de árboles resistentes a hongos, protocolos de regeneración vía embriogénesis somática y de transformación genética para estudiar los mecanismos de tolerancia a *Rosselinia necatrix*, el hongo fitopatógeno que pudre y destruye las raíces y arruina cultivos y esfuerzos.

Muchos de estos detalles son demasiado técnicos y cuesta imaginar el rompecabezas y el desafío que supone manipular y modificar plantas sobre las que hay una información genética fragmentaria y en las que no hay recetas previas que garanticen los resultados.

Es la ley de Murphy: si en el olivo algo puede salir mal, saldrá mal, hasta que Fernando lo arregle. Sólo a base de paciencia y tolerancia a la frustración se consigue trabajar así durante años y mantener, además, un espíritu jovial y entusiasta que se desparrama en cursos, programas de posgrado y trabajos de tesis doctorales o de fin de máster que suponen un magisterio de conocimientos y habilidades sobre otros muchos investigadores más jóvenes -de ánimo me refiero-, entre las que (con permiso), me incluyo.

Explica Richard Sennett, en uno de sus libros (*El Artesano*) que hay cosas que sólo se aprenden de alguien porque exigen una manipulación directa y un conocimiento práctico y experimentado de los materiales (la arcilla, la madera...) o de los objetos biológicos en este caso, y una de las razones es que a través de la manipulación se descubren las mil formas de fracasar, se aprende lo que no se puede hacer, y se adivinan mediante sutiles ajustes y variaciones



De izquierda a derecha, Manuel Jordán, Fernando Pliego y María del Carmen Risueño

las posibilidades del material. Es algo parecido al aprendizaje del violín o del piano, cada ejecución es a la vez una exploración y un perfeccionamiento. Aunque todavía queda gente que piensa que las células son estructuras que funcionan de modo algorítmico y que su funcionamiento podría simularse mediante *software*, sin necesidad de verlas y pasando por alto su fina organización estructural y molecular, la triste verdad es que son una caja de sorpresas y cuanto más seguro está uno de conocerlas, más cerca está de equivocarse.

Por eso, nuestra relación ha sido complementaria y útil para ambas partes, porque la combinación de las técnicas de cultivo *in vitro* (Fernando) y la microscopía de localización molecular *in situ* (Mari Carmen) permiten interpretar las modificaciones estructurales y funcionales inducidas y los mecanismos celulares responsables y ambas perspectivas juntas resultan ser una simbiosis (botánica) eficaz que metaboliza y resuelve mejor los problemas prácticos.

Quizá esa actitud de cooperación sea una de las razones por las que Fernando, importante impulsor de la biotecnología de plantas a nivel internacional, que conoce las dificultades del oficio, y la atención y el esfuerzo que requiere cualquier investigación, incluida la falta de tiempo, es una persona que compagina la curiosidad con la prudencia, comenta los aciertos y los fracasos, las hipótesis y las dudas, y mantiene un sano escepticismo, pero (eso sí) anima y ayuda a todo el que se acerca con curiosidad y con interés.

Yo creo que disfruta con lo que hace y con lo que enseña. Como la ciencia casi siempre es un asunto de varios, más que nada por nuestras limitaciones, no me extraña que vaya contagiando y reclutando adeptos o fans (entre las que me incluyo) que se interesen y se diviertan con sus asuntos. Y, como además orienta su investigación a aplicaciones útiles, pues, maravilloso mejor. Los homenajes y los reconocimientos no suelen ser al currículum, sino a las personas que son capaces de dejar algo más que *papers*. Uno puede morir sepultado literalmente bajo el peso del papel de sus trabajos publicados y, pese a sus aportaciones, tener poco impacto social, dejar pocos discípulos o pocos recuerdos.

¡No es el caso! Fernando va dejando anécdotas, proyectos, ideas y discípulos desde hace años y espero que siga así, activo y que no se canse, ¿o sí? Cosa probable, porque esto de investigar se está complicando demasiado en el orden burocrático y eso no creo que le divierta mucho. Yo espero que este reconocimiento de la Placa de la AEC le sirva y le anime para que siga en este ánimo (incluso con más). Fernando, sólo queremos agradecerle los efectos benéficos y contagiosos de tu actitud y tu entusiasmo durante tu vida académica e investigadora. Gracias de verdad y un abrazo muy fuerte.

MARÍA DEL CARMEN RISUEÑO
Profesora de Investigación CIB, CSIC. Madrid y Vicepresidenta de la AEC

Respuesta del galardonado

Señor presidente de la Asociación Española de Científicos (AEC), distinguidos colegas, familiares y amigos. Antes de nada, deseo agradecer a esta Asociación la concesión de la Placa de Honor. Realmente, uno nunca trabaja pensando en ser premiado, pero cuando se recibe una distinción de este tipo, por parte de colegas científicos, la satisfacción es enorme.

Muchas gracias, Mari Carmen, por tu cálida presentación, fruto, sin duda, de un cariño, respeto y admiración mutuos. Conozco a Mari Carmen desde su incorporación a la Sociedad Española de Cultivo *in vitro* de Tejidos Vegetales y, desde el primer momento, supe que la Sociedad había hecho un fichaje galáctico como han demostrado, a lo largo de estos años, los relevantes trabajos del grupo, ahora liderado por Pilar, en el campo de la embriogénesis de la microspora. Gracias, Mari Carmen, por haber sabido valorar el esfuerzo que supone el desarrollo de nuevas tecnologías, para abordar la mejora de especies difíciles de manipular *in vitro*.

Decía el profesor Wagensberg que el «cómo» sería la pregunta del científico y el «para qué» la del tecnólogo. Cuando a mediados de los 70, en el marco del convenio suscrito entre el INIA y el Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento (BIRF) para impulsar la investigación agraria en España, un numeroso grupo de ingenieros agrónomos y biólogos salimos al extranjero en busca de formación, todos teníamos un denominador común: el «para qué» estaba claramente definido en cada caso.

En la década anterior, la balanza comercial agrícola española había pasado de positiva a negativa, debido a la ineficiencia de los sistemas de producción y la existencia de explotaciones pequeñas y fragmentadas. Ante esta situación, siguiendo las recomendaciones de expertos internacionales de las Universidades de California, Yale y Cornell, entre otras, el gobierno llevó a cabo la reestructuración de la investigación agraria en España, creando Centros de Investigación Regionales especializados en los cultivos más importantes de la zona y abordando problemas de esos cultivos a nivel nacional (Centro de Cítricos, IVIA-Moncada; Centro de Oleaginosas, Córdoba; Centro de Leguminosas y Cereales, El Encín-Alcalá de Henares y otros).

Este programa me llevó al laboratorio del profesor Murashige, en la UC Riverside, con el objetivo de desarrollar herramientas biotecnológicas para abordar la mejora del aguacate. Allí, durante mi formación en el campo de la morfogénesis vegetal comprendí la estrecha relación entre ambos interrogantes, el «cómo» y el «para qué», y aún más importante, entendí que la generación del conocimiento debe estar encaminada a mejorar el mundo que nos rodea.

En esta etapa, fui testigo de la estrecha conexión existente entre la Universidad y la Empresa. La Sociedad Califor-

niana del Aguacate financiaba un proyecto de obtención de portainjertos resistentes a un patógeno de suelo, una investigación que hizo posible el cultivo del aguacate en ese estado y en otros lugares del mundo afectados por este patógeno.

Recuerdo al presidente de esta sociedad, que financió el último año de mi tesis doctoral, cuando aseguraba: «Nuestra sociedad no espera resultados a corto plazo al financiar este tipo de proyectos, sólo exigimos rigor en el trabajo y perseverancia; con especies difíciles, los resultados llegarán en momentos inesperados». A lo largo de mi carrera, he tenido ocasión de comprobar, en repetidas ocasiones, lo acertado de dicho comentario.

Tras el regreso a España, me incorporé al centro de Cultivos Tropicales, hoy IFAPA de Málaga, que ya mantenía estrechas colaboraciones con la Estación Experimental La Mayora (Consejo Superior de Investigaciones Científicas – CSIC); unos años más tarde, y tras una nueva aventura en la Universidad de Florida, pasé a formar parte de la Universidad de Málaga (UMA) y, desde 2010, soy miembro del Instituto de Hortofruticultura Subtropical y Mediterránea La Mayora (IHSM-UMA-CSIC), al que están adscritas dos Unidades Asociadas del IFAPA de Málaga.

La estrecha colaboración que siempre ha existido entre estos centros ha sido clave para poder abordar, mediante aproximaciones biotecnológicas, la mejora de las tres especies de interés agronómico con las que he trabajado: fresa, nuestro modelo de regeneración mediante la vía organogénica; olivo, modelo embriogénico y aguacate, una especie cuya mejora hemos abordado en paralelo a la de olivo.

Siempre he sido un firme defensor de las sinergias entre grupos y el abordaje de proyectos desde un punto de vista multidisciplinar; las pérdidas de protagonismo individual redundan en beneficio del resultado final. Por ello, mi incursión en la mejora biotecnológica de estas especies siempre ha estado ligada a programas de mejora convencionales de otras instituciones. Así, cuando el grupo de José Manuel López Aranda (IFAPA-Málaga) inició un programa de mejora de fresa por cruzamientos, en un momento en el que casi todas las variedades que se cultivaban en Huelva procedían de la Universidad de California, nuestro grupo, junto con los de Victoriano Valpuesta (UMA) y Juan Muñoz (Universidad de Córdoba, UCO), inició otro, usando herramientas biotecnológicas, que permitió generar las primeras fresas modificadas genéticamente para estudiar aspectos relacionados con el desarrollo y maduración del fruto; unos trabajos que han tenido continuidad hasta el día de hoy por parte tanto de jóvenes investigadores del IFAPA-Málaga, como del nuevo IHSM y de la UCO, y que sitúan a estos centros como referentes en este cultivo.

Mi relación con el olivo se inició durante la infancia y se vio fortalecida tras mis conversaciones con Luis Rallo, coordinador del programa de mejora de la UCO y poste-

riormente, con Rafael Jiménez (Instituto de Agricultura Sostenible, IAS) y Juan Muñoz, con los que mi compañero José Ángel Mercado y yo aún mantenemos vivas y constructivas discusiones con la esperanza de que, además de progresar en el conocimiento de las bases moleculares de resistencia a Verticilosis, poder lograr algún producto de utilidad para el sector empresarial.

A la mejora del aguacate le he dedicado gran parte de mi tiempo, siendo una relación que me ha dado disgustos, la mayor parte de las veces, y escasas, pero grandes satisfacciones. He pedido disculpas a los doctorandos a los que involucré en este cultivo: Araceli ya me ha perdonado y Elena, que me acompaña esta noche, imagino que también lo ha hecho.

Espero que los trabajos llevados a cabo en el marco de proyectos coordinados con el grupo de Francisco Cazorla (IHSM-UMA-CSIC) y los que hay actualmente en marcha entre el IFAPA-Málaga (Araceli Barceló, Clara Pliego), IHSM-UMA-CSIC (Iñaki Hormaza) e IAS (Carlos López) arrojen resultados de utilidad para el sector productivo. Estoy convencido de que la sinergia entre aproximaciones convencionales y biotecnológicas en la mejora de plantas ayudará a conseguir una agricultura más sostenible en el marco del calentamiento global y será, además, una poderosa herramienta ante la aparición de enfermedades imprevisibles en nuevas áreas de producción.

«El verdadero éxito, la verdadera felicidad, radica en la libertad y la realización», afirmaba Dada Vaswani. Pocos trabajos, como el del científico, permiten la libertad de hacer durante toda la vida lo que a uno le gusta, con la satisfacción que eso conlleva. En distintas ocasiones, la obtención de un resultado positivo, tras la superación de muchos obstáculos, se traduce en una alegría especial, un éxtasis, generalmente poco duradero, por la aparición inmediata de un nuevo reto. He experimentado esta sensación repetidas veces durante mi carrera: en particular, recuerdo con nitidez la obtención de nuestras primeras plantas modificadas genéticamente, la aparición *in vitro* de flores tras la sobreexpresión del gen FT, así como la observación de células embriogénicas en material de interés agronómico.

Al examinar estos cultivos, con visible emoción, pensaba ¡Caramba, os habéis hecho esperar! Más tarde, al valorar las implicaciones que eso puede tener para abordar la edición genómica, recordaba las palabras de Jim Morrison: «Nunca hay que darse por vencido, porque cuando piensas que todo ha terminado, es el momento donde todo empieza». Esa es otra característica de la investigación científica, nunca se acaba, y la aparición de un resultado positivo abre las puertas a un abanico de retos que antes parecían inalcanzables y que, con el transcurso del tiempo, deberán emprender nuevas generaciones de investigadores.

En investigación, y parafraseando a Antonio Porchia: «Hay que levantar siempre los ojos para no creer que se está en el punto más alto». Por mi parte, tengo pensado seguir



Fernando Pliego Alfaro

ayudando a los jóvenes de nuestro grupo, ahora liderado por José Ángel Mercado, siempre y cuando mi voluntad y mente continúen en sintonía; cuando me encuentre ante el muro infranqueable que supone el divorcio entre ambas, espero ser invadido por los recuerdos de una vida feliz en la que el trabajo, la familia y mi lugar de origen, un puerto en un mar de olivos, han sido los tres pilares.

No quiero finalizar mi intervención sin agradecer a mis doctorandos y compañeros de proyectos, su inestimable ayuda para abordar conjuntamente los retos a los que nos hemos enfrentado. También, de forma muy especial, a mis padres y profesores de la infancia, por enseñarme la importancia de la realización personal en el trabajo, y a mi familia, por su apoyo incondicional, a la vez que les pido perdón por el tiempo robado.

Mi única excusa, como sostenía el profesor Valcárcel de la UCO, es que «la ciencia es una amante bastante exigente, si la abandonas, el reencuentro es prácticamente imposible». Estoy seguro de que, tras esta entrañable velada, estarán convencidos de que el sacrificio ha merecido la pena y me permitirán continuar con esta relación tan gratificante. Por mi parte, prometo que en esta nueva etapa daré prioridad al cuidado de los más pequeños, cuando la situación así lo requiera.

Termino con un recuerdo muy especial para Ricardo Flores, Placa de Honor de esta asociación en 2015 y que nos dejó hace apenas un año. Ricardo fue un referente para muchos de nosotros, como persona y como científico; con él tuve el privilegio de compartir largas charlas durante

nuestra etapa en Riverside, sobre ciencia, ciencia aplicada o aplicaciones de la ciencia y la sinergia entre arte y cultivo *in vitro*, uno de sus temas favoritos. Al final, siempre le arrancaba alguna sonrisa contándole nuestras tribulaciones de doctorandos en el laboratorio del profesor Murashige. Se vive con la esperanza de llegar a ser un buen recuerdo, el que nos deja Ricardo es imborrable. Gracias, amigo, por los buenos momentos compartidos.

Muchas gracias a todos.

FERNANDO PLIEGO ALFARO

Catedrático de la Universidad de Málaga

Placa de Honor de la AEC 2021 concedida a José Manuel Bautista Santa Cruz

En primer lugar, decirles que es para mí un honor haber recibido esta invitación de la Asociación Española de Científicos (AEC) para presentar a José Manuel Bautista Santacruz -para mí es y será siempre Chema Bautista, y permítanme que le llame así-, en el acto en el que le va a hacer entrega de una de sus Placas de Honor del año 2021.

Y es también un lujo por lo que supone de reconocimiento a la labor de un científico que ilustra como nadie, en mi opinión, el poder de la ciencia para construir un mundo mejor.

Chema Bautista es catedrático en el Departamento de Bioquímica y Biología Molecular de la Facultad de Veterinaria de la Universidad Complutense de Madrid (UCM), cuya sección dirigió durante ocho años. Es un científico reconocido en el ámbito de la fisiopatología de enfermedades parasitarias tropicales como la malaria, y también ha desarrollado y sigue desarrollando una intensa labor como secretario de la Sociedad Española de Bioquímica y Biología Molecular, en la que ahora despliega una gran actividad de divulgación.

La actividad de Chema como científico que ha desarrollado un trabajo investigador de calidad quizá pueda describirse bien por lo que dice su curriculum: 150 publicaciones, 20 tesis doctorales dirigidas, citas, índice-h, lo que quieran. Un buen científico, de acuerdo con los cánones actualmente al uso y según todas las métricas que se quieran utilizar, y que nunca ha dejado de estar activo como investigador y profesor. En este momento, me imagino los improperios que me dirigiría Chema por siquiera mencionar esas odiosas métricas contra las que él tanto despotricó.

Sin embargo, lo que muy acertadamente refleja la concesión de esta Placa de Honor, y que quería aprovechar para destacar aquí, es algo que no puede deducirse fácilmente de la lectura de un curriculum, y que puede ser infinitamente más poderoso en su capacidad de transformación de la

sociedad. Todo ello posiblemente relacionado con la calidad humana y humanística de Chema aplicadas a su forma de entender la ciencia como instrumento de servicio.

Déjenme darles tres ejemplos:

Como un primer ejemplo, hace ya casi ocho años, Chema formó parte crucial de un grupo de profesores de muy diferentes facultades y áreas de la Universidad Complutense de Madrid (UCM) que decidieron montar una Plataforma, la Plataforma de Investigadores de la UCM, que agrupara y defendiera la visión de los profesores que no entienden la universidad sin un compromiso firme con la investigación como base de su actividad formadora y transformadora. Esa Plataforma ha contribuido a sacarnos a muchos de nuestro reducto especializado y limitado y a estimular un pensamiento mucho más crítico e interconectado multidisciplinarmente.

Comparto otro ejemplo. Desde el año 2005, Chema ha desarrollado una intensa labor de cooperación con varios países de África en vías de desarrollo, como Ghana, Senegal, o Zaire, en los que ha contribuido a montar laboratorios de análisis sanitario en condiciones para nosotros impensables, y a formar a los profesionales indispensables para mantenerlos funcionando. Acoplar los laboratorios a sistemas de generación y almacenamiento de energía solar, o rediseñar equipos como centrífugas a manivela, para que funcionen en ausencia de energía eléctrica..., o pasar un mes en Ghana gestionando la burocracia asociada al transporte de un contenedor de material enviado desde España. Una lección de que solucionar lo necesario no entiende de barreras aparentemente infranqueables.

En palabras de Chema, «cómo vamos a entender la naturaleza del problema de las enfermedades parasitarias como la malaria, o conocer las necesidades que hay que solucionar, si no venimos adonde esos problemas existen...».

No es sólo investigar, sino investigar y resolver o servir. Quizá tiene mucho que ver con lo que ahora llamamos «transferencia». Y no solamente esto, sino que, en estos más de 15 años, Chema ha contribuido a involucrar, en lo profesional y en lo emocional, a un número importante de otros profesores, investigadores y universitarios en proyectos y acciones de cooperación.

Y el último y quizá más espectacular ejemplo, por lo que tiene de cercanía y de aldabonazo frente a la actitud común de resignación ante lo inexorable de los sistemas y las estructuras en las que la mayoría de nosotros nos movemos en nuestra vida rutinaria, tiene que ver con el conmovedor liderazgo de Chema en la contribución de la UCM frente a lo más duro de la pandemia.

En los momentos más difíciles del periodo de emergencia sanitaria, con los hospitales colapsados, una carencia dramática de suministros, y cientos de personas agonizan-

do en las residencias de mayores, Chema consiguió convencer a muchos de que no hay limitaciones materiales, ni normativas, ni políticas que valgan si tenemos en nuestra mano el conocimiento, la ciencia, la técnica, y la infraestructura necesaria para ayudar a nuestros conciudadanos.

Chema nos ha mostrado o, mejor dicho, nos ha hecho descubrir por nosotros mismos, quizá a muchos por primera vez de forma explícita, el poder de la ciencia y de la universidad para transformar la sociedad y resolver sus problemas.

Y créanme, se lo digo por experiencia, nunca volveremos a ser los mismos. Convendrán conmigo en que esto ilustra un verdadero liderazgo científico, humanista, y social. Así que, a partir de estas consideraciones, creo que debo felicitar muy sinceramente a la AEC por su decisión de conceder esta Placa de Honor.

Les dejo con el profesor José Manuel Bautista Santacruz.

JESÚS PÉREZ GIL

Decano de la Facultad de Biología. Universidad Complutense de Madrid

Respuesta del galardonado

Muchísimas gracias, Jesús, por esta presentación tan generosa. Estoy un poco abrumado. Pero vaya por delante mi agradecimiento para los miembros del Consejo Rector de la Asociación Española de Científicos (AEC) que me nominaron para esta distinción. Es un gran honor recibirla. Gracias, muchas gracias.

Deseo hacer explícita mi felicitación al resto de premiados con las Placas de Honor de este año, pero también de las ediciones anteriores. Esta noche me siento con ellos y con vosotros especialmente bien acompañado. Quizás, tan bien acompañado como he tenido la suerte de estarlo a lo largo de muchos momentos de mi carrera científica, que además se ha entremezclado de una forma inseparable de mi carrera vital.

«No somos individuos», les digo a mis estudiantes. En nuestro genoma custodiamos, de forma silenciosa, los cambios que han acaecido en los millones de años que lleva la vida en nuestro planeta, y no sólo los de nuestra especie, sino también los de todos los organismos que lo pueblan ahora y lo han poblado. También les digo que, en nuestro cerebro, ese órgano que nos conecta con el mundo exterior, acumulamos enseñanzas de lo que nos rodea.



De izquierda a derecha, Manuel Jordán, José Manuel Bautista y Jesús Pérez Gil.

Mirando así la biología, no creo que seamos individuos aislados en contacto ocasional con otros, sino que somos un nodo de la poderosa red de la información acumulada por miles de siglos de cambios evolutivos y de cognición. A todo esto, les digo a mis estudiantes, le llamamos sociedad, que -al fin y al cabo- es el armazón biológico del planeta tierra.

Cuando antes he hablado de suerte, quería referirme a ese camino azaroso que, sin saber dónde lleva, se toma en la vida simplemente por el placer de conocer y la curiosidad de descubrir. Ese aprendizaje y la buena compañía que afortunadamente he encontrado en mi camino es lo que me ha traído aquí. Por eso, creo que el mérito de estar aquí es más de quienes, como comentaba antes, han compartido parte de ese tránsito. Ellos son los verdaderos merecedores de esta placa. No quiero dejar de mencionarlos por la trascendencia que tienen y por lo que significan a escala humana. Representan valores esenciales de lo que llamamos Sociedad.

Mis padres, mis hermanos, mi familia son mis primeros referentes. Con ellos aprendí conceptos básicos de compromiso y de responsabilidad, así como el gusto por el estudio y el conocimiento. Además de la permisibilidad y el empuje para hacerlo de forma divertida. Tengo que reconocer que mucho de lo que he aprendido ha sido como un juego. De ellos es una parte de esta distinción que recibo hoy.

Pero quiero recordar especialmente las enseñanzas de mi madre, no sólo porque como maestra nos enseñase rudimentos de latín o matemáticas, sino por la forma armónica que transmitía de estar en este mundo y por el gusto en la belleza de la sencillez, esa que tiene el arco de medio punto de una modesta ermita románica.

Tuve buenos profesores. Soy de una generación donde se daba una gran importancia a la educación para desarrollarse como persona y como sociedad. Por eso, quiero recordar a Doña Marcelina, a Don Manuel, a Pilar, a Miguel Ángel, a Javier, entre muchos otros, que, en aquellas aulas llenas de chiquillos revoltosos, supieron llevarnos de la mano para hacernos comprender elementos básicos del conocimiento. Sin todos ellos, hoy no estaría aquí. Ellos también merecen esta Placa.

Luego me fui a la Universidad. Fueron años magníficos. Allí encontré a grandes maestros que moldearon mi curiosidad y las inquietudes científicas. Diego Jordano nos hablaba de lo que en California se estaba haciendo con el ADN; Manuel Ruiz Amil, de cómo se desentrañaba una ruta metabólica; Guillermo Suárez, de todo lo que quedaba por descubrir del sistema inmunitario; Eduardo Gallego, de los descubrimientos de Santiago Ramón y Cajal sobre el sistema nervioso; y Carlos Sánchez Botija, de cómo erradicar una epidemia infecciosa. Son muchos más y no los puedo nombrar a todos, pero estos son representativos de la pasión por la ciencia que transmitían y por el respeto a la tradición intelectual que inculcaban que, al fin y al cabo, son



José Manuel Bautista Santa Cruz

pilares precisos para ser científico. Fueron mis maestros y mis inductores vocacionales. Por eso, de ellos debe ser también este reconocimiento que hoy me hacéis.

La formación que adquirí en mi etapa doctoral, con aquellos escasos medios que había en los laboratorios de una España que empezaba a soñar, fue esencial. Nadie sabía qué sería de aquellos jóvenes que nos empeñábamos en descubrir minúsculos fragmentos de cómo funcionaba la biología. Sin embargo, sabíamos por qué lo hacíamos. Por curiosidad.

Si hay algo que nos mueve a diseñar un experimento es obtener la respuesta a una conjetura. Aprendí a hacerme preguntas y a intentar responderlas. Amando Garrido, en Madrid, y Germán Soler, en Cáceres, supieron brindarme paciencia, tenacidad y una mirada original para indagar. Agradezco las carencias de medios de entonces, pues me enseñaron a aprovechar hasta el último miligramo de reactivo para obtener la explicación definitiva que siempre es necesaria. Es a ellos a quienes también premiáis hoy con esta Placa de Honor. Fueron muchos científicos españoles los que en aquellos años hicieron mucho con muy poco y nos dieron además afecto y amistad sin dejar de enseñarnos todo lo que ellos mismos habían aprendido viajando a otros laboratorios del extranjero.

El laboratorio de ultramar donde la suerte me volvió a transportar por la inquietud de aprender todo lo que no sabía, me recibió con los brazos abiertos. Son los años inten-

sos de fervor intelectual donde Lucio Luzzatto iluminó la diferencia entre esfuerzo y prioridad; y entre idea y financiación. Sin priorizar, el esfuerzo se difumina; sin ideas, la financiación se diluye. Años después sigo aplicando este criterio y trato de transmitirlo a mis estudiantes: estudiad, buscad la idea y priorizad.

La última vez que vi a Lucio, hace dos años, fue en un laboratorio de Dar es Salaam. A sus 84 años sigue investigando y enseñando en su penúltima jubilación. Es un ejemplo. De él aprendí también que la ciencia de calidad se puede hacer desde Nigeria o Tanzania a Nueva York pasando por Nápoles o Londres. El equipaje son las ideas. Philip Mason y la presencia de grandes científicos en Oxford y Cambridge escoltaron aquellos maravillosos años en Londres que acabaron moldeando al joven científico que un día volvería a Madrid. Me los traje a todos, y con ellos recibo también esta distinción. A ellos se lo debo.

También he tenido en los últimos 25 años una compañía constante e imprescindible. Es la de aquellos que un día enfocamos juntos objetivos comunes y que no sólo complementan mis muchas carencias, sino que apoyan lealmente los proyectos de principio a fin. Imaginar y acompañarme en la ilusión; laborar y acompañarme en el esfuerzo; planificar y acompañar mi mano para dibujar la flecha en la dirección correcta.

Amalia Díez, Antonio Puyet, Milagrosa Gallego y Susana Pérez son el arco que dispara con certeza. A ellos les llega este reconocimiento, como también a los estudiantes de doctorado que han pasado por nuestro laboratorio. El primero de ellos, y que, casualmente, les hablará después, es Rafael Zardoya, director del Museo Nacional de Ciencias Naturales (MNCN), que representa otro nodo de la red de transmisión de conocimiento que salió de nuestros laboratorios. Como les he dicho antes, esta noche estoy muy bien acompañado.

Déjenme acabar mencionando un nodo esencial en la actividad científica que le otorga sentido social. Es el nodo donde el individuo se eleva a la responsabilidad que puede aportar su conocimiento y su representatividad. Les hablo del Rector de mi Universidad que clausurará el acto. Cuando el 14 de marzo de 2020 le llamé para exponerle los planes de organizar una red de laboratorios de diagnóstico, con nuestra experiencia en enfermedades infecciosas para ayudar a combatir la pandemia, me dijo: «adelante». No dudó un momento de que nuestro conocimiento se debía poner al servicio de la sociedad, al servicio de combatir el inmenso miedo que todos teníamos entonces. Sin esa decisión clave, nada de lo que hicimos aquellos meses hubiera sido posible.

Un ejemplo, no sólo de que la ciencia es motor de decisiones acertadas, sino de que un representante institucional debe ser Sociedad antes que individuo. Fue una sabia decisión del Sr. Rector y, por tanto, esta distinción es también compartida con él y con todos los muchos científi-

cos, senior y jóvenes de la UCM que participaron con su talento e infraestructuras de forma generosa para combatir la pandemia desde el laboratorio.

Aprendí con mi madre a traducir: *Nemo solus satis sapit*. «Nadie por sí solo sabe lo suficiente». Lo escribí convencido en la primera página de mi tesis doctoral y hoy, en este acto, lo reafirmo.

Muchas gracias. Es un gran honor.

JOSÉ MANUEL BAUTISTA SANTA CRUZ
Catedrático de la Universidad Complutense de Madrid

Placa de Honor de la AEC 2021 concedida a Anuario y Boletín InfoRUID

Este año se cumplen 20 años de la creación de la Red de Universidades Valencianas para el fomento de la I+D+i (RUID). Fue en diciembre de 2001 cuando las cinco universidades públicas de la Comunitat Valenciana apostaron por sumar esfuerzos a través de la firma de un convenio de colaboración, que unos años más tarde daría lugar a la constitución de RUID como asociación sin ánimo de lucro.

Aquella apuesta sería por aquel entonces un hecho singular, que en otras Comunidades Autónomas generaba cierta expectación. Por primera vez, un sistema universitario regional decidía sentar las bases para empezar a cooperar en el ámbito de la I+D+i. Actualmente, componen la asociación las cinco universidades públicas que le dieron origen, así como las dos universidades privadas, Universidad CEU Cardenal Herrera y Universidad Católica de Valencia. Por otra parte, son socios honorarios de RUID la Red de Parques Científicos Valencianos y el Consejo Superior de Investigaciones Científicas, a través de su Delegación en la Comunitat Valenciana.

Tal como dictan los estatutos de RUID, y entre otros objetivos, la red se constituiría como interlocutor válido y coordinado ante las Administraciones Públicas y otros colectivos del Sistema Regional, Nacional y Europeo de I+D+i, con el objetivo de promover líneas de cooperación para el desarrollo de la innovación tecnológica y fortalecer el papel de las universidades como agentes del Sistema. Su propósito era convertirse en un instrumento útil para la Administración, pero a la vez, independiente de esta.

Durante estos 20 años, RUID ha desplegado múltiples proyectos en sus diferentes ámbitos de actuación. Por citar sólo algunos ejemplos significativos, la asociación cuenta con diversas experiencias en el desarrollo de acciones para promover la transferencia de conocimiento o la creación de empresas derivadas de la actividad investigadora, más comúnmente conocidas como *spin-off*.

Otro de los ámbitos en los que RUID ha centrado su atención en los últimos años es el de la internacionalización



De izquierda a derecha, Manuel Jordán, Jesús Lancis y Ángel Carbonell.

del sistema. En este sentido, la asociación pone a disposición de la comunidad científica e investigadora diferentes servicios de apoyo para facilitar su participación en programas internacionales de investigación.

Con estos antecedentes, quisiera a continuación dedicarle un apartado especial a la actividad de RUVID en el ámbito de la difusión social del conocimiento, motivo por el cuál recibe hoy la Placa de Honor en la categoría de divulgación científica, y más concretamente por sus publicaciones, el boletín digital y anuario InfoRUVID.

Desde mi incorporación como Director General de Ciencia e Investigación, he tenido ocasión de conocer de cerca la actividad de RUVID en este ámbito. Por este motivo, además de presentarles un poco más adelante algunos datos sobre el alcance de estas dos publicaciones, quisiera hablarles también de Sapiència. Sapiència es una iniciativa conjunta de RUVID y la Generalitat Valenciana que he tenido el gusto de ver nacer y cumplir con éxito su primera edición. Se trata de un encargo que desde la Dirección General a la que represento lanzamos a RUVID, con el fin de estimular las vocaciones científicas entre los jóvenes estudiantes de bachillerato de la Comunitat Valenciana. Los premios Sapiència, que recientemente celebraron su primer congreso, han sido sin duda una experiencia muy satisfactoria para mí, y un ejemplo real de cómo podemos contribuir desde la Administración a generar una sociedad más interesada por la ciencia y los científicos.

Ahora sí, permítanme que les hable de InfoRUVID. El boletín digital InfoRUVID nació en noviembre de 2007. Tiene periodicidad mensual y se publican diez ediciones al año. Su distribución es gratuita y actualmente incluye contenidos diversos sobre actualidad universitaria relacionada con la I+D+i, proyectos y resultados de investigación clasificados por áreas temáticas, noticias sobre la actividad de las *spin-off* universitarias, una agenda de eventos, y un apartado específico para publicar vacantes de empleo en investigación.

Por su parte, el Anuario InfoRUVID recoge cada año desde 2009 una selección de artículos publicados en el boletín digital y sus doce ediciones hasta la fecha son accesibles en formato digital desde la página web de la asociación. De todas ellas, siete ediciones han sido impresas en papel y han sido distribuidas a personas y entidades relevantes y representativas de diferentes colectivos sociales, académicos, políticos, empresariales, etc. La edición digital del Anuario infoRUVID se distribuye anualmente a toda la comunidad universitaria valenciana.

La recopilación de datos del impacto digital de ambas publicaciones se inició hace apenas unos años. Desde entonces, las sucesivas ediciones publicadas del boletín digital InfoRUVID han sido consultadas por más de 58.000 usuarios únicos, en más de 76.000 sesiones distintas, con más de 123.000 páginas vistas únicas.

Por no aburrirles con más cifras, les diré que estas sólo reflejan una parte del esfuerzo de RUVID por dar visibilidad social a los hitos de la investigación realizada en las universidades que la componen. Un esfuerzo que hoy en día se despliega también a través de otras numerosas actividades, como son su portal web, sus redes sociales, su oferta de actividades de divulgación (exposiciones, charlas y conferencias, talleres, materiales didácticos, etc.).

En los momentos actuales, la labor de RUVID tiene una importancia extraordinaria: comunicar y conectar la ciencia con la sociedad. La comunicación de la investigación favorece una sociedad formada y con pensamiento crítico, es decir, una sociedad más fuerte y ayuda a la ciudadanía a conocer la importancia de la ciencia y mejorar su percepción social. La ciencia nos ha ayudado a salir de la pandemia y es el momento de que la sociedad la valore y reclame una inversión continuada y estable en el tiempo. Pero, para ello, ha de conocerla. La investigación no debe quedar en un espacio cerrado: sus resultados y sus avances deben ser comunicados.

El trabajo de RUVID ha contribuido ampliamente a conseguirlo. Enhorabuena.

ÁNGEL CARBONELL BARRACHINA

Director General de Ciencia e Investigación de la Comunitat Valenciana

Respuesta del galardonado

Queridos amigos y amigas de la Asociación Española de Científicos (AEC). Señor presidente y querido amigo, Manuel Jordán. Muchas gracias, querido Ángel Carbonell, Director General de Ciencia e Investigación de la Generalitat Valenciana, por tus palabras de presentación. Es un placer para mí dirigirme a todos vosotros en este acto de entrega de las Placas de Honor 2021, y quiero que mis primeras palabras sean de felicitación.

De felicitación a todos los galardonados, pero también a la AEC por su magnífica labor y por su trayectoria, especialmente, en este año en el que se celebra su 50 aniversario.

Asimismo, quisiera destacar que para nosotros representa un gran honor compartir el reconocimiento que hoy nos brindáis, con la concesión de la Placa de Honor en la categoría de divulgación científica, con el Museo Nacional de Ciencias Naturales. En estos tiempos en los que todo parece volverse tan efímero, permitidme que me complazca reconociendo sus 250 años de historia, que le sitúan en la actualidad como referente en el ámbito de la investigación y la difusión del conocimiento en ciencias naturales.

Amigos y amigas, sólo se valora lo que se conoce. Y, con esta premisa, me remontaré al año 2007. La declaración por parte del Gobierno del Año de la Ciencia en España supuso

un hito muy relevante en el propósito de impulsar la cultura científica y mejorar la percepción social de la ciencia en nuestro país. Esta decisión fue, sin duda, una demostración del efecto transformador que pueden ejercer las políticas públicas en nuestra sociedad. Las universidades asociadas a RUVID, que ya habíamos tomado consciencia de la importancia de la difusión social del conocimiento, aprovechamos el impulso que la declaración del Año de la Ciencia supuso para intensificar nuestras actividades y lanzar nuevos proyectos.

RUVID se constituyó entonces como Unidad de Cultura Científica y de la Innovación, y colaboró de manera activa con la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología para profesionalizar y estructurar la actividad y competencias de estas unidades. En aquellos tiempos, universidades y centros de investigación tenían ya, por lo general, experiencias y proyectos en el ámbito de la divulgación del conocimiento, pero entonces aún no estaba tan asentada, ni entre las instituciones ni entre la comunidad científica, la cultura de comunicar los resultados de la investigación que se generaba en los propios centros. Y fue precisamente entonces, y con este fin, que lanzamos desde RUVID la primera edición de nuestro boletín digital InfoRUVID, que hoy recibe vuestro reconocimiento.

Unos pocos años más tarde y motivados por la buena acogida del boletín, decidimos lanzar una nueva publicación en formato anuario. El Anuario InfoRUVID incluiría una selección de noticias publicadas en el boletín y nuestra



Jesús Lancis Sáez

invitación a una lectura más reposada. En la actualidad, cuando han proliferado un sinfín de herramientas y nuevos formatos para la comunicación, como son, por ejemplo, las redes sociales, nuestro boletín digital y anuario siguen siendo las publicaciones de mayor valor y reconocimiento de RUVID.

En paralelo al lanzamiento del boletín y el anuario, quisiera recordar también las diferentes acciones que se pusieron en marcha en aquellos años, para motivar y dotar a la comunidad científica de las pautas y recomendaciones necesarias para enfrentarse a lo que supondría una tarea más en su día a día. Hoy en día, investigadores e investigadoras ya reconocen la importancia de dar difusión social a los resultados de su actividad y han adoptado una actitud proactiva en este sentido. A todos ellos, gracias por vuestra colaboración.

Señoras y señores, la comunidad científica ya tiene sus propios repositorios. Con el mismo rigor, pero con un lenguaje accesible, nuestro boletín digital y nuestro anuario, pero también nuestro portal web, pretenden ser un repositorio. Un repositorio para la sociedad de la actividad en investigación, desarrollo e innovación que se genera en las universidades de la Comunitat Valenciana.

Para terminar mi intervención quisiera también poner en valor el aspecto colaborativo de estas publicaciones. Ambas han nacido fruto de la colaboración de las siete universidades y se desarrollan contando con la colaboración de sus diferentes Unidades de Cultura Científica y de sus Servicios de Comunicación. Por este motivo, quisiera aprovechar este discurso para dar las gracias a todos los que las hacen posibles. A los que están actualmente y a los que estuvieron. A todos, gracias.

No tengáis duda de que el reconocimiento que hoy recibimos representa para nosotros un extraordinario impulso para progresar en nuestro propósito de acercarnos a la sociedad.

JESÚS LANCIS SÁEZ
Presidente de RUVID

Placa de Honor de la AEC 2021 concedida al Museo Nacional de Ciencias Naturales

Excelentísimos Señores Rectores Magníficos de las Universidades Complutense de Madrid (UCM) y Miguel Hernández (UMH) de Elche. Autoridades representantes de las instituciones científicas presentes en este acto. Señoras y señores, amigos todos. Es para mí un privilegio participar en el acto de entrega de las Placas de Honor AEC 2021 al Museo Nacional de Ciencias Naturales – MNCN (en adelante Museo) en su bicentésimo quincuagésimo aniversario, y hacerlo junto a quien va a recoger la placa, su director el Prof. Rafael Zardoya San Sebastián.

Hacer una *laudatio* de una institución con tanta historia como el Museo es también hablar de las instituciones y los personajes con quienes se relaciona. El origen del Museo se sitúa en plena Ilustración española, asociado a los reinados de Fernando VI y Carlos III. Se admite que el Gabinete de Historia Natural propuesto por don Antonio de Ulloa dentro de su Casa de la Geografía en 1752, es el inicio del que estableció definitivamente Carlos III como Real Gabinete de Historia Natural, al adquirir las colecciones de don Pedro Franco Dávila. Aquel núcleo inicial se fue enriqueciendo con las colecciones científicas locales y las traídas de ultramar.

El Museo cambió de sede para trasladarse a lo que hoy es la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando en la calle Alcalá (1771). Para darle una ubicación definitiva, se encargó a Juan de Villanueva la construcción de un edificio junto al Real Jardín Botánico, que finalmente se destinó a lo que hoy es el Museo del Prado. Pasó el siglo XIX sobreviviendo a expolios y miserias, con singulares excepciones, como, por ejemplo, la expedición científica al Pacífico de 1862-1866. No obstante, durante esa época el Museo originó numerosas cátedras de la Universidad Central y otras, y se previó de un nuevo edificio junto al Jardín Botánico (el actual Ministerio de Agricultura).

En octubre de 1895, el museo fue desalojado de su sede de la calle Alcalá, instalando sus colecciones y biblioteca en los sótanos del edificio, hoy ocupado por el Museo Arqueológico Nacional y la Biblioteca Nacional, precisamente en las dependencias que posteriormente ocupó en su fundación el Centro de Estudios Históricos (Menéndez Pidal) de la Junta para Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas (JAE).

Con el impulso renovador de la JAE, el Museo consiguió provisionalmente el espacio que ocupa ahora en los Altos del Hipódromo. En 1913, pasó a llamarse Museo Nacional. Gracias a la obra de Ignacio Bolívar, como director o desde la JAE (de la que fue su último presidente), el Museo marcó el despegue de las Ciencias Naturales en España. Pero también aparece asociado a otros nombres ilustres de la ciencia española.

Es necesario remarcar que la parte científica de la JAE se cimentó alrededor del Instituto Nacional de Ciencias Físico-Naturales (Real Decreto, 1910, de 27 de mayo) que agrupaba al Museo, el Museo de Antropología (que se forma con la sección de Antropología del MNCN según dicho decreto del 27 de mayo de 1910), el Jardín Botánico, el Laboratorio de Investigaciones Físicas de Blas Cabrera (por aquel entonces en dependencias del Museo) y el Laboratorio de Investigaciones Biológicas de Santiago Ramón y Cajal. Ese Instituto Nacional de Ciencias Físico-Naturales es el germen de las áreas científicas del Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

La actuación de la JAE fue muy provechosa para el MNCN desde el primer momento. Con el advenimiento de

la Segunda República se inició un proceso de reparación del error de haber instalado paralelamente la Escuela de Ingenieros Industriales en el mismo edificio algo que quedó pendiente. A esta época de relativa gloria y prosperidad, la que se llamó la edad de plata de la ciencia española, siguió el declive a partir de la Guerra Civil.

En 1984, el MNCN recuperó gracias al CSIC, la estructura funcional anterior a la Guerra. Hoy en día cumple íntegramente los requisitos propuestos por el Internacional Council of Museums (ICOM) para ser considerado como un verdadero museo nacional y su función no queda ni puede quedar sin contenido. Así, el MNCN es capaz de coordinar redes museológicas y de colecciones de Historia Natural descentralizadas; conservar un patrimonio científico histórico singular que está amparado por las leyes de patrimonio del Estado; sirve de primera institución de referencia social en temas de biodiversidad y medioambiente; mantiene las relaciones exteriores con otros museos y centros de investigación nacionales y extranjeros y, finalmente, demuestra excelencia investigadora. Aspecto este último que seguro que resaltará el Director, al cual debido a la historia y compromiso de la institución que representa, el presidente de la Asociación Española de Científicos (AEC) le hará entrega de la placa de honor 2021. Muchas gracias.

ALFONSO NAVAS SÁNCHEZ

Investigador científico del CSIC y vocal del Consejo Rector de la AEC

Respuesta del galardonado

Estimados Presidente y Consejo Rector de la Asociación Española de Científicos (AEC), autoridades (en especial las del Consejo Superior de Investigaciones Científicas – CSIC y de la Universidad Complutense de Madrid – UCM, por ser más cercanas a mi), galardonados (en especial, José Manuel Bautista Santacruz, al haber sido yo su primer doctorando), colegas y amigos.

Es un honor para mí recibir este premio tan prestigioso en nombre de mis compañeros del Museo, algunos de los cuales nos acompañan hoy aquí, así como en la parte que le corresponde, en nombre de la Sociedad de Amigos del Museo, bien representada en este acto por su presidente, Eduardo Aznar y su secretaria Josefina Cabarga. Como ha glosado Alfonso, que conoce muy bien la historia del Museo Nacional de Ciencias Naturales (MNCN) y fue su director, estamos celebrando los 250 años del museo. Muy pocas instituciones científicas pueden presumir de tal longevidad y ello nos enorgullece.

A lo largo de tantos años ha dado tiempo a que se sucedan periodos florecientes con otros mucho más sombríos. Si en una época se organizaban grandes expediciones que nos aportaban especímenes muy valiosos de las provincias de ultramar para completar nuestras colecciones y causaban el asombro de la ciudadanía, durante las guerras



De izquierda a derecha, Manuel Jordán, Rafael Zardoya y Alfonso Navas.

napoleónicas, y la guerra civil, el museo fue desbastado en gran parte, quedando abandonado a su suerte durante la dictadura. Sólo se consiguió continuar a fuerza de trabajo y mucha tenacidad o terquedad, según se mire. Otra peculiaridad de nuestro Museo a lo largo de su trayectoria histórica ha sido su continuo peregrinaje de sedes. Pudiendo haber ocupado el edificio que hoy es del Museo Nacional del Prado, acabamos en el edificio actual, el Palacio de las Artes y la Industria, en el que ocupamos una pequeña parte, perteneciendo el resto a la Escuela de Ingenieros Industriales. Aún esperamos poder conseguir, algún día, una sede acorde a la importancia de nuestra investigación, colecciones científicas y exposiciones.

Pero no debemos quedarnos en la nostalgia de atesorar un gran pasado histórico, sino que queremos reivindicar en voz alta el buen hacer del presente como reconoce esta Placa de Honor de la AEC. Nacimos como un gabinete de curiosidades y somos ahora un centro de investigación emblemático del CSIC, la principal institución de ciencia de España y una de las más importantes de Europa. Con una plantilla de unos 250 investigadores, técnicos y doctorandos, nuestra investigación gira en torno al estudio de la naturaleza y es, si cabe, más importante y necesaria que nunca en estos tiempos de crisis ambiental debida a la fuerte presión humana.

Si una palabra puede caracterizar nuestra investigación es la «multidisciplinaridad», que nos permite acercarnos al estudio de los complejos procesos naturales desde muy diferentes perspectivas y utilizando las tecnologías más modernas como la secuenciación masiva de ADN o la tomografía computarizada. Así, tenemos grupos de investigación punteros a nivel mundial que trabajan en la descripción de nuevas especies y de sus relaciones filogenéticas, la adaptación ecológica, el efecto del cambio climático en la biodiversidad, el papel de los microorganismos en los ciclos biogeoquímicos, el estudio de la evolución humana o el estudio de la intensificación de los riesgos naturales por el cambio climático. Quizás de toda la investigación generada en el museo, la más genuina es la que se cimienta en nuestras centenarias colecciones científicas de animales, fósiles, minerales y rocas. El Museo alberga más de diez millones de ejemplares procedentes de todo el mundo, desde el Mediterráneo hasta la Antártida, desde islas oceánicas y fondos marinos hasta los desiertos y las montañas. Me gustaría destacar que, desde hace años, los especímenes se colectan y preservan de forma que su ADN, e incluso, en algunos casos, su ARN, puede ser utilizados para estudios evolutivos básicos y en estudios de biomonitorio aplicados a la conservación de la biodiversidad, y que son muy demandados por las administraciones públicas.

Nuestras colecciones están conectadas con las de otros grandes museos de historia natural y nuestro actual reto es poder digitalizarlas al completo para que queden disponibles universalmente siguiendo un modelo de ciencia abierta. El tercer pilar del Museo, y más reconocido por el público general, lo componen nuestras exposiciones, y la comunica-



Rafael Zardoya San Sebastián

ción científica, con una intensa presencia en redes sociales y los programas públicos y actividades de educación ambiental. Tenemos exposiciones permanentes sobre el gabinete de historia natural, la biodiversidad y los procesos evolutivos que la generan y mantienen, sobre las faunas extintas que se han sucedido a lo largo de los diferentes periodos geológicos o que muestran nuestra colección de meteoritos. Ejemplares como el megaterio, el elefante africano o el lobo marsupial quedan en la memoria de nuestros visitantes.

De los más de 300.000 visitantes anuales, un tercio son colegios y el resto familias y turistas. Aún se nos escapan los adolescentes y jóvenes entre 16 y 30 años. En cambio, sí que me gustaría destacar que hemos hecho un gran esfuerzo en los últimos años por hacer más accesible el Museo y las exposiciones a las personas discapacitadas. Con la pandemia, diseñamos visitas virtuales a las exposiciones que son accesibles a través de la página web y abren el Museo a cualquier persona interesada en el mundo. No obstante, mi recomendación es que la visita presencial al Museo sigue siendo irremplazable y nada puede sustituir la fascinación de comprobar, por ejemplo, el tamaño de nuestra ballena rorcual en la sala del Museo.

En definitiva, aunque mi apreciación está sesgada, creo que la combinación de investigación, colecciones y divulgación en un entorno altamente dinámico hacen del Museo, hoy por hoy, uno de los centros más atractivos del CSIC para desarrollar las vocaciones y carreras científicas. Muchas gracias a todos.

RAFAEL ZARDOYA SAN SEBASTIÁN
 Director del Museo Nacional de Ciencias Naturales

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

Estimado Presidente de la Asociación Española de Científicos (AEC), galardonadas, galardonados, señoras y señores: Como Rector de la Universidad Complutense de Madrid (UCM), es un honor clausurar este acto de distinción tan relevante, del que me enorgullece ser partícipe. Siendo veterinario y un apasionado de la investigación, me hace una especial ilusión participar en este acto, al sentirme plenamente identificado con la labor de las personas y entidades galardonadas.

La ciencia ha sido y es la forma más importante de poder entender la realidad en la que vivimos. Profesionales de distintas áreas, como las personas distinguidas hoy y sus proyectos, están, estoy seguro, en la línea de seguir dignificando la ciencia y el conocimiento. Sea cual sea la disciplina en la que investiguen, las personas que hoy reciben la Placa de Honor AEC comparten varios atributos.

Y es que cualquier persona dedicada a la investigación es alguien que se distingue por conocer los últimos adelantos en su área, que observa, que posee una actitud escéptica al desconfiar de las creencias comúnmente admitidas, que es valiente, que trabaja con método científico y que, finalmente, sabe colaborar y trabajar en equipo. Pero, sobre todo, es alguien que culmina todo con el fin último de su trabajo: divulgar y transferir sus hallazgos.

La ciencia no es algo neutral y no debe serlo. Su objetivo central, y por lo que es trascendental para el devenir humano, es encaminarse a mejorar nuestras condiciones de existencia. Con la llegada de la COVID-19, la palabra ciencia ha copado los informativos, tertulias y discursos de los políticos, y hemos sentido que, por fin, se ponía en valor nuestro trabajo. La ciencia recuperaba protagonismo y realizaba su imagen positiva en la sociedad. Pero, lamentablemente, también hemos visto como se la ha utilizado, e, incluso, maltratado. Y como suele ocurrir, se tiende a poner el foco sólo en el sector científico que nos afecta en cada momento, ya sean las ciencias de la salud o la vulcanología, por poner sólo unos ejemplos de actualidad.

Sabemos que tenemos que vivir con ello. Pero también hemos avanzado mucho. Propongo reflexionar un momento sobre esto. Si echamos la vista atrás, han transcurrido más de cuatro décadas desde la creación de esta Asociación. En este tiempo la tecnología, los laboratorios, las comunidades científicas y nuestra misma manera de aproximarnos al mundo han cambiado radicalmente.

En los últimos meses, nos hemos adaptado y reinventado para seguir adelante en medio de una pandemia global, en la que la ciencia, en toda su extensión, ha sido la protagonista. Sus logros son los que nos han permitido mantener la actividad y regresar en tiempo récord a la vida más o menos de siempre.

Quiero hoy poner en valor la labor de AEC y su compromiso, contribuyendo activamente a dignificar y acentuar en nuestro país la importante labor que tiene la ciencia, en sus más diversas disciplinas. Y, por supuesto, he de destacar la contribución del personal investigador al bienestar de las personas. Y por eso, como Rector de la UCM, quiero transmitir el agradecimiento de la sociedad, el reconocimiento de nuestra institución y, también, el mío personal.

Os animo a continuar este esfuerzo con entusiasmo, sin caer en el desaliento, porque con vuestro conocimiento y vuestra reflexión incidís positivamente en nuestro entorno y en nuestras vidas. Vale la pena creer que el mundo puede ser mejor si utilizamos convenientemente los recursos y las herramientas que tenemos disponibles para lograrlo. Estoy seguro de que la Asociación y sus miembros, y las personas, entidades y empresas que hoy reconocemos con la entrega de estas placas, seguiréis ese camino.

Mi más sincera consideración y enhorabuena por vuestro compromiso y logros a Margarita, José Ángel, Fernando, José Manuel, al Anuario y revista digital InfoRUVID y al Museo Nacional de Ciencias Naturales de Madrid, por el reconocimiento esta noche con la máxima distinción que entrega AEC.

Muchas gracias.

JOAQUÍN GOYACHE GOÑI

Rector de la Universidad Complutense de Madrid



Joaquín Goyache Goñi



UNIVERSITAS
Miguel Hernández