



*con* CIENCIAS.digital

REVISTA DE DIVULGACIÓN CIENTÍFICA

<https://divulgacionciencias.unizar.es/revista-conCIENCIAS/numero/32>

Nº 32 MAYO 2024

TESOROS OCULTOS  
de CIENCIA e HISTORIA



Nº 32 / MAYO 2024

**REDACCIÓN**

Dirección:  
Ana Isabel Elduque Palomo

Subdirección:  
Ángel Francés Román

Diseño gráfico y maquetación:  
Víctor Sola Martínez ([www.vicsola.com](http://www.vicsola.com))

Comisión de publicación:  
Blanca Bauluz Lázaro  
María Luisa Sarsa Sarsa  
María Antonia Zapata Abad

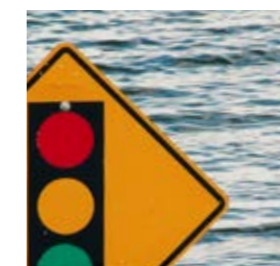
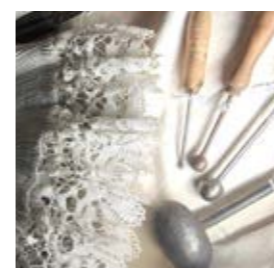
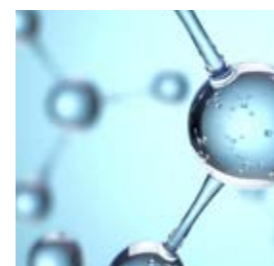
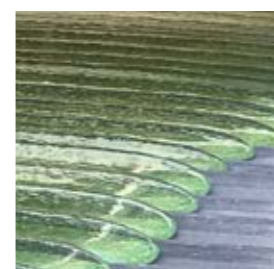
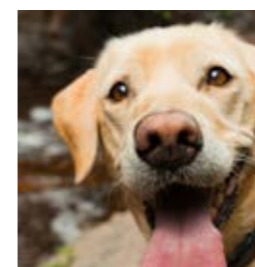
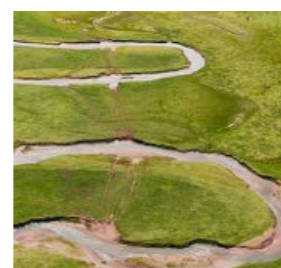
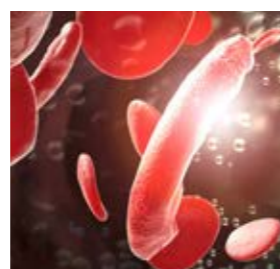
**EDITA**

Facultad de Ciencias,  
Universidad de Zaragoza.  
Plaza San Francisco, s/n  
50009 Zaragoza  
[ciencias.unizar.es](http://ciencias.unizar.es)

IMPRIME: Servicio de Publicaciones. Universidad de Zaragoza  
DEPÓSITO LEGAL: Z-1942-08  
ISSN: 1888-7848 (Ed. impresa)  
ISSN: 1989-0559 (Ed. digital)

Imágenes: fuentes citadas en pie de foto.  
Fotografía de la portada: Claustro del Monasterio de Canonesas del Santo Sepulcro,  
por Ana Isabel Elduque.

La revista no comparte necesariamente las opiniones  
de los artículos firmados y entrevistas.



<b>EDITORIAL</b> .....	<b>2</b>
<b>GEOLOGÍA Y DESASTRES NATURALES: EL ESPACIO PRECISO, EL TIEMPO PROFUNDO</b> José Luis Simón	<b>4</b>
<b>LA PROBLEMÁTICA ACTUAL DE LAS BATERÍAS PARA VEHÍCULOS ELÉCTRICOS</b> Ana Elduque y Juanjo Ortega	<b>14</b>
<b>EL MONASTERIO DE CANONESAS DEL SANTO SEPULCRO DE ZARAGOZA NECESITA CÓMPLICES</b> Marisancho Menjón	<b>28</b>
<b>ECONOMÍA CIRCULAR</b> Jorge Pérez y Miguel Cano	<b>46</b>
<b>LOS VETERINARIOS: AGENTES SANITARIOS DE PRIMER ORDEN</b> José Manuel Martínez Pérez	<b>54</b>
<b>LAS HUELLAS DE LAS GLACIACIONES DEL PASADO PRÓXIMO Y REMOTO</b> Gonzalo Pardo y Concha Arenas	<b>66</b>
<b>NOTICIAS Y ACTIVIDADES</b> .....	<b>90</b>

**TESOROS OCULTOS de CIENCIA e HISTORIA**

Hola de nuevo, lectores de conCIENCIAS. Nos volvemos a encontrar en un nuevo número de la revista que, gracias a los autores y a vosotros, sigue siendo posible.

Como suele ser habitual en esta publicación, la Geología y las Ciencias de la Tierra tienen su espacio nuevamente. Si alguien piensa que esta revista no tiene los pies en el suelo, debería cambiar de idea. El primer artículo se lo debemos a José Luis Simón y, aunque su narración se centra en cuestiones inquietantes como son los desastres naturales, nos explica cómo, pensando en términos científicos, podríamos abordar más y mejor fenómenos naturales, la mayoría inexorables, pero cuyas consecuencias derivan más de cómo los prevenimos y afrontamos que de su propia severidad.

Al hilo de lo anterior, Gonzalo Pardo y Concha Arenas nos describen cómo un cambio tan tremendamente hostil para la vida, como es una glaciación, deja huellas indelebles en la Naturaleza, pero que unos estudiosos de la Geología nos pueden explicar milenios después.

Y siguiendo con la descripción de la Naturaleza y de su unicidad, José Manuel Martínez Pérez nos narra con gran claridad cómo animales y humanos, al fin y a la postre ambos animales, presentamos un comportamiento análogo frente a los patógenos que nos acechan. El eslogan “una sola salud” resume brevemente este planteamiento, pero su claridad meridiana no exige mayor explicación. Léanlo y lo comprobarán.

En este número aparece un extraordinario artículo sobre un tesoro casi oculto de nuestra ciudad, al que hemos querido dedicar la imagen de portada y el título de la revista. El Monasterio de las Canonas del Santo Sepulcro solo puede ser calificado de joya. A lo largo del artículo se puede respirar el mismo amor por el monasterio que profesa la autora, Marisancho Menjón, como disfrutar de la paz de unos espacios centenarios plagados de la historia de Zaragoza. Dedicuen un tiempo a la lectura, pero no olviden que visitarlo es la mejor experiencia que pueden hacer y de la que saldrán plenamente recompensados.

Hace tiempo que la economía circular ha demostrado que es la única vía para que los más de siete mil millones de personas que habitamos el planeta podamos seguir disfrutando de unos estándares de vida adecuados. Se ha acabado, le pese a quien le pese y lo niegue quien lo niegue, el usar y tirar. Y la economía circular nos con-

cierte a todos, productores y usuarios. Desde el punto de vista fabril, Jorge Pérez y Miguel Cano, de Industrias Químicas del Ebro, nos detallan el proyecto de su compañía para convertir un residuo en un producto útil, materia prima de uso habitual en otras industrias productivas. Su trabajo, que viene desarrollándose desde hace años, demuestra que la nueva mentalidad necesaria para superar la economía lineal es perfectamente viable.



Monasterio del Santo Sepulcro (fachada y detalle de columna y arco del claustro).

Fotografías de Ana Isabel Elduque.

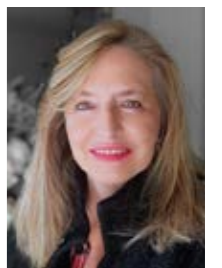
Otro de los cambios que vamos a tener que afrontar en breve es el relacionado con la movilidad. El hombre se mueve y quiere moverse, pero a lo largo del siglo XXI veremos que los vehículos en los que lo hagamos habrán cambiado drásticamente. Pero todo móvil, mientras la segunda ley de la termodinámica siga vigente, requiere una energía que lo impulse y, al menos hasta hoy, la movilidad eléctrica requiere de baterías que almacenan la energía electroquímica necesaria. Desde el Colegio de Químicos de Aragón y Navarra, Juanjo Ortega y yo misma, presentamos un resumen de la situación actual del mundo de las baterías y muchos de los retos tecnológicos a los que se está enfrentando.

En el número anterior estrenamos la sección ConCienCIAAndo elaborada por José María de Teresa, en la que se hace eco de noticias de alto impacto en el mundo de las investigaciones más avanzadas en diversos campos. Al poco tiempo, y dentro del concurso iberoamericano de divulgación científica Ciencia en Acción, una publicación de José María ha obtenido Mención de Honor (segundo premio) en el concurso Ciencia en Acción a un artículo sobre neurotecnología publicado en la revista conCIENCIAS. No se puede decir más

con menos sobre la calidad de nuestro colaborador, lo que es garantía de la solidez de la sección que elabora y que, como es obvio, seguiremos publicando. Enhorabuena José María, es un honor contarte entre nosotros.

Solo me queda desearos que disfrutéis de la lectura. Os esperamos en el próximo conCIENCIAS.

Ana Isabel Elduque Palomo  
Directora de conCIENCIAS

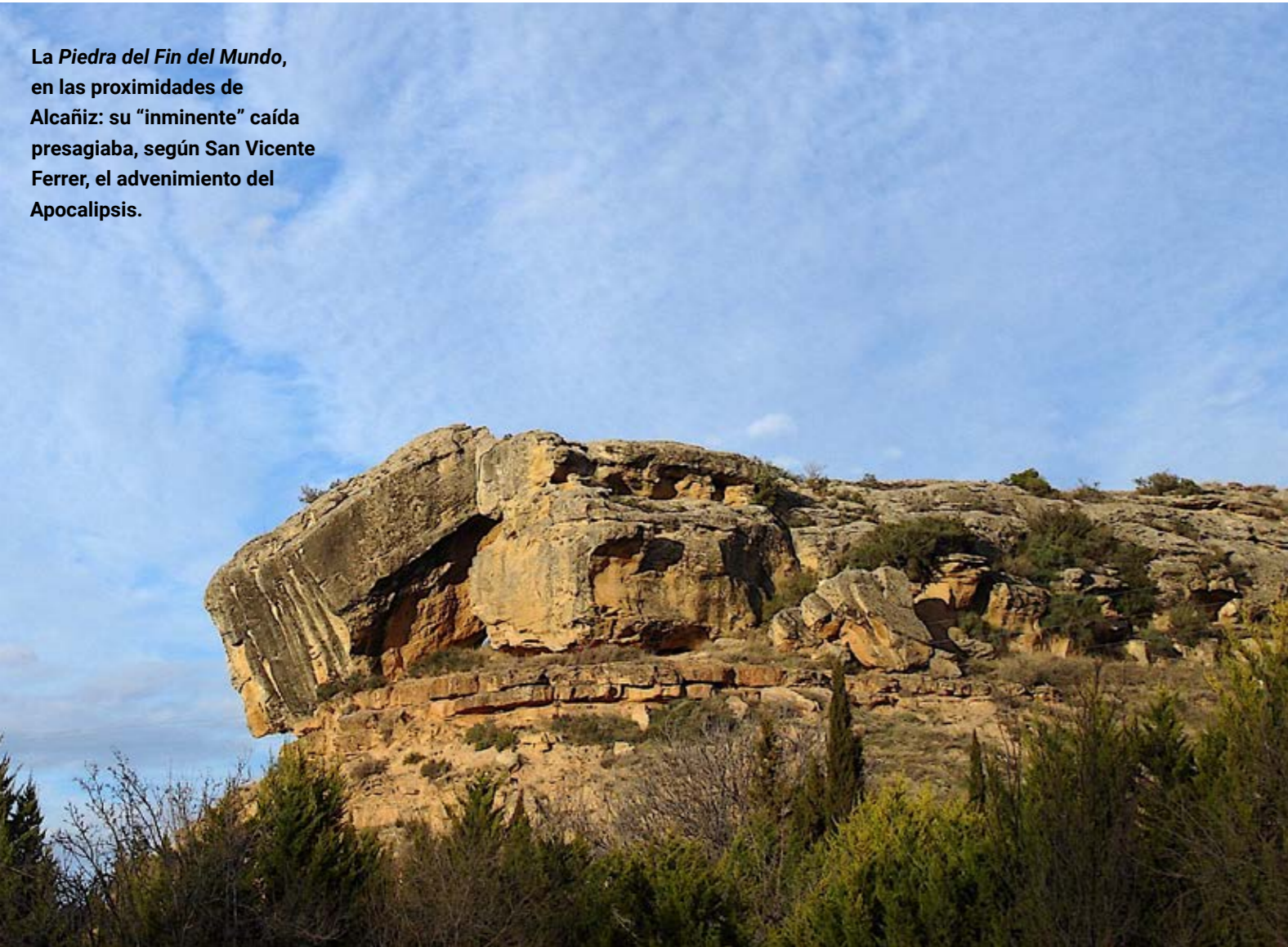


# Geología y desastres naturales: el espacio preciso, el tiempo profundo



“El conocimiento geológico resulta imprescindible para acercarnos a comprender la dinámica y el *tempo* real de nuestro planeta.”

José Luis Simón



La Piedra del Fin del Mundo, en las proximidades de Alcañiz: su "inminente" caída presagiaba, según San Vicente Ferrer, el advenimiento del Apocalipsis.

**A** comienzos del siglo XV había en nuestro país un gran *influencer*: el dominico San Vicente Ferrer. Su fama de predicador persuasivo e incansable le precedía en sus largas campañas pastorales por toda la Corona de Aragón y por media Europa. En su paso por Alcañiz, se cuenta que pronunció un exaltado sermón en la loma en que se asienta la ermita de la Encarnación, y en cuya cornisa se halla un enorme bloque de roca en precario equilibrio. El clérigo consiguió encoger el alma de sus fervientes *followers* anunciando la proximidad del Juicio Final, y comparándola con el poco tiempo que, a todas luces, faltaba para que esa piedra cayese por la ladera. Puesto que el Apocalipsis podía ocurrir en cualquier momento, había que prepararse para lo inminente\*.

"Pensamiento mágico" llamaríamos ahora a esa retórica y, si quisiéramos alimentar más nuestro escepticismo, bastaría con resaltar que la *Piedra del Fin del Mundo* sigue más o menos en el mismo sitio seis siglos después. También era pensamiento mágico la "leyenda urbana" que en el Teruel de los años 60 del XX nos relataba nuestro maestro de Primaria: una profecía según la cual Teruel sería algún día destruido por una erupción volcánica. La imaginación infantil se trasladaba entonces al vecino cerro de Santa Bárbara, caracterizado por su perfil cónico, y de cuya cúspide casi nos parecía ver salir humo.

Aun siendo partícipes estas leyendas de la misma irracionalidad, hay entre ambos escenarios una sustancial diferencia: en Teruel no hay volcán alguno ni se le espera (el cerro de Santa Bárbara es un simple producto de la erosión de rocas sedimentarias), mientras que en Alcañiz sí hay un enorme bloque de piedra que algún día caerá de la montaña. Si la racionalidad y la ciencia deben sustituir al pensamiento mágico, habrá que ahondar en esa obviedad y articular mecanismos de análisis riguroso del peligro que tales fenómenos comportan. Asimismo, será necesario trasladar ese planteamiento a la mente y a la cultura de la ciudadanía y, aun más importante, a la mente y a la cultura de quienes nos administran y toman las decisiones que nos afectan.

#### ESTRATEGIAS FRENTE A LOS RIESGOS NATURALES: LA CATÁSTROFE DEL CAMPING DE BIESCAS

El riesgo que se deriva de un fenómeno catastrófico es el producto de cuatro factores: (1) peligro o probabilidad de que el fenómeno ocurra, (2) exposición al mismo (en el espacio y en el tiempo), (3) valor de todo aquello que queda expuesto (personas, infraestructuras, bienes materiales...) y (4) vulnerabilidad de los mismos.

Imaginemos la siguiente escena. Una persona que camina por la ciudad decide atravesar una zona ajardinada. Ve los aspersores de riego funcionando y elucubra cómo hacer para evitar mojarse:

- Puede hacer cálculos probabilísticos sobre cuándo y cómo atravesar la zona regada, basados en la velocidad del giro de los aspersores y en su propia capacidad atlética para esquivarlos.
- Puede ir a buscar un impermeable con el que proteger el apreciado traje que lleva puesto.
- Puede ir a cambiar el traje por su chándal de estar por casa. Poco se perderá si se le moja.

**"Si la racionalidad y la ciencia deben sustituir al pensamiento mágico, habrá que ahondar en esa obviedad y articular mecanismos de análisis riguroso del peligro."**

\* Este artículo constituye una transcripción libre de la lección inaugural pronunciada por el autor en el acto de celebración de la festividad de San Alberto Magno (Facultad de Ciencias de la Universidad de Zaragoza, 13 de noviembre de 2023).

- Pero lo más probable es que decida aplicar el sentido común: dar un pequeño rodeo y evitar la zona que cubren los aspersores.

De las distintas estrategias posibles (esquivar el peligro, reducir la vulnerabilidad o el valor de sus bienes, evitar la exposición espacial) elige esta última.

Es precisamente lo que no se hizo en el camping Las Nieves de Biescas. Allí, el riesgo de una catástrofe que en 1996 se llevó 87 vidas humanas no había sido adecuadamente valorado. La estrategia para su prevención había sido tratar de disminuir la vulnerabilidad mediante una obra de ingeniería civil: un canal artificial que supuestamente habría de encauzar cualquier riada que se

produjese en el barranco, y unas cuarenta presas aguas arriba que debían retener los sedimentos. Es el tipo de estrategia que se elige cuando, por encima de todo, se confía en la tecnología. Pero en ese caso no funcionó: la avenida desbordó ampliamente el cauce artificial, y las presas fueron cayendo como fichas de dominó contribuyendo a agravar aun más la avalancha de rocas y barro que arrasó el camping.

Otra estrategia, más sencilla y sensata, hubiese sido evitar la exposición al peligro. Era la que emanaba del sentido común, y también del conocimiento científico, como bien habían señalado el investigador del Instituto Pirenaico de Ecología Pedro Montserrat y los funcionarios Emilio Pérez Bujarrabal y Francisco Ayala, que redactaron informes negativos sobre la ubicación de aquella infraestructura turística.

La imagen de satélite de Google Earth muestra el aspecto del gran cono de deyección del barranco de Arás (Biescas, Huesca), donde se instaló el camping Las Nieves.

Para evitar la exposición espacial, la geología posee métodos eficaces que permiten interpretar el registro dejado por esos fenómenos catastróficos en el pasado y, por tanto, acotar el espacio que puede verse afectado en el presente. Ese registro, en forma de sedimentos, rocas, fósiles, estructuras tectónicas o formas del relieve constituyen la *memoria de la Tierra*. Una memoria que va mucho más allá de la breve experiencia y la frágil memoria humana.

El camping de Biescas se situaba en el interior de un gran cono de deyección o, según la denominación habitual en geología, de un abanico aluvial. El barranco de Arás desagua en él y, al perder súbitamente su energía por el desconfinamiento y la disminución brusca de pendiente, descarga los sólidos que arrastra. El día 7 de agosto de 1996 desaguó hasta 500m<sup>3</sup>/s en el ápice del abanico y arrastró bloques de hasta 10 toneladas. En total, se estima que en esa sola avenida movilizó y depositó en el cono de deyección más de 100.000 toneladas de sedimentos. El barranco ha ido así construyendo, durante milenios, un edificio sedimentario fácilmente reconocible en el relieve. Ese es el registro geológico de una catástrofe que se repite de tiempo en tiempo, que puede "leerse" en el paisaje. Cualquier discurso que se empeñe en negar esa evidencia carece de racionalidad.

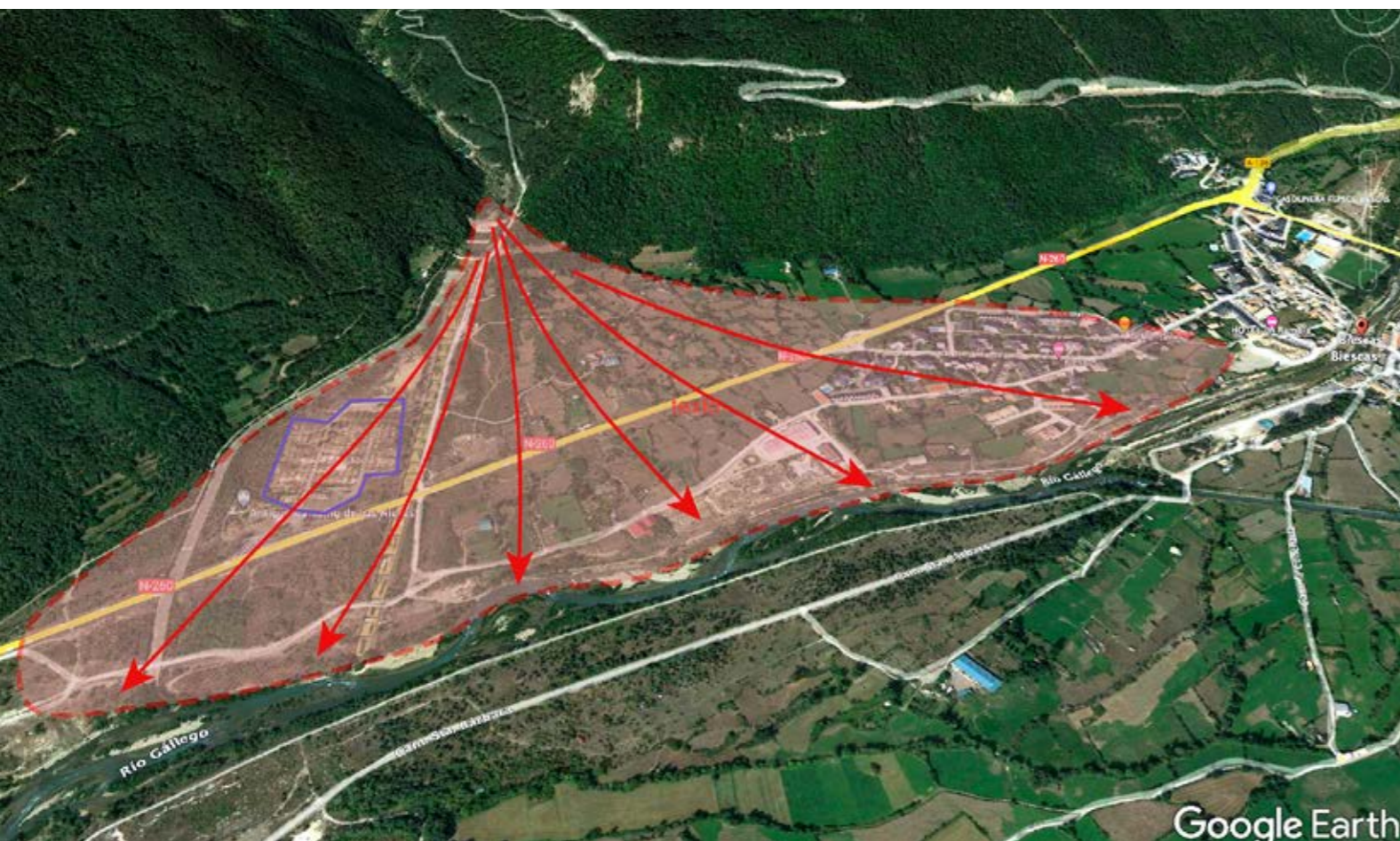


Los hundimientos kársticos en el entorno de Zaragoza son un fenómeno registrado en el pasado geológico en forma de *paleodolinas* (arriba), y visible en la actualidad por sus efectos en infraestructuras y edificaciones (abajo).

#### OTRO CASO: LAS DOLINAS DE ZARAGOZA

Un fenómeno bien conocido en el entorno de Zaragoza y en otras zonas de Aragón son las dolinas o simas, producidas por el hundimiento del terreno sobre huecos originados por disolución del yeso en el subsuelo. El fenómeno se manifiesta en el registro geológico en forma de *paleodolinas*, concavidades rellenas de sedimentos o de material colapsado cuyas secciones vemos en muchos taludes naturales y artificiales, y continúa activo en la actualidad. Desde la gran expansión urbana de Zaragoza en las décadas de 1960 y 1970, esas dolinas fueron cubiertas de escombros para construir sobre ellas. La subsidencia del terreno continuó, ya que no hay medidas eficaces para evitarlo, y los daños que han producido en zonas residenciales e industriales desde entonces son cuantiosos.

Las zonas de subsidencia son, en general, conocidas. Hay evidencias en superficie, así como técnicas de auscultación del subsuelo mediante prospección geofísica



(eléctrica, electromagnética, microgravimétrica, georradar), que las delatan. Por tanto, es factible evitar la exposición de edificaciones e infraestructuras a su impacto. Los geólogos de la Universidad de Zaragoza venimos insistiendo en ello desde hace mucho tiempo, alertando de la inconveniencia de algunos planes urbanísticos o, allá por 2003, en un episodio que tuvo un gran impacto informativo, del discutible trazado del corredor de entrada del AVE a la capital aragonesa.

En algunas ocasiones el conocimiento científico ha sido tenido en cuenta. Así, el Ayuntamiento de Zaragoza encomendó en 1998, a un equipo de investigadores, la elaboración de mapas de peligrosidad de subsidencia del terreno por dolinas activas en algunas áreas que el nuevo Plan General de Ordenación Urbana declaraba urbanizables. Se trataba de evitar la edificación sobre las zonas peligrosas, fijando unas pautas que, en general, han sido asumidas desde entonces por los geólogos consultores, los arquitectos y las empresas constructoras.

En otros casos, en zonas urbanas ya consolidadas, muchas dolinas inútilmente ocultadas han continuado manifestando su actividad y produciendo daños, pero las servidumbres económicas y administrativas han impedido ordenar adecuadamente la edificación. Es el caso de una dolina situada en el barrio de Valdefierro, sobre la que se construyó la factoría de la empresa Hispano-Carrocería. Sus naves fueron parcialmente dañadas en los años 80 y 90, antes de ser demolidas. Más tarde se edificó allí un hipermercado y un polígono de viviendas, uno de cuyos bloques fue desalojado años más tarde ante el riesgo que suponía su basculamiento visible hacia el centro de la sima.

#### LA VARIABLE TIEMPO

Hemos señalado el papel de la geología para prevenir la exposición espacial a algunos desastres naturales, basado en su capacidad de leer la *memoria de la Tierra* y acotar el espacio preciso en que pueden ocurrir esos fenómenos. Pero es momento de hablar también de la variable tiempo. Es inexorable que la *Piedra del Fin del Mundo*, como otras rocas en equilibrio crítico en las laderas, un día acabará cayendo. Pero la pregunta es: ¿cuándo?

Hay fenómenos a los que la exposición espacial, aun conocida y acotada, puede ser inevitable. Ahí están, por ejemplo, las ciudades construidas en las faldas de volcanes o a orillas de los ríos. Hay otros, como los tifones o los terremotos, cuyos efectos se extienden por territorios tan amplios que es virtualmente imposible escapar de ellos en caso de que se produzcan. En tales casos, la cuestión crítica no es el “dónde” sino el “cuándo”.

En algunos casos esa pregunta tiene respuesta. Es decir, hay fenómenos que tienen una predictibilidad razonable, que permitiría evitar la exposición temporal de la población y de los bienes materiales muebles mediante su evacuación a tiempo. Los sistemas de alerta temprana de inundaciones o de erupciones volcánicas, cada vez más avanzados, son una muestra de cómo se ha progresado en esa línea.

Pero hay otros que no son predecibles, y es entonces cuando nuestra mente se resiste a aprehenderlos y gestionarlos. En particular, le resulta difícil asumir escenarios intermedios entre las catástrofes que preocupan porque “seguro ocurrirán” (generalmente, aquéllas de las que se ha tenido experiencia directa o cercana en el pasado) y esas otras que nos son indiferentes porque “es imposible que ocurran” (generalmente, las que han

sucedido más de una generación atrás). Se ignora que lo que hay, en realidad, son fenómenos con alta probabilidad y fenómenos con baja probabilidad. Se piensa que si una catástrofe ocurre “una vez cada mil años” no merece ser tenida en cuenta. Esa postura lleva a flagrantes sinsentidos: riadas similares en el barranco de Arás no suceden “cada 1000 años” como publicó la prensa, ni mucho menos cada 5000, como se llegó a decir en el largo proceso judicial que siguió el caso de Biescas. En realidad, en 1913 y 1929 habían ocurrido sucesos similares, uno de ellos con una víctima mortal.

#### TERREMOTOS: LA PERSPECTIVA GEOLÓGICA

Hemos visto cómo hay peligros naturales que pueden acotarse en el espacio y otros que no. Hay desastres predecibles en alguna medida y otros que no lo son. En ese variado panorama, la peor parte se la llevan los terremotos: son impredecibles y sus efectos se extienden por territorios inabarcables.

En tal situación, a la ciencia sólo le cabe hacer una aproximación probabilística, en el espacio y en el tiempo. Por ejemplo, elaborando mapas de peligrosidad en forma de máxima intensidad o máxima aceleración sísmica esperable en cada punto de un territorio en un periodo de retorno determinado. Con ello tratamos de conocer mejor los parámetros del peligro para que, aunque este sea inevitable, sí podamos gestionar el riesgo de una forma racional e integral.

Para ello tenemos dos estrategias que se complementan entre sí:

1. Minimizar la exposición espacial, o al menos tratar de ajustar el valor personal, económico o estratégico de los bienes a la probabilidad del peligro.

Trabajos de paleosismología llevados a cabo por investigadores del Dpto. de Ciencias de la Tierra de la Universidad de Zaragoza en la falla de Conclud, cerca de Teruel.



“Se piensa que si una catástrofe ocurre una vez cada mil años no merece ser tenida en cuenta.”

Las administraciones públicas cuentan para ello con las herramientas de ordenación del territorio.

2. Reducir la vulnerabilidad de las edificaciones (y, por tanto, de las personas que las habitan) implementando normas de construcción sismorresistente allí donde la peligrosidad sea más alta.

Normas constructivas y ordenación del territorio son las únicas dos herramientas eficaces que tenemos, hoy por hoy, para hacer frente a los terremotos.

Y es en esa aproximación probabilística donde de nuevo entra en juego la geología, y lo hace aportando una visión del *tempo* de los fenómenos naturales que es mucho más realista que la que nos proporciona nuestra corta experiencia. Frente a la breve memoria humana (personal y familiar, en incluso la breve memoria histórica y documental de una civilización), la geología proporciona el conocimiento del tiempo profundo, de la *memoria de la Tierra*.

La inmensa mayoría de los terremotos están producidos por fallas tectónicas. Los terremotos sucedieron, pero las fallas siguen ahí. En las rocas de su entorno y en los rasgos del relieve ha quedado el registro físico de grandes terremotos prehistóricos. Su estudio constituye una disciplina, la Paleosismología, en la que convergen métodos de la Geología Estructural, la Geomorfología, la Sedimentología, la Geofísica y la Geocronología.

Si las fallas no afloran en el terreno, los paleosismólogos las buscan excavando trincheras *ad hoc*, que luego estudian con detalle de arqueólogos. El objetivo es identificar y datar pulsos de movimiento que puedan corresponder a paleoterremotos, analizando las relaciones entre los desplazamientos de las fallas y los sedimentos contiguos. Las dataciones suelen hacerse mediante técnicas como el Carbono 14, aplicable a restos de materia orgánica de hasta unos 40 ka (40.000 años), o la Luminiscencia Ópticamente Estimulada (OSL), que se extiende hasta unos pocos cientos de miles de años.

Los estudios de este tipo en Aragón empezaron hace relativamente poco tiempo, a finales de la década de 2000. Fueron especialmente intensos en la falla de Conclud (Teruel), una falla que nuestro grupo investigó en detalle y que proporcionó un registro de actividad excepcionalmente amplio. Los resultados nos permitieron: (i) reconstruir la historia de sus movimientos en los últimos 70 ka; (ii) valorar en 6,6-6,8 la magnitud del terremoto que podría producir si se moviese toda ella (>14 km de longitud);

- (iii) calcular el periodo de recurrencia medio de los grandes seísmos (en torno a 7000 años) y la edad del último pulso registrado (aproximadamente entre 13 ka y 3 ka);
- (iv) estimar la probabilidad de que ese seísmo potencial máximo ocurriese en el próximo siglo (0,5 - 5 %).

#### EL RIESGO SÍSMICO DEL NUEVO HOSPITAL DE TERUEL

Traer a colación los resultados de esas investigaciones sirve para enmarcar un último caso que ejemplifica bien la perspectiva geológica con la que debe abordarse la gestión del riesgo sísmico. Se trata del proyecto del nuevo hospital público de Teruel, que fue objeto de un intenso debate científico, técnico y político cuando se dio a conocer allá por 2013.

Para construir ese hospital se eligió un terreno en la zona de replevo entre las fallas de Conclud y Teruel, ambas con actividad demostrada durante el Cuaternario. El registro paleosismológico, que teníamos ya de la primera falla, y los indicios preliminares en la segunda nos parecieron argumentos suficientes para que esas fallas se considerasen potenciales fuentes sísmicas, y fuesen tenidas en cuenta en la valoración de peligrosidad del emplazamiento. En consecuencia, enviamos un mensaje de alerta a la administración autonómica, concretamente al SALUD. Le sugerimos que en el proyecto del nuevo hospital se aplicase la vigente Norma de Construcción Sismorresistente Española de 2002 (NCSE-02), a pesar de que no había obligación legal para ello por considerarse "oficialmente" irrelevante el peligro sísmico en Teruel.

Nuestro equipo redactó un informe haciendo una estimación del terremoto esperable para un periodo de retorno de 500 años (el considerado a efectos de la NCSE-02):  $M = 5,3$ ; aceleración sísmica  $> 0,1 g$  ( $> 10\%$  de la aceleración de la gravedad). El SALUD solicitó otros dos informes, al Instituto Geográfico Nacional (IGN) y al Instituto Geológico y Minero de España (IGME), que corroboraron en líneas generales la conveniencia de aplicar la Norma Sismorresistente, lo que llevó a modificar el proyecto para que el edificio pueda resistir la aceleración sísmica calculada.

El debate político entre el Gobierno de Aragón y la oposición (en el que, sin quererlo, nos vimos envueltos los investigadores) sacó a relucir, tristemente, argumentos del más puro pensamiento mágico. Con una particularidad: pensamiento mágico es la ingenuidad de que "no va a pasar nada", como también lo es su



Ubicación del nuevo hospital público de Teruel, construido en las proximidades de la falla activa de Conclud.

antítesis, el fatalismo paralizante de que "todo va a pasar en cualquier momento". La intervención de algún parlamentario en las Cortes de Aragón tuvo la habilidad de combinar en una sola ambas posturas: todo un ejercicio de acrobacia política.

#### ASOMÁNDONOS AL TIEMPO PROFUNDO

La geóloga y escritora noruega Marcia Bjornerud, en su curioso ensayo *Timefulness*, escribe: *En nuestra civilización somos "analfabetos temporales". (...) El tiempo pasa como si fuese aboliendo el pasado. Creemos que nuestra innovación acelerada supone una ruptura epistémica tan radical que nada del pasado sobrevive. (...) El concepto de "tiempo profundo" es la mayor contribución de la Geología a la humanidad. Igual que el telescopio o el microscopio nos permiten acceder a las escalas espaciales que están fuera de nuestra percepción cotidiana, la Geología nos permite trascender la escala temporal de las experiencias humanas.*

Efectivamente, el conocimiento geológico aporta una perspectiva del tiempo que tal vez produce vértigo cuando la abordamos desde nuestra limitada memoria personal y social. Sin embargo, resulta imprescindible para acercarnos a comprender la dinámica y el *tempo* real de nuestro planeta. Como reza el subtítulo del libro de M. Bjornerud (perdone el lector si puede parecerle pretencioso) "*pensar como un geólogo puede ayudar a salvar el mundo*".

José Luis Simón  
Dpto. Ciencias de la Tierra  
Universidad de Zaragoza



# La problemática actual de las baterías para vehículos eléctricos

“Se estima que existen en circulación unos veinte millones de coches eléctricos puros, lo cual ha duplicado la cifra de hace unos pocos años.”

Ana Elduque y Juanjo Ortega



La nueva movilidad exige nuevos vehículos propulsados de una forma diferente. La reducción de la emisión de gases de efecto invernadero y la necesidad de mejorar la calidad del aire urbano llevan a ello. Solo en la Unión Europea, los vehículos de pasajeros producen el 12% de las emisiones de CO<sub>2</sub>. Algunos estados han establecido fechas a partir de las cuales ya no se podrán fabricar coches de combustión interna\*.

Los VE desarrollados hasta la fecha se agrupan en cinco grandes tipos.

- Híbrido asistido, MHEV (*Mild Hybrid Electric Vehicle*). El coche dispone de motor de combustión interna y de un motor eléctrico auxiliar. La batería no puede conectarse a la red eléctrica ni se puede funcionar 100% en modo eléctrico.
- Híbrido, HEV (*Hybrid Electric Vehicle*). Intercala un motor eléctrico para asistir al motor de combustión. Puede moverse en modo 100% eléctrico, pero su autonomía es limitada.
- Híbrido enchufable, PHEV (*Plug-in Hybrid Electric Vehicle*). Tiene un motor de combustión acompañado de uno o varios motores eléctricos que pueden usarse de manera independiente o en conjunto. Las recargas se hacen mediante conexión a la red.

- Eléctrico de baterías, BEV (*Battery Electric Vehicle*). El motor eléctrico que propulsa el coche obtiene la energía de sus baterías. La recarga se realiza por conexión a la red.
- Eléctrico de celdas de combustible, FCEV (*Fuel Cell Electric Vehicle*). Los coches de pila de hidrógeno generan electricidad según la reacción  $H_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \rightarrow H_2O(g) + E$ . El problema es la dificultad del manejo del hidrógeno (temperaturas muy bajas y altas presiones). Los sistemas de generación de hidrógeno in situ producen emisiones (conversión de metanol, CH<sub>3</sub>OH, a CO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>).

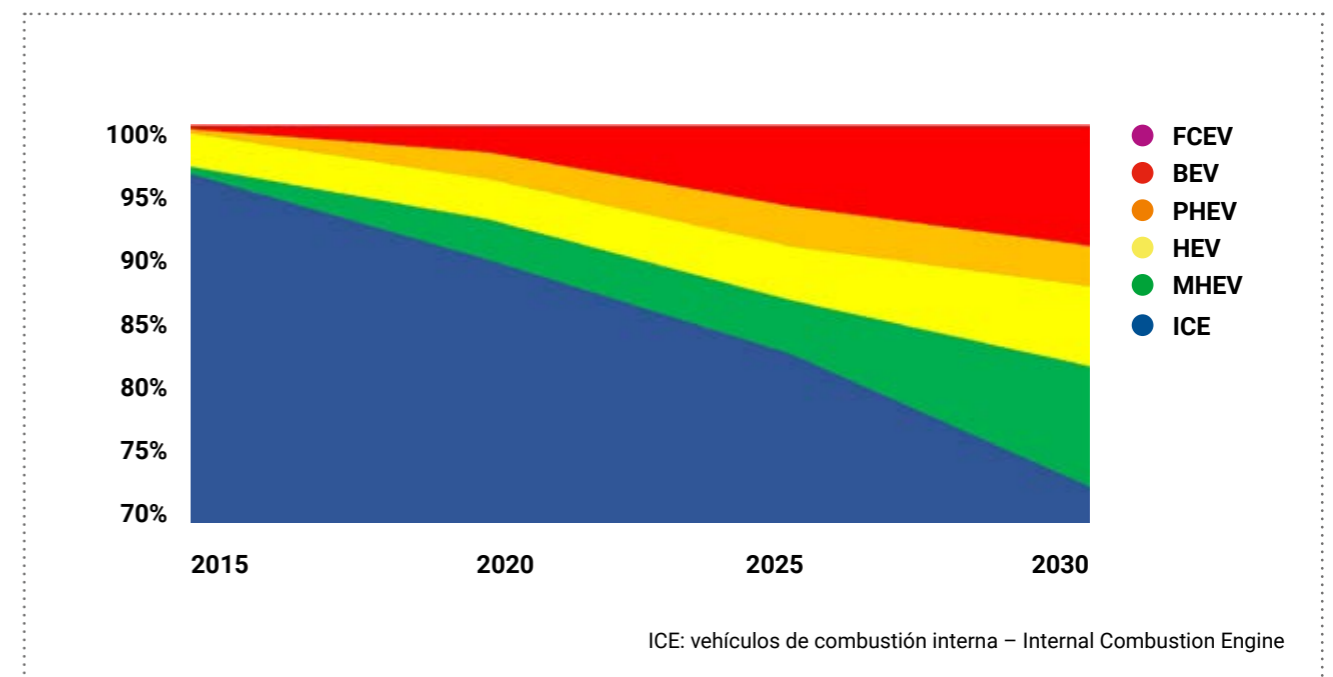
La cuota de mercado de los vehículos eléctricos es baja, pero se esperan fuertes incrementos en el número de unidades en circulación, excepto en el caso de los FCEV, cuya cuota no se estima que supere el 1% en el año 2030 por ser la tecnología menos desarrollada hasta el momento. En la figura 1 se muestra una posible evolución de las cuotas de mercado hasta el año 2030 según el tipo de vehículo.

Los vehículos eléctricos están en desarrollo y todos ellos se enfrentan al problema del almacenamiento de energía, lo que es equivalente a autonomía. Una batería convencional de plomo (plomo-ácido) tiene unos valores de densidad de energía por debajo de 100 Wh/l y una energía específica menor de 50 Wh/kg. En el caso de las baterías de ion-Li, las más utilizadas en VE, estos

\* Una versión ampliada de este artículo puede consultarse en: "Una aproximación al vehículo eléctrico desde la química." Ana Isabel Elduque, Juan José Ortega. Revista Economía Aragonesa, número 79, página 97, julio 2023

“Una batería es un dispositivo que almacena la electricidad en forma de energía química y que es capaz de suministrarla a demanda de una forma controlada.”

Figura 1: evolución prevista hasta 2030 de la cuota de mercado de los vehículos eléctricos.



valores superan *fácilmente* los 200 Wh/l y 125 Wh/kg. Esto se traduce en que, para una determinada cantidad de energía, tanto el volumen como la masa a transportar en un vehículo es mucho menor si se utilizan baterías de ion-Li. Lo que ocurre es que mientras en un VE el 100% de la energía debe estar almacenada en la batería, en un vehículo de combustión interna la energía se almacena y se transporta en el tanque de combustible. En el caso de la gasolina, su densidad de energía es de 35 MJ/l (9.700 Wh/l), lo cual permite que, a pesar del bajo rendimiento de un motor de combustión interna (20-25%), un tanque de combustible convencional permita una autonomía al vehículo muy superior a la proporcionada por una batería. Además, la recarga de combustible apenas supone unos minutos, mientras que las mejores baterías del mercado no pueden llegar a este tiempo.

Por tanto, los VE se enfrentan a unos retos tecnológicos propios que deben ser superados. En la figura 2 se resume, según el tipo de VE, los que se han identificado como más significativos.

El desarrollo del VE es muy amplio y abarca muchos frentes, todos del máximo interés, pero trataremos aquí las áreas relacionadas con el desarrollo de las nuevas baterías, ya que es una de las temáticas de mayor cercanía al mundo de la química.

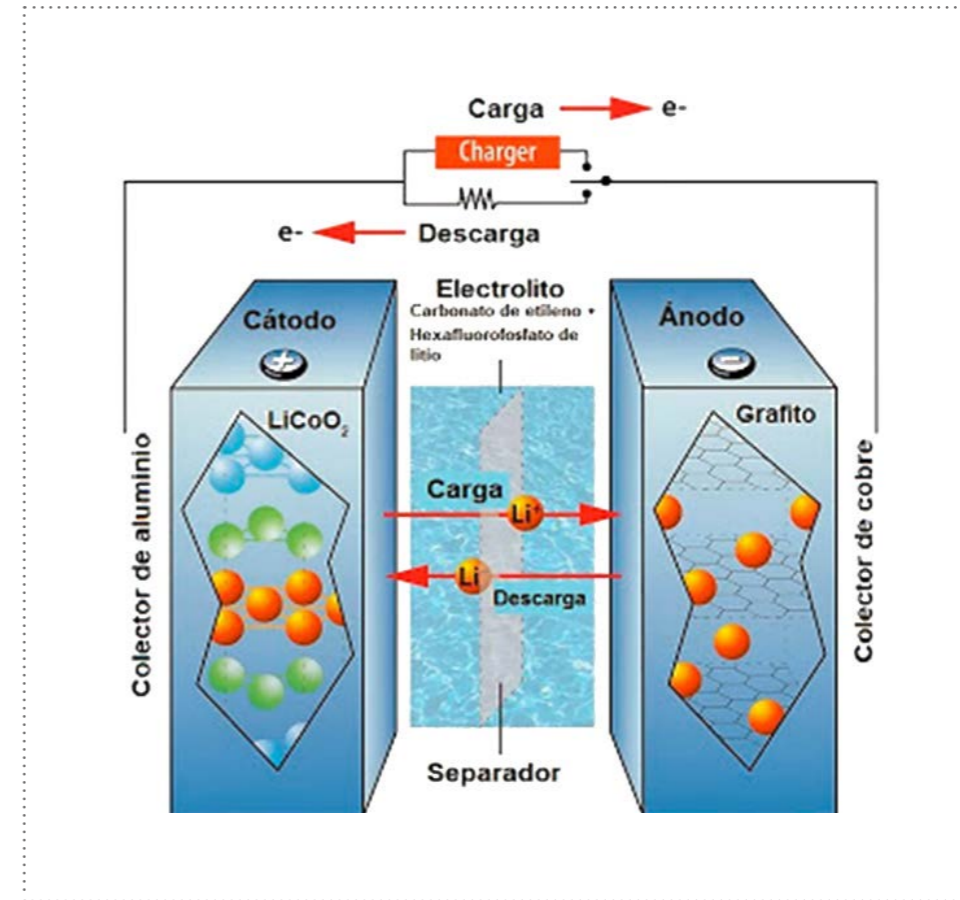
**BATERÍAS**

Las baterías son el almacén de energía y la fuente de alimentación del motor impulsor. Las baterías convencionales de plomo no eran susceptibles de convertirse en los suministradores de energía ya que los VE hubieran debido incorporar más de una tonelada de baterías para poder disponer de una autonomía mínima. El aligeramiento del peso es un factor clave para poder obtener un mayor rendimiento de la energía consumida.

Una batería es un dispositivo que almacena la electricidad en forma de energía química y que es capaz de suministrarla a demanda de una forma controlada. Cuando se invierte el proceso, una batería es capaz de convertir la energía recibida en el proceso de recarga en forma de energía química y poder continuar así un nuevo ciclo.

**Figura 2: retos tecnológicos actuales según el tipo de VE.**

TIPO DE VE	RETOS TECNOLÓGICOS
<b>Híbridos asistidos</b> MHEV Mild Hybrid Electric Vehicle	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desarrollo de baterías de 48 V</li> </ul>
<b>Híbridos</b> HEV Hybrid Electric Vehicle	<ul style="list-style-type: none"> <li>Almacenamiento de energía</li> <li>Motores eléctricos más eficientes</li> <li>Electrónica de potencia</li> </ul>
<b>Híbridos enchufables</b> PHEV Plug-in Hybrid Electric Vehicle	<ul style="list-style-type: none"> <li>Almacenamiento de energía</li> <li>Motores eléctricos más eficientes</li> <li>Electrónica de potencia</li> <li>Infraestructura de recarga eléctrica</li> </ul>
<b>Eléctrico de baterías</b> BEV Battery Electric Vehicle	<ul style="list-style-type: none"> <li>Almacenamiento de energía</li> <li>Motores eléctricos más eficientes</li> <li>Electrónica de potencia</li> <li>Infraestructura de recarga eléctrica</li> </ul>
<b>De celdas de combustible</b> FCEV Fuel Cell Electric Vehicle	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tecnología de fabricación de celdas de combustible</li> <li>Almacenamiento de energía</li> <li>Infraestructura de recarga de combustible</li> </ul>



**Figura 3: esquema de una celda de una batería de ion-Li.**

“Mientras que las baterías convencionales de plomo suministran la energía a 12 V, las baterías de VE no están tan estandarizadas.”

Las baterías están compuestas por unidades electroquímicas, llamadas celdas, en las que se producen las reacciones redox que ponen en movimiento el flujo de electrones hacia el motor-consumidor (descarga) o para recibirlos procedentes de la red (carga) y almacenarlos en forma de componentes químicos. En la figura 3 se muestra el esquema de una celda de una batería de Li. El voltaje de la celda viene determinado por la electroquímica del proceso. Como el consumidor puede necesitar la energía con otras características que la producida directamente por la celda (fundamentalmente el voltaje), se conectarán varias celdas hasta formar un conjunto que la proporcione en la forma conveniente. Este conjunto de celdas conectadas que almacenan y suministran la energía a un determinado voltaje y a un ritmo específico es a lo que propiamente llamamos batería.

Las de uso más frecuente tienen un voltaje de celda de 3,7 V. Mientras que las baterías convencionales de plomo suministran la energía a 12 V, las baterías de VE no están tan estandarizadas y existen muchos modelos con diferentes voltajes de descarga. Lo más frecuente es que oscilen entre 12 y 72 V, lo que significa que las



unsplash

baterías están compuestas por un número de celdas no estandarizado, en función del tipo de VE, del fabricante y de las prestaciones del coche.

Una celda de ion-Li está compuesta por tres elementos fundamentales:

- **Ánodo.** Bien cede electrones al circuito exterior, que los llevará al motor eléctrico (descarga), bien los recibe de la red exterior (carga). Suele estar formado por un colector de grafito, aunque también suelen emplearse algunas aleaciones metálicas.
- **Cátodo.** Es la otra parte de la celda y hace la función inversa del ánodo. Suele estar formado por compuestos complejos de Li.
- **Electrolito.** Es el cierre interior del circuito eléctrico, junto con el conexionado exterior, cierre externo. Es un conductor iónico pero aislante electrónico (permite que fluyan a su través iones  $\text{Li}^+$ , pero no electrones  $e^-$ ). Está formado por una disolución con una sal de Li disuelta en ella.

En descarga se produce un bombeo de electrones desde la celda, mientras que en carga una fuente exterior (red eléctrica → cargador) suministra los electrones a la

celda. El funcionamiento requiere que este movimiento de cargas eléctricas se compense, que es lo que ocurre a través del electrolito con el flujo de iones  $\text{Li}^+$ .

Existen otros problemas adicionales que hay que mejorar para que el VE alcance las prestaciones de un vehículo de combustión interna.

El primero es la duración de la batería. Las baterías de plomo suelen tener una vida de algo más de 1.000 ciclos, es decir, pueden descargarse y volverse a cargar más de 1.000 veces. La carga de estas baterías se hace durante la conducción, es el alternador del coche el encargado de recargarla, y por ello no somos conscientes de ello. En el caso del VE esto es diferente. Los VE que no son enchufables, MHEV y HEV, la carga de la batería se hace de forma similar a un vehículo convencional, incorporándose dispositivos para ayudar a la carga de la batería durante la conducción, como son los frenos regenerativos (aprovechan la reducción de la energía cinética durante las frenadas para recargar la batería). Con respecto a los vehículos enchufables, PHEV y BEV, es imprescindible que la batería permita un número muy elevado de recargas de calidad, ya que es la única fuente de energía. Actualmente, las baterías de Li

“En modos de conducción promedio, una batería de Li puede tener una duración equivalente a dos baterías de plomo, habiendo llenado el depósito de combustible unas 200 veces.”

ya están ofreciendo vidas de más de 3.000 ciclos. Esta vida supone que, en modos de conducción promedio, una batería de Li puede tener una duración equivalente a dos baterías de plomo, habiendo llenado el depósito de combustible unas 200 veces. Aunque las cifras de ciclos de vida de las baterías de Li parecen muy prometedoras, es imprescindible mejorarlas. Para evitar un consumo elevado en regímenes de funcionamiento alejados del óptimo, conducción urbana, por ejemplo, se instalan sistemas electrónicos de gestión de la energía.

El segundo aspecto técnico que afecta al funcionamiento de las baterías es la capacidad de recarga. Las reacciones químicas implicadas parece que pueden llevarse a cabo de forma indefinida en la dirección deseada (carga o descarga) cambiando las condiciones. La realidad es que estos procesos no son absolutamente reversibles. En cada ciclo de carga y descarga se producen reacciones químicas simultáneas que reducen la capacidad de la batería. En estas reacciones, los elementos activos (ánodo y cátodo) van sufriendo un proceso de envejecimiento que reduce su capacidad conductora y el electrolito va transformando su estructura interna, lo que altera la movilidad de los iones. Conforme se dificultan las reacciones electrolíticas, se transforma cada vez más energía en calor, en detrimento de energía eléctrica, lo que acelera la degradación de los elementos de la batería y reduce la energía que es posible almacenar en cada ciclo. Tras un tiempo es necesario sustituir la batería por otra nueva. En el mantenimiento de la capacidad de carga, un factor muy importante es el tiempo dedicado a la misma. Al principio del desarrollo de las baterías se requerían tiempos muy largos, de hasta 8 horas, lo cual limita el uso interurbano del VE. La necesidad de un mínimo de tiempo de carga se debe a que la energía que se suministra desde el dispositivo cargador no debe superar un determinado umbral, ya que por encima de este las reacciones químicas paralelas se aceleran y ponen en peligro la integridad de la batería. Hoy en día existen en el mercado baterías que permiten recargar el 50% de la capacidad de la batería en 30 minutos, reduciéndose a 80 minutos el tiempo necesario para una carga completa. Este aspecto precisa investigación tanto en la electroquímica del proceso como en la infraestructura de recarga.

#### FABRICACIÓN DE BATERÍAS PARA EV

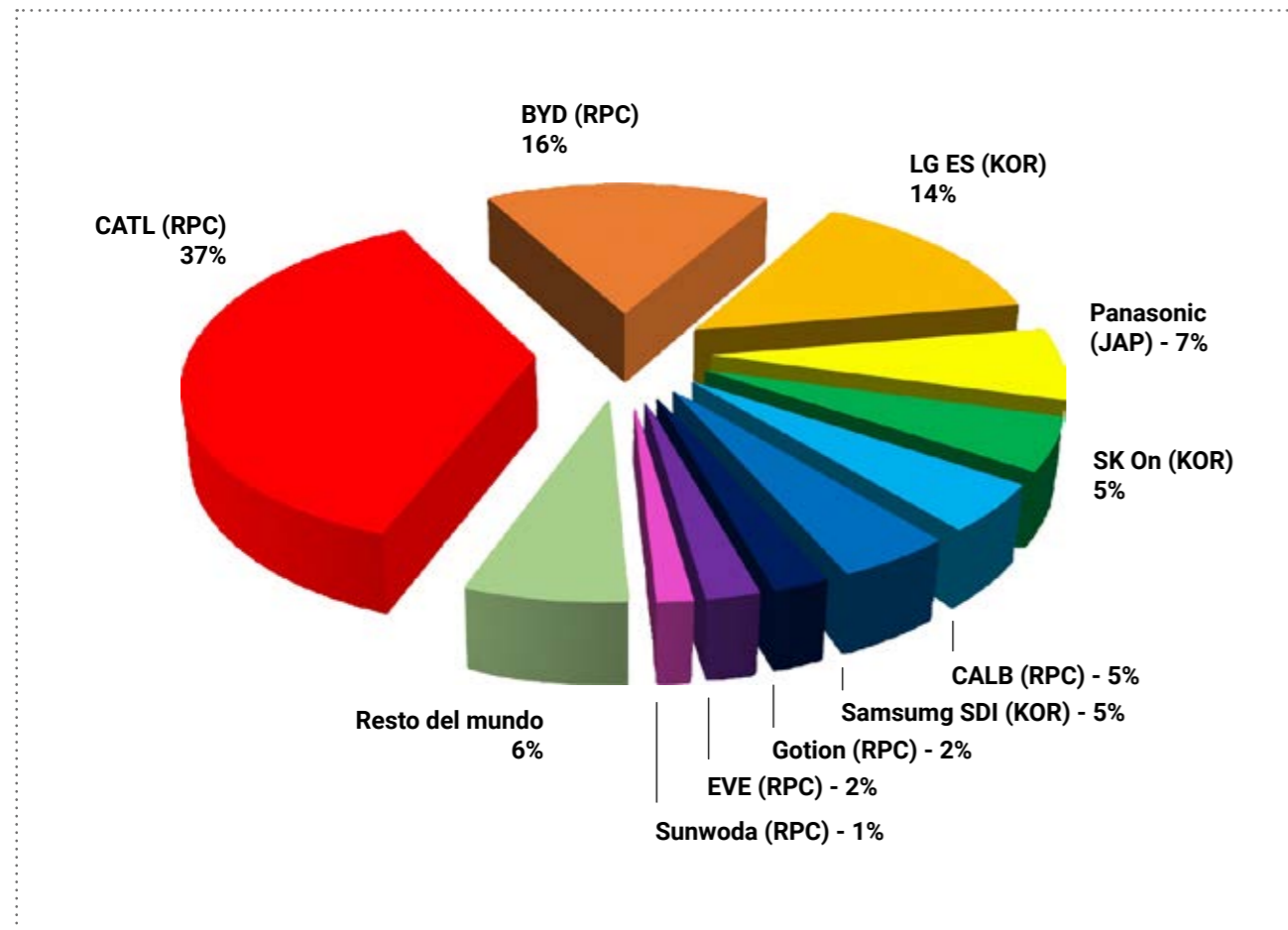
Una cuestión crucial en el desarrollo del VE es la fabricación de un número de baterías mucho mayor que el actual. En el año 2022 se produjeron baterías con una

capacidad de almacenamiento por valor de 493 GWh, mientras que en 2023 se estima que esta cifra ha alcanzado casi 650 GWh. Lo primero que hay que decir es el enorme desequilibrio que existe en la manufactura de baterías si se compara con la de vehículos en general. En la figura 4 se muestra la cuota de mercado prevista de los principales fabricantes durante el año 2023. Hay que señalar que casi el 95% de las baterías fueron fabricadas en Asia, y más concretamente en China, Corea y Japón, entre diez compañías. Esta concentración no es ajena al enorme desarrollo y dominio de las TIC en estos países, y haber sido los pioneros en el fomento de los VE con importantes apoyos gubernamentales.

En los últimos tiempos parece que se ha despertado el interés en Europa y EE.UU. para disponer de un sector propio de fabricación de baterías, pero basado en nuevas tecnologías. El interés por desarrollar baterías basadas en otra electroquímica procede de la necesidad de reducir la cantidad de materias primas necesarias para un mercado que se pretende que sea decenas de veces mayor que el actual.

“Una cuestión crucial en el desarrollo del VE es la fabricación de un número de baterías mucho mayor que el actual.”

Figura 4: cuota de mercado en 2023 de los principales fabricantes de baterías para VE.



**EL SECTOR DE AHORA EN ADELANTE**

Típicamente un VE promedio equipado con una batería de ion-Li contiene unos 8 kg de litio, 35 kg de níquel, 20 kg de manganeso y 14 kg de cobalto (fuente: Argonne National Laboratory).

El litio en sí mismo no es un recurso escaso. Lo que sí se espera es que, al menos hasta el 2030, pueda haber suministros irregulares y oscilaciones en precios debido a la insuficiencia de capacidad de producción, si no se producen cambios de tecnología que reduzcan el consumo de litio y, sobre todo, que el reciclado de las baterías de VE proporcione un litio más caro que el obtenido directamente de mina, como ocurre hoy, lo que desincentiva el reciclaje como fuente de suministro. Las actuales reservas declaradas de 21 millones de toneladas (Fuente: US Geological Survey) solo corresponden a las que, a los precios actuales, son rentables de obtener.

Los temores de cortes de suministro proceden de otros metales, en especial el cobalto. El cátodo de las actuales baterías está formado por un óxido doble de litio y cobalto, de composición  $LiCoO_2$ . Dos terceras partes de las menas de cobalto se producen en la República Democrática del Congo y están incluidas

en el listado de *Conflict Minerals*, pues su extracción incumple normativas internacionales sobre derechos laborales, regulación medioambiental y financiera. Si el laboreo de los minerales de cobalto se llevara a cabo de forma correcta, es muy difícil predecir el precio del metal en los mercados internacionales. La solución que se está buscando a este problema es la sustitución del cobalto por níquel que, aunque sigue siendo un metal de elevado precio, no presenta tantos problemas para su obtención.

También se está trabajando en otras líneas para conseguir mejoras en los rendimientos de las baterías. Una de estas líneas es facilitar las operaciones de desensamblado y reciclado para que los materiales obtenidos sean más competitivos que los de primera fabricación.

Otra línea de trabajo se basa en que los procesos electroquímicos tienen lugar fundamentalmente en la superficie de los elementos activos. Se están desarrollando tratamientos superficiales para ánodos y cátodos que, por un lado, mejoran la eficiencia de la transformación electroquímica y, por otro, alargan la vida de la batería.

Hasta el año 2025 no se espera que se produzcan transformaciones radicales, baterías con otra electroquímica,

EVOLUCIÓN DE LAS BATERÍAS PARA EV		
TIPO DE BATERÍA	PUESTA EN OPERACIÓN	CARACTERÍSTICAS
Baterías de ion-Li convencionales	Anterior a 2010	<ul style="list-style-type: none"> <li>Elevado coste</li> <li>Poca capacidad de almacenamiento de energía</li> </ul>
Baterías de ion-Li de 2ª generación	2015	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cátodos de nuevo diseño</li> <li>Mayor voltaje y capacidad</li> </ul>
Baterías de ion-Li de 3ª generación	2022	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ánodos de aleaciones metálicas y composites</li> <li>Electrolitos sólidos de composites poliméricos</li> <li>Mayor voltaje</li> </ul>
Baterías con química diferente <ul style="list-style-type: none"> <li>Li metálico sólido</li> <li>Li-aire</li> <li>Zn-aire</li> <li>Ion-Mg</li> </ul>	A partir de 2025	<ul style="list-style-type: none"> <li>Densidad de energía de 3 a 5 veces superior</li> </ul>

Figura 5: evolución tecnológica de las baterías de VE hasta el año 2025.

pero ello no es óbice para que las baterías fabricadas hasta hoy no vayan a sufrir cambios muy importantes. En la figura 5 se muestra la evolución que han tenido las baterías.

Como se aprecia en la tabla, a medio plazo se piensa en la introducción de baterías en las que el litio no sea el metal activo principal, lo cual también reduce las necesidades de cobalto.

Si miramos más allá del periodo 2025-2030, las investigaciones que se están llevando a cabo parecen salidas de relatos de ciencia ficción, pero alguna de ellas se convertirá en realidad. Prácticamente todas las investigaciones se centran en aumentar la capacidad de almacenamiento, alargar la vida, reducir o eliminar la necesidad de metales escasos y facilitar la reciclabilidad. Existe una pléyade de investigaciones en marcha, pero hay algunas líneas de trabajo que merece la pena destacar.

- Fabricación de elementos activos con metales más comunes (níquel y aluminio).
- Ánodos de fibra de carbono más efectivos que de grafito.
- Nanotubos de carbono y micropartículas mesoporosas de silicio, para aumentar la capacidad y reducir los tiempos de carga.

“En la actualidad, el reciclado de baterías se enfrenta a un hecho que excede el campo tecnológico.”

- Uso de compuestos orgánicos, péptidos, que permiten cargas muy rápidas.
- Nanoconexiones de oro para baterías con una vida de hasta 20.000 ciclos.
- Uso de sulfuros superiónicos para baterías con electrolitos de estado sólido de carga ultrarrápida.
- Baterías de cinc-aire incombustibles.
- Uso de grafeno para electrolitos.
- Baterías de aluminio-aire con autonomía para más de 1.000 millas.
- Recarga sin conexión. La carga wireless es vista como una manera de minimizar los tiempos de carga ya que esta podría hacerse durante la conducción.

RECICLADO DE BATERÍAS

En la actualidad, el reciclado de baterías se enfrenta a un hecho que excede el campo tecnológico. Hemos comentado anteriormente que el cobalto puede ser el metal crítico en la fabricación de baterías para VE, por lo que se investiga en nuevos productos que no necesiten este elemento. Pero de aquí surge la paradoja. Hoy en día la mayoría del retorno económico de los procesos de reciclado de baterías de ion-Li procede de la recu-

peración de cobalto. Si este desaparece en los nuevos diseños, el incentivo para el reciclado de baterías no existirá, ya que, a los precios actuales, el litio es más barato si procede de mina que si su origen es el reciclado. Una de las líneas de investigación que más se está desarrollando es precisamente que el proceso de reciclado tenga interés económico por la recuperación del litio.

En la figura 6 se esquematiza el proceso de reciclado de baterías para VE. Hoy en día la mayor capacidad de reciclado reside en los propios fabricantes de baterías por lo que se da una concentración muy similar en capacidad de reciclado que la mostrada para la capacidad de producción.

Figura 6: proceso de reciclado de baterías de Li.



Ya se ha comentado con anterioridad que uno de los principios de la economía circular es alargar la vida útil de los productos, para reducir la necesidad de otros nuevos. Esta línea de pensamiento es la que tienen muchas investigaciones: reducir la necesidad de metales escasos dado que las nuevas baterías para VE tendrán una duración mucho mayor que las actuales.

También se están desarrollando baterías más fáciles de desmontar, incluyendo la posibilidad de que se puedan llegar a separar fácilmente las celdas individuales que constituyen la batería. Esta separación previa reduciría la agresividad de la etapa de fragmentación y facilitaría los tratamientos químicos de recuperación.

**CONCLUSIÓN**

El VE ha venido para quedarse y las cifras así lo demuestran. En el año 2023 el 18% de las nuevas matriculaciones a nivel mundial corresponden a vehículos que incorporan alguna conducción en modo eléctrico. Se estima que existen en circulación unos veinte millones de coches eléctricos puros, lo cual ha duplicado la cifra de hace unos pocos años. Los actuales modelos existentes son solo eslabones de una cadena de desarrollo tecnológico en la que todavía no se vislumbra el final. Durante estos años de graves crisis geoestratégicas, los componentes de los VE han reducido su coste de fabricación de forma sostenida (ver figura 7), lo cual facilita su intro-

ducción en el mercado. Los primeros pasos ya están en marcha y todos los involucrados en tareas de investigación y desarrollo debemos sentirnos implicados y preocupados en que este camino sea lo más corto posible.

Ana Elduque

Facultad de Ciencias

Universidad de Zaragoza

Colegio Oficial de Químicos de Aragón y Navarra

Juanjo Ortega

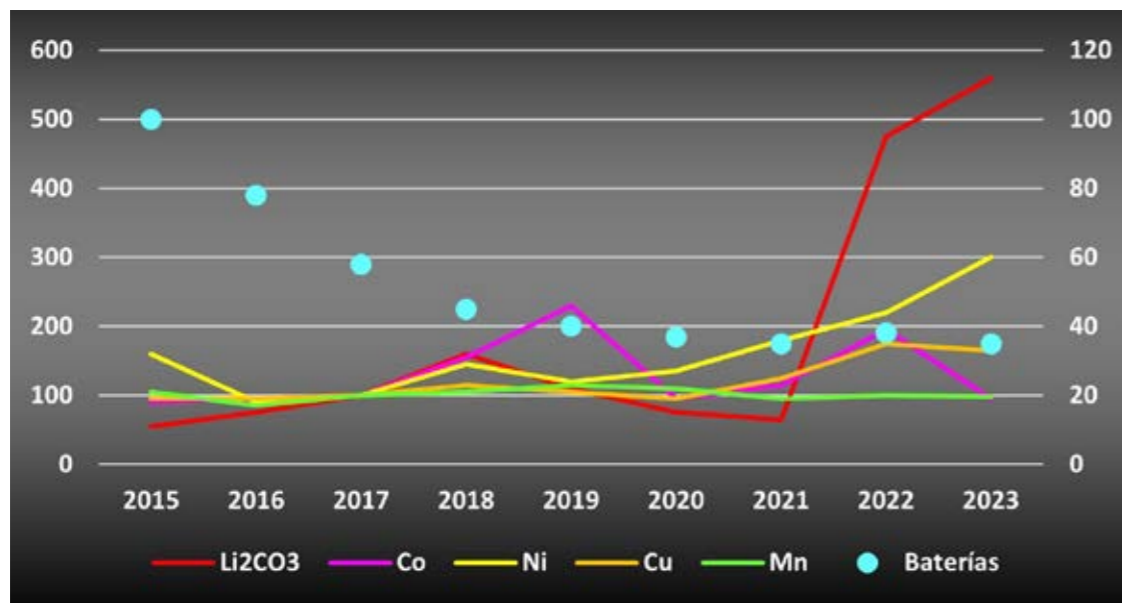
Colegio Oficial de Químicos de Aragón y Navarra

**BIBLIOGRAFÍA**

- Future Fuels Strategy. Department of Industry, Science, Energy and Resources. Government of Australia. 2021.
- Alternative Vehicle Propulsion Systems: The Future of Automotive Tech. <https://www.mentorworks.ca/blog/business-strategy/vehicle-propulsion-systems/>
- Electric vehicle batteries: what will they look like in the future? <https://theconversation.com/electric-vehicle-batteries-what-will-they-look-like-in-the-future-164263>
- The future of EV batteries. <https://www.greencars.com/guides/the-future-of-ev-batteries>
- 5 charts explaining the future of EV batteries. <https://www.morningbrew.com/emerging-tech/stories/2021/10/28/5-charts-explaining-the-future-of-ev-batteries-the-backbone-of-the-electric-transition>
- Electric cars and batteries: how will the world produce enough? <https://www.nature.com/articles/d41586-021-02222-1>
- Solid-State Batteries Promise Electric Car Popularity Boost, But Technical Mountains Await. <https://www.forbes.com/sites/neilwinton/2021/11/28/solid-state-batteries-promise-electric-car-popularity-boost-but-technical-mountains-await/?sh=5ca4412d632f>
- Next-generation battery may unlock the future for electric vehicles. <https://www.oregister.com/2021/06/18/next-generation-battery-may-unlock-electric-vehicles-future/>
- Creating next generation batteries for electric vehicles. <https://www.ukri.org/news/creating-next-generation-batteries-for-electric-vehicles/>
- Ranked: The Top 10 EV Battery Manufacturers. <https://elements.visualcapitalist.com/ranked-top-10-ev-battery-makers/>
- Alternative Fuels. US Department of Energy. <https://afdc.energy.gov/fuels/>
- Fuel Cells. US Department of Energy. <https://www.energy.gov/eere/fuelcells/fuel-cells>

“Uno de los principios de la economía circular es alargar la vida útil de los productos, para reducir la necesidad de otros nuevos.”

**Figura 7: índices de precios de metales y baterías. Todos los precios de los metales están referenciados al año 2017 (índice 100), escala izquierda, mientras que el de baterías está referenciado al año 2015 (índice 100), escala de la derecha.**





# El Monasterio de Canonessas del Santo Sepulcro de Zaragoza necesita cómplices

Marisancho Menjón

“Id a verlo y a enamoraros, uníos  
a la causa de las Canonessas:  
sed cómplices de una tarea  
imprescindible.”





◀  
Claustro mudéjar  
del monasterio.

“La apertura a la sociedad forma parte de su identidad histórica.”

El recogimiento y la paz te traspasan a ti cuando tú traspasas el umbral. En el claustro o en el jardín trasero, sorprende experimentar el silencio cuando recuerdas que solo te separan unos metros del tráfico y el tráfigo de la ciudad. Hay algo en la luz quieta del claustro, en el frescor de la sombra, en la digna resistencia de sus antiguos muros, que transmite sosiego. Esa paz, sin embargo, no significa parálisis. La pequeña comunidad de las Canonessas mantiene una constante actividad. Actos culturales, colaboración con causas sociales, jornadas ecuménicas, celebración del tiempo litúrgico, vinculación con el barrio, visitas turísticas, congresos, talleres... No hay más que ver su web, leer su boletín o, simplemente, acercarse a ellas, para comprobarlo.

Esa apertura a la sociedad forma parte de su identidad histórica, pues las Canonessas no estuvieron sujetas a clausura, lo mismo que otras órdenes hierosolimitanas (como las sanjuanistas de Sijena). Su relación con el mundo exterior, por tanto, era habitual, y la desarrollaban normalmente para gestionar sus posesiones o para cualquier eventualidad que les surgiese. De igual modo, podían entrar sus familiares, se albergaban mujeres no profesas y se internaban niñas para recibir una buena formación hasta que llegara el momento de casarlas. Fue así desde su fundación, en los albores del siglo XIV, cuando la noble Marquesa Gil de Rada, de origen navarro y esposa del señor de Híjar, donó unas casas y terreno que poseía en esta villa turolense para la creación de un cenobio femenino de la Orden del Santo Sepulcro.

No prosperó, sin embargo, la fundación en Híjar, de modo que doña Marquesa, al hacer testamento en 1303, hizo una nueva donación: unas casas y huertos que tenía en Zaragoza junto a la muralla y el río, con una capilla que había edificado allí «a honor de Dios e de la Orden del Santo Sepulcro». En ese lugar se asentaron las religiosas y allí han permanecido hasta hoy.

El documento de aquella donación nos proporciona dos datos fundamentales sobre la configuración del primitivo monasterio, que perviven en la actualidad: el primero es la ubicación de «las casas» junto a la muralla, porque uno de los rasgos de la personalidad del edificio es su

Claudio Coello o con la de San Carlos Borromeo, paradigma del arte barroco. Pero el caso del Monasterio de las Canonessas es el más sangrante, porque en este enclave se resume de manera palpable la historia de Zaragoza desde la época romana hasta finales del siglo XIX: puedes ver sus huellas, las tienes ante ti, las puedes tocar.

Puedes reconocer, también, la vida no siempre sosegada que se ha desarrollado entre sus muros, y el hecho extraordinario de que una misma orden religiosa, la de las Canonessas Regulares del Santo Sepulcro de Jerusalén, se haya mantenido en este lugar durante más de setecientos años. El monasterio zaragozano es el único de la rama femenina de esta Orden en la Península Ibérica y el más antiguo de Europa. Y sigue manteniendo su carisma, que es dual: recogimiento, paz y oración, por un lado, pero también compromiso con su entorno y conexión con los problemas del mundo que nos rodea.

**C**omo tantos otros vecinos de Zaragoza, yo pasé muchos años viviendo en la ciudad sin haber entrado al Monasterio de Canonessas del Santo Sepulcro y, por tanto, sin ser consciente del altísimo valor histórico y monumental de ese monumento situado a escasos cinco minutos de La Seo. En mi caso la falta era más grave, por ser licenciada en Historia del Arte; pero ni siquiera durante la carrera vimos en clase algo más que una referencia a su claustro mudéjar, y eso en la asignatura de Arte Aragonés, que era tan solo una optativa del último curso. No tuvimos ocasión de abordar su estudio como conjunto ni su importancia en la historia de la ciudad.

El desconocimiento generalizado sobre un monumento tan emblemático es uno de los misterios de Zaragoza en relación con su patrimonio artístico; también pasa con la iglesia de la Mantería y sus magníficos frescos de

Fotografía de Ana Isabel Elduque.



Cubos y lienzo de la muralla romana.



Capilla conventual del Santo Sepulcro.



cerramiento. Este lo constituye un tramo de la muralla de Cesaraugusta. De hecho, es uno de los dos mejor conservados de la ciudad, con un amplio lienzo y dos cubos semicirculares bien visibles desde el exterior (calle Coso y plaza Tenerías) y de otros restos más numerosos, a veces camuflados en construcciones posteriores o bien en el subsuelo.

El segundo dato es que doña Marquesa aportó unas casas ya existentes, por lo que la comunidad fundadora se estableció de entrada en aquel edificio y a lo largo del siglo XIV se fueron construyendo más dependencias, las necesarias para la vida monástica. Tal como sucedió con las murallas, algunos elementos de esas antiguas «casas» permanecieron después. En época islámica, al parecer, en este lugar se localizó la llamada «zuda oriental» o «del Sol», enclave principal de la Saraqusta musulmana que, como tal, debió de poseer una refinada factura. Esos edificios fueron donados por Alfonso I a un noble navarro por su ayuda en la conquista de la ciudad, y acabaron en las manos de Marquesa Gil de Rada.

La pervivencia de esos edificios preexistentes es visible hoy si se observa en planta la disposición del conjunto, presidido por un gran bloque central, el claustro, que organiza las demás dependencias a su alrededor pero que en absoluto se ajusta a los cánones de los monasterios de su tiempo, sino que más bien debió de determinar la distribución de los espacios. De hecho,

en su extremo noroeste se ubicó la iglesia del Santo Sepulcro, fundada antes del 1300 por Marquesa Gil de Rada y que, seguramente con reformas, se ha mantenido hasta la actualidad.

La huella islámica también pervivió, aunque tamizada por la herencia mudéjar. De hecho, la pertenencia a este estilo de sus espacios más significativos es lo que caracteriza al monasterio. Entra aquí a tomar protagonismo la figura de fray Martín de Alpartir, comendador de la Orden del Santo Sepulcro en Calatayud, tesorero del primer arzobispo de Zaragoza, Lope Fernández de Luna, y personaje muy bien relacionado con el rey de Aragón, Pedro IV. Fue él el principal mecenas de las obras realizadas en esta época, y quien consiguió la ayuda de todos los demás citados para que apoyasen económicamente su desarrollo. Poco antes de su muerte en 1382, dictó testamento y ordenó terminar las obras que ya habían comenzado en el claustro, además del refectorio, cocina y bodega.

Mandó también ser enterrado en la Sala Capitular, frente a la pequeña cripta que coincide con la base de uno de los torreones de la muralla y que ocupa una preciosa talla en madera de Cristo yacente. La lápida de este

Interior de la Sala Capitular.





▲  
**Lápidas de fray Martín de Alpartir y de una de las prioras.**

gran mecenas sigue ahí, con su figura en bajorrelieve y una inscripción que la rodea. Todo el solado de la sala, rodeando la tumba, va cubierto de azulejos cerámicos, los más antiguos de los cuales, obra de los alfares de Manises, mandó colocar el propio fray Martín.

La Sala Capitular es el espacio más impactante del monasterio a nuestros ojos actuales. Se abre al claustro por un triple vano de gran belleza: una puerta en arco apuntado y dos ventanales dobles divididos mediante un fino parteluz y ornados con tracería gótica. La decoración de los muros es típicamente mudéjar, muy similar a la de las iglesias de la Comunidad de Calatayud (Tobed, Cervera de la Cañada, Torralba de Ribota), que imita en viva policromía el despiece de ladrillo, traza orlas vegetales, nudos y lazos que resiguen los perfiles de arcos y ventanas, o se distribuyen en fajas para animar la monotonía de los muros. De planta casi cuadrada, la sala va cubierta por una gran bóveda de crucería que remata en una clave de mocárabes y apoya sus nervios en cuatro columnas esquineras con capiteles, estos sí, nítidamente islámicos, seguramente de época taifa (siglo XI).

Pero hay que recorrer el claustro, también con decoración mudéjar en sus paramentos, aunque en buena parte apenas se distingue porque está pendiente de ser restaurada; fijarnos en los capiteles que recogen los nervios de las bóvedas de crucería; en el rincón donde, a modo de capillita, cuelga un crucifijo del siglo XVI; en

“Fray Martín de Alpartir mandó ser enterrado en la Sala Capitular, frente a la pequeña cripta que coincide con la base de uno de los torreones de la muralla y que ocupa una preciosa talla en madera de Cristo yacente.”



el ostentoso balcón desde el que, tras trepar por una estrecha escalera que aún conserva inscripciones en árabe, se accede a la planta superior... Y desde luego pasar al refectorio antiguo, imponente sala de finales del XIV (recordemos que ordena su construcción fray Martín de Alpartir en su testamento, en 1381) con tres tramos de bóveda, redecorada en su totalidad en el siglo XVI pero que aún conserva, bajo la capa de enlucido, los restos del agramilado de su decoración mudéjar original. En esta sala se expone una selección de bienes del monasterio que hay que visitar despacio; por su excepcionalidad, destaca un órgano portátil medieval, recientemente restaurado y en uso.



Uno de los capiteles del claustro, de alabastro con su delicada talla vegetal.

Fotografía de Ana Isabel Elduque.



Detalle del claustro del monasterio.

Fotografía de Ana Isabel Elduque.



Escena del Santo Entierro en el retablo de San Julián y Santa Lucía

Fotografía de Marisanchó Menjón.

Imagen del Crucificado del claustro, con pinturas góticas en la bóveda.



Fotografía de Marisanchó Menjón.



Refectorio antiguo, órgano portátil y una de las vitrinas de la exposición.



El monasterio es como un laberinto, con múltiples estancias de distintas épocas a las que se llega por diferentes escaleras, pasos y atajos. Es del mayor interés la zona llamada de "los Pasetes", que recorre el interior de la muralla romana y en la que se ha dispuesto una sencilla pero muy ilustrativa exposición de los trabajos arqueológicos allí realizados. También aquí pueden verse huellas de los daños que ocasionó en esta parte la ofensiva francesa durante los Sitios, a principios del XIX, por ser este punto uno de los frentes de ataque a la ciudad.

**“El monasterio es como un laberinto, con múltiples estancias de distintas épocas a las que se llega por diferentes escaleras, pasos y atajos.”**

Distintos espacios de la zona de "los Pasetes".





Fotografías de Ana Isabel Elduque.

Cocina medieval.

Los Pasetes llevan hasta la antigua cocina, que hoy está ambientada con elementos de ajuar propio de ese espacio, todos ellos del monasterio. De allí se sale al jardín trasero, un lugar presidido por un naranjo de gran porte y que, para la que suscribe, posee un encanto y una paz muy especial.

En el piso alto del claustro, con su luz tamizada por vidrieras y su techumbre sostenida por grandes zapatas de madera que apoyan en finas columnas de alabastro, hay una estancia muy relevante: los antiguos dormitorios. Su espacio fue recortado en altura por un techo a base de vigas de madera que dejó oculta, por encima, la cubierta de madera original. En origen, su aspecto debió de ser imponente, similar al de los dormitorios de Poblet. Hoy guarda varios retablos góticos, entre los que destaca el de San Julián y Santa Lucía, obra de los hermanos Serra, de finales del XIV. Su restauración se llevó a cabo entre 2021 y 2022 y el resultado es espectacular. Que sepamos, es el retablo completo e in situ más antiguo que se conserva en Zaragoza, de una delicadeza y un preciosismo exquisitos.

Una portezuela muy singular, coronada por un dintel de lacería islámica, da a un pasadizo que lleva a la parte superior de esta estancia, la que conserva la techumbre original, todavía no acabada de restaurar aunque se han hecho avances.

“Los Pasetes llevan hasta la antigua cocina, que hoy está ambientada con elementos de ajuar propio de ese espacio, todos ellos del monasterio.”



Retablo de San Julián y Santa Lucía y Claustro alto, con su alfarje de madera.





Dintel de lacería en la sala de los dormitorios.

Nos queda por reseñar el refectorio renacentista, presidido por una potente columna central que sostiene la estructura de la cubierta, y que conserva su esencia por haber estado en uso hasta hace pocos años. La chimenea-hogar es otro elemento muy destacable de este espacio, no solo por su tamaño sino por su carácter sobrio y clasicista, como corresponde al siglo XVI.

No dejaremos ese periodo histórico sin hacer referencia, importante para la comunidad universitaria, al hecho de que aquí fuera enterrado el gran filósofo y matemático Gaspar Lax de Sariñena, profesor en París y en la Sertoriana de Huesca, y posteriormente, hacia 1520, rector del Estudio Mayor de Zaragoza, precedente de la actual Universidad. Su lauda sepulcral fue descubierta durante unas obras en la nave mayor de la iglesia y trasladada al claustro, en cuya esquina suroeste se conserva hoy.

Hemos nombrado la iglesia, elemento primordial en cualquier monasterio. Pues bien, el de las Canonessas tiene dos. La primera, hoy considerada capilla monacal y ya citada, es la denominada del Santo Sepulcro y forma parte de las estancias que rodean el claustro. No ha perdido su aspecto civil, pues es una sala con testero recto y una preciosa techumbre de madera soportada por gruesas vigas talladas. Consagrada como iglesia bajo los auspicios de la fundadora, Marquesa Gil de Rada, quedaría como capilla monacal muy pronto, pues ya en 1381 fray Martín de Alpartir logró que el arzobispo zaragozano adscribiera al monasterio la iglesia de San Nicolás, que es la que da a la plaza.

La de San Nicolás fue sin duda una iglesia mudéjar de las del tipo fortaleza, como atestiguan los elementos conservados de su estructura original, escasos y no visibles al público pero con entidad suficiente para fijar estilo y cronología. Lo que hoy vemos, sin embargo, es un templo barroco muy sencillo, de nave única, testero recto y coro alto a los pies. La reforma se inició a finales del siglo XVII pero todavía la iglesia habría de sufrir varias reformas y reparaciones de importancia, sobre todo como consecuencia de los destrozos habidos durante los Sitios.

Roma, el islam, estancias mudéjares, espacios renacentistas y barrocos... Hemos visto pasar la historia entre los sólidos muros que guardan la espiritualidad y la vida de la Orden de las Canonessas del Santo Sepulcro, en este escondido y céntrico enclave zaragozano. El monasterio aún habría de experimentar una reforma importante hacia 1880, debida al arquitecto municipal Ricardo Magdalena; tras el hundimiento de parte de la cubierta de los dormitorios, se transformó el sector suroeste del conjunto, al ser recortado su espacio para crear la fachada de ladrillo que hoy conocemos y que



◀ Iglesia de San Nicolás. A la derecha, parte de la fachada de Ricardo Magdalena.

“La de San Nicolás fue sin duda una iglesia mudéjar de las del tipo fortaleza, como atestiguan los elementos conservados de su estructura original.”



Fondo del archivo del monasterio.

◀ Comunidad de las Canonisas a principios del siglo XX.

“Las Canonisas son una comunidad reducida que sigue peleando por la conservación de este magnífico legado histórico, artístico y espiritual, manteniendo el carisma que ha caracterizado siempre la vida del monasterio.”

recorre la calle Don Teobaldo, con su característico estilo historicista. Todo un compendio, como vemos, de la historia de la ciudad.

Y ahí siguen las Canonisas, pasados más de 700 años. De su intrahistoria, conservada en su archivo, en sus bienes, en documentos que guarda también el Archivo Histórico Nacional principalmente, solo vamos a destacar un capítulo, que da la medida del espíritu independiente y celoso de sus libertades que mantuvo esta comunidad de mujeres que estudiaban, trabajaban, regían su patrimonio y daban cabida a mujeres laicas, de origen noble como el suyo, para darles una formación adecuada a su nivel.

Ocurrió tras las disposiciones del Concilio de Trento que decretaban la clausura para todas las comunidades monásticas femeninas, en 1566. Las Canonisas se negaron vehementemente a someterse a clausura, pues su regla, vigente desde principios del XIV, no la establecía. Pelearon por su libertad durante décadas, involucrando a los diputados aragoneses, a los jurados

de Zaragoza, al arzobispo, al entorno del monarca y al mismo pontífice romano. El momento más crítico se vivió el 15 de junio de 1573, cuando las religiosas decidieron demostrar, simbólicamente, su oposición a quienes pretendían encerrarlas: a mediodía salieron paseando, como en procesión, hasta un huerto de su propiedad, y allí se entretuvieron cogiendo flores. Acto tan sencillo, cargado de poesía y de humildad, desató la furia de los defensores de Trento y un mes exacto después las Canonisas fueron excomulgadas. Pero no por ello cesaron en su lucha. Pasarían más de cuatro décadas hasta que, cuando ya las “rebeldes” habían fallecido en su mayoría y las demás estaban muy mayores, se acabara aceptando la clausura por las más jóvenes, erosionadas en su convivencia diaria por aquella larguísima pelea. La clausura se mantuvo hasta los años 70 del pasado siglo.

Hoy, las Canonisas son una comunidad reducida que sigue peleando, en este caso por la conservación de este magnífico legado histórico, artístico y espiritual, manteniendo el carisma que ha caracterizado siempre la vida

del monasterio. Su empeño es que ese legado lo reciban y mantengan los ciudadanos. Que, cuando ellas falten, sea de propiedad pública. Por eso llevan años tratando de involucrar a todos. En primer lugar a las administraciones, pero también a entidades privadas, siempre que trabajen en conjunto. Su determinación es firme, y su objetivo muy claro, pero saben que es difícil lograrlo. Lo más sencillo y práctico, para ellas, sería vender. Pero no quieren que todo ese patrimonio que es historia viva de Zaragoza se convierta un día en una ruina que alguien decida derruir o, en el mejor de los casos, en un negocio privado que mantenga en cierta medida los muros pero destruya por completo su esencia.

Temen, también, convertirse en el centro de una batalla política. Lo que precisan es un apoyo nudo y simple, libre, constante y decidido como ellas, pero también práctico, sostenible, activo, directo, útil. Las Canonisas tienen propuestas y las han expuesto en distintos ámbitos. Hasta ahora no han logrado materializarse, aunque ha habido intentos recientes.

Este artículo es una llamada de socorro. Ese enorme conjunto monástico necesita una restauración que hasta ahora solo ha atendido a lo más urgente, pero que debe continuarse para ser integral y lograr mantener lo que ha perdurado durante siglos. Necesita el apoyo ciudadano y el de las administraciones. Necesita que todos seamos conscientes del valor que atesora, de que es un riquísimo patrimonio que debemos mantener como ellas lo han hecho. Las Canonisas son muy generosas: no quieren nada para sí, solo alzan su voz para que abramos los ojos los demás.

Lo primero es conocer el monasterio. Id a verlo y a enamoraros, hay visitas todas las semanas. Y uníos a la causa de las Canonisas: sed cómplices de una tarea imprescindible.

Marisancho Menjón  
Historiadora del Arte



“Actualmente, IQE está liderando un proyecto de investigación, dentro del cual se ha construido, en nuestras instalaciones de Zaragoza, la primera planta piloto del mundo a escala industrial para aplicar una estrategia de Economía Circular al proceso productivo de sílice precipitada.”

# Economía circular

Jorge Pérez y Miguel Cano





<https://www.heraldo.es/>

**L**a Unión Europea produce más de **2.200 millones de toneladas de residuos cada año**. Actualmente, todos los países miembros de la Unión Europea están modificando su legislación sobre gestión de residuos para promover un cambio hacia un modelo más sostenible conocido como **Economía Circular**.

Pero ¿qué significa exactamente la Economía Circular? ¿Cuáles son sus beneficios para la Sociedad?

Entre sus muchas definiciones, la Economía Circular es un modelo de producción y consumo en el que se maximiza el uso de los recursos disponibles (tanto materiales como energéticos), para que estos permanezcan el mayor tiempo posible en el ciclo productivo, a la vez que se aspira a reducir todo lo posible la generación de residuos y a aprovechar al máximo aquellos cuya generación no se

haya podido evitar. Se contrapone al modelo lineal tradicional: producir, consumir y tirar. Este modelo se basa en consumo de grandes cantidades de energía y materias primas, por lo que el Parlamento Europeo ha pedido medidas para abordar y eliminar esta práctica.

Así, en un modelo basado en Economía Circular, se extraen materias primas, se fabrican productos y de los residuos generados (durante su producción o consumo) **se recuperan materiales y sustancias** que posteriormente se reincorporan de nuevo al proceso productivo. Todo ello de forma segura para la salud humana y el medio ambiente, desvinculando el crecimiento económico del consumo finito de recursos.

**LAS 9R DE LA ECONOMÍA CIRCULAR**

Durante muchos años, hemos oído hablar de las **3R del reciclaje** (Reducir, Reutilizar y Reciclar). Pero no es suficiente para mantener el equilibrio entre el medio ambiente y el modelo productivo actual. Ahora que la Sociedad está acostumbrada a reciclar, siendo una rutina más del día a día, la Economía Circular ha ampliado este concepto a las **9R** para alcanzar ese ansiado equilibrio entre sostenibilidad y crecimiento económico:

- **Rechazar** aquello que no necesitamos.
- **Reducir** nuestro consumo.
- **Reutilizar** o reusar productos en buen estado desechados por otro consumidor.
- **Reparar** para alargar la vida de un producto.
- **Restaurar** un producto antiguo para modernizarlo.
- **Remanufacturar** o reconstruir manualmente o con medios mecánicos aquello que necesitamos.

- **Rediseñar** con criterios de sostenibilidad y Ecodiseño.
- **Reciclar** para obtener materia prima y crear nuevos productos.
- **Recuperar** materiales no reciclables mediante incineración para generar energía.

Dicho de otro modo, la economía circular es un concepto que busca **optimizar** la producción de bienes y servicios, desde el diseño inicial, **teniendo en cuenta los procesos y las fuentes de energía para reducir los impactos negativos actuales y futuros**.

La industria química contribuye al desarrollo de una Economía Circular de muchas maneras, **proporcionando procesos productivos más eficientes para maximizar el uso de los recursos** (incluyendo materias primas primarias y secundarias, agua y energía) y diseñando materiales que permiten desarrollar productos más sostenibles en todo su ciclo de vida y con mejores oportunidades de

**“La Economía Circular es un modelo de producción y consumo en el que se maximiza el uso de los recursos disponibles.”**





◀  
Ciclo de la economía circular.

recuperación. Además, la utilización de materias primas alternativas o recuperadas de otros procesos y sectores, y el uso de fuentes de energía renovables, es otra forma de promover la Economía Circular optimizando los recursos.

**ECONOMÍA CIRCULAR EN LA SÍLICE PRECIPITADA**

Podemos encontrar un ejemplo de Economía Circular aplicada en la investigación que estamos desarrollando en Industrias Químicas del Ebro (IQE). En la producción de sílice precipitada se obtiene como subproducto una disolución de sulfato de sodio, una sal no tóxica, que habitualmente se vierte sin aprovechar.

Una alternativa consiste en separar el agua y el sulfato de sodio, con lo que se recuperaría el agua para volver a utilizarla en el proceso (un claro caso de Economía Circular). Al mismo tiempo, se obtendría sulfato de sodio de alta pureza que se puede utilizar como materia prima por varias industrias (papel, vidrio, cerámica, detergentes, farmacéutica, complementos alimenticios).

Es posible hacer esto de forma sencilla, evaporando el agua y condensando su vapor posteriormente para obtener agua pura, pero hacerlo así supone un enorme

consumo de energía. Es necesario desarrollar nuevas técnicas capaces de llevar a cabo la concentración sin consumir valiosa energía.

Estudios de investigación previos, nos mostraron que es posible recuperar la mayor parte del agua contenida en esta corriente mediante una técnica conocida como ósmosis inversa, proceso muy utilizado en la producción de agua potable a partir de agua marina en las desalinizadoras. Con esta técnica obtuvimos a escala piloto una corriente mucho más concentrada en sulfato

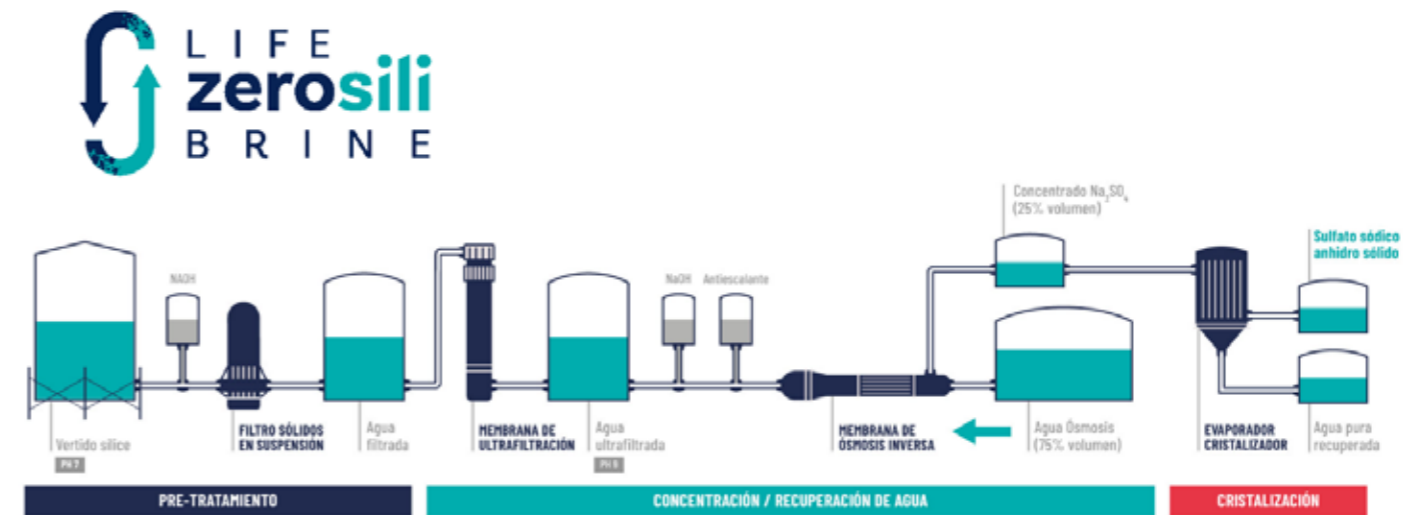
“La industria química contribuye al desarrollo de una Economía Circular de muchas maneras.”

de sodio, a partir de la cual se puede recuperar esta sal mediante un proceso de evaporación-cristalización a un menor consumo energético.

Actualmente, IQE está liderando un proyecto de investigación con financiación de la Comisión Europea (**LIFE ZEROSILIBRINE – lifezerosilibrine.eu**), dentro del cual se ha construido, en nuestras instalaciones de Zaragoza, la primera planta piloto del mundo a escala industrial para aplicar una estrategia de **Economía Circular** al pro-

ceso productivo de sílice precipitada. Con ello pretendemos conseguir en un futuro un proceso de descarga líquida cero (**Zero Liquid Discharge, ZLD**) y la valorización de sulfato de sodio anhidro como un nuevo producto para nuestros clientes.

Como conclusión, una combinación de tecnologías (ósmosis inversa, y evaporación + cristalización) constituye un sistema muy prometedor para la implementación de una estrategia de **Economía Circular** en el





**GRUPO**  
**IQE** BUENA QUÍMICA  
PARA UN FUTURO  
SOSTENIBLE



sector de sílice precipitada que permitirá **mitigar el impacto medioambiental causado por el vertido del subproducto generado (sulfato de sodio), recuperando el 100% del agua** para ser reutilizada de nuevo en el propio proceso productivo (reducción de captación de agua y

reutilización del agua vertida como agua de proceso) y **recuperar el sulfato de sodio** como un producto de alta pureza con interés comercial.

El proyecto **LIFE ZEROSILIBRINE** ha recibido financiación de la Unión Europea bajo el acuerdo de subvención nº **LIFE20 ENV/ES/000522**.



Jorge Pérez y Miguel Cano  
Industrias Químicas del Ebro (IQE)





# Los veterinarios: agentes sanitarios de primer orden

“Desde la Edad Antigua  
hay constancia fehaciente  
de la existencia de  
especialistas dedicados  
a lo que hoy entendemos  
por Veterinaria.”

José Manuel Martínez Pérez



Medalla Quirón de la Asociación Española de Historia de la Veterinaria.

A lo largo de la Historia de la Humanidad, la interrelación entre el ser humano y los animales ha sido muy importante. Los segundos han sido de utilidad para el hombre, pero también han tenido sus enfermedades que, de una u otra forma, se las han transmitido a este. Tal circunstancia es la que motivó a los distintos investigadores y estudiosos a encontrar el origen de dichas patologías, sus consecuencias y el modo de remediarlas.

Desde la Edad Antigua hay constancia fehaciente de la existencia de especialistas dedicados a lo que hoy entendemos por Veterinaria. Una aproximación al estudio de la sanidad animal desde la Antigüedad nos exige evaluar los aspectos sociales, la actitud frente a la salud, el tratamiento de las enfermedades y la situación de las ciencias médicas, entre otras cuestiones.

### BREVE EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE LA VETERINARIA

En los primeros asentamientos humanos comenzaron a observarse diversos problemas, como la presencia de enfermedades, muchas de ellas por deficiencias en las condiciones higiénicas o por el contacto estrecho con los animales. Aparecieron casos compatibles con la peste, la lepra, la rabia o la viruela. Así lo reflejan los papiros encontrados en Egipto: a) *Papiro de Kahun* (o *Lahun*), texto más antiguo con anotaciones veterinarias; y b) *Papiro de Ebers*, una de las primeras evidencias de la presencia de parásitos intestinales.

En la Antigüedad también destacaban los *hippiatroi* griegos y los *hippiatras* y/o *medicus veteri* (o *veterinarius*) romanos. En cuanto a Grecia, su ubicación fue esencial para el contacto con otras culturas arcaicas como la egipcia o las localizadas cerca de Mesopotamia. Los griegos focalizaron el origen de la medicina animal en el centauro Quirón. La mitología griega hace referencia al Centauro Quirón explicando su sabiduría al estar en contacto con la naturaleza y es considerado “el primer Veterinario”, pues usaba sus grandes conocimientos médicos para sanar a todas las criaturas. Asimismo, con Hipócrates, “padre de la Medicina”, se iniciaría la separación y el estudio de la Medicina del hombre y la de los animales. Es el momento del nacimiento de la hipiatría y de la buiatría.

La mayor parte del saber griego se nos ha transmitido y conservado gracias a Roma. El hispano Columela es reconocido como el primer tratadista que utiliza en sus escritos los términos “Veterinaria” y “Veterinario”. Etimológicamente, los vocablos derivan del término *veterinus*, relacionado con las bestias de carga. Por otra parte, Varrón distinguió el término *veterinarius* para designar el lugar donde se concentraban y atendían animales enfermos, frente al *valetudinarium*, lugar en el que se ubicaba a los soldados enfermos. No hay que olvidar citar también a Vegecio, autor que centró su estudio en las bestias de carga, en especial las mulas.

Quedaba patente que los veterinarios que trataban a los équidos (en concreto los caballos) eran los más apreciados, puesto que en aquella época se consideraba a estos animales de similar complejidad que el ser humano.

La terminación del Imperio Romano de Occidente no conllevó al olvido de su legado científico sino que, durante la Edad Media, el Imperio Romano de Oriente (Bizancio) supo aunar el *Arte de Herrar* y la *Hippiatria*

con más fuerza, apareciendo el *Corpus Hippiatricorum Graecorum* o *Hippiatrica*. En Bizancio, los emperadores habían fomentado la medicina hipiátrica, pues la caballería era esencial en las batallas.

Con la llegada de los pueblos bárbaros surgieron novedades, como la introducción del uso de la herradura con clavos para los pies de los caballos.

A partir de la Baja Edad Media, en Europa se comenzó a dar mayor relevancia a otros animales además de a los caballos, como el ganado en general, los perros de caza y las aves de cetrería.

En la época visigoda, las enseñanzas de Columela fueron analizadas por San Isidoro en sus *Etimologías*, incluyendo anotaciones sobre patologías como la peste, el carbunco o la rabia.

Igualmente, los árabes también heredaron y continuaron los conocimientos de Columela en la Península Ibérica. En sus incursiones desarrollaron la figura del *Al Baytar* que daría lugar a lo que hoy conocemos como *Albéytar*. La enseñanza del *Albéytar* se basaba en el concepto de “pasantía”, por lo que se ligaba a un aprendizaje con un maestro.

Los Reyes Católicos promulgaron en el año 1500 la *Pragmática* en la que se conminaba a “que ningún *albéytar* ni *ferrador* ni otra persona alguna pueda poner tienda sin ser examinado previamente”. Suele marcarse esta fecha como el inicio del Real Tribunal del Protoalbeytato, aunque existían precedentes medio siglo antes, en el reinado de Juan II de Castilla.

“Los griegos focalizaron el origen de la medicina animal en el centauro Quirón.”



◀ Claude Bourgelat en un sello conmemorativo del 250 aniversario de la Escuela Veterinaria de Lyon.

Con la Ilustración se produjo una evolución del concepto de la Albeytería hacia la Veterinaria. En España, el Real Tribunal del Protoalbeyterato y las primeras Escuelas Veterinarias coexistieron hasta el cese del citado Tribunal a mediados del siglo XIX.

La Profesión Veterinaria considera a Claude Bourgelat como iniciador. Fue relevante en tanto que fundó las dos primeras Escuelas de Veterinaria, en Lyon (1762) y en Maisons-Alfort (1765). La importancia de Bourgelat se debe también a que, en 1766, comenzó a utilizar la terminología *enfermedades epizooticas*, cuestión relevante para la fundación de las Escuelas de Veterinaria en Francia y las posteriores europeas. Los vínculos entre España y Francia eran evidentes merced a la Casa de Borbón; de ahí que se enviara al primer Mariscal (Bernardo Rodríguez) a formarse a Alfort en 1777. Le siguieron Segismundo Malats e Hipólito Estévez.

En 1788, Carlos III promovió el establecimiento de dos Escuelas de Veterinaria en España: en Madrid y en Córdoba. Este hecho se materializó para Madrid en 1792, con su hijo Carlos IV. Después de Madrid, surgieron –con carácter subalterno– las otras tres Escuelas de Veterinaria principales en España: Córdoba y Zaragoza (en 1847) y León (en 1852). Además, entre 1882 y 1924 también existió una Escuela de Veterinaria en Santiago de Compostela. No se puede olvidar que, en 1868,

**“En España, el Real Tribunal del Protoalbeyterato y las primeras Escuelas Veterinarias coexistieron hasta el cese del citado Tribunal a mediados del siglo XIX.”**



A-B. Grabados de las primeras ubicaciones de la Escuela de Veterinaria de Zaragoza.

C. Plumilla que refleja el Convento de San Marcos, donde estuvo ubicada la Escuela de Veterinaria de León entre 1852-1860 y 1932-1939 (obra del autor).

D. Fotografía del Pazo del Hórreo, donde se ubicó la Escuela de Veterinaria de Santiago de Compostela (1915-1924). En 1921 albergó la Misión Biológica de Galicia. Hoy en día es la sede del Parlamento de Galicia.



el Ministerio de Fomento desarrolló la enseñanza libre en España, autorizándose a municipios y provincias a establecer centros educativos, de ahí que surgieran las Escuelas Libres de Veterinaria de Viator (Almería), Alcalá de Guadaíra y Sevilla (Sevilla), La Palma del Condado y Trigueros (Huelva) y Valencia, finalizando su existencia en 1874.

Los diferentes avatares, leyes, enfrentamientos, Escuelas Veterinarias, que surgieron y desaparecieron, etc., dieron paso a la aprobación de la *Ley de Ordenación de la Universidad Española* en 1943, que transformó a todas las Escuelas en Facultades de pleno derecho.

**PAPEL DE LOS VETERINARIOS EN PRO DE “UNA SOLA SALUD”**

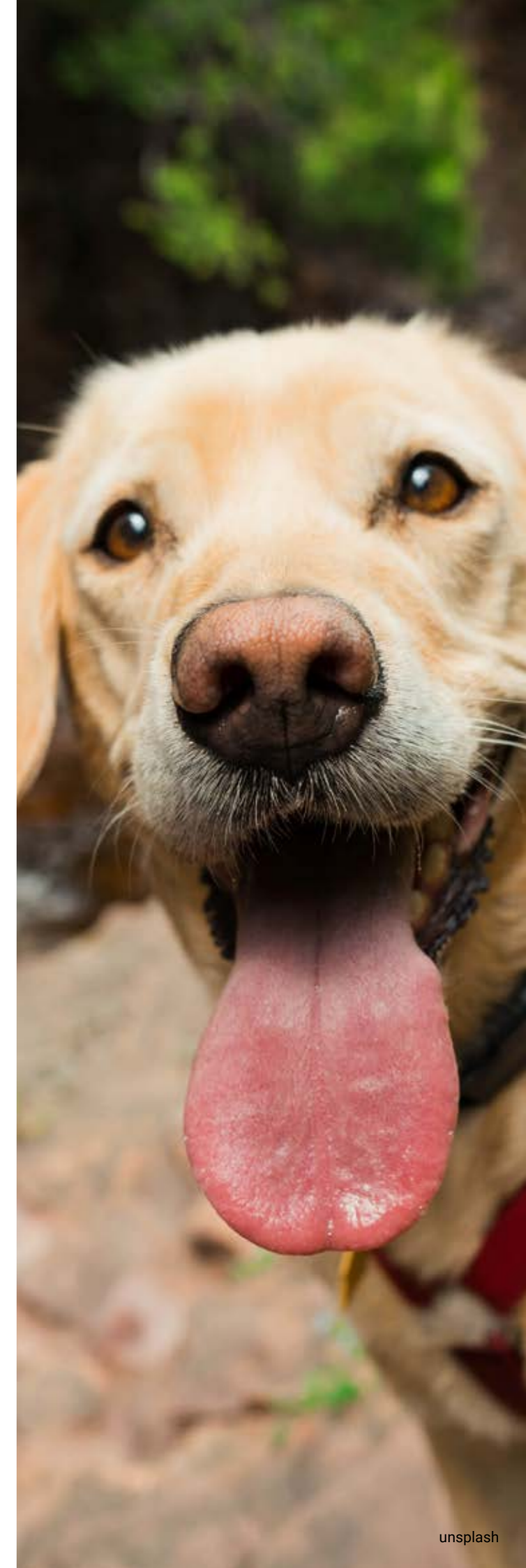
Es bien sabido que el impulso de las Ciencias Veterinarias se produjo a lo largo del siglo XIX gracias a la ayuda inestimable de Luis Pasteur y de sus colaboradores (veterinarios y médicos). La interrelación entre

las medicinas humana y veterinaria viene de antiguo, debido a que los animales han sido usados como modelos anatómicos y fisiológicos, estableciendo comparaciones entre ambos funcionamientos orgánicos. En efecto, siempre ha existido un interés por parte de los médicos para adaptar al ser humano ciertas técnicas previamente practicadas en animales.

Cartel diseñado por el Colegio de Veterinarios de Madrid en 2021 para conmemorar el “Día Mundial One Health” que se celebra cada 3 de noviembre (izquierda) y cartel diseñado por la OCV en noviembre de 2023 para visualizar la importancia de los veterinarios dentro de los equipos multidisciplinares que trabajan para lograr un éxito del enfoque de “Una Sola Salud” (derecha).



“La sinergia entre profesionales sanitarios es sinónimo de avance y aporta frutos positivos en materia de salud pública, sanidad animal y medio ambiente.”



Asimismo, la primera legislación que afectaba al control sanitario en ferias, mercados y mataderos reflejaba la enorme relevancia de los veterinarios como agentes garantes de la Salud Pública. De hecho, múltiples patologías se iniciaron en los animales y, debido al contacto estrecho con el ser humano, los agentes etiológicos evolucionaron hacia nuevos escenarios; he aquí las zoonosis y cómo sirvieron para dar importancia a las patologías animales en tanto en cuanto podían afectar al ser humano. Alrededor del 60% de las nuevas enfermedades siguen teniendo una procedencia animal y casi el 75% de todas las enfermedades infecciosas emergentes son zoonóticas. Además, el 80% de los patógenos que pueden ser utilizados con fines bioterroristas presentan esta característica, son zoonosis.

Junto con la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), hay otra institución intergubernamental esencial que trabaja para mejorar las condiciones sanitarias de la población mundial, la Oficina Internacional de Epizootias (OIE), fundada en 1924 y también conocida como Organización Mundial de Sanidad Animal (OMSA). Esta última ha renovado en 2023 el acuerdo de cooperación que mantenía con la Asociación Mundial Veterinaria para desarrollar y



### KEY TAKEAWAYS



Veterinary Services are a **global public good** worthy of **sustainable investment** by the **whole international community**.



Veterinary Services are chronically **under-resourced** against all comparative measures.



Veterinary Services make a vital contribution to **global health security** in areas such as **emerging zoonoses, antimicrobial resistance and food safety**, as they address "risk at source" for most major infectious threats, including pandemics.



The OIE is a **unique intergovernmental organisation** with key attributes as a partner in strengthening Veterinary Services, at global, regional or national levels.



Veterinary Services make a critical global contribution to **food security, nutrition, poverty alleviation and resilience**, given the number of poor rural communities that rely on animals for their economic livelihoods and as a food source.



The OIE has a proven track record in strengthening Veterinary Services, particularly over the last decade through its flagship **OIE PVS Pathway programme**, which is being expanded for the future.



The PVS Pathway shifts away from externally driven, short-term, emergency response type 'vertical' approaches addressing only specific diseases, and contributes to a **more sustainable, long term strengthening of 'horizontal' systems**. The process targets capacity building and good governance of Veterinary Services to improve aquatic and terrestrial animal health and welfare via improved compliance with OIE standards.

Your further support as a valued OIE partner will assist the OIE and its Member Countries to continually expand the good progress made in strengthening Veterinary Services, as a global public good.

◀ **Infografía que refleja el proceso PVS y nuevo logotipo de la OIE.**

“Como profesionales de la sanidad, debemos aunar esfuerzos para mantener un espacio natural adecuado, pues redundará en que sus moradores -humanos y animales- vivamos mejor.”

fortalecer, entre otras cuestiones, la prevención de pandemias y zoonosis, la eficacia en la comunicación entre los diferentes especialistas sanitarios ('One Health' o 'Una Sola Salud') y el control de las resistencias a los antimicrobianos (RAM).

La sinergia entre profesionales sanitarios (médicos, enfermeros, farmacéuticos, veterinarios, odontólogos, psicólogos, etc.) es sinónimo de avance y aporta frutos positivos en materia de salud pública, sanidad animal y medio ambiente. Como subrayó el Dr. Luis Alberto Calvo Sáez -presidente del Consejo General de Colegios Veterinarios de España- a raíz del "Día Mundial One Health" celebrado el 3 de noviembre de 2022, la interconexión existente entre la salud humana, animal y el medio ambiente "debe primar entre todas las profesiones sanitarias, con programas y políticas de salud públicas basadas en el enfoque One Health". De hecho, el pasado 3 de noviembre de 2023, la Organización Colegial Veterinaria (OCV) volvió a destacar dicha reflexión, añadiendo que "la protección de la salud pública depende del desarrollo y elaboración de estrategias universales de prevención y control de patógenos, en la interfaz hombre-animal-ecosistemas, que deben ser aplicables a nivel mundial, nacional y regional, a través de políticas adecuadas y con un compromiso por parte de los gobiernos".

La Dra. Monique Eloit, directora general de la OIE, ha destacado que los servicios veterinarios preservan los recursos animales, son vitales para la seguridad sanitaria mundial al atajar las constantes amenazas pandémicas, frente a las RAM, por su respuesta ante desastres naturales y bioterrorismo, y en materia de higiene alimentaria. Para implementar el correcto funcionamiento y la continua formación de los servicios veterinarios, la OIE ha propuesto un sistema de evaluación de la calidad junto con diversas herramientas que regulen los apartados económico y técnico en aras a solventar posibles deficiencias. Todo ello queda enmarcado dentro del "Procedimiento de evaluación de la eficacia de los Servicios Veterinarios" (PVS).

La emergencia y reemergencia de patógenos representa en la actualidad un enorme desafío para la Medicina (Humana y Veterinaria), con un impacto extraordinario en la salud y economía globales. Por ello, cualquier progreso dentro de la sanidad animal conllevará beneficios inequívocos para el hombre desde las perspectivas de salud y de economía. En general, la clave para su consecución reside en promover estrategias de control y vigilancia, para lo que se requiere de una integración en

#### BIBLIOGRAFÍA

- Abad Gavín M. Denominación y títulos de los profesionales de la veterinaria a lo largo de la historia de España. *Inf Vet.* 2009; julio - agosto: 24-27.
- Abad Gavín M. *Introducción a la Historia de la Veterinaria* (Lección inaugural del curso académico 1984-85). León: Universidad de León; 1984. 51 pp.
- Calvo Torras MÁ. La pandemia ocasionada por SARS-COV-2 desde la Veterinaria. *Ann R Acad Doc.* 2020; 5 (3): 455-466.
- Cique-Moya A, Vega-Plá JL. El papel de la Veterinaria Militar en brotes epidémicos a tenor de la COVID-19. *Sanid Mil.* 2020; 76 (2): 106-110.
- Dualde Pérez V. Las recopilaciones bizantinas de la veterinaria griega: La *Hippiátrika*. *Inf Vet.* 2008; abril: 21-24.
- Gómez Piquer J, Pérez García JM. *Crónica de 150 años de estudios veterinarios en Aragón (1847-1997)*. Zaragoza: Institución "Fernando el Católico" (CSIC) - Diputación de Zaragoza; 2000. 800 pp.
- Herrero Rojo M. *La Veterinaria en la Antigüedad: Creación del Real Tribunal del Protoalbeiterato de Castilla*. Valladolid: Junta de Castilla y León; 1990. 264 pp.
- Kahn LH, Kaplan B, Steele JH. Confronting zoonoses through closer collaboration between medicine and veterinary medicine (as 'one medicine'). *Vet Ital.* 2007; 43 (1): 5-19.
- López Piñero JM. *La Medicina en la historia*. Barcelona: Colección Aula Abierta, Salvat Editores; 1985. 64 pp.
- Mañé Seró MC, Vives Vallés MÁ. Historia de la veterinaria grecorromana. En: VVAA, editores. *Actas del XVI Congreso Nacional y VII Iberoamericano de Historia de la Veterinaria*; 2010, 30 septiembre - 2 octubre; Córdoba: Imprenta de la Diputación provincial; 2010. pp. 23-59.
- Martínez Pérez JM, Mauriz Turrado I. Desafíos de la Higiene, Inspección y Seguridad Alimentarias para el tercer milenio. *Revista ConCiencias.* 2017; 20: 48-63.
- Martínez Pérez JM. *Hygia pecoris, salus populi*. La evolución hacia Una Sola Salud. *Ann R Acad CC Vet Es.* 2016; 24: 379-492.
- Martínez Pérez J. *Relevancia de la Profesión Veterinaria. La fasciolosis en el contexto de Una Sola Salud*. León: Academia de Ciencias Veterinarias de Castilla y León - Universidad de León; 2022. 76 pp.
- Mayor Zaragoza F, Fariñas Guerrero F, Vega García S (Coords.). *ONE HEALTH. Cambio climático, contaminación ambiental y el impacto sobre la salud humana y animal*. Zaragoza: Amazing Books; 2019. 707 pp.

la actuación sobre las poblaciones humana y animal. Dentro del concepto de “Una Sola Salud”, la Profesión Veterinaria aporta la evaluación, la prevención, la gestión y la comunicación de riesgos sanitarios, contribuye a la investigación biomédica y potencia la integridad medioambiental con el fin último de beneficiar la salud y el bienestar en el hombre y los animales.

Sucesivamente aparecen nuevas epidemias, infecciones y contagios que se transmiten con gran rapidez debido al mundo globalizado en que vivimos. La globalización facilita la posibilidad de que el brote de una enfermedad infectocontagiosa -a nivel local- pueda devenir en regional y seguir aumentando su transmisión. Por supuesto, los aspectos ecológicos no hay que dejarlos al margen, puesto que las implicaciones del cambio climático en la aparición y la diseminación de vectores son palpables. La pandemia más reciente que ha afectado de manera global a la humanidad (SARS-CoV-2) nos hace recordar otras acaecidas con anterioridad, más y menos graves, debidas a coronavirus y a otros agentes infectocontagiosos. Cabe recordar las de peste negra, viruela, gripe española o gripe asiática. Igualmente, hay que referirse

a las epidemias que han afectado a los animales (rabia, carbunco, fiebre aftosa, sarna o peste bovina). Por todo ello, y como profesionales de la sanidad, debemos aunar esfuerzos para mantener un espacio natural adecuado, pues redundará en que sus moradores -humanos y animales- vivamos mejor.

En el siglo XXI se reformuló la visión de “Una Medicina” -acuñado por el veterinario epidemiólogo Calvin Schwabe en 1964- hacia el actual “Una Sola Salud”. También se acepta por parte de profesionales veterinarios y médicos el uso de la expresión “Un Mundo – Una Salud”, consecuencia de los brotes de Ébola de 2003 y de otros posteriores. La ejecución del concepto de “Una Sola Salud” está siendo posible merced a la alianza entre las tres instituciones antes mencionadas (OMS, FAO y OIE - OMSA), cuya colaboración estratégica es a largo plazo coordinando la gestión del riesgo sanitario mundial en los casos de contacto hombre-animal. Es decir, el enfoque hacia “Una Sola Salud” permite plantear globalmente la Sanidad Animal y la Salud Pública, sin límites o fronteras, tal como indicaba el Dr. Charles Mérieux: “*Sans frontières entre les deux Médecines*”. Asimismo,

la mencionada iniciativa PVS queda englobada dentro del paraguas de “Una Sola Salud” y pretende ayudar a establecer una estrecha colaboración entre los servicios sanitarios (humanos y veterinarios) de los distintos países miembros con el objetivo de mejorar sus capacidades funcionales.

Hoy en día, el paraguas de “Una Sola Salud” debería englobar cualquier tipo de patología de interés sanitario -en especial, zoonosis-, teniendo presente su impacto a escala global. Como especifica el Dr. Bernard Vallat (director general honorario de la OIE y Académico de Honor de la Academia de Ciencias Veterinarias de Castilla y León), este concepto está ligado en su origen a la protección de la Salud Pública a través de las políticas de prevención y control de patógenos en los animales en el seno de la interfaz hombre - animal - medio ambiente; de ahí que la primera línea de acción sean los veterinarios, líderes en la lucha para la erradicación de las enfermedades epizooticas y zoonóticas. Pasteur lo reflejaba de la siguiente manera: “*El médico se ha ocupado históricamente de cuidar del hombre y el veterinario lo ha hecho de la humanidad*”. En consecuencia, se podría aseverar que la función de los veterinarios presenta cuatro vertientes principales: clínica, sanitaria, zootécnica y educadora.

José Manuel Martínez Pérez  
I.E.S. “La Quintana” (Asturias)

“Hoy en día, el paraguas de *Una Sola Salud* debería englobar cualquier tipo de patología de interés sanitario.”

- Mencía Valdenebro I, Sánchez de Lollano Prieto J. Introducción al estudio sobre el origen de la herradura. En: VVAA, editores. *Actas del XVIII Congreso Nacional y IX Iberoamericano de Historia de la Veterinaria*; 2012, 4 – 6 octubre; Santander: Colegio Oficial de Veterinarios de Cantabria; 2012. pp. 287-292.
- Perea Remujo JA (Coord.). *Libro Blanco. Título de Grado en Veterinaria*. Madrid: Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación; 2005. 272 pp.
- Portela Vázquez AM. El centenario de la Misión Biológica de Galicia y Cruz Gallástegui. *Inf Vet*. 2021; 3: 64-66.
- Pumarola Batlle M. Enfermedad animal, zoonosis y ‘One health’: lo que hemos aprendido los veterinarios a lo largo de la historia. *Revista dA*. 2020; 11 (4): 98-105.
- Rodríguez Ferri EF. Una Salud y Zoonosis (y viceversa). *Ann R Acad Doc*. 2021; 6 (2): 319-340.
- Rodríguez García M. *Aportaciones al estudio de la Historia de la Escuela de Veterinaria de Santiago de Compostela* [tesis doctoral]. León: Universidad de León; 1986.
- Salvador Velasco Á, Andrés Turrión ML, Sánchez de Lollano Prieto J. El proceso de absorción del Real Tribunal del Protoalbeitarato por la Escuela de Veterinaria de Madrid (1792-1855). *Asclepio*. 2010; LXII (2): 541-578.
- Schwabe CW. *Veterinary Medicine and Human Health*. Baltimore: Williams & Wilkins; 1964. 516 pp.
- *Strengthening Veterinary Services through the OIE PVS Pathway. The case for engagement and investment*. París: OIE; 2019. <https://www.woah.org/app/uploads/2021/03/20190513-business-case-v10-ld.pdf>.
- Trujillo Mascia N, Javitt-Jiménez M. De la Salud Pública Veterinaria al paradigma *One Medicine-One World-One Health*. A propósito de las cinco y media décadas de los postulados del Dr. Calvin Schwabe. *Revista CMVL*. 2020; 1 (19): 27-34.
- Vallat B. Una sola salud. *Boletín OIE*. 2013; 1: 1-2.
- Vila Méndez P, Vila Arias P. *Claude Bourgelat. Artis Veterinariae Magister*. Lugo: Colegio Oficial de Veterinarios de La Coruña - Organización Colegial Veterinaria Española; 2012. 187 pp.
- Zamora Merchán M, Quesada Sanz F, coordinadores. *El caballo en la antigua Iberia. Estudios sobre los équidos en la Edad del Hierro*. Madrid: Real Academia de la Historia / Universidad Autónoma de Madrid; 2003. 256 pp.



# Las huellas de las glaciaciones del pasado próximo y remoto

Gonzalo Pardo  
y Concha Arenas

Viu

Afloramiento de sedimentos proglaciares en el río Sorrosal, en Linás de Broto.

Foto: J.L. Peña Monné  
C. Sancho Marcén



**Fig. 1.- Formas del modelado glaciar a diferentes escalas:**

**A. El circo de Rioseta, en la cabecera de un pequeño glaciar tributario del glaciar del Aragón.**

**B. El valle de Otal, colgado sobre el Ara, otro ejemplo de valle glaciar de perfil en U.**

**C. Ibón de Pecico, ocupando una depresión de sobrecavación del hielo del glaciar del Caldarés, afluente del glaciar del Gállego.**

**D. Bloque estriado por abrasión glaciar, río Sorrosal.**

**E**n la exposición de su teoría, sobre el origen de las especies, Darwin se planteó todos los hechos posibles que pudiesen falsarla. Uno de esos hechos era la aparición de especies en áreas alejadas de su lugar natal, del que estaban separadas por barreras geográficas en apariencia insuperables. Darwin se ocupó de diferentes casos al respecto, tanto de animales como de vegetales, y uno de ellos fue cómo ciertas plantas propias de latitudes septentrionales podían encontrarse en islas situadas a cientos de kilómetros, en latitudes más meridionales. Pues bien, en el texto de su obra *“El origen de las especies por medio de la selección natural”*, de 1859, es curioso leer el siguiente párrafo (traducción de Antonio de Zulueta):

*A ruego mío, sir C. Lyell escribió a míster Hartung preguntándole si había observado cantos erráticos en esas islas, y contestó que habían hallado grandes pedazos de granito y de otras rocas que no se encuentran en el archipiélago. Por consiguiente, podemos deducir con seguridad que los icebergs en otro tiempo depositaron su carga de piedras en las playas de esas islas oceánicas, y es, por lo menos, posible que puedan haber llevado a ellas algunas semillas de plantas del Norte.*

Un canto errático es aquel que, transportado por el hielo, se encuentra a distancia significativa del afloramiento del cual procede, y se refiere Darwin a las islas Azores, de origen volcánico, a 37°-39° N. Este texto es una prueba del conocimiento enciclopédico de Darwin sobre el mundo natural, incluyendo la geología.

El hielo es un agente geológico muy eficiente en la erosión y el transporte de materiales y, en suma, como escultor de paisajes: el denominado modelado glaciar. Pero así mismo genera depósitos que evidencian periodos prolongados de frío intenso en ciertos momentos del pasado, es decir, la existencia de épocas glaciares pretéritas, y a este respecto los clastos transportados por el hielo son, en muchas ocasiones, un elemento clave, como se verá en este artículo.

#### EL HIELO COMO AGENTE GEOLÓGICO

Los que conocen los Pirineos, o cualquiera de las altas montañas del mundo, saben que buena parte de sus paisajes característicos se deben a la erosión producida por los glaciares: circos, ibones y valles profundos con perfil en U, son legados de la última glaciación (Fig. 1). Menos llamativos como paisaje, pero no menos importantes

para su estudio, son los materiales que transportaron, entre otros sus depósitos cuando funde el hielo. Estos destacan más si la erosión posterior del agua da lugar a morfologías curiosas, como las llamadas chimeneas de hadas o *dames coiffées*, como las designan en Francia.

El hielo en movimiento, en cuanto alcanza cierto espesor, es un fluido altamente viscoso, capaz de deslizarse por acción de la gravedad y transportar cargas como un flujo plástico lento en fase sólida. Como resultado, un glaciar es un agente eficaz de modelado erosivo y, además, el agente de transporte de materiales con más capacidad (carga máxima de partículas) y competencia (tamaño máximo de partículas).

Los glaciares de valle transportan fragmentos rocosos desprendidos de las laderas sin discriminación de tamaño, y tanto el hielo de los glaciares de valle como el de los de casquete (*inlandsis*), es capaz de arrancar (fenómeno de *plucking*) y transportar fragmentos del substrato rocoso. Esta carga de materiales que transporta el hielo son las morrenas, denominadas laterales, centrales y de fondo, según su posición en el caso de tratarse de la lengua de un glaciar de valle. A su vez, los materiales de las morrenas raspan el substrato creando estrías en él y en los clastos transportados (Fig. 1D). Es este un rasgo morfológico que evidencia por sí mismo la existencia de glaciares ya desaparecidos. En el caso de casquetes extensos, las estrías en el substrato rocoso informan de las direcciones de desplazamiento de las masas de hielo desde el centro del casquete hacia la periferia. Es el caso, por ejemplo, de la glaciación Hirnantense que tuvo lugar en el Ordovícico Superior-inicio del Silúrico, hace 445-441 Ma (millones de años) (Scotese, 2021), durante la cual existió un extenso casquete en el noroeste de África, que en aquel momento estaba situado en el polo sur terrestre (Fig. 2).

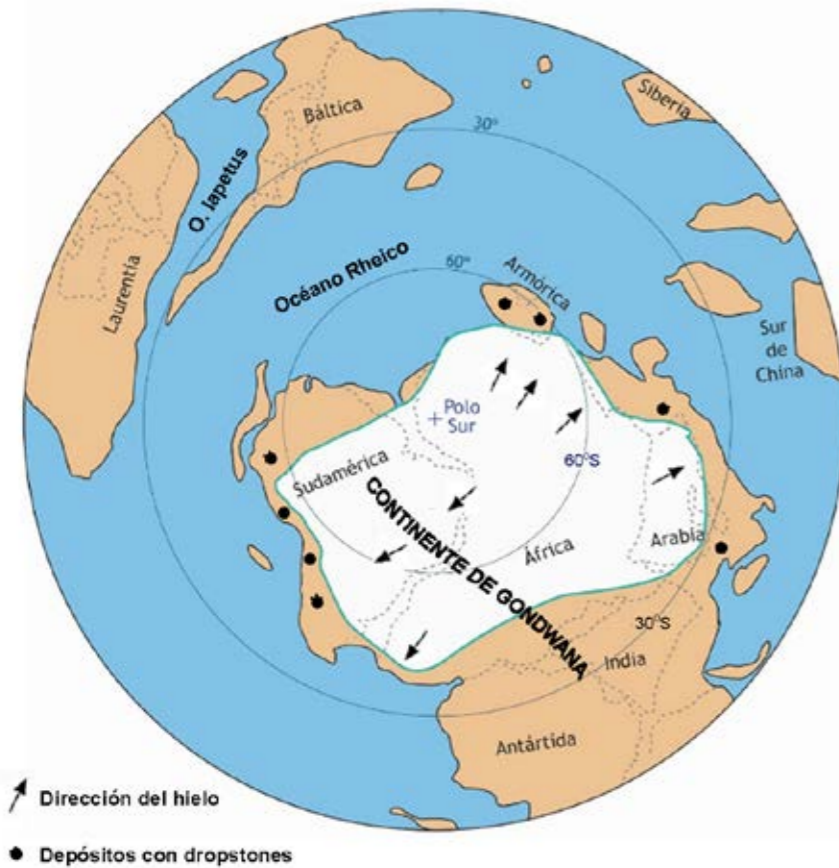
**“Los materiales de las morrenas raspan el substrato creando estrías en él y en los clastos transportados.”**

Además, como resultado de la abrasión, se obtienen e incorporan a la carga transportada por la masa de hielo sedimentos de granulometría fina, hasta tamaño arcilla, que se denominan harina glaciar (*rock flour* o harina de roca). Esta es transportada en suspensión por las aguas de fusión de los glaciares prestando una turbidez blanquecina característica a corrientes fluviales y lagos proglaciares (Fig. 3A, B). La fusión (abla-ción) de una lengua glaciar conlleva la formación de lagos en las cubetas excavadas por el hielo en el circo de cabecera y a lo largo del valle, así como el depósito de todos los materiales transportados formando una morrena frontal, en general con la morfología de colina arqueada aguas abajo. Las morrenas laterales abandonadas quedan como cúmulos colgados en las laderas del valle. Las morrenas frontales, así como las laterales cuando cierran un curso afluente, pueden constituir barreras que represan lagos proglaciares. Todos estos casos están en la génesis de los ibones.

Así, con el término morrena se hace referencia tanto a los materiales en transporte por el hielo, como a la morfología de los depósitos resultantes de la fusión. En todos los casos, los depósitos morrénicos tienen

la característica de ser totalmente heterométricos: en las morrenas se pueden encontrar mezclados grandes bloques de formas angulosas (los característicos sombreros de las *dames coiffées*), gravas de todos los tamaños, arena, limo y arcilla. Un buen ejemplo de depósito morrénico con estas características puede verse en el valle del río Gállego a la altura de Biescas, las chimeneas denominadas Señoritas de Arás (Fig. 3C).

**“El último periodo glaciar, denominado Würm, es el que ha dejado, con sus lenguas avanzando por los valles, la impronta más visible en los Pirineos.”**

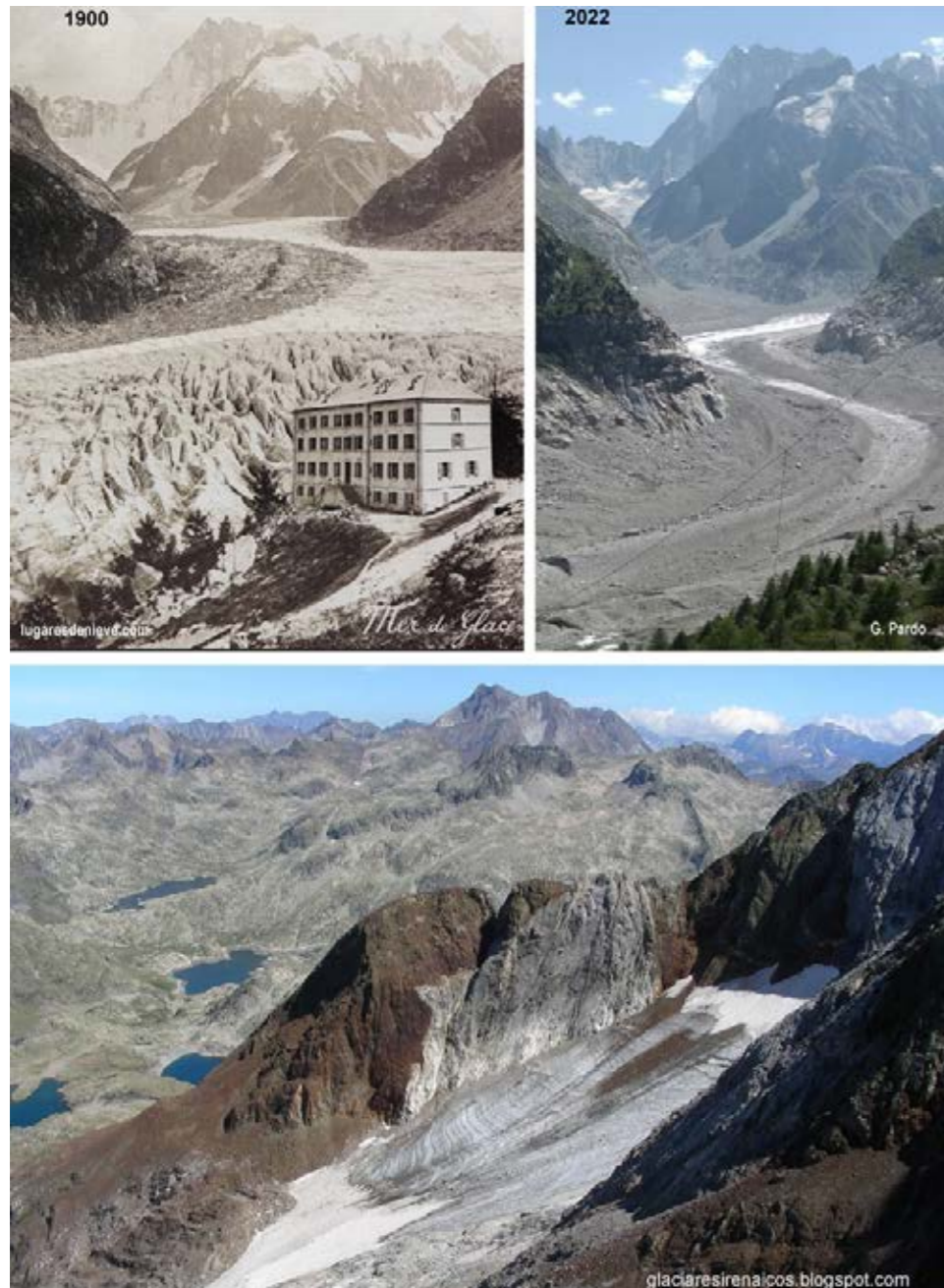


◀ Fig. 2.- Reconstrucción paleogeográfica global en el Ordovícico Superior-inicio del Silúrico, con extensión del *inlandsis* hirnantiense. Las direcciones de movimiento del hielo se establecen a partir de las estrías originadas por abrasión del substrato, actualmente aflorante. (Elaborado a partir de Cocks y Torsvik, 2002).



▲ Fig. 3.-

- A. La flecha señala la morrena central, resultado de la unión de las morrenas laterales de dos lenguas glaciares en el frente del glaciar de Upsala sobre el Lago Argentino (Patagonia).
- B. Morrena lateral del glaciar Svínafellsjökull (Islandia). Nótese en A y B el color de las aguas, debido a la harina de roca en suspensión.
- C. Las “Señoritas de Arás”, cerca de Biescas, modeladas en los materiales de una morrena lateral del Gállego. La chimenea de la izquierda era tan alta como la central, pero se ha degradado tras perder su sombrero en 2005. A la derecha, posible creación de futuras chimeneas.
- D. Iceberg en Jökulsárlón (Islandia). Nótese la carga de sedimentos que acarrea, futuros erráticos.
- E. Vista a escala microscópica de la deformación por *dropstones* tamaño arena de unas lutitas laminadas glaciolacustres, Pleistoceno de Linás de Broto; la banda negra es un hueco en la lámina delgada (imagen tomada de Sancho et al., 2018).
- F. *Sandur*, depósito fluvial del glaciar Peyto, Canadá.



◀ **Fig. 4.- El retroceso de los glaciares alpinos. Arriba: La evolución de La Mer de Glace en poco más de un siglo. Abajo: Estado actual del glaciar del Infierno, a unos 2800 m de altitud, en uno de los circos de la cabecera del río Caldarés, afluente del Gállego.**

Pero no todos los depósitos glaciares son morrenas: los glaciares que se adentran en masas de agua (mar o lago) como plataformas flotantes dejan su carga al fundirse, con características similares en cuanto a heterometría, pero la morfología de tales depósitos no es de morrena. Tampoco los depósitos de las morrenas de fondo de un glaciar de valle suelen conservar la morfología morrénica. Se utiliza entonces, para todo sedimento heterométrico grueso de origen glaciar (incluidos los morrénicos) el término genérico *till* (o *acuatill* para el depositado en masa de agua) si el depósito no está consolidado, y *tillita* para el cementa-

do. Por otra parte, las aguas de fusión de un glaciar en retroceso originan mantos de depósitos proglaciares de gravas y arenas que se denominan *outwash plain* o *sandur* (Fig. 3). Si estos mantos de gravas y arenas desembocan en un lago, primero dan lugar a depósitos de tipo deltaico, pero más lejos de la desembocadura los materiales más finos, que habían llegado en suspensión, se decantan como lutitas (limos y arcillas) masivas o laminadas; estas últimas pueden dar lugar a las varvas glaciares típicas de lagos alpinos cuya superficie se congela en invierno. En todos estos casos se habla de depósitos glaciolacustres.

Los témpanos o icebergs desprendidos de los casquetes polares, o los hielos flotantes en lagos cuando se da un avance glaciar, terminan por fundirse. Su carga de tamaño grueso (desde bloques hasta arena) se puede encontrar entonces como fragmentos aislados (*dropstones*) entre las lutitas, que previamente se habían depositado en el fondo del mar o del lago, a las que deforman con su peso. Esto se aprecia mejor cuando dicho sedimento fino está laminado (Fig. 3). En consecuencia, en este contexto, los sedimentos finos con *dropstones* son indicadores geológicos claros de momentos de clima frío en el pasado.

#### LA ÚLTIMA ÉPOCA GLACIAR EN EL HEMISFERIO NORTE Y LOS GLACIARES PIRENAICOS

Tanto las morfologías como los depósitos más recientes de ablación de los glaciares del hemisferio norte se han producido durante el periodo Cuaternario que, según la Tabla Estratigráfica Internacional, abarca los últimos 2.59 Ma y comprende dos épocas, el Pleistoceno, de 2.59 Ma hasta 11.7 ka (miles de años), y el Holoceno, en la que nos encontramos. A lo largo del Pleistoceno se han registrado cuatro glaciaciones separadas por sus respectivos periodos interglaciares, más cálidos. Durante esos periodos glaciares se desarrollaron extensos casquetes de hielo en el norte de Europa, Asia y Norteamérica. Como consecuencia, el nivel del mar descendió (hasta 135 m en la última glaciación) y el Canal de la Mancha, por ejemplo, podría haberse cruzado a pie. Tampoco estaban separadas Asia y Norteamérica: el descenso del nivel del mar creó el denominado puente intercontinental de Beringia, por el que los humanos pudieron acceder al continente americano.

El último periodo glaciar, denominado Würm, es el que ha dejado, con sus lenguas avanzando por los valles, la impronta más visible en los Pirineos, borrando la mayor parte de las huellas de las glaciaciones previas. Tras un periodo denominado tardiglaciar, en el que los glaciares retrocedieron a los circos en que se originaban las lenguas, se entra en el Holoceno, postglaciar, de clima más templado.

Hoy, que estamos viendo desaparecer los últimos glaciares pirenaicos de circo, y retroceder de forma espectacular los glaciares de los Alpes (Fig. 4), podemos hacernos una idea de lo que fueron las lenguas de los glaciares pirenaicos por la posición en que se reconocen sus morrenas frontales: Como ejemplos, en los valles de Ossau éstas se encuentran en Arudy, las del Aragón

**“El glaciar del Gállego debió tener cerca de 500 m de espesor de hielo a la altura de Biescas.”**

entre Aratorés y Castiello de Jaca, las del Gállego cerca de Sabiñánigo y en Senegüé, unos kilómetros más al norte, y las del Ara en Salinas de Sin. Así, en estos valles las lenguas glaciares tenían, según Delmas et al. (2022), 43, 23, 40 y 32 km de longitud, respectivamente. En cuanto al espesor que alcanzó el hielo, se puede tener una idea por la altura a que se encuentran los restos de sus morrenas laterales sobre el fondo de los valles fluviales actuales. En el caso del valle del Gállego, a la altura de Biescas (ca 870 m de altitud), se cortan restos de depósitos morrénicos a unos 1100 m en la carretera que lleva a Ordesa, pero se cartografiaban estos materiales hasta unos 1360 m en el barranco de Aso de Sobremonte, según el mapa MAGNA nº 177 (Sabiñánigo) del IGME. Por lo tanto, el glaciar del Gállego debió tener cerca de 500 m de espesor de hielo a la altura de Biescas, a poco de salir de las Sierras Interiores pirenaicas. Y se habla de unos 600 m para el glaciar de Ossau.

Llama la atención que, superados los angostos cañones de las Sierras Interiores, los ríos pirenaicos se abran en valles amplios, de escasa pendiente por donde antes discurrían los glaciares. Así, el Gállego entre Biescas y Sabiñánigo, el Aragón entre Villanúa y Castiello de Jaca, o el Ara al sur de Torla. La razón es la menor resistencia a la erosión del sustrato rocoso de los tramos citados, frente a la mayor que encontraban en las Sierras Interiores: superadas estas, Gállego, Aragón y Ara se encuentran con el flysch eoceno, más fácilmente erosionable que las calizas y areniscas de las Sierras Interiores. Otro tanto se observa en la vertiente norte de la cordillera en el Gave d'Ossau, desde que supera el cañón de Eaux Chaudes y discurre por un amplio valle de margas, calizas y flysch cretácico entre Laruns y Arudy. Desaparecido el hielo de esos tramos, su relleno ha

sido realizado por los aluviones de los respectivos ríos y por los conos de deyección de los barrancos tributarios. Sin embargo, es posible que, bajo los aluviones, existan depósitos lacustres formados en áreas represadas por las morrenas frontales, depósitos que hoy no afloran. Podría ser el caso del Gállego inmediatamente aguas arriba de la morrena de Senegüé, según apunta la geofísica (tomografía de resistividad eléctrica) realizada en ese lugar por Turu et al. (2007). Lamentablemente, no existe un sondeo que pueda confirmar esta hipótesis, aunque la interpretación de los datos de la geofísica sugiere que se trataría de un depósito margoso (¿quizás laminitas glaciolacustres?). Tampoco existen sondeos que permitan conocer el subsuelo de

lugares como Aguas Tuertas, en la cabecera del Aragón Subordán, o en el valle colgado de Otal, sobre el del Ara; pero su baja pendiente, que obliga a la divagación de los respectivos ríos, y además favorece la formación de turberas, sugiere que la morfología de estos valles es el resultado de la colmatación de ibones (Fig. 5).

**DATACIÓN DE LOS GLACIARES PIRENAICOS**

La edad de los glaciares pirenaicos ha sido objeto de numerosas investigaciones. Se han obtenido edades absolutas mediante dataciones con <sup>14</sup>C de restos carbonosos contenidos en todo tipo de sedimentos glaciares, mediante Luminiscencia Ópticamente Estimada (OSL,

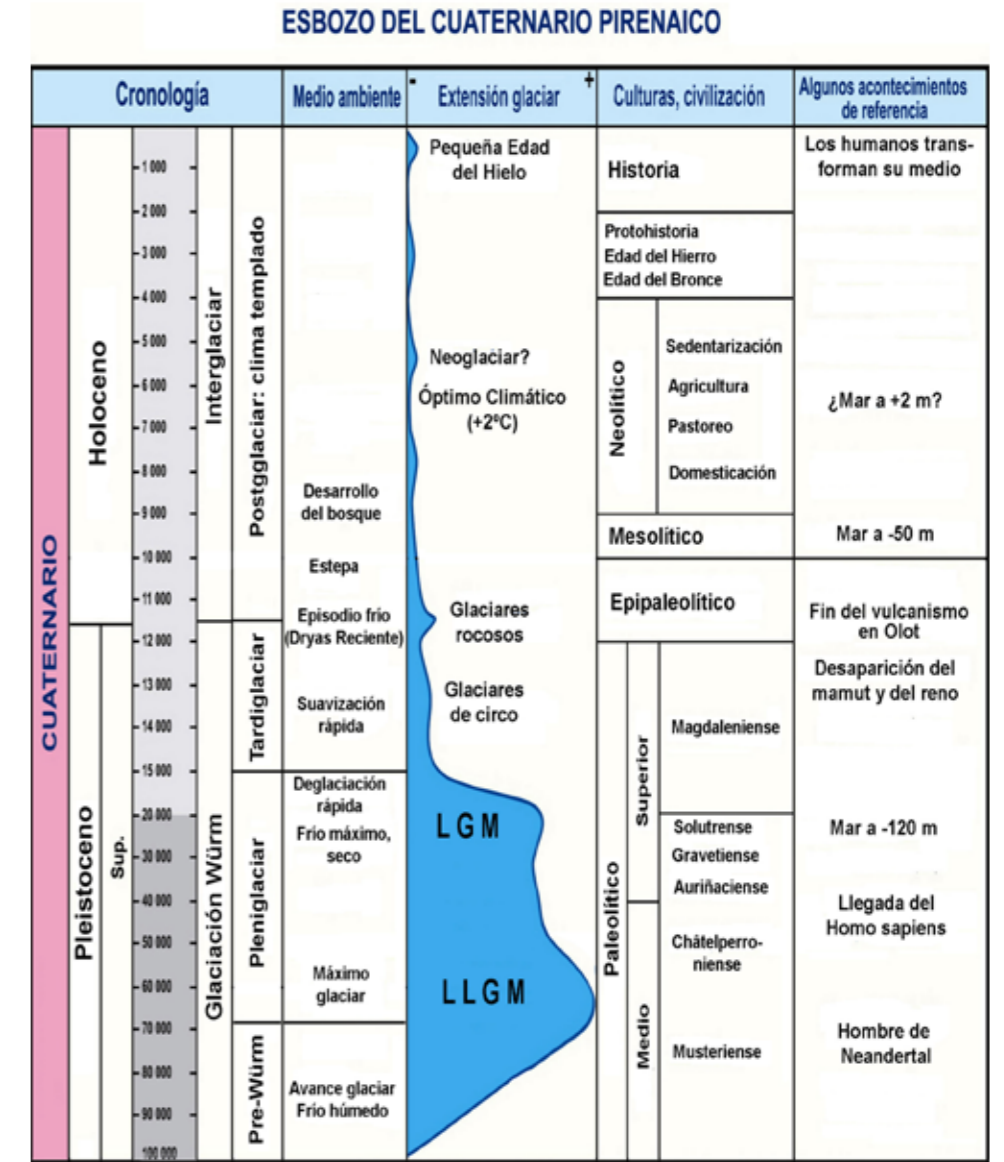


Fig. 5.-

Arriba: vista hacia el sur, es decir, hacia la Zona Axial pirenaica, de un sector del valle d'Ossau.

Abajo: vista de Aguas Tuertas, un ibón colmatado cerca de la cabecera del Aragón Subordán. El río discurre en apretados meandros por el fondo del valle en U. Los grandes bloques son seguramente restos de las morrenas laterales.

Fig. 6.- Esquema de evolución del Cuaternario pirenaico en los últimos 100 ka, desde el inicio de la última glaciación (Würm). LGM, Last Glaciar Maximum, máxima extensión de los casquetes de hielo en el hemisferio norte; LLGM, Last Local Glaciar Maximum, máxima extensión de las lenguas glaciares en el Pirineo. (Modificado del Mapa geológico del Cuaternario de los Pirineos a escala 1.400.000, editado por BRGM-IGME).



su acrónimo inglés) de arenas con granos de cuarzo, o mediante nucleidos cosmogénicos como <sup>10</sup>Be y <sup>36</sup>Cl, también sobre cristales de cuarzo, en rocas pulidas del sustrato o en grandes bloques erráticos transportados por los glaciares (Fig. 6). Los diferentes autores han llegado a la conclusión de que el máximo de la glaciación Würm en el norte de Europa (*Last Glaciar Máximo*, LGM) ocurrió entre los 20 y los 18 ka. Pero el máximo desarrollo de los glaciares pirenaicos (*Last Local Glaciar Maximum*, LLGM) tuvo lugar con anterioridad (García Ruiz et al., 2003 y 2013; Lewis et al., 2009), con un máximo hace ≈ 68-64 ka y un reavance menor alrededor de los 18 ka coincidiendo con el LGM (Lewis et al., 2009; Delmas, 2015). Esta vez Iberia se adelantó al norte de Europa, debido a anomalías en la circulación atmosférica en el Atlántico. Un resumen de la evolución climática pleistocena durante la glaciación Würm en el Pirineo se

“La edad de los glaciares pirenaicos ha sido objeto de numerosas investigaciones.”



◀  
Fig. 7.-

**Izquierda: Cascada del río de La Larri sobre el valle de Pineta; escarpe en areniscas del Permotriás.**

**Derecha: Cascada del río Sorrosal sobre el valle del Ara en Broto, en un momento de avenida; escarpe en flysch eoceno.**

recoge en el cuadro de la página anterior (Fig. 6), donde pueden verse, además, las oscilaciones del clima a lo largo del Holoceno: si algo es propio del clima terrestre, es su variación.

#### LOS VALLES GLACIARES TRIBUTARIOS

Cuando se habla de un glaciar pirenaico suele hacerse referencia a un glaciar principal, colector de varios tributarios procedentes de circos situados en las altas cumbres, donde hoy aún se encuentran algunos relictos. Por ejemplo, el glaciar del Infierno (menos de 6 ha), en la cabecera del río Caldarés, tributario del Gállego. Muchos de estos pequeños glaciares tributarios están hoy ocupados por ríos que han quedado colgados sobre los valles de los antiguos glaciares principales, más profundos porque sus lenguas poseían mayor poder de excavación debido a su mayor volumen. Esos ríos pueden recorrer llanos como los de La Larri sobre el valle de Pineta, en la cabecera del Cinca, o los del entorno de Linás de Broto, en los que incide el río Sorrosal. La desembocadura actual de estos ríos en su colector suele ser una cascada (Fig. 7), y las llanuras citadas tienen especial interés porque en ellas la incisión fluvial permite reconocer, bajo los aluviones más recientes, depósitos glaciolacustres aptos para la datación de los procesos glaciares.

**“La incisión fluvial permite reconocer, bajo los aluviones más recientes, depósitos glaciolacustres aptos para la datación de los procesos glaciares.”**

Para el caso de los llanos de La Larri, Salazar-Rincón et al. (2013) postulan que en el glaciar de Pineta el hielo alcanzó los 450-500 m de espesor, teniendo al de La Larri como tributario. Cuando hace entre 39 y 32 Ka disminuyó el espesor del hielo a unos 300-350 m, una morrena lateral del glaciar de Pineta encerró en el valle de La Larri un ibón, alimentado por la fusión del glaciar de La Larri, que se fue rellenando progresivamente hasta hace unos 11 Ka. Desde entonces se fue recubriendo por unos 10 m de depósitos fluviales, hasta llegar al aspecto de llanada actual. Cuando el río alcanzó la morrena comenzó a erosionarla y a incidir en sus propios sedimentos, permitiendo aflorar el techo de los depósitos glaciolacustres. Los autores citados realizaron en este lugar tomografía eléctrica y sondeos mecánicos de los que obtuvieron testigos de los depósitos y su datación con <sup>14</sup>C y OSL. Mediante estas técnicas determinaron que el relleno sedimentario tiene un espesor de unos 40 m (Fig. 8), con un posible till basal y facies glaciolacustres distales con arcillas masivas y laminadas que presentan *dropstones* de tamaño grava embebidos en ellas, lo que indica transporte por hielo flotante en momentos fríos.



Glaciar de Pineta.  
<https://www.valpineta.eu/>

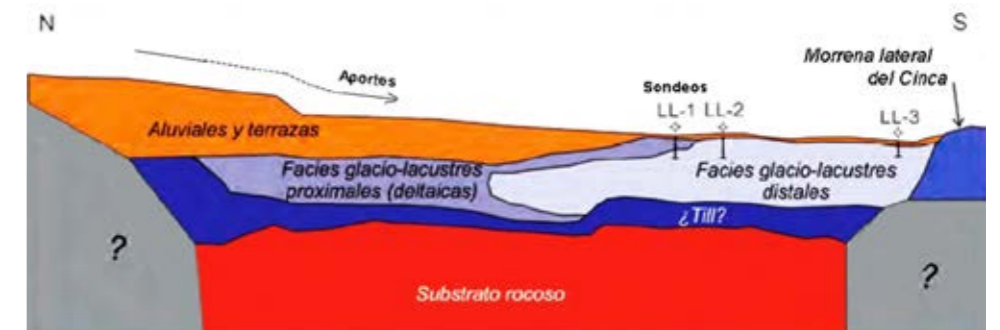


Fig. 8.-

**Arriba: Interpretación de la tomografía eléctrica (sección norte-sur) realizada por Salazar-Rincón et al. (2013) en los Llanos de La Larri.**

**Abajo: Fotografía del lugar tomada hacia el sur, en sentido de la corriente del río. La letra M en azul sitúa la morrena lateral del glaciar del valle de Pineta que cerraba el lago. Sobrepasada la morrena la topografía descende al valle citado, 300 m más abajo. Al fondo, la Sierra de las Tucas.**





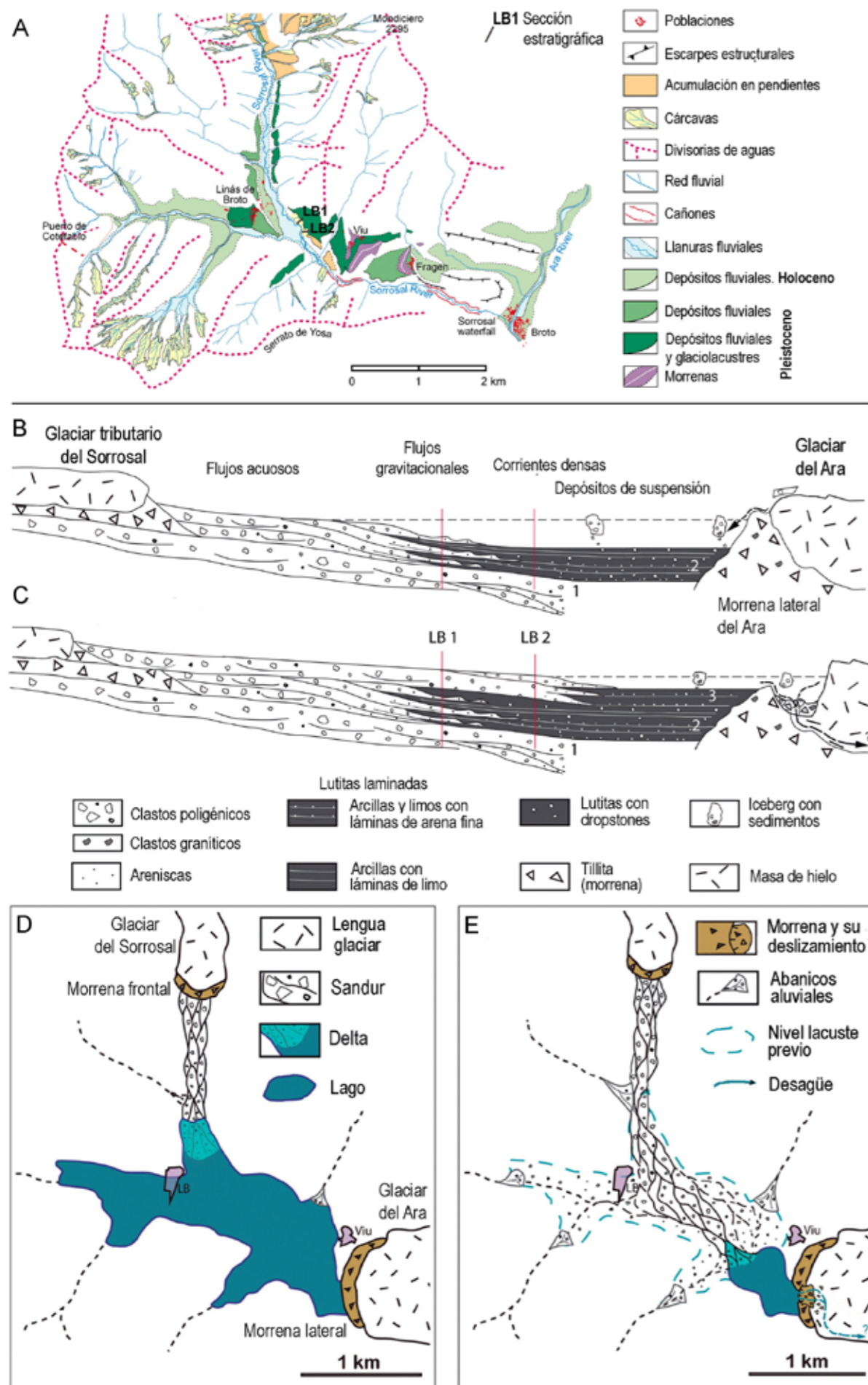


Fig. 9.-

**A. Mapa geomorfológico de una parte de la cuenca hidrográfica del río Sorrosal, afluente del Ara, en la localidad de Linás de Broto. La cabecera más al norte, en las Sierras Interiores (adaptado de Sancho et al., 2018).**

**B y C. Depósitos del sistema fluviolacustre proglacial alimentado por la fusión del glaciar del Sorrosal, represado por el hielo de la lengua del glaciar del Ara y su morrena lateral en dos momentos de su evolución: B, situación de lago expandido durante un periodo frío; C, progradación de outwash plain y delta, y reducción del lago durante un periodo cálido de retroceso de las lenguas glaciares, con desagüe parcial del lago a través de la morrena del Ara. El afloramiento de Linás de Broto permite reconocer dos estadios semejantes a B (2 en la figura) y tres similares a C (1 y 3 en la figura). LB 1 y LB 2, perfiles estratigráficos detallados donde se reconocieron los cinco estadios; véase situación en mapa A (adaptado de Sancho et al., 2018).**

**D y E. Esquemas paleogeográficos correspondientes a las dos situaciones B y C anteriores (adaptado de Sancho et al., 2018).**

En el valle de Linás de Broto la incisión del río Sorrosal hace aflorar unos 55 m de espesor de depósitos que se formaron en un lago proglacial alimentado por la ablación de una pequeña lengua proveniente de la sierra de Tendeñera. Este lago estaba represado por el hielo del glaciar del Ara y por una morrena lateral del mismo, cuyos restos se encuentran en el pueblo de Viu (ver portada). El afloramiento permite reconocer un sistema sedimentario consistente en depósitos de gravas fluviales, depósitos con gravas y arenas deltaicas de margen lacustre, y láminas de limo y arcilla con dropstones de un área lacustre distal (Sancho et al., 2018). Se distinguen tres fases de progradación de los depósitos fluviales separadas por dos fases de expansión lacustre (Fig. 9). La progradación fluvial tuvo lugar durante cortos periodos con mayor fusión glaciar y la de expansión lacustre durante otros más fríos, de avance glaciar. En estos últimos la lengua del Ara aumentaba de espesor y obturaba con más

**BIBLIOGRAFÍA**

- Courbouleix, S., Barnolas, A., Calvet, M., Gil-Peña, I., Martín-Alfageme, S. (2008). *Mapa geológico del Cuaternario de los Pirineos a escala 1.400.000*. BRGM-IGME.
- Delmas, M. (2015). The Last Maximum Ice Extent and subsequent deglaciation of the Pyrenees: An overview of recent research. *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 41: 359-387.
- Delmas, M., Gunnell, Y., Calvet, M., Reixach, T. y Oliva, M. (2023). The Pyrenees: glacial landforms prior to the Last Glacial Maximum. In: D. Palacios, P.D. Hughes, J.M. García-Ruiz y N. Andrés (Eds.), *European Glacial Landscapes*. Elsevier: 295-307.
- Fortuin, A.R. (1984). Late Ordovician glaciomarine deposits (Orea Shale) in the Sierra de Albarracín, Spain. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 48: 245-261.
- García-Ruiz, J.M., Valero-Garcés, B.L., Martí-Bono, C. y González-Sampériz, P. (2003). Asynchronicity of maximum glacier advances in the central Spanish Pyrenees. *Journal of Quaternary Science*, 18: 61-72.
- García-Ruiz, J.M., Martí-Bono, C., Peña-Monné, J.L., Sancho, C., Rhodes, E.J., Valero-Garcés, B., González-Sampériz, P. y Moreno, A. (2013). Glacial and fluvial deposits in the Aragón Valley, central-western Pyrenees: Chronology of the Pyrenean late Pleistocene glaciers. *Geografiska Annaler: Series A, Physical Geography*, 95: 15-32.
- Lewis, C.J., McDonald, E.V., Sancho, C., Peña, J.L., y Rhodes, E.J. (2009). Climatic implications of correlated Upper Pleistocene glacial and fluvial deposits on the Cinca and Gállego Rivers (NE Spain) based on OSL dating and soil stratigraphy. *Global and Planetary Change*, 67: 141-152.
- Rodríguez-López, J.P., Liesa, C.L., Pardo, G., Meléndez, N., Soria, A.R. y Skilling, I. (2016). Glacial dropstones in the western Tethys during the late Aptian-early Albian cold snap: Palaeoclimate and palaeogeographic implications for the mid-Cretaceous. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 452: 11-27.
- Rodríguez-López, J.P., Liesa, C.L., Luzón, A., Muñoz, A., Mayayo, M.J., Murton, J.B., y Soria, A.R. (2024). Ice-rafted dropstones at midlatitudes in the Cretaceous of continental Iberia. *Geology*, 52: 33-38.
- Salazar-Rincón, A., Mata-Campo, P., Rico-Herrero, M.T., Valero-Garcés, B.L., Oliva-Urcia, B., Ibarra, P., Rubio, F.M. y Grupo Horda (2013). El paleolago de La Larri (valle de Pineta, Pirineos): significado en el contexto del último máximo glaciar en el Pirineo. *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 39: 97-116.



Fig. 10.- A. Bloque de cuarcita (litología inexistente en la región en donde se encuentra ese depósito) de 74 cm de dimensión mayor, entre sedimentos finos de estuario del Cretácico inferior de Oliete (Teruel), atribuido a transporte por un iceberg. Nótese la forma convexa, adaptación al relieve del bloque, de las láminas que lo recubren. Tomado de Rodríguez-López et al. (2016). B. Como comparación, dropstone de unos 15 cm de caliza de las Sierras Interiores, entre sedimentos lutíticos glaciolacustres de Linás de Broto. Tomado de Sancho et al. (2018).

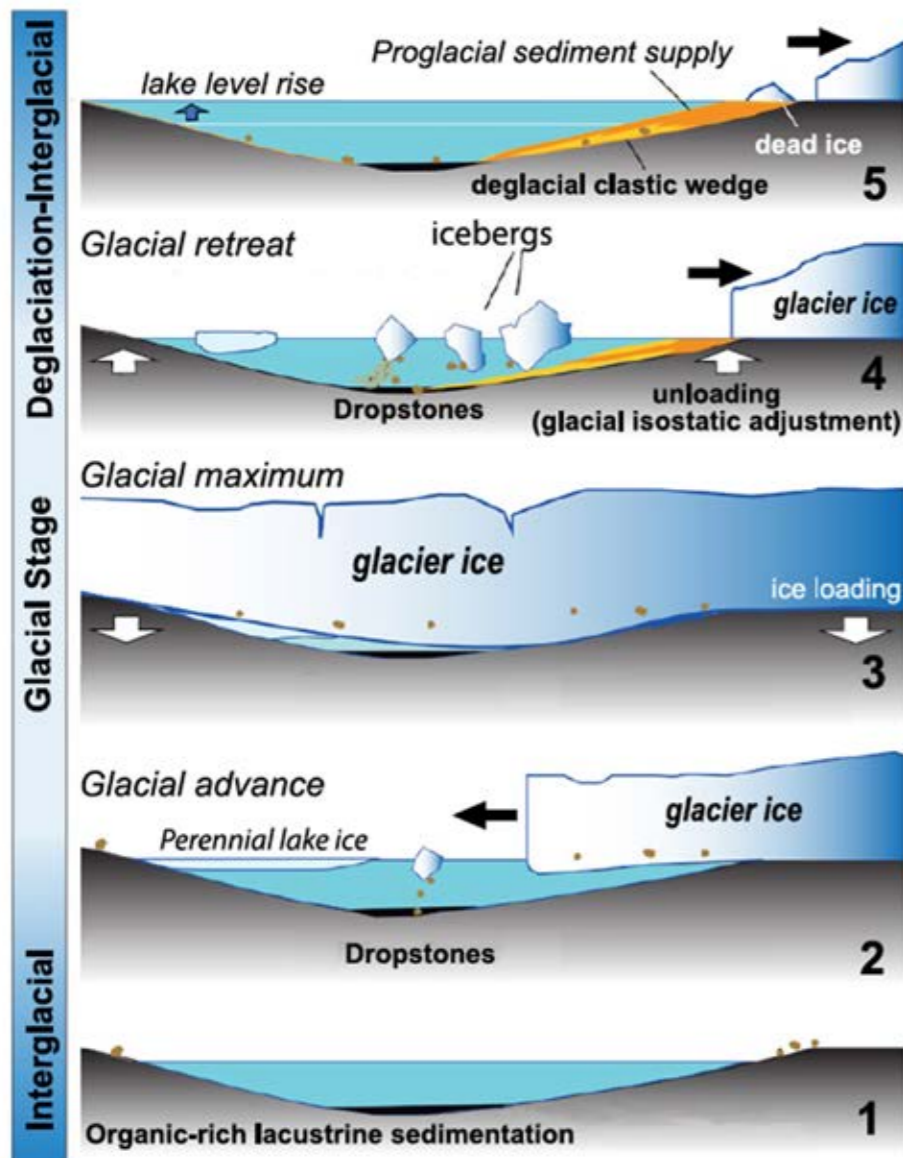


Fig. 11.- Evolución glacial durante un periodo frío del Cretácico inferior en un área lacustre de la Cuenca de Cameros, en el interior de Iberia. (Simplificado de Rodríguez-López et al., (2024). A diferencia de lo que sucedía en La Larri o en Linás, en este caso no habría represamiento del área lacustre por un glaciar principal o por una morrena.

efectividad el lago de Linás. Mediante OSL la morrena del Ara en Viu fue datada en  $49 \pm 8$  ka (Sancho et al., 2011) y la primera fase de expansión lacustre entre  $55 \pm 9$  y  $49 \pm 11$  ka (Sancho et al., 2018). La evolución descrita de este sistema sedimentario se atribuye a oscilaciones climáticas relacionadas con desplazamientos latitudinales de la circulación atmosférica (p. ej., posición del frente polar) y con variaciones en la insolación.

**DEPÓSITOS CON DROPSTONES: NUEVAS EVIDENCIAS DE GLACIACIÓN EN EL CRETÁCICO... Y ANTES**

La era mesozoica (a saber, periodos Triásico, Jurásico y Cretácico, entre 251.9 y 66 Ma atrás) se ha considerado como un tiempo esencialmente cálido de la historia terrestre, en el que se alcanzaron temperaturas que superan con creces las de otros momentos, como el actual. Pero también hubo oscilaciones, incluso con periodos fríos durante el Jurásico Superior y el Cretácico Inferior (Scotese, 2021), con posible formación intermitente de pequeños casquetes polares.

En esta línea, Rodríguez-López et al. (2016) han señalado la presencia de cantos erráticos de buen tamaño en depósitos finos de estuario de la Formación Escucha (Aptiense, Cretácico Inferior,  $\approx 115$  Ma) en Oliete y Ariño (Teruel) (Fig. 10). Estos autores los atribuyen a transporte por icebergs, capaces de viajar desde un casquete septentrional hasta la latitud a la que se encontraba esa área de Iberia en aquel momento, probablemente alrededor de los  $45^\circ$  N. Se recuerda que la Formación Escucha es la que incluye el carbón que se explotaba en la comarca de las cuencas mineras turolenses.

Más recientemente, Rodríguez-López et al. (2023) muestran que durante el Hauteriviense (Cretácico Inferior,  $\approx 130$  Ma), en la parte este de la Cuenca de Cameros, en La Rioja, hubo depósitos lacustres con dropstones de hasta más de 10 cm, que atribuyen a la formación de glaciares en el interior de Iberia (Fig. 11), a una latitud de  $42^\circ$ - $50^\circ$  N. Recordemos que la latitud a que se encontraban los glaciares pleistocenos de la península Ibérica, en coordenadas actuales, es de  $\approx 40^\circ$  N para el Sistema Central (los glaciares más meridionales) y de  $\approx 43^\circ$  N para los pirenaicos, latitudes que prácticamente no han variado en los menos de 70 ka transcurridos desde el LLGM hasta hoy. Durante ese momento del Cretácico habría en Iberia un clima similar al del Pleistoceno, y en tal caso es posible que con episodios glaciares e interglaciares alternantes. Para futuras investigaciones.

Ha habido otros periodos glaciares anteriormente, de diversa duración y extensión de las masas de hielo. Durante el Paleozoico, uno de ellos, el de más duración, tuvo lugar en el Carbonífero-Pérmico (330-287 Ma, con máximo hace 295 Ma, según Scotese, 2021), y otro más antiguo en el Ordovícico Superior-inicio del Silúrico (la glaciación Hirnantense). Como ya se ha dicho, este último se produjo en una situación paleogeográfica en que el noroeste de África, que formaba parte del gran continente de Gondwana, se situaba en el polo sur y poseía un extenso casquete glacial. La futura Iberia era entonces una plataforma marina en el margen norte de Gondwana, a la que llegaban los icebergs del *inlandsis* africano. Esta situación es conocida desde que Fortuin (1984) interpretó la formación Pizarras de Orea, en la Sierra de Albarracín, como lutitas glaciomarinadas con dropstones.

*A la memoria de nuestro amigo y colega Carlos Sancho Marcén, experto en el glaciario pirenaico y maestro en Geomorfología.*

Gonzalo Pardo y Concha Arenas  
Dpto. de Ciencias de la Tierra. Facultad de Ciencias  
Universidad de Zaragoza

- Sancho, C., Peña-Monné, J.L., Rhodes, E., Arenas, C., Pardo, G., García-Ruiz, J.M., Martí Bono, J.L. (2011). El registro glaciolacustre de Linás de Broto (Valle del Ara, Pirineo central, Huesca): nuevas aportaciones. In: V. Turu y A. Constante (Eds.), *El Cuaternario en España y áreas afines, avances en 2011*. Resúmenes XIII Reunión Nacional del Cuaternario, Andorra: 11-14.
- Sancho, C., Arenas, C., Pardo, G., Peña-Monné, J.L., Rhodes, E.J., Bartolomé, M., García-Ruiz, J.M. y Martí-Bono, C. (2016). Glaciolacustrine deposits formed in an ice-dammed tributary valley in the south-central Pyrenees: New evidence for late Pleistocene climate. *Sedimentary Geology*, 366: 47-66.
- Scotese, C.R. (2021). An Atlas of Phanerozoic paleogeographic maps: The seas come in and the seas go out. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 49: 679-728.
- Turu, V. y 12 cols. (2007). Structure des grands bassins glaciaires dans le nord de la Péninsule Ibérique : comparaison entre les vallées d'Andorre (Pyrénées orientales), du Gállego (Pyrénées centrales) et du Trueba (Chaîne Cantabrique). *Quaternaire*, 18: 299-315.

# Descarga las publicaciones de la Facultad de Ciencias

divulgacionciencias.unizar.es/conciencias/?page\_id=577



## INSTRUMENTA

Deposito permanente de instrumentos históricos laboratorio de la Facultad de Ciencias, Universidad de Zaragoza.



### Triquinescopia

Es un telescopio compuesto de lentes biconvexas. El modelo del siglo pasado se diseñó en Holanda. El modelo actual es un instrumento de gran calidad óptica y un instrumento de gran precisión. Fue diseñado por el astrónomo holandés Christiaan Huygens en 1658.



INSTRUMENTA



### MIROBALANO. Prunus cerasifera

El Mirobalano es un árbol pequeño, de hoja caduca, que pertenece al género Prunus. Se caracteriza por sus flores rosadas y sus frutos, que son bayas de color negro azulado. Es un árbol muy común en el campus de la Universidad de Zaragoza.



## LOS ÁRBOLES DEL CAMPUS



## BOTANICA

-ARS NATVRÆ-



## CIENTÍFICAMENTE OBJETIVO



## Aprobada la primera terapia basada en la técnica CRISPR de edición genética

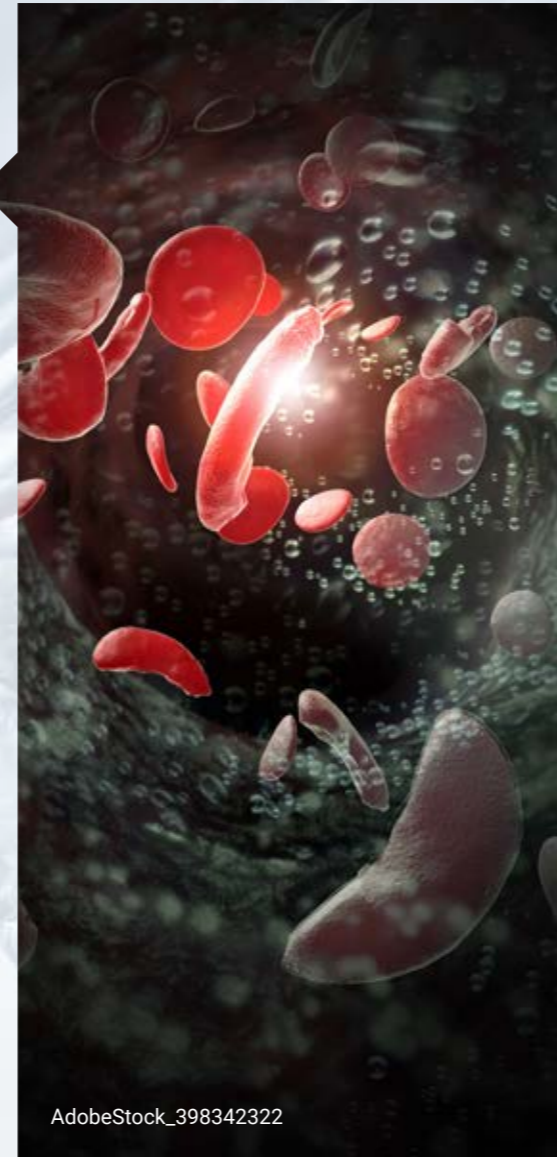
Ha sido un largo camino desde que Francis Mojica descubriera hace más de 20 años en las salinas de Santa Pola unas extrañas repeticiones en el ADN de las arqueas y que, basado en este y otros conocimientos, los equipos de Jennifer Doudna y Emmanuelle Charpentier desarrollaran hace 10 años una herramienta de edición génica llamada CRISPR, para que haya sido aprobada la primera terapia basada en esta tecnología, en este caso por la agencia del Reino Unido MHRA. La terapia, que tiene el nombre de Casgevy y ha sido concebida por las empresas Vertex Pharmaceuticals y CRISPR Therapeutics, se utilizará para tratar dos enfermedades raras en las que se da un mal funcionamiento de la proteína hemoglobina que transporta el oxígeno en los glóbulos rojos: la anemia falciforme y la  $\beta$ -talasemia. En ambas enfermedades el gen afectado es el que codifica la proteína  $\beta$ -globina y gracias a la tecnología CRISPR se puede editar este gen para repararlo. En el procedimiento aprobado, se extraerá sangre del paciente, de donde se obtendrán las células madre CD34+, las cuales serán devueltas al paciente tras su edición, donde podrán volver a producir de modo adecuado la proteína  $\beta$ -globina y por lo tanto la hemoglobina. Tras la aprobación de Casgevy en Reino Unido en noviembre de 2023, llegó su aprobación un mes más tarde en Estados Unidos, y en febrero de 2024 en Europa. Sin duda, este tratamiento es solo el primero de otros muchos que vendrán gracias a CRISPR. Queda sin embargo un importante escollo que superar en este tipo de terapias: se calcula que tratar a un paciente con Casgevy costará alrededor de 2 millones de euros... esperemos que conforme se vaya desarrollando la tecnología se vaya abaratando el coste.

<https://www.nature.com/articles/d41586-023-03590-6>  
<https://montoliu.naukas.com/2023/11/18/y-al-fin-se-aprobo-la-primera-terapia-basada-en-crispr-en-el-reino-unido/>

## La revista Science destaca como el mayor descubrimiento del año 2023 un medicamento contra la obesidad

La revista Science ha designado el desarrollo de nuevos fármacos contra la obesidad como el avance científico más importante del año 2023. En realidad, fármacos como la semaglutida, comercializado por Novo Nordisk, se aprobaron a finales de 2017 para el tratamiento de la diabetes tipo 2, pero han resultado ser muy eficaces contra la obesidad. El más conocido de todos ellos, Ozempic, ha llegado a agotarse en las farmacias. Este tipo de medicamentos aumenta la secreción de insulina, por lo que se acelera el metabolismo de la glucosa, y se basan en que contienen elementos equivalentes (agonistas, en el argot médico) de las hormonas tipo GLP-1,

que están en nuestro sistema digestivo y regulan este metabolismo. Siendo la obesidad una de las pandemias de nuestro siglo, este descubrimiento es previsiblemente de gran importancia para nuestra salud, aunque tampoco podemos desdeñar su importante impacto económico. No en vano, se dice que Dinamarca, lugar de origen de la empresa Novo Nordisk, evitó la recesión económica en el año 2023 por los suculentos ingresos fruto de la venta de estos medicamentos. No obstante, tengo la intuición de que siempre será mejor evitar la obesidad por medios naturales, léase mediante una alimentación equilibrada y ejercicio físico diario, que a



AdobeStock\_398342322

través de una pastilla, tanto por los beneficios adicionales que estos conllevan como por los efectos secundarios de la pastilla. Yo de momento llevo tres meses apuntado en el gym, e incluso suelo ir...

<https://www.science.org/content/article/breakthrough-of-the-year-2023>  
<https://elpais.com/salud-y-bienestar/2023-12-14/los-medicamentos-contrala-obesidad-avance-cientifico-del-ano-para-la-revista-science.html>

## Se presenta en la feria CES un gadget de acompañamiento basado en Inteligencia Artificial y aparece Perplexity, una variante de ChatGPT que incluye referencias

Las aplicaciones y los avances de la Inteligencia Artificial no dejan de sorprendernos semana a semana, si no día a día. Por cuestiones de espacio, en esta sección me limitaré a recoger solo dos de ellos. El primero se presentó en la icónica feria de tecnología CES (*Consumer Technology Association*), celebrada a principios de 2024 en Las Vegas. Se trata de un gadget o aparato de acompañamiento, que se muestra en la foto, y al que se le ha dado el nombre de Rabbit, el mismo de su sistema operativo. Usa un lenguaje natural diferente a ChatGPT que se denomina LAM (*Large Action Model*) y el funcionamiento de Rabbit es muy sencillo, utilizando la voz como método para interactuar con nuestro acompañante virtual. A diferencia de los teléfonos móviles, Rabbit no almacena las aplicaciones en su interior, sino que se conecta inalámbricamente a ellas según las va necesitando. Está pensado para que, además de obtener información de modo similar a la obtenida en los diálogos con ChatGPT, lleve a cabo tareas útiles como realizar pedidos o comprar entradas por nosotros, organizarnos viajes, poner música, generar imágenes, actuar de traductor, etc. También tiene una cámara que rota, toma imágenes del entorno, las interpreta, y puede, a continuación, tomar decisiones y realizar acciones. Se comercializará en abril de 2024 con un coste de 199 dólares. También en el campo de la Inteligencia Artificial, podemos destacar que por fin ha aparecido una variante de ChatGPT que proporciona referencias, resolviendo



AdobeStock\_180277946

en parte uno de los problemas de este exitoso modelo de lenguaje. Así, Perplexity AI tiene la virtud de prestar mayor atención a las fuentes de información, citando de dónde se obtienen los datos. A diferencia de otros modelos, parece que Perplexity AI tiene un tono más académico y conciso, y ofrece respuestas más completas. Mis primeras interacciones con Perplexity han sido positivas, y para el ámbito académico y educativo creo que resulta ser un paso hacia delante en comparación con ChatGPT... aunque dejadme que, de entrada, siga apostando por un buen profesor.

<https://www.rabbit.tech/>  
<https://www.perplexity.ai/>



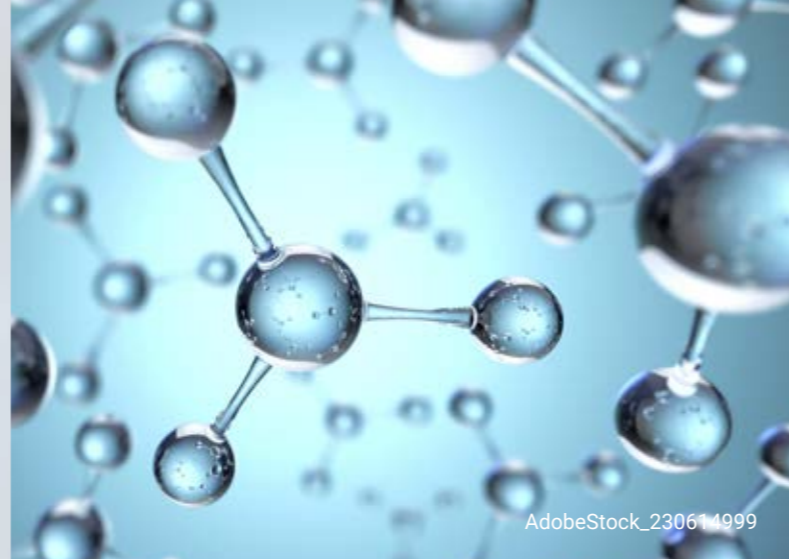
www-rabbit-tech

# ConCienciaAndo

## Seis exoplanetas danzan de forma sincronizada alrededor de su estrella

No cabe duda de que la investigación en exoplanetas es una de las que más alegrías da últimamente en Astronomía y Astrofísica. Traemos a esta sección una noticia reciente que ha despertado nuestro interés y que hace referencia al descubrimiento de seis exoplanetas que orbitan alrededor de la estrella HD110067, situada a 105 años luz de la Tierra. En el trabajo publicado en la revista Nature por Rafael Luque, de la Universidad de Chicago, y varios grupos de investigación internacionales con participación española, se muestra que estos exoplanetas tienen periodos orbitales relacionados entre sí, lo que se conoce como órbitas resonantes, fenómeno de extremada fragilidad que en esta ocasión ha sido posible observar. Por ejemplo, el planeta más cercano a la estrella realiza tres órbitas por cada dos del siguiente planeta, lo que se denomina resonancia 3/2, un patrón que se repite entre los cuatro planetas más cercanos. Respecto a los otros planetas más alejados, se trata de cuatro órbitas por cada tres del planeta siguiente, una resonancia 4/3. Estas órbitas resonantes se dan con más frecuencia tras la formación del sistema planetario, pero son fácilmente perturbables, por lo que este descubrimiento puede aportar información valiosa sobre la formación de estos elusivos sistemas. Además, los investigadores han podido determinar que la atmósfera de estos exoplanetas es rica en hidrógeno. Puede uno imaginarse que la estrella HD110067 y sus seis exoplanetas harían las delicias de muchos sabios griegos, que pensaban que el universo estaba formado por esferas que al moverse se rozaban entre sí y generaban música. Y entender esa armonía era entender el sentido de todo lo existente...

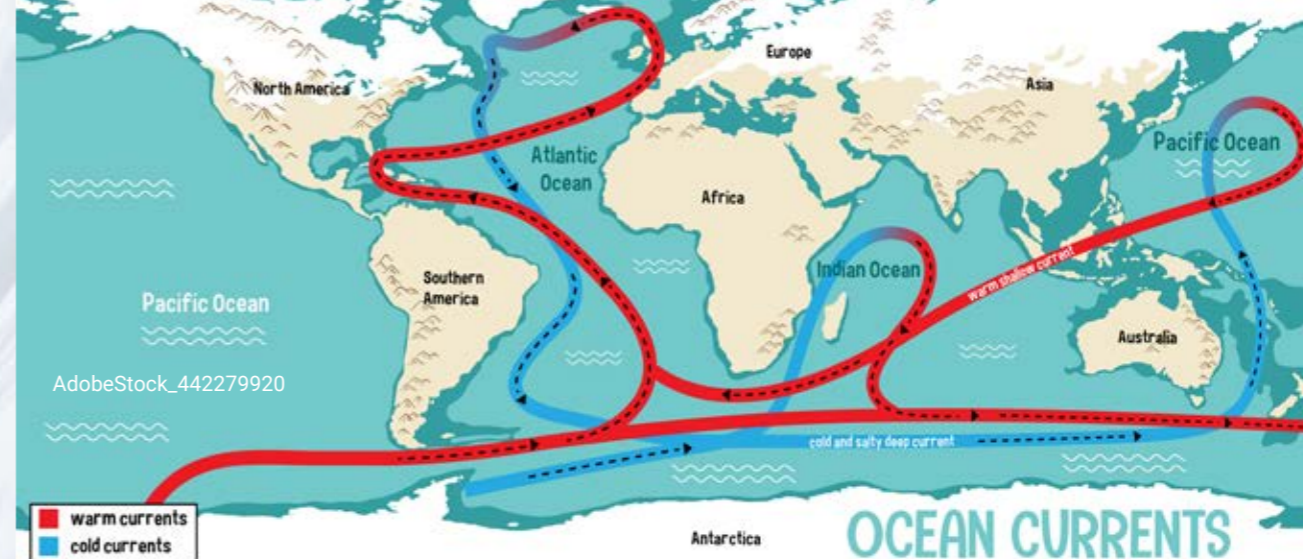
<https://www.nature.com/articles/s41586-023-06692-3>  
<https://www.agenciasinc.es/Noticias/Seis-exoplanetas-danzan-de-forma-sincronizada-alrededor-de-su-estrella>



## Se entrelazan cuánticamente dos moléculas individuales atrapadas mediante pinzas ópticas

Una de las características más interesantes de los sistemas cuánticos es el entrelazamiento entre sus componentes, de tal manera que no podemos describir de forma aislada e individualizada el estado de cada uno de estos componentes. Por lo tanto, una perturbación en uno de los componentes afectará inmediatamente a otro con el que esté enlazado cuánticamente. Gracias a esta peculiar propiedad de los sistemas cuánticos podemos crear ordenadores cuánticos basados en qubits o dispositivos de encriptación cuántica. Podemos mencionar como ejemplo el envío a dos receptores diferentes de dos fotones enlazados cuánticamente: si intentamos obtener información sobre el primer fotón, el segundo quedará automáticamente afectado. Uno de los aspectos clave en esta tecnología es el tiempo de coherencia, es decir, durante cuánto tiempo puede mantenerse el entrelazamiento, ya que la realización de dispositivos será más fácil cuanto más largo sea este tiempo. En dos estudios recientes se ha utilizado la técnica de pinzas ópticas (cuyo inventor Arthur Ashkin recibió el Premio Nobel de Física en 2018) para atrapar moléculas de CaF y entrelazarlas de modo controlado a través de la interacción dipolar eléctrica entre ellas. La técnica de pinzas ópticas utiliza haces micrométricos de luz láser para posicionar átomos o moléculas en lugares fijos y poder actuar sobre ellos controladamente, en este caso a temperaturas de microKelvin. Después de enlazar dos moléculas de CaF y convertirlas en moléculas de Bell, se las ha separado, observándose que siguen enlazadas, lo que abre la puerta a utilizarlas como plataforma para dispositivos cuánticos. Lástima que las pobres pasen tanto frío...

<https://www.science.org/doi/10.1126/science.adf4272>  
<https://www.science.org/doi/10.1126/science.adf8999>  
<https://pubs.aip.org/physicstoday/online/43036>



## En peligro la circulación térmica marina AMOC, lo que podría provocar cambios drásticos en el clima del planeta

Para que el balance energético del planeta sea cero y su temperatura se mantenga aproximadamente constante, la energía recibida (principalmente por el Sol) debe ser igual a la emitida. Sin embargo, este balance es global, no local, habiendo zonas en el planeta que reciben mucha energía (las ecuatoriales y las tropicales) y otras muy poca (las polares). Las diferencias en temperatura entre diferentes zonas del planeta conduce a un transporte de calor entre las mismas, siendo las corrientes marinas uno de los mecanismos más eficaces para conseguirlo. Una de las corrientes marinas más estudiadas es la que se produce en el Océano Atlántico y que tiene la denominación de AMOC (*Atlantic Meridional Overturning Circulation*), la cual transporta calor y sal de unas zonas a otras. Como puede verse en la figura, gracias al calor que se bombea desde el Atlántico Sur al Golfo de México y de allí a Europa, en Europa occidental disfrutamos de temperaturas

más cálidas que las que se dan a la misma latitud para nuestros amigos de América del Este. Un trabajo reciente de investigadores de Países Bajos publicado en la revista *Science Advances* indica que, debido a los cambios climáticos que se están produciendo en el planeta, la corriente AMOC estaría muy próxima a un punto de inflexión que podría reducir notablemente ese bombeo de calor hacia América del Este y hacia Europa Occidental. Es decir, en unas decenas de años, podría darse la paradoja de que el planeta en su conjunto avanza hacia una temperatura media más elevada, pero en América del Este y Europa Occidental ocurriría un fuerte descenso de las temperaturas. Esta noticia subraya la importancia de conocer con detalle los principales fenómenos que determinan la temperatura local en cada zona del planeta, ya que el cambio climático puede conducir a fenómenos opuestos de calentamiento y enfriamiento en diferentes regiones del planeta. Con el clima no ganamos para disgustos...

<https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.adk1189>  
[https://www.ecoavant.com/medio-ambiente/el-atlantico-se-dirige-a-un-punto-de-inflexion\\_12991\\_102.html](https://www.ecoavant.com/medio-ambiente/el-atlantico-se-dirige-a-un-punto-de-inflexion_12991_102.html)



### José María de Teresa

José María es Profesor de Investigación del CSIC en el Instituto de Nanociencia y Materiales de Aragón (INMA) y es creador del *podcast ConCienciaAndo*, en el que entrevista a otros científicos. **ConCienciaAndo** está disponible de modo gratuito en las principales plataformas de *podcasts* (Spotify, Ivoox, Apple podcast, Google podcast...). La última entrevista, realizada a la Dra. Clivia Sotomayor, puede escucharse en el siguiente **enlace**.



# Facultad de Ciencias Universidad de Zaragoza

## GRADOS:

- Biotecnología
- Física
- Geología
- Matemáticas
- Óptica y Optometría
- Química
- Programa Conjunto Física-Matemáticas (FisMat)
- Programa Conjunto Matemáticas-Ingeniería Informática (MatInf) (Gestionado por la Escuela de Ingeniería y Arquitectura)
- Programa Consecutivo Química-Ingeniería Química



## MÁSTERES:

- Biofísica y Biotecnología Cuantitativa / Biophysics and Quantitative Biotechnology (en inglés)
- Biología Molecular y Celular
- Economía Circular
- Erasmus Mundus en Ingeniería de Membranas para un Desarrollo Sostenible
- Física del Universo: Cosmología, Astrofísica, Partículas y Astropartículas
- Física y Tecnologías Físicas
- Geología: Técnicas y Aplicaciones
- Materiales nanoestructurados para aplicaciones nanotecnológicas (NANOMAT) (en inglés)
- Modelización e Investigación Matemática, Estadística y Computación
- Paleontología
- Química Industrial
- Química Molecular y Catálisis Homogénea
- Tecnologías Cuánticas

# ¡MATRICÚLATE!

[ciencias.unizar.es](http://ciencias.unizar.es)

**XXVI CONCURSO DE FOTOGRAFÍA “SAN ALBERTO MAGNO” Y IV CONCURSO DE FOTOGRAFÍA “MOVILIDAD INTERNACIONAL: CAMBIANDO VIDAS, ABRIENDO MENTES”**

Dentro del marco de la festividad del patrón de la Facultad de Ciencias se convocó, en octubre de 2023, el XXVI Concurso de Fotografía “San Alberto Magno”, con el patrocinio de la Cátedra Ibercaja de Innovación Bancaria de la Universidad de Zaragoza. Este concurso versa sobre imágenes relacionadas con la actividad científica, así como con la visión artística de la ciencia, y está abierto a todos los miembros de la comunidad universitaria. En esta edición se presentaron un total de 25 obras. La comisión evaluadora de esta edición del concurso estuvo compuesta por Luis Morellón (Decano de la Facultad de Ciencias), Guillermo Laplana (Gabinete de Imagen y Comunicación de la Universidad de Zaragoza), Teresa Serrano (Encargada de Conserjería de la Facultad de Ciencias) y Elena Angurel (Estudiante del Grado en Química). Las obras premiadas fueron:

- Primer Premio (*ex aequo*): “Sinestesia” y “Centro de simetrías” de Ángel Sanz.
- Segundo Premio: “Artesanía: luz y formas” de María Garde.

Además, se convocó también el IV Concurso de fotografía “Movilidad internacional: cambiando vidas, abriendo mentes” que pretende que las personas que han participado en acciones de movilidad muestren lo que les

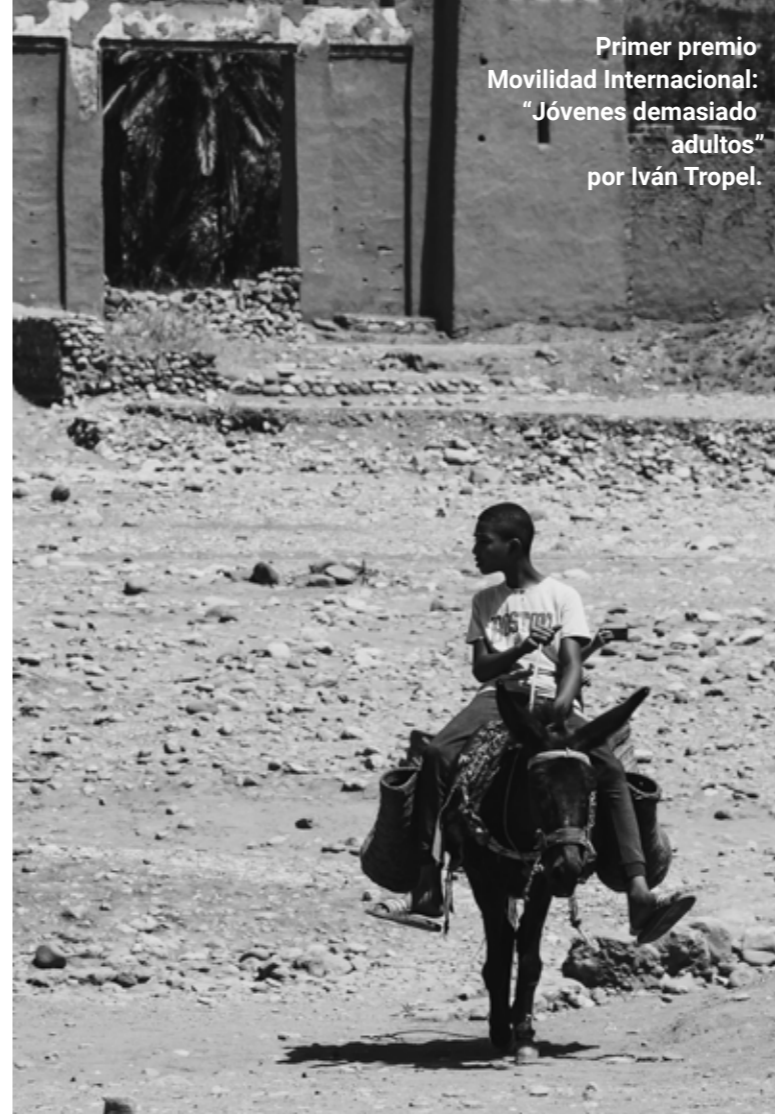
ha supuesto esta experiencia a través de imágenes. En esta edición se presentaron un total de 24 obras. La comisión evaluadora estuvo compuesta por Luis Morellón (Decano de la Facultad de Ciencias), Juan Antonio Vallés (Vicedecano de Internacionalización y Programas de Movilidad) y Jesús Cervero (Relaciones Internacionales de la Facultad de Ciencias). Las obras premiadas fueron:

- Primer premio: “Jóvenes demasiado adultos” de Iván Tropel.
- Segundo premio: “He who travels has stories to tell” de María Sánchez.
- Tercer premio: “Arme hoch für die Freiheit – Brazos en alto por la libertad” de Alma Alizia Marcén.

Todas las fotografías han estado expuestas en el hall del edificio D (Químicas) de la Facultad y pueden verse en un vídeo resumen, disponible en el canal de YouTube de la Facultad. Las obras premiadas en esta edición pueden verse también en la página web de la Facultad:

<https://www.youtube.com/watch?v=eWlh8bo44no>  
<https://ciencias.unizar.es/concurso-de-fotografia-san-alberto-magno>.

Susana Cebrián  
 Vicedecana de Proyección Social y Comunicación  
 Facultad de Ciencias  
 Universidad de Zaragoza



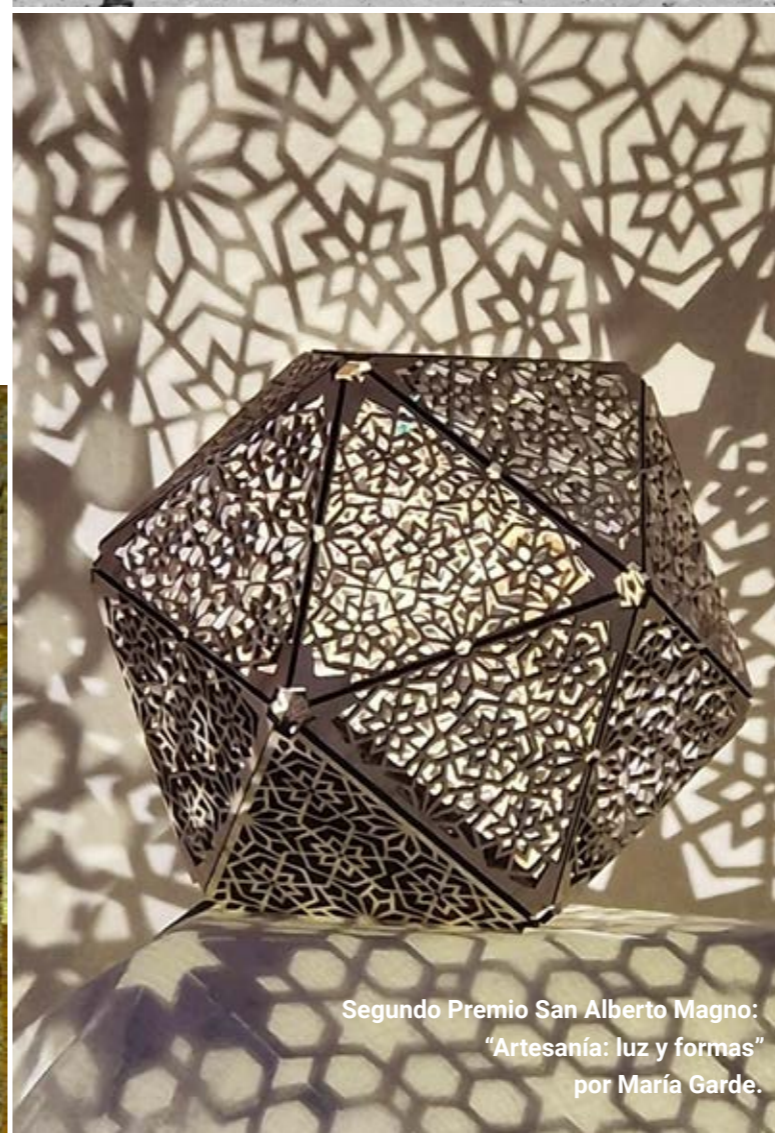
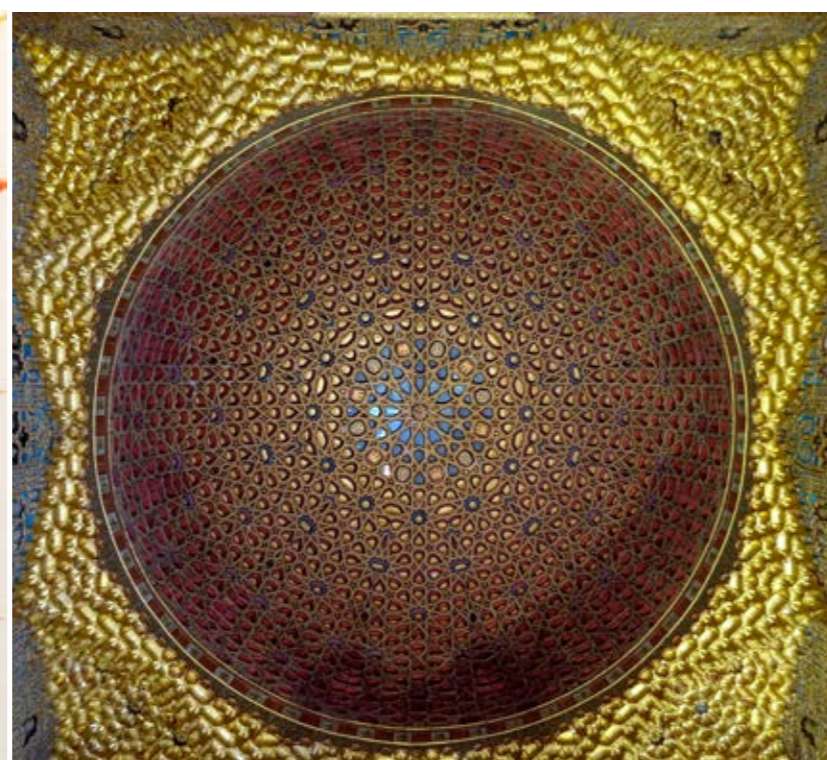
Primer premio  
 Movilidad Internacional:  
 “Jóvenes demasiado  
 adultos”  
 por Iván Tropel.



Segundo premio  
 Movilidad Internacional:  
 “He who travels has  
 stories to tell”  
 por María Sánchez.



Primer Premio San Alberto Magno  
 (*ex aequo*): “Sinestesia” y “Centro de simetrías”  
 por Ángel Sanz.



Segundo Premio San Alberto Magno:  
 “Artesanía: luz y formas”  
 por María Garde.



Tercer premio Movilidad Internacional:  
 “Arme hoch für die Freiheit – Brazos en alto por  
 la libertad” por Alma Alizia Marcén.

**IX CONCURSO DE RELATOS CORTOS  
"FACULTAD DE CIENCIAS"**

Con motivo de la festividad del patrón de la Facultad de Ciencias se convocó, en octubre de 2023, el IX Concurso de Relatos Cortos "Facultad de Ciencias", con el patrocinio de la Cátedra IQE de la Universidad de Zaragoza. En este concurso pueden participar todos los miembros de la comunidad universitaria que presenten relatos científicos o relacionados con la Ciencia. En esta edición se presentaron un total de 27 obras que se han expuesto en el hall del edificio D (Químicas) de la Facultad de Ciencias.

La comisión evaluadora de esta edición del concurso estuvo formada por: Susana Cebrián (Vicedecana de Proyección Social y Comunicación de la Facultad de Ciencias), Andrés Gordo (Estudiante del Grado en Biotecnología), Javier Sancho (Escritor y Catedrático del Departamento de Bioquímica y Biología Molecular y Celular), Roberto Soriano (Director de la Biblioteca de la Facultad de Ciencias).

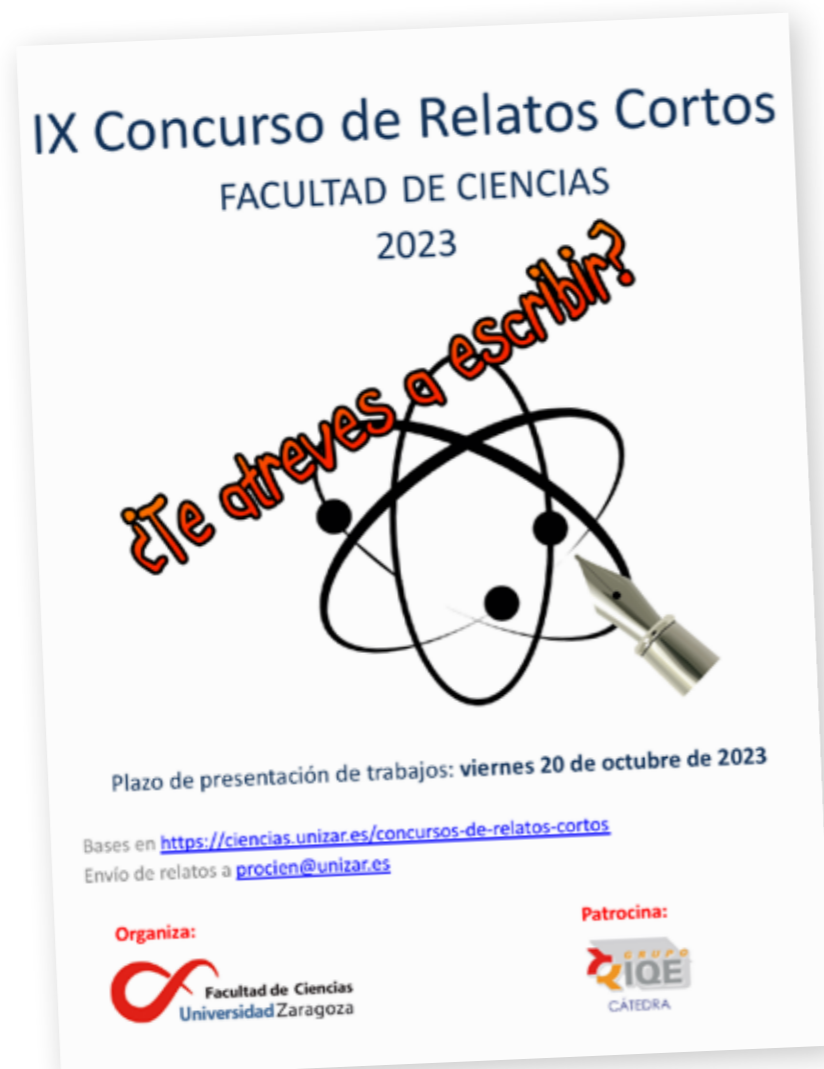
Los relatos premiados en esta edición fueron:

- Primer Premio: "Dineo y Aureta" de Pedro José Miana.
- Segundo Premio: "No estaba ahí" de Alejandro Cano.

Estos relatos pueden leerse en la página web de la Facultad:

<https://ciencias.unizar.es/concurso-de-relatos-cortos>

Susana Cebrián  
Vicedecana de Proyección Social y Comunicación  
Facultad de Ciencias  
Universidad de Zaragoza



# Encuentros con la Ciencia

Ciclo de charlas de divulgación científica

Ámbito Cultural El Corte Inglés (Paseo de la Independencia 11, Zaragoza)  
Octubre 2023 - Junio 2024 / 19 horas

**"SANTIAGO RAMÓN Y CAJAL: DE NIÑO TRAVIESO A PREMIO NOBEL"**  
Alberto Jiménez Schuhmacher / 19 de octubre

**"BRUJAS"**  
Judith Prat / 9 de noviembre

**"VASA. TRAGEDIA HISTÓRICA Y GLORIA CIENTÍFICA"**  
Juanjo Ortega / 14 de diciembre

**"MUJER, CIENCIA Y RESPONSABILIDAD"**  
Ana Elduque y Raquel García / 11 de enero (coloquio)

**"DISFRUTAR CON LA MÚSICA"**  
Ana Pilar Zaldivar / 15 de febrero

**"LAS PALABRAS EN EL CEREBRO Y SU PROCESAMIENTO, EN LA SALUD Y EN LA ENFERMEDAD"**  
Mamen Horno / 14 de marzo

**"DE SHERLOCK HOLMES AL CSI"**  
Reinaldo Rojas / 11 de abril

**"DEL NEOLÍTICO AL NANOLÍTICO"**  
Gemma Martínez Cuadrado / 9 de mayo

**"EL CIELO A TU ALCANCE"**  
David Vicente / 13 de junio

¡¡No te pierdas la edición 22 de Encuentros con la Ciencia!!

**Organizan:**  
Ana Isabel Elduque (Universidad de Zaragoza)  
José Manuel Vicente (Centro Universitario de la Defensa)  
Alberto Virto (Ayuntamiento de Zaragoza)  
Juan José Ortega (Colegio Oficial de Químicos de Aragón y Navarra)  
Fernando Bartolomé (Real Sociedad Española de Física en Aragón)  
Luis Arcarazo

**Patrocinan:**  
Etopia (Ayuntamiento de Zaragoza)  
Fundación Zaragoza Ciudad del Conocimiento  
Colegio Oficial de Químicos de Aragón y Navarra  
Cátedra IQE  
Real Sociedad Española de Física en Aragón  
Ámbito Cultural de El Corte Inglés

**Colabora:**  
Facultad de Ciencias de la Universidad de Zaragoza

Las fechas de las charlas pueden estar sujetas a modificaciones.



### 22 AÑOS DE "ENCUENTROS CON LA CIENCIA"

El ciclo de conferencias "Encuentros con la Ciencia" se ha desarrollado en el curso 2023-24 en su vigésimo segunda edición. Desarrollado en "Ámbito Cultural" de El Corte Inglés de Zaragoza cuenta con los siguientes organizadores: Colegio Oficial de Químicos de Aragón y Navarra, Cátedra IQE (Industrias Químicas del Ebro), Facultad de Ciencias (Universidad de Zaragoza) y Real Sociedad Española de Física en Aragón.

En el curso 23-24 se han planificado nueve conferencias de carácter divulgativo y temáticas variadas. El ciclo de charlas tiene una periodicidad mensual de octubre a diciembre y de enero a junio. La asistencia de público

a las mismas está siendo muy elevada superando las expectativas iniciales, lo que demuestra una fidelización a este ciclo de divulgación activa en nuestra ciudad.

Para aquellos que no pudisteis acudir o que os apetece volver a disfrutar de los ENCUENTROS, lo podéis hacer en el canal de YouTube del Colegio de Químicos de Aragón y Navarra:

<https://www.youtube.com/channel/UCJJLRNxQvr3IzolbyBPDCnA>

Equipo Editorial  
Fotos de la Organización  
de ENCUENTROS con la CIENCIA





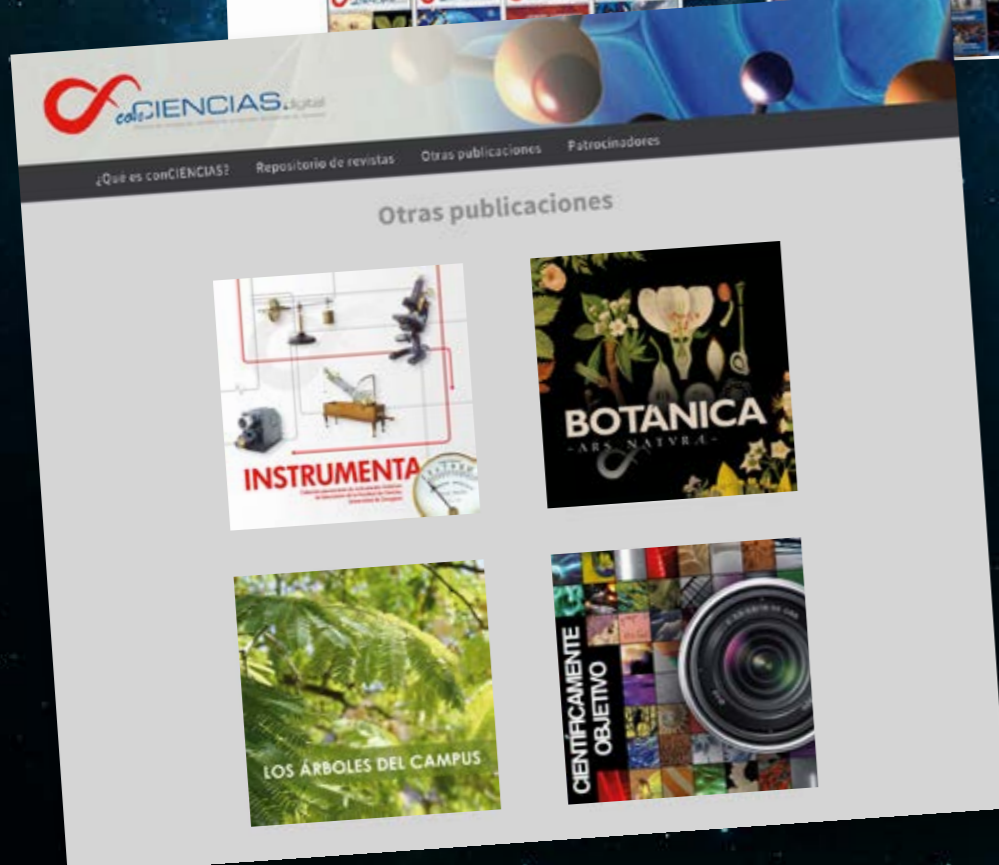
## COLEGIO DE QUÍMICOS DE ARAGÓN Y NAVARRA para titulados en Química, Bioquímica, Biotecnología Ingeniería Química, Ciencias Ambientales...

### Te ofrece:

- ▶ Prácticas y bolsa de empleo
- ▶ Formación: cursos especializados
- ▶ Información sectorial
- ▶ Servicios: seguro de responsabilidad profesional, peritajes y visados, seguro de accidentes, mutualidad laboral
- ▶ Cooperación interprofesional regional y estatal
- ▶ Ámbito territorial nacional
- ▶ Cuotas colegiales preferenciales para estudiantes y graduados jóvenes
- ▶ Matrícula reducida en cursos y actividades para colegiados

<https://www.quimicosaragonavarra.org/>

¡¡16 años divulgando la Ciencia!!



divulgacionciencias.unizar.es

**Nº 1 conCIENCIAS. Descubre la revista de tu Facultad.**

**Olimpiada Matemática.** *Elduque A. I.* (10)  
**III Olimpiada Española de Biología. Fase Aragón.**  
*Peña R.* (11)  
**XXI Olimpiada Química 2008.** *Palacián S.* (12)  
**Fase Aragonesa de la XIX Olimpiada Española de Física.** *Martínez J. P.* (13)  
**La biblioteca de la nueva sociedad.** *Soriano R.* (24)  
**Presentación del Senatus Científico.** *Elduque A. I.* (42)  
**Agua y Vida.** *Sancho J.* (44)

**Nº 2 conCIENCIAS.**

**El Cosmos, la Tierra, el Hombre y la Vida.**

**Fósiles del universo primitivo.**

*Sarsa M. L. y García E.* (6)  
**Proyecto SSETI.** *Marín-Yaseli J.* (14)  
**2008, Año Internacional del Planeta Tierra.**  
*Meléndez A.*(16)  
**Día de la Tierra en la Facultad de Ciencias.**  
*Simón J. L.* (26)  
**Las edades de la Tierra.**  
*Liñán E., Gámez J. A. y Dies M. E.* (28)  
**Dinosaurios, meteoritos, cambio climático y extinciones.** *Canudo J. I.* (36)  
**El hombre de Atapuerca del siglo XXI.** *Cuenca G.* (42)  
**¿Qué es la vida?.** *Usón R.* (54)  
**Vida extraterrestre.** *Boya L. J.* (56)  
**Vida y geología.** *Sánchez Cela V.* (64)  
**Impresiones sobre mi vida científica.**  
*Núñez-Lagos R.* (70)

**Nº 3 conCIENCIAS.**

**2009: DARWIN, ASTRONOMÍA, CRISIS Y...**

**Biología del Cáncer.** *Boya L. J.* (6)  
**Origen del oxígeno atmosférico terrestre.**  
*Sánchez Cela V.* (16)  
**Darwinismo: la evolución selectiva.** *Amaré J.* (22)  
**Curiosidades sobre Darwin.** *M. L. Peleato* (32)  
**2009: Año Internacional de la Astronomía.** *Virto A.* (38)  
**Planetas y exoplanetas I.** *Elipse A.* (46)  
**Continente con contenido.** *Elduque A. I.* (54)  
**El Museo Paleontológico de la Universidad de Zaragoza.** *Liñán E.* (58)  
**¿Está la Ciencia en crisis?.** *Sesma J.* (66)  
**¿Crisis en matemáticas?.** *Garay J.* (70)  
**Premio Don Bosco.** *Rubio M.* (76)  
**Premio J.M. Savirón de Divulgación Científica.**  
*Carrión J. A.* (84)

**Nº 4 conCIENCIAS.**

**LA CIENCIA: UN ESPACIO PARA TODOS.**

**El aceite de oliva, un reto para los científicos.**  
*de la Osada J.* (6)  
**La renovación del paisaje.** *García Novo F.* (12)  
**La magia de las astropartículas.**  
*Cuesta C., Pobes C. y Sarsa M. L.* (28)  
**Planetas y exoplanetas II.** *Elipse A.* (32)  
**El Universo desde Javalambre.** *Moles M.* (38)  
**Mi despacho.** *Echenique P.* (56)  
**Matemáticas, ¿puras o aplicadas?. El caso de la geometría proyectiva.** *Etayo F.* (62)  
**Vigencia y actualidad de la Teoría de la Evolución.**  
*de Azcárraga J. A.* (74)  
**¡Arde la Facultad!.  
 La nueva Ley de Ciencia y Tecnología.**  
*Elduque A. I.* (102)  
**Espacio Europeo de Educación Superior.** *Artal E.* (114)

**Nº 5 conCIENCIAS. CRISIS. ¿QUÉ CRISIS? LA CIENCIA ANTE EL NUEVO MILENIO.**

**Los glaciares del Pirineo Aragonés: una singularidad de gran valor.** *del Valle J.* (6)  
**2010: Año Internacional de la Biodiversidad.**  
*Martínez Rica J. P.* (16)  
**Geometría de la ciudad.** *Sorando J. M.* (30)  
**El uso letal de la Ciencia: Armas de destrucción masiva.** *Vicente J. M.* (40)  
**¿Error o incertidumbre?.  
 Biología olímpica.** *Peña R.* (68)  
**Formación para el empleo y encuentro con la empresa.**  
*Sarsa M. L.* (78)  
**El reto que viene: sociedad, ciencia y periodismo.**  
*Sabadell M. A.* (84)  
**Historia de unos libros viajados.** *Elduque A. I.* (94)  
**El LHC llega a Zaragoza.** *Virto A.* (98)

**Nº 6 conCIENCIAS.**

**¿CIENCIAS?, ¿HUMANIDADES?... ¡CULTURA!.**

**El impacto meteorítico que hizo temblar la vida en la tierra.** *Alegret L., Arenillas I. y Arz J. A.* (6)  
**La Ciencia en la Zaragoza del siglo XI.** *Corral J. L.* (14)  
**Hablando de... Química.** *Elduque A. I.* (24)  
**Consecuencias del fuego en los paisajes mediterráneos.**  
*Eceverría M., Pérez F., Ibarra P. y de la Riva J. R.* (32)  
**Un personaje singular en la historia de meteorología: Benjamin Franklin.** *Uriel A. E. y Espejo F.* (44)

**El uso letal de la Ciencia:**

**Armas de destrucción masiva (II).** *Vicente J. M.* (52)  
**La radiactividad.** *Lozano M. y Ullán M.* (64)  
**Peregrinaje matemático en el camino de Santiago.**  
*Miana P. J.* (76)  
**A las puertas de 2011: Año Internacional de la Química.** *Carreras M.* (84)

**Nº 7 conCIENCIAS.**

**Ciencia, pensamiento y... MUCHA QUÍMICA.**

**¿Cómo se puede explicar el altruismo humano?.  
 Nanoseguridad: confrontando los riesgos de la Nanotecnología.** *Balas F. y Santamaría J.* (16)  
**Algunas reflexiones alrededor de nuestra Química.**  
*Elguero J.* (26)  
**El hidrógeno como combustible.** *Orera V. M.* (42)

**Una visión de la Química desde la empresa.**

*Villarroya J.* (54)  
**Maya o Shogun.** *Pétriz F.* (58)  
**La ética profesional de los docentes y los sistemas de evaluación.** *Elduque A. I.* (62)  
**La Isla Decepción: un volcán activo bajo el hielo antártico.**  
*Gil A., Gil I., Maestro A., Galindo J. y Rey J.* (76)  
**La profesión del químico.**  
*Comenge L. y Palacián S.* (88)  
**Modelización y simulación. La asignación alfabética de apellidos.** *Cruz A.* (100)  
**Conocer, tras ver, para actuar: la componente matemática.** *Díaz J. I.* (110)

**Nº 8 conCIENCIAS.**

**ARTE Y CIENCIA: LA ESTÉTICA DEL CONOCIMIENTO.**

**El cambio climático.** *Uriel A.* (6)  
**Metales en Medicina.** *Laguna A. y Gimeno Mª C.* (16)  
**Ibones del Pirineo aragonés: lagos glaciares entre agrestes montañas.**  
*del Valle J., Arruebo T., Pardo A., Matesanz J., Rodríguez C., Santolaria Z., Lanaja J. y Urieta J.* (30)  
**Leer el periódico con ojos matemáticos.** *Ibañez R.* (48)  
**AMS-02: la odisea de un detector de rayos cósmicos.**  
*Aguilar M.* (58)  
**Arte y Ciencia: la invención de la litografía.**  
*Pagliano S.* (76)  
**El legado del Año Internacional de la Química.**  
*Elduque A. I.* (92)  
**Los microRNA: pequeñas moléculas, grandes reguladoras.** *Lizarbe Mª A.* (98)  
**IMAGINARY, una mirada matemática.**  
*Artal E., Bernués J. y Lozano Imízcoz Mª T.* (110)  
**El túnel subterráneo de Canfranc:  
 25 años apasionantes.** *Villar J. A.* (116)

**Nº 9 conCIENCIAS.**

**NUEVOS TIEMPOS, RETOS DESCONOCIDOS.**

**Tras las huellas de los dinosaurios.** *Canudo J. I.* (4)  
**Larga vida a la superconductividad.**  
*Camón A., Mazo J. J. y Zueco D.* (16)  
**Marte en lontananza.** *Díaz-Michelena M.* (26)  
**Y la Medicina se hizo Ciencia, ¿o no? .** *Gomollón F.* (38)  
**Marie Curie: Ciencia y Humanidad.** *Román P.* (48)  
**Iberia cartesiana.** *Boya L. J.* (62)  
**Tiempos nuevos.** *Elduque A. I.* (72)  
**Homenajes a la Ciencia en Zaragoza.**  
*Sorando J. M.* (84)

**Nº 10 conCIENCIAS.**  
**UN ANIVERSARIO PARA MEDITAR.**

**Estética, creatividad y Ciencia.** Franco L. (4)  
**Reflexión sobre principios de la divulgación científica.** Mira J. (16)  
**Terremotos y tsunamis.** González A. (24)  
**El día más largo de mi vida.** Pobes C. (38)  
**Zaragoza matemática.** Sorando J. M. (52)  
**La Responsabilidad Social de la información (bio)química.** Valcárcel M. (72)  
**Un aniversario para meditar.** Elduque A. I. (84)  
**Claves para la excelencia universitaria: pasado y futuro inmediato del Campus Íberus.** López Pérez M. (94)  
**Una vieja historia para el Cincuentenario del Edificio de la Facultad de Ciencias.** Carrión A. (102)  
**El emblema histórico de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Zaragoza.** Bernués J. y Rández L. (108)  
**Ramanujan: un matemático ejemplar para todos.** López Pellicer M. (114)

**Nº 11 conCIENCIAS. CIENCIA: EL CAMINO SIN FIN**

**Ernest Rutherford: padre de la Física Nuclear y alquimista.** Román P. (4)  
**La Prevención de Riesgos en Laboratorios de Química.** Blein A. (20)  
**El origen de la teoría cuántica del átomo.** Niels Bohr, 1913. Boya L. J. (50)  
**Másteres: pasado, presente y futuro.** Elduque A.I. (66)  
**Estancias de verano para estudiantes.** Bolsa M. (78)  
**El cambio global y el Antropoceno; más allá del clima.** Bruschi V., Bonachea J., Remondo J., Forte L. M., Hurtado M. y Cendrero A. (42)

**Nº 12 conCIENCIAS. ERÁSE UNA VEZ LA CIENCIA**

**Matemáticas y Música.** Garay J. (4)  
**La Ciencia vista por un hombre de letras.** Arce J. (14)  
**Los comienzos de la era nuclear.** Núñez-Lagos R. (30)  
**Einstein en Zaragoza.** Turrión J. (46)  
**Entendiendo la Estadística: modelos, controversias e interpretaciones.** Cristóbal J. A. (60)  
**¿Hay alguien ahí fuera?** Elduque A. I. (76)  
**Leiden: lecciones de Ciencia y Universidad.** Bartolom F. (96)  
**La Matemática desde Zaragoza.** González S. (106)

**Nº 13 conCIENCIAS.**  
**LA CIENCIA Y SU IMPORTANCIA SOCIAL**

**Henry Moseley: rayos X, tabla periódica y guerra.** Román P. (4)  
**Los asesinos del sistema inmunitario.** Anel A., Martínez-Lostao L. y Pardo J. (22)  
**Biolingüística: breve biografía de una disciplina emergente.** Mendivil J. L. (30)  
**Polímeros: de macromoléculas a materiales.** Piñol M. y Oriol L. (46)  
**Geología para una Nueva Cultura de la Tierra.** Simón J. L. (64)  
**La reforma que nos va a llegar.** Elduque A. I. (76)  
**Espirales en la naturaleza: una incursión en la Biomatemática recreativa.** Gasca M. (88)

**Nº 14 conCIENCIAS. OBJETIVO: SABER**

**El día que el universo creció enormemente.** Martínez V.J. (4)  
**Baade y Zwicky, la extraña pareja.** Pérez Torres M. (14)  
**Leiden: más lecciones de Ciencia y Universidad.** Bartolomé F. (22)  
**La Colección de Minerales de la Facultad de Ciencias de Zaragoza.** Calvo M. (42)  
**El último ser vivo.** Sabadell M.A. (56)  
**35 años del Seminario Rubio de Francia.** Alfaro M. (66)  
**¿Es 4+1 igual a 3+2?** Elduque A. I. (92)



**IAESTE: un puente hacia el mundo laboral.** Rísquez E. y Garzo R. (94)  
**¿Estás preparado para trabajar en el extranjero?** Gracia G. y Sarsa M. (102)

**Nº 15 conCIENCIAS. Al principio, LA CIENCIA**

**Gamow, Alpher y el Big Bang.** Pérez Torres M (4)  
**2015: En torno a Einstein y su Teoría de la Relatividad (una reflexión por encargo).** Turrión J. (10)  
**Los Árboles del Edén: pequeña incursión en la Botánica mítica.** Martínez Rica J. P. (26)  
**Cristales en los alimentos.** Cuevas-Diarte M. A., Bayés-García L., y Calvet T. (44)  
**Química Forense ¿Ciencia o Ficción?** Montalvo G. y García-Ruiz C. (58)  
**Un modelo universitario.** Elduque A. I. (72)  
**Hilbert y los fundamentos de la Matemática.** Bombal F. (86)

**Nº 16 conCIENCIAS. Una visión emotiva de la Ciencia**

**El poder de las emociones. Aprender a convivir con ellas.** Aceña J. (4)  
**Cooperación en Salud Visual en África.** Bea A. (18)  
**Óptica y Arte: Salvador Dalí creador de imágenes.** Vallés J. A. (26)  
**Las Conferencias Solvay: una oportunidad para la didáctica (parte I).** Pinto G., Martín M. y Martín M.T. (46)  
**El poder de los cristales.** Bauluz B. (66)  
**Una experiencia docente con IBERCIVIS.** Pelacho M. (74)  
**Los elementos químicos.** Boya L. J. (88)

**Nº 17 conCIENCIAS. Simplemente CIENCIA**

**Las Conferencias Solvay: una oportunidad para la didáctica (parte II).** Pinto G., Martín M. y Martín M.T. (4)  
**La era del silicio. De la arena al microprocesador.** Aldea C. (22)  
**Edificios de consumo de energía casi nula: ¿Es posible?** Rodríguez B. (42)  
**Una nueva política educativa.** Elduque A. I. (58)  
**El Museo de Ciencias Naturales de la Universidad de Zaragoza.** Canudo J. I. (68)  
**Ars Qubica, el patrón geométrico de la belleza.** Miana P. J., Corbalán F., Rández L., Rubio B. y Vila C. (86)  
**La Química en mi vida.** Carreras Ezquerria M. (98)  
**La Ciencia explicada a los Niños. Hoy... “Ondas Gravitacionales”.** Bartolomé F. y García-Nieto D. (110)

**Nº 18 conCIENCIAS. La CIENCIA y el TODO**

**La Química a través del espejo.** Gomollón-Bel F. (4)  
**Riadas del Ebro: comprenderlas sin miedo.** del Valle J. (14)  
**Átomos y moléculas de cristal.** Martínez-Ripoll M. (24)  
**El Paleomagnetismo y el viejo geólogo.** Pardo G., Pérez F. J. y Arenas C. (36)  
**Dieta Mediterránea y Salud Pública.** Mauriz Turrado I., y Martínez Pérez J. M. (50)  
**Matemáticas en los bolsillos: los dígitos de control.** Gasca M. (66)  
**La RSME en Aragón.** Miana P. J. (76)

**Nº 19 conCIENCIAS. PASIÓN POR EL CONOCIMIENTO**

**Las cuevas heladas del Pirineo: crónica de una sorpresa efímera.** Sancho C., Belmonte A., Bartolomé M., Leunda M. y Moreno A. (4)  
**Viaje a los Campamentos de Refugiados Saharauis.** Vallés J. A. y Collados Mª V. (20)  
**Una nueva política académica.** Elduque A. I. (30)  
**El fascinante mundo de los Insectos.** Lantero J. M. (42)  
**Miguel Servet: la Vida y la Ciencia.** Corral J. L. (66)  
**La búsqueda de los restos de Cervantes. ¿Qué hay debajo del suelo?.** Cubas Jiménez S. (80)

**Nº 20 conCIENCIAS. ¿20!**

**Un mundo de minerales.** Bauluz B. (4)  
**El desarrollo de la carrera profesional.** Ortega J. J. (16)  
**Un campeonato entre árboles: más alto, más grande, más viejo...** Martínez-Rica J. P. (24)  
**La óptica en la China Oriental.** Vallés J. A. (42)  
**Desafíos de la higiene, inspección y seguridad alimentarias para el tercer milenio.** Martínez J. M. y Mauriz I. (54)  
**El 40 aniversario de un paradigma en el análisis de cuencas sedimentarias.** Pardo G., Gonzalez A. y Arenas C. (70)



**Nº 21 conCIENCIAS. SIGLO XXI.**

**Conciencia química y CO<sub>2</sub>.** *Fernández Álvarez F. J. (4)*  
**Mendeléiev y San Alberto Magno en el paraíso de los inmortales.** *Román Polo P. (16)*  
**Los yacimientos minerales como indicadores ambientales en la tierra arcaica.** *Subías I. (34)*  
**Biología sintética: La ingeniería de la naturaleza.** *Nevot G. (48)*

**La arqueología subacuática: Hay que llegar al fondo.** *Martin-Bueno M. (62)*  
**Una definición Genérica de los másteres.** *Elduque A. I. (78)*

**Nº22 conCIENCIAS. CIENCIA,SIEMPRE.**

**La verdadera historia de la balsa de piedra.** *Pardo G. y Arenas C.(4)*  
**Toumai:¿Nuestro primer antepasado directo?** *Armendáriz A.(16)*  
**Antonio de Ulloa:Un patriota y científico ilustrado polifacético.** *Pinto G. y Martín M. (24)*  
**Biopsia Virtual: Ver el cáncer invisible.** *Jiménez Schuhmacher A. (36)*

**La ciencia en crisis: Los investigadores contra las revistas académicas.** *Sabadell M. A. (52)*  
**María Andrea Casamayor: Matemática ilustrada.** *Miana P. J. (68)*  
**Un mundo lleno de ondas.** *Martínez Jiménez J. P. (76)*

**Nº23 conCIENCIAS. 150 AÑOS.**

**Año internacional de la tabla periódica de los elementos químicos.** *Ortega J. J. (4)*  
**Henry Moseley: Rayos x,tabla periódica y guerra.** *Román P. (18)*  
**El éxodo de nuestros científicos.** *Oro L. (36)*  
**Sobre el almacenamiento de agentes químicos en el laboratorio.** *Blein A. y Elduque A. I. (48)*  
**Cristalografía y biominales.** *Moya R. (58)*  
**Paisajes que nos hemos perdido.** *Pardo G. y Arenas C.(72)*

**Nº24 conCIENCIAS. LA CIENCIA ES COSA DE MUCHOS.**

**Yo estuve una vez en África.** *Gómez-Moreno C. (4)*  
**Un valor oculto del patrimonio frutal. De la biodiversidad a la gastronomía.** *Errea Abad P. y González Bonillo J. (28)*

**Mitología, cultura y arte en la tabla periódica de los elementos químicos.** *Román Polo P. (38)*  
**Big data: La fiebre del siglo XXI: Reinventándose la estadística para los nuevos datos.** *Olave Rubio P. (56)*  
**La química en la frontera: Más allá de buretas y tubos de ensayo.** *Madrona Martínez H. (68)*  
**Del quinto postulado a la forma del universo.** *Vigara Benito R. (80)*

**Nº25 conCIENCIAS. EN TIEMPOS DE CONFINAMIENTO**

**El neutrino y el origen de la materia.** *Cuesta Soria C. (4)*  
**Cómo construir “Construyendo la tabla periodica”.** *Calvo M. (16)*  
**Estructuras sedimentarias: más que ludus naturae.** *Pardo G. y Arenas C. (28)*  
**Agenda 2030. ¿hacen falta más datos?.** *Elduque A. I. (50)*

**La Antártida, un paraíso para la investigación.** *Anzano J., Cáceres J., Marina C. y Pérez-Arribas L. V. (60)*  
**Bruno solano y los inicios de la Facultad de Ciencias de Zaragoza.** *Bartolomé F. (72)*  
**GuíaME-AC-UMA: un programa de apoyo al alumnado de altas capacidades intelectuales.** *Viguera Mínguez E. y Grande Pérez A. (84)*  
**Las palabras detrás de la pandemia.** *de Blas I. (94)*

**Nº 26 conCIENCIAS. CONOCIMIENTO, el eterno “CRESCENDO”.**

**Del Río, descubridor del eritronio, hoy vanadio.** *Pinto G. (4)*  
**Desperfectos en la naturaleza: ¿qué nos enseñan las estructuras sedimentarias de deformación?** *Pardo G. y Arenas C. (26)*  
**Camino hacia el liderazgo.** *Aceña J. (44)*  
**La influencia del color en la Historia de la Química.** *de Jesús E. (58)*  
**Los números detrás de la pandemia.** *de Blas I. (88)*

**Nº 27 conCIENCIAS. El CONOCIMIENTO siempre empieza por el APRENDIZAJE.**

**El tiempo entre dolinas.** *Soriano M. A. y Pocovi A. (4)*  
**Jacques Hadamard en Zaragoza.** *Miana P. J. (22)*  
**ANAIS y el viento de materia oscura.** *Sarsa M. L. (34)*

**“Experimentando” con la divulgación de la Química.** *Madurga A. (44)*  
**Toscas, tobas y travertinos: materiales de construcción y archivos geológicos.** *Pardo G. y Arenas C. (54)*  
**Las competencias profesionales y la formación superior.** *Elduque A. I. (74)*

**Nº 28 conCIENCIAS. Despertar a la normalidad.**

**Aspectos de interés sobre la salud (pública) oral.** *Yepes C., Mauriz Turrado I. y Martínez J. M. (4)*  
**Despertando sueños.** *López M. (14)*  
**Zaragozanos supervivientes a todas las enfermedades. De las pandemias de peste a la de Covid-19.** *Arcaza L. A. (24)*  
**Lo único imprescindible para ser Marie Curie es ser mujer... lo demás lo aporta el conocimiento.** *Elduque A. I. (38)*  
**Escrito en las rocas.** *Bauluz B. y Laita E. (56)*  
**2037. Paraíso neuronal.** *de Teresa, J. M. y Elduque A. I. (70)*

**Nº 29 conCIENCIAS. La CIENCIA y nuestro ENTORNO.**

**Cuando en el valle del Ebro había dunas eólicas.** *Luzón Mª. A., Pérez A. y Soriano Mª. A. (4)*  
**De lo invisible a lo previsible. El camino a la fisión nuclear.** *Vicente J. M. (24)*  
**La UME, incendios forestales, evolución y riesgos.** *Abad G. (44)*  
**Servetus Studio®, más de 20 años de creación de cortometrajes en educación secundaria y bachillerato.** *Cólera I. y Moreno C. (64)*  
**Institutos de estudios avanzados ligados a universidades: las oportunidades y las trampas.** *Bondía J. G. (80)*



**Nº 30 conCIENCIAS. Una singladura con 30 escalas ya.**

**¿Existe conexión entre el consumo de marihuana y los trastornos psiquiátricos?.** *Doménech E. (4)*  
**Importancia de la higiene bucodental durante la infancia.** *Noriega Y. (14)*  
**Avances en microtecnologías y en inteligencia artificial podrían hacer la neurotecnología disruptiva.** *de Teresa J. M. (28)*  
**Conceptos básicos sobre las células.** *Yepes C., Mauriz Turrado I. y Martínez J. M. (42)*  
**1628. La aventura del Vasa.** *Elduque A. y Ortega J. (56)*  
**Las gráficas detrás de la pandemia.** *de Blas I. (68)*  
**40 años viendo átomos.** *Bartolomé F. (78)*

**Nº 31 conCIENCIAS. Contra la incultura, aprender.**

**Los lagos miocenos de la Cuenca del Ebro: dinámica y paleoclima.** *Pardo G., Arenas C. y Pérez Rivarés F. J. (4)*  
**Comienza la aventura química del Vasa.** *Elduque A. y Ortega J. (20)*  
**La música militar en España.** *Sancasto R. (36)*  
**Einstein y la Ciencia aragonesa.** *Amaré J., Miana P. J., Pérez-Arartegui J., Savirón C. y Villacampa B. (54)*  
**¿De qué nos hablan las paleodolinas del Valle del Ebro?.** *Soriano M. A., Luzón M. A., Pocovi A. y Pérez A. (70)*

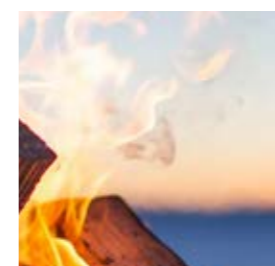
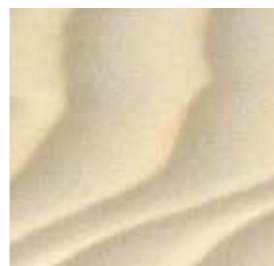
**Nº 32 conCIENCIAS. TESOROS OCULTOS de CIENCIA e HISTORIA.**

**Geología y desastres naturales: el espacio preciso, el tiempo profundo.** *Simón J. L. (4)*  
**La problemática actual de las baterías para vehículos eléctricos.** *Elduque A. y Ortega J. (14)*  
**El Monasterio de Canonas del Santo Sepulcro de Zaragoza necesita cómplices.** *Menjón M.. (28)*  
**Economía circular.** *Pérez J. y Cano M. (46)*  
**Los veterinarios: agentes sanitarios de primer orden** *Martínez Pérez J. M. (54)*  
**Las huellas de las glaciaciones del pasado próximo y remoto.** *Pardo G. y Arenas C. (66)*

Apellido, nombre, volumen de la revista y página:

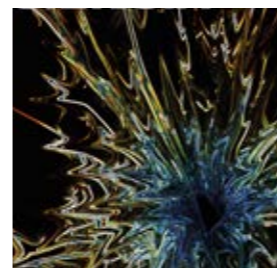
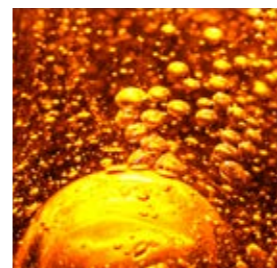
Abad, Gustavo, 29 (44)  
 Aceña, Javier, 16 (4), 26 (44)  
 Aguilar, Manuel, 8 (58)  
 Aldea, Concepción, 17 (22)  
 Alegret, Laia, 6 (6)  
 Alfaro, Manuel, 14 (66)  
 Álvarez, Ana, 4 (96)  
 Amaré, Julio, 3 (22), 31 (54)  
 Anel, Alberto, 13 (22)  
 Anzano, Jesús, 25 (60)  
 Arcarazo, Luis A. 28 (24)  
 Arce, José Luis, 12 (14)  
 Arenas, Concepción, 18 (36), 20 (70) 22 (4), 23 (72),  
 25 (28), 26 (26), 27 (54), 31 (4), 32 (66)  
 Arenillas, Ignacio, 6 (6)  
 Armendáriz, Andrés. 22(16)  
 Arruebo, Tomás, 8 (32)  
 Artal, Enrique, 4 (114), 8 (110)  
 Arz, José Antonio, 6 (6)  
 Badía, Laura, 8 (132)  
 Balas, Francisco, 7 (16)  
 Bartolomé, Fernando, 6 (106), 12 (96), 14 (22),  
 17 (110), 25 (72), 30 (78)  
 Bartolomé, Miguel 19 (4)  
 Bauluz, Blanca, 16 (66), 20 (4), 28 (56)  
 Bayés-García, Laura, 15 (44)  
 Bea, Alnudena, 16 (18)  
 Belmonte, Ánchel, 19 (4)  
 Bernués, Julio, 8 (110), 10 (108)  
 Blein, Antonio, 11 (20), 23 (48)  
 Bolsa, Marta, 11 (78)  
 Bombal, Fernando, 15 (86)  
 Bonachea, Jaime, 11 (84)  
 Bondía, José Gracia, 29 (80)  
 Boya, Luis J., 2 (56), 3 (6), 9 (62), 11 (50), 16 (88)  
 Bruschi, Viola, 11 (84)  
 Cáceres, Jorge, 25 (60)  
 Calvet, Teresa, 15 (44)  
 Calvo, Miguel, 14 (42), 25 (16)  
 Camón, Agustín, 9 (16), 9 (122)  
 Cano, Miguel, 32 (46)  
 Canudo, José Ignacio, 2 (36), 9 (4), 11 (32), 17 (68)  
 Carreras, Miguel 6 (84), 17 (98)  
 Carrión, J. Alberto, 3 (84), 5 (122), 6 (94), 6 (108), 8  
 (126), 9 (126), 10 (102)  
 Cebrián, Susana, 6 (90)  
 Cendrero, Antonio, 11 (84)  
 Cólera, Ignacio, 29 (64)  
 Collados, M<sup>a</sup> Victoria, 19 (20)

Comenge, Luis, 7 (88)  
 Conde, Mariola, 10 (128)  
 Corbalan, Fernando, 17 (486)  
 Corral, José Luis, 6 (14), 19 (66)  
 Cristóbal, José A., 12 (60)  
 Cruz, Andrés, 7 (100)  
 Cuenca, Gloria, 2 (42), 6 (100)  
 Cuesta, Clara, 4 (28), 25 (4)  
 Cuevas-Diarte, Miguel Ángel, 15 (44)  
 Cubas, Santiago, 19 (80)  
 Dafni, Theopisti, 6 (90)  
 De Azcárraga, José Adolfo, 4 (74)  
 De Blas, Ignacio, 25 (94), 26 (88), 30 (68)  
 de Jesús, Ernesto 26 (58)  
 De la Osada, Jesús, 4 (6)  
 De la Riva, Juan Ramón, 6 (32)  
 De Teresa, José María, 4 (128), 28 (70), 30 (28)  
 Del Valle, Javier, 5 (6), 8 (32), 18 (14)  
 Díaz, Jesús Ildelfonso, 7 (110)  
 Díaz-Michelena, Marina, 9 (26)  
 Díes, María Eugenia, 2 (28)  
 Doménech, Eva, 30 (4)  
 Echenique, Pablo, 4 (56)  
 Echeverría, Maite, 6 (32)  
 Elduque, Alberto, 1 (10)  
 Elduque, Ana Isabel, 1 (42), 3 (54), 4 (102),  
 5 (94), 6 (24), 7 (62), 8 (92), 9 (72), 10 (84),  
 11 (66), 12 (76), 13 (76), 14 (82), 15 (72), 17 (58), 19  
 (30), 21 (78), 23 (48), 25 (50), 27 (74), 28 (38), 28 (70),  
 30 (56), 31 (20), 32 (14)  
 Elguero, José, 6 (26)  
 Elipe, Antonio, 3 (46), 4 (32)  
 Errea Abad, Pilar 24 (28)  
 Espejo, Francisco, 6 (44)  
 Etayo, Fernando, 4 (62)  
 Figueroa, Adriana, 8 (132)  
 Fernández Álvarez, Francisco José, 21 (4)  
 Forte, Luis, 11 (84)  
 Franco, Luis, 10 (4)  
 Galindo, Jesús, 7 (76)  
 Gámez, José Antonio, 2 (28)  
 Garay, José, 3 (70), 12 (4)  
 García, Eduardo, 2 (6)  
 García- Nieto, Dani, 17 (110)  
 García Novo, Francisco, 4 (12)  
 García-Ruiz, Carmen, 15 (58)  
 Garzo, Ricardo, 14 (94)  
 Gasca, Mariano, 13 (88), 18 (66)  
 Gil, Andrés, 7 (76)  
 Gil, Inmaculada, 7 (76)  
 Gimeno, M<sup>a</sup> Concepción, 8 (16)



Gómez-Moren, Carlos 24 (4)  
 Gomollón, Fernando, 9 (38), 18 (4)  
 González, Álvaro, 10 (24)  
 González, Ángel 20 (70)  
 González, José 24 (28)  
 Gonzáles, Santos, 12 (106)  
 Gracia, Gustavo, 14 (102)  
 Gracia Bondía, José 29 (80)  
 Grande Pérez, Ana, 25 (84)  
 Grupo Aragosaurus, 11 (32)  
 Hurtado, Martín, 11 (84)  
 Ibañez, Raúl, 8 (48)  
 Ibarra, Paloma, 6 (32)  
 Ibarra, Ricardo, 4 (128)  
 Jiménez Schuhmacher, Alberto, 22 (36)  
 Laguna, Antonio, 8 (16)  
 Laita, Elisa 28 (56)  
 Lanaja, Javier, 8 (32)  
 Lantero, José Manuel 19 (42)  
 Leunda, María, 19 (4)  
 Liñán, Eladio, 2 (28), 3 (58)  
 Lizarbe, M<sup>a</sup> Antonia, 8 (98)  
 Lozano, Manuel, 6 (64)  
 Lozano Imízcoz, M<sup>a</sup> Teresa, 8 (110)  
 López Pellicer, Manuel, 10 (114)  
 López Pérez, Manuel, 10 (94)  
 López, Mercedes 28 (14)  
 Luzón, M<sup>a</sup> Aránzazu, 29 (4), 31 (70)  
 Madrona Martínez, Héctor, 24 (68)  
 Madurga, Ángel 27 (44)  
 Maestro, Adolfo, 7 (76)  
 Marín-Yaseli, Julia, 2 (14)  
 Marina, César, 25 (60)  
 Martín-Bueno, Manuel, 21 (62)  
 Martín, Manuela, 16 (46), 17 (4), 22 (24)  
 Martín, M<sup>a</sup> Teresa, 16 (46), 17 (4)  
 Martínez, Juan Pablo, 1 (13), 5 (16), 15 (26), 20 (24),  
 22 (76)  
 Martínez, Vicent, 14 (4)  
 Martínez-Lostao, Luis, 13 (22)  
 Martínez Pérez, José Manuel, 18 (50), 20 (54), 28 (4),  
 30 (42), 32 (54)  
 Martínez-Ripoll, Martín, 18 (24)  
 Matesanz, José, 8 (32)  
 Mauriz Turrado, Isabel, 18 (50), 20 (54), 28 (4), 30 (42)  
 Mazo, Juan José, 9 (16)  
 Mendivil, Jose Luis, 13 (30)  
 Meléndez, Alfonso, 2 (16)  
 Menéndez, Amalia, 9 (120)  
 Menjón, Marisanchó, 32 (28)  
 Miana, Pedro J., 6 (76), 17 (86), 18 (76), 22 (68), 27 (22),

31 (54)  
**Mira, Jorge**, 10 (16)  
**Moles, Mariano**, 4 (38)  
**Montalvo, Gemma**, 15 (58)  
**Montañés, Margarita**, 7 (124)  
**Moreno, Ana**, 19 (4)  
**Moreno, Carlos**, 29 (64)  
**Moya, Raquel**, (58)  
**Nevot, Guillermo**, 21 (48)  
**Noriega, Yadhira**, 30 (14)  
**Núñez-Lagos, Rafael**, 2 (70), 5 (54), 12 (30)  
**Olave Rubio, Pilar**, 12 (60), 24 (56)  
**Orera, Víctor M.**, 7 (42)  
**Oriol, Luis**, 13 (46)  
**Oro, Luis**, 23 (36)  
**Ortega, Juan José**, 20 (16), 23 (4), 30 (56), 31 (20), 32 (14)  
**Pagliano, Silvia**, 8 (76)  
**Palacián, Susana**, 1 (12), 7 (88)  
**Pardo, Alfonso**, 8 (32)  
**Pardo, Gonzalo**, 18 (36), 20 (70), 22 (4), 23 (72), 25 (28), 26 (26), 27 (54), 31 (4), 32 (66)  
**Pardo, Julián**, 13 (22)  
**Pelacho, Maite**, 16 (74)  
**Peleato, M<sup>a</sup> Luisa**, 3 (32)  
**Peña, Rubén**, 1 (11), 5 (68)  
**Pérez-Arantegui, Josefina**, 31 (54)  
**Pérez-Arribas, L. Vicente**, 25 (60)  
**Pérez, Antonio**, 29 (4), 31 (70)  
**Pérez, Fernando**, 6 (32)  
**Pérez, Francisco Javier**, 18 (36), 31 (4)  
**Pérez, Jorge**, 32 (46)  
**Pérez Torres, Miguel**, 14 (14), 15 (4)  
**Pétriz, Felipe**, 7 (58)  
**Piñol, Milagros**, 13 (46)  
**Pinto, Gabriel**, 16 (46), 17 (4), 22 (24), 26 (4)  
**Pobes, Carlos**, 4 (28), 6 (90), 10 (38)  
**Pocovi, Andrés**, 27 (4), 31 (70)  
**Puyod, Carmina**, 5 (110)  
**Rández, Luis**, 10 (108), 17 (86)  
**Remondo, Juan**, 11 (84)  
**Rey, Jorge**, 7 (76)  
**Rísquez, Eduardo**, 14 (94)  
**Rodríguez, Beatriz**, 17 (42)  
**Rodríguez, Carlos**, 8 (32)  
**Román, Pascual**, 9 (48), 11 (4), 13 (4), 21 (16), 23 (18), 24 (38)  
**Rubio, Beatriz**, 17 (86)  
**Rubio, Mario**, 3 (76)  
**Sabadell, Miguel Ángel**, 5 (84), 14 (56), 22 (52)  
**Sancasto, Roberto**, 31 (36)



**Sánchez Cela, Vicente**, 2 (64), 3 (16)  
**Sancho, Carlos**, 19 (4)  
**Sancho, Javier**, 1 (44)  
**Sangiao, Susana**, 9 (118)  
**Santamaría, Jesús**, 7 (16)  
**Santolaria, Zoé**, 8 (32)  
**Sarsa, María Luisa**, 2 (6), 4 (28), 5 (78), 6 (90), 7 (128), 9 (124), 9 (126), 14 (102), 27 (34)  
**Savirón, Clara**, 31 (54)  
**Serrano, José Luis**, 10 (144)  
**Sesma, Javier**, 3 (66)  
**Sevil, Begoña**, 9 (116)  
**Simón, José Luis**, 2 (26), 13 (64), 32 (4)  
**Soler, Manuel**, 7 (6)  
**Sorando, José María**, 5 (30), 9 (84), 10 (52)  
**Soriano, María Asunción**, 27 (4), 29 (4), 31 (70)  
**Soriano, Roberto**, 1 (24)  
**Subías, Ignacio**, 21 (34)  
**Tornos, José**, 6 (94), 6 (108)  
**Turrión, Javier**, 12 (46), 14 (14), 15 (10)  
**Ullán, Miguel**, 6 (64)  
**Uriel, Amadeo E.**, 6 (44), 8 (6)  
**Urieta, José**, 8 (32)  
**Usón, Rafael**, 2 (54)  
**Valcárcel, Miguel**, 10 (72)  
**Vallés, Juan**, 16 (26), 19 (20), 20 (42)  
**Vicente, José Manuel**, 5 (40), 6 (52), 29 (24)  
**Vigara Benito, Rubén**, 24 (80)  
**Viguera Mínguez, Enrique**, 25 (84)  
**Vila, Cristóbal**, 17 (86)  
**Villacampa, Belén**, 31 (54)  
**Villar, José Ángel**, 6 (90), 8 (116)  
**Villarroya, Jorge**, 7 (54)  
**Virto, Alberto**, 3 (38), 5 (98), 10 (142)  
**Yepes, Claudio**, 28 (4), 30 (42)  
**Zueco, David**, 9 (16)  
**Zulaica, Fernando**, 8 (128)







divulgacionciencias.unizar.es/  
revista-conCIENCIAS/numero/1



divulgacionciencias.unizar.es/  
revista-conCIENCIAS/numero/2



divulgacionciencias.unizar.es/  
revista-conCIENCIAS/numero/3



divulgacionciencias.unizar.es/  
revista-conCIENCIAS/numero/4



divulgacionciencias.unizar.es/  
revista-conCIENCIAS/numero/17



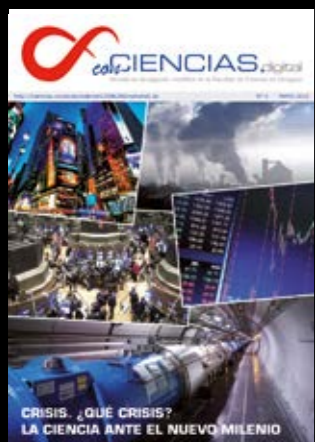
divulgacionciencias.unizar.es/  
revista-conCIENCIAS/numero/18



divulgacionciencias.unizar.es/  
revista-conCIENCIAS/numero/19



divulgacionciencias.unizar.es/  
revista-conCIENCIAS/numero/20



divulgacionciencias.unizar.es/  
revista-conCIENCIAS/numero/5



divulgacionciencias.unizar.es/  
revista-conCIENCIAS/numero/6



divulgacionciencias.unizar.es/  
revista-conCIENCIAS/numero/7



divulgacionciencias.unizar.es/  
revista-conCIENCIAS/numero/8



divulgacionciencias.unizar.es/  
revista-conCIENCIAS/numero/21



divulgacionciencias.unizar.es/  
revista-conCIENCIAS/numero/22



divulgacionciencias.unizar.es/  
revista-conCIENCIAS/numero/23



divulgacionciencias.unizar.es/  
revista-conCIENCIAS/numero/24



divulgacionciencias.unizar.es/  
revista-conCIENCIAS/numero/9



divulgacionciencias.unizar.es/  
revista-conCIENCIAS/numero/10



divulgacionciencias.unizar.es/  
revista-conCIENCIAS/numero/11



divulgacionciencias.unizar.es/  
revista-conCIENCIAS/numero/12



divulgacionciencias.unizar.es/  
revista-conCIENCIAS/numero/25



divulgacionciencias.unizar.es/  
revista-conCIENCIAS/numero/26



divulgacionciencias.unizar.es/  
revista-conCIENCIAS/numero/27



divulgacionciencias.unizar.es/  
revista-conCIENCIAS/numero/28



divulgacionciencias.unizar.es/  
revista-conCIENCIAS/numero/13



divulgacionciencias.unizar.es/  
revista-conCIENCIAS/numero/14



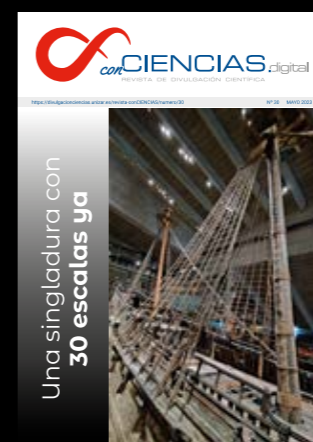
divulgacionciencias.unizar.es/  
revista-conCIENCIAS/numero/15



divulgacionciencias.unizar.es/  
revista-conCIENCIAS/numero/16



divulgacionciencias.unizar.es/  
revista-conCIENCIAS/numero/29



divulgacionciencias.unizar.es/  
revista-conCIENCIAS/numero/30



divulgacionciencias.unizar.es/  
revista-conCIENCIAS/numero/31



divulgacionciencias.unizar.es/  
revista-conCIENCIAS/numero/32

 **con CIENCIAS**.digital  
REVISTA DE DIVULGACIÓN CIENTÍFICA

Patrocinan:

