

EDITORIAL

COMENTARIOS PARA UNA ENCRUCIJADA

Es una estrategia tradicional para el estudio y descripción de los primeros orígenes de la historia humana, acudir al testimonio de las industrias específicas que jalonan las diferentes etapas. Hablamos así de la piedra tallada, la pulimentada y más tarde de la cerámica y los metales. El mundo que estamos viviendo se adapta también a una caracterización de esta naturaleza y de este modo el término industria del conocimiento puede definir con toda propiedad la urdimbre de la sociedad actual en la que se hace realidad el viejo lema que proclamaba, saber es poder. El conocimiento puro es, en efecto, un recurso instrumental en un periodo histórico en el que todo un planeta se hace accesible desde la consola de un ordenador.

Aún recuerdo una cena, de las que organiza nuestra asociación, en la que compartiendo mesa con un destacado dirigente empresarial del sector espacial me comentaba al saber de mi condición de físico, cómo había necesitado introducir la Relatividad General en el diseño de sus productos industriales pues de otro modo no hubiera podido ofrecer las prestaciones que sus clientes reclamaban. Un GPS puede necesitar, de hecho, correcciones relativistas cuando la precisión así lo requiere. Nada menos que la Relatividad General convertida en electrodoméstico. Es por ello que distinguir ciencia fundamental de ciencia aplicada es una posición arcaica que es preciso superar para afrontar los retos del desarrollo tecnológico. No hay ciencia aplicada sino más bien aplicaciones de la ciencia como acertadamente puntualizaba Pasteur.

Crisis las ha habido siempre, son casi un mecanismo natural de la historia, "la fortuna alcanzar y volverla a perder", que canta el tenor en Luisa Fernanda. Ahora parece que estamos en lo segundo y, aunque oscuros presagios no faltan, esperamos que

el capricho o designio de la historia acabe por enderezarse en lo que al futuro de España se refiere. No es la ocasión ni el lugar para añadir un análisis más a la coyuntura que estamos viviendo pero alguna reflexión sobre el papel que la ciencia puede jugar a este respecto podría ser, tal vez, de alguna utilidad. En el enmarañado panorama de opiniones que se mueven alrededor de las causas y soluciones de la crisis en la que nos encontramos hay una que, en el caso de España, goza de común y general aceptación –el cambio de nuestro modelo productivo– y, aunque detrás de una formulación tan genérica pueden cobijarse posiciones de muy diversa índole, la respuesta española a través del paro como forma de adaptación a la nueva coyuntura, pone de relieve que términos como innovación o desarrollo tecnológico ocupan, sin duda, un lugar destacado para el diseño de una estrategia que permita avanzar hacia una solución. No obstante, el centrar el problema en las características de nuestro modelo productivo, aunque puede tener fundamento, resulta, a mi entender, algo injusto.

Nuestro modelo productivo es un producto de la sociedad en la que se inscribe y, en consecuencia, habrá que buscar en esa misma sociedad y con mayor amplitud, las raíces del problema. La verdad es que entre la ciencia y España siempre ha existido una discreta lejanía. Habrá quien busque el origen en la pragmática de Felipe II o en quien sabe qué otra cosa pero no parece que sea el momento para los discursos eruditos sobre la cuestión. Se suele afirmar que la ciencia es un fenómeno internacional y hay verdad en ello porque, en efecto, la comunidad científica ha adquirido ciertamente este carácter, basta para convencerse pasearse por los centros de investigación de todo el mundo, incluidos los de nuestro país en los que puede uno, a veces, estar un día entero usando el inglés como *lingua franca* para poder entenderse con sus colegas. Concluir de ello, sin embargo, como decíamos, que la ciencia es un fenómeno internacional puede resultar engañoso.

Director: Jesús María Rincón López

Editor: Enrique Ruiz-Ayúcar

Consejo Editorial: Antonio Bello Pérez, María Arias Delgado, Ismael Buño Borde



Junta de Gobierno de la Asociación Española de Científicos (AEC).

Presidente: Jesús María Rincón López

Vicepresidente Primero: Alfredo Tiemblo Ramos

Vicepresidente Segundo: Alfonso Navas Sánchez

Secretario General: Enrique Ruiz-Ayúcar

Vocales: María Arias Delgado, Antonio Bello Pérez, José Luis Díez Martín, Pascual Balsalobre, Fernando García Carcedo, Armando González-Posada, Sebastián Medina, Jaime Sánchez-Montero, Alfredo Tiemblo, Luis Guasch Pereira, José María Gómez de Salazar, Marcial García Rojo, Celia de la Cuadra, María del Carmen Risueño Almeida, Julio César Javier Tello Marquina.

Edita: Asociación Española de Científicos. Apartado de correos 36500. 28080 Madrid.

ISSN: 1575-7951. Depósito legal: M-42493-1999. Imprime: Gráficas Mafra

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

Sitio en la Red: www.aecientificos.es

Correo electrónico: aecientificos@aecientificos.es

ÍNDICE

Nueva meditación de la técnica

JULIO MARTÍNEZ CALZÓN 5

La química del vehículo eléctrico

MIGUEL BENGOCHEA Y OSCAR MIGUEL 10

Dos yacimientos del Hombre Fósil en Murcia:
La Cueva Negra del Estrecho del Río Quípar
en Caravaca de la Cruz y la Sima de las Palomas
del Cabezo Gordo en Torre Pacheco Segunda Parte:
La Sima de las Palomas

MICHAEL WALKER*, MARIANO LÓPEZ MARTÍNEZ,
MARÍA HABER URIARTE, ANTONIO LÓPEZ JIMÉNEZ,
JON ORTEGA RODRIGÁNEZ, AZUCENA AVILÉS FERNÁNDEZ
Y MATÍAS CAMPILLO BOJ 15

Sistema electrónico para la evaluación
de la acidez ambiental con sensores ópticos

A. LLORENTE ALONSO, J. PÉREZ LOBATO, J. PEÑA POZA,
G. DE ARCAS Y M. A. VILLEGAS 24

MEDICINA Y SALUD

Materiales metálicos biodegradables
en el campo biomédico

MÓNICA CARBONERAS CHAMORRO, CARMEN IGLESIAS URRACA,
EDGAR ONOFRE BUSTAMANTE, MIGUEL ANGEL ALOBERA
GRACIA, CELIA CLEMENTE DE ARRIBA, MARÍA CRISTINA GARCÍA
ALONSO Y MARÍA LORENZA ESCUDERO RINCÓN 30

Los insectos en la alimentación de los pueblos
mesoamericanos

J. TELLO, A. MORENO DÍAZ, C. RUIZ OLMOS
Y M. VÁZQUEZ MUNDO 35

PLACAS DE HONOR DE LA ASOCIACIÓN

- José María Guilemany Casademon
- Miguel Lafarga Coscojuela
- ProRetina Therapeutics
- Alejandro Gallego Barrera
- CEMEX 38

IN MEMORIAM. Jesús Martín Tejedor

ALFREDO TIEMBLO RAMOS 47



“Veo el universo un poco más pequeño”

La manera de ver el futuro puede ser mirando las estrellas. Sólo así comprenderemos la misión de SENER en ingeniería aeroespacial: hacer más accesible el universo. Y facilitar el vuelo de satélites y vehículos espaciales, como venimos haciendo desde antes de que el hombre pisara la luna. Y conquistar el cielo sobre las alas de nuestras soluciones

aeronáuticas. O regresar a la tierra para desarrollar tecnologías y productos de concentración solar fotovoltaica, y tecnologías de defensa y seguridad. Incluso explorar lo más profundo del ser humano con nuestros avances en robótica médica, que amplían las posibilidades de la cirugía.



En ciencia sigue habiendo metrópolis y periferias, y por resumirlo en pocas palabras lo que caracteriza a las metrópolis es su misteriosa capacidad de transferir en forma natural el conocimiento científico de base a su sistema productivo y esto además, hoy día, en muy breve espacio de tiempo. El dilema de España es que mientras su historia y su cultura le sitúan por derecho propio en la condición de metrópoli, su desarrollo científico la relega todavía a la situación de una ilustrada periferia. Para no ser injustos hay que decir, sin duda, que se han dado pasos muy significativos en la dirección correcta. España no es la de antes pero no se puede discutir que camino por andar queda todavía más del que debiera.

Una situación de crisis requiere, qué duda cabe, acudir con medidas urgentes y coyunturales. Sin embargo, sería un error no entender de una santa vez que las estrategias a medio y largo plazo van a resultar fundamentales en el futuro, empezando, cómo no, por el sistema educativo para el que más allá del consenso político va a ser necesario que la sociedad española entienda que la innovación tecnológica o empieza por la escuela primaria o simplemente no empieza.

Para ser políticamente incorrecto convendría proponer sustituir buena parte de la ideología que impregna el sistema por una discreta pasada por las matemáticas, la física, la química o la biología. Disciplinas éstas que tienen la cualidad excelsa de distinguir entre las opiniones y los resultados objetivamente verificables. Vale a este respecto lo que podríamos llamar la parábola de los países europeos. Son, en general, pequeños, densamente poblados y con escasos recursos naturales, tres características que sugieren inmediatamente la idea de la pobreza. Han gozado, sin embargo, al menos hasta ahora, de una envidiable y envidiada prosperidad económica. ¿Dónde buscar la solución del enigma? La historia enseña que ha sido la capacidad de iniciativa ligada a la instrucción de sus habitantes, su fuente de prosperidad y éstas son cualidades que salen de la escuela primaria.

Se podría uno extender en numerosas consideraciones en un tema como éste que, es por su propia naturaleza, denso y complejo. Voy a escoger sólo dos que, a mi juicio, tienen la mayor importancia. La ciencia concebida como un reducto en los laboratorios de algunos expertos que, en ocasiones, consiguen algo útil, no es la ciencia de hoy, aunque para decir verdad, tampoco la de ayer.

El progreso científico del momento tiene dimensiones que lo sitúan en el ámbito de un esfuerzo in-

ternacional que además y esto es muy importante, le constituye en un centro fundamental de actividad económica; es lo que se denomina “big science”; piénsese, por ejemplo, en el superacelerador del CERN, los grandes telescopios, el proyecto internacional de fusión, la genómica o el esfuerzo espacial. Es esencial estar en estos proyectos pero bien entendido que estar en un programa de esta naturaleza no consiste en pagar una cuota –que nadie se va a negar a recibir– sino en contribuir con ideas a su diseño y construcción. Son, además, una fuente de innovación tecnológica de la que no es prudente estar alejado. Por citar sólo un ejemplo, buena parte de los más modernos métodos terapéuticos y diagnósticos en medicina, han bebido en las fuentes de la física experimental de altas energías.

Una segunda consideración se refiere al carácter multidisciplinar de la ciencia de hoy. Es un hecho que los problemas reales siempre han tenido carácter multidisciplinario. Pero una característica también a no olvidar de la ciencia actual viene dada por el hecho de que los puntos de mayor interés están en la interfase entre distintas disciplinas. Tal es el caso, por ejemplo, de la ciencia de materiales o la bioquímica molecular, las astropartículas, la nanorrobótica o la computación cuántica que ya se vislumbra.

Esto significa que para estar en la punta más creativa de la ciencia del momento ya no caben las clasificaciones académicas de matemáticas, física, química, geología o biología. Para ilustrar el concepto, exagerando un poco, a fecha de hoy, o se está en todo o no se está en nada. Una cierta medida del carácter un tanto patológica de nuestra sociedad civil a este respecto lo da la escasa presencia que todavía tiene en nuestro país la industria en nuestras sociedades científicas y, entiéndase bien que, no se está achacando a nuestro sistema tecnológico ningún tipo de reproche pues es muy cierto que en España cuando la comunidad científica se asocia suele hacerlo mirándose más bien a sí misma. Disminuir esa distancia es un objetivo insoslayable y a este respecto nuestra asociación ha dedicado, en su modestia, históricamente, el mayor esfuerzo, distinguiendo con nuestras placas conjuntamente a científicos, empresas y medios de comunicación.

Es preciso entender que la industria forma parte en el mundo de hoy de la comunidad científica; estar, pues, más cerca unos de otros va a ser una clave para que España ocupe en el futuro el lugar que le corresponde. ■

Alfredo Tiemblo Ramos
Profesor de Investigación del CSIC

Nueva meditación de la técnica*

AUTOR: JULIO MARTÍNEZ CALZÓN
Dr. Ingeniero de Caminos
Presidente de MC2 Estudio de Ingeniería. Madrid
Miembro de la Asociación Española de Científicos

Ortega y Heidegger plantearon, a mediados del pasado siglo, sus meditaciones y preguntas sobre la técnica en unos encuadres filosóficos muy intensos, verdaderamente sugerentes y atractivos¹.

Sin embargo, y como no podría ser de otra manera, estos enfoques se ciñeron inquisitivamente, a la situación de la técnica en aquellos momentos que, para entendernos, podríamos considerar que se circunscribía a una visión plenamente maquinista y energética; es decir, centrada expresamente en la creación y perfeccionamiento de sistemas industriales y en el desarrollo de procesos de máxima explotación de las fuentes de energía conocidas. Además, sus reflexiones se produjeron en entornos históricos cercanos muy especiales: una, previamente al inicio, y otra poco después del final, de una terrible guerra, a su vez continuación de otra precedente; guerras que demolieron gran cantidad de los sueños humanos despertados durante la Ilustración, y que poblaron ampliamente el espíritu de todo el siglo XIX y comienzos del XX con grandes expectativas acerca de las virtudes y excelencias del conocimiento científico-técnico amparado en la razón.

Todo ello hizo, posiblemente, que dichas reflexiones –aun cuando profundas y acertadas– transmitieran una cierta carga de recelo y, por qué no decirlo, miedo; especialmente en el caso de Heidegger, que ya conocía las circunstancias producidas por la aplicación militar y pacífica de la energía nuclear, con su poética enunciación del **peligro extremo** hölderliniano y sus temores a la pérdida del dominio o control de una actividad potencialmente tan poderosa y destructora.

Sin embargo, paralelamente, también ofrecían notorias muestras de elogio, en este caso más marcadamente en Ortega, en relación a lo que la técnica y su esencia han supues-

to en la dimensión y posibilidades de la vida humana, su bienestar y su extensión por encima de las enfermedades.

Aunque posteriormente me volveré a referir a estos aspectos del temor y la esperanza, como contraste final de fondo, estimo que la transformación experimentada por la técnica desde entonces, y sobre todo recientemente, ha sido de tal envergadura y trascendentalidad, que casi todas aquellas reflexiones acerca de la técnica y las de otros muchos pensadores de esa época y algo posteriores, tales como David García Bacca, Zubiri, Bunge, etc. se han quedado en gran medida desbordadas.

Por consiguiente, la oportunidad de poder reflexionar y dialogar en el momento actual sobre la técnica, debe llevarse a cabo desde posiciones absolutamente nuevas y abiertas, impensables en aquellos tiempos.

Para precisar adecuadamente mis planteamientos referentes a esa Nueva Técnica actual, me parece oportuno exponer previamente mi visión personal de los dos dominios, ámbitos o entornos que —a mi entender— configuran la existencia del hombre, de la persona, del ser humano, de la especie; términos todos ellos que emplearé en ocasiones indistintamente, aunque a veces pueden revestir diferencias de matiz muy apreciables.

■ El primero de estos ámbitos es el del **Mundo:** **La Fysis.**

Constituído por lo que denominamos Cosmos y que, esencialmente, se nos particulariza en la Naturaleza de la Tierra, un simple planeta de un sistema solar ordinario; y aun más ajustadamente, de la corteza y atmósfera de ese planeta, en las cuales habitamos.

Este ámbito resulta un **“a priori”** para el hombre, y fue conformado, una y otra vez, mucho antes del origen y nacimiento de nuestro más ancestral antepasado; y está dominado, de forma absoluta, por una impresionante serie de reglas, principios y leyes propias, ajenas por completo al hombre, aún cuando él mismo resulte, como bios –como ente biológico– parte incuestionable de dicho ámbito.

Tales reglas resultan universales, inapelables e indiferentes al hombre, aunque durante tiempos históricos muchos pueblos quisieran, pretendidamente, que fueran objeto del dominio del poder humano, “entregado” a dicho poder por un ser superior.

(*) Este artículo incluye parte de lo expresado por su autor en la Conferencia-Diálogo Interdisciplinar que, con el mismo nombre, tuvo lugar el día 2 de Junio de 2011 en la Residencia de Estudiantes de Madrid, promovida por INTIC a través del Sr. D. César Lanza

¹ “Meditación de la Técnica” José Ortega y Gasset (1939). Ed. Revista de Occidente, 1977.
 “La pregunta por la Técnica” Martín Heidegger (1954). Ed. del Serbal, 1994.

■ El segundo de tales ámbitos es de de la **Mente:**
El Logos.

Un ámbito que cada persona reconoce como propio e interior y que le iguala con otros miembros de su especie y con los cuales constituye, mediante convenios entre iguales, reglas de convivencia y operatividad, que rigen exclusivamente lo que la voluntad de sus creadores determine; aunque en ciertos aspectos tales convenios incluyan disposiciones o preceptos que, podríamos decir, están preformalizados por las propias condiciones biológicas y del instinto, conservadas cromosómicamente, genéticamente, por las condiciones previas de actuación de la Naturaleza local en donde surgimos, a modo de imperativos o exigencias ineludibles.

Este ámbito, centrado en el órgano del cerebro y asistido por el sistema nervioso central y todos los terminales sensoriales externos e internos –es decir, formado por parte del bios global del animal hombre– además de regular de manera rigurosa todos los sistemas de subsistencia vitales y operativos del mismo, alberga un ente relacional, no exclusivamente material: la mente, que nos ha elevado a una categoría de especie singular.

Esta dualidad fysis-logos, realidad-pensamiento, se iner-va o imbrica mediante dos herramientas trascendentales:

El habla o lenguaje y la técnica (ser de las manos); herramientas que, a pesar de sus carencias, nos han permitido la toma de conciencia profunda del significado del estar en el mundo, e incluso recientemente comenzar a percibir, en los confines de la percepción de lo infinitamente pequeño, que ambos ámbitos llegan incluso a presentar una base de conectividad insondable, relacionada con los procesos que, en tales límites, rigen los aspectos de interpretación, certidumbre, acción y necesidad, fundamentales para la determinación de categorías.

La interconexión fysis-logos no se produjo de forma instantánea, ni mucho menos, sino que lo hizo muy lentamente y mediada de manera muy intensa por la Techne; polisémico vocablo griego que aúna arte, técnica, artesanía, construcción, etc., y que, como he indicado previamente, viene vinculado de forma notoria al dominio y capacidad operativa de las manos del hombre.

Este dimorfismo cerebro-manos y su primordial interacción son, sin duda, el demiurgo de lo humano; y la techne manual-mental desencadenó la cerebralización de la especie y su actual consistencia, otorgando al hecho técnico el papel básico y constitutivo de la evolución del hombre.

Más aún, la trilogía **fysis-logos-techne** ha sido, a su vez, la conformadora de lo alcanzado por la especie humana en

la comprensión de sí misma y de la Naturaleza cósmica, de ese doble ámbito mencionado:

- Mediante la ciencia (conocimiento, predicción, empiría), en el universo;
- Mediante las artes y ciencias del espíritu, en el humanismo;

para llegar a alcanzar su máximo desarrollo a finales del pasado siglo XX.

En esos momentos, se produce la aparición de lo que podemos denominar como técnica cibernética: procesamiento masivo y rapidísimo de enormes volúmenes de información y conformación precisa de resultados y conclusiones operadas por aquélla, en términos o representaciones apropiados al entendimiento humano, dando lugar a la determinación de un nuevo vértice de comprensión total que se une con todo merecimiento a la trilogía antedicha, **la virtualidad: eikonike**.

El nuevo conjunto actualizado: **fysis-logos-techne-eikonike**; o bien **naturaleza-mente-técnica-virtualidad**, abre una nueva era en la cual la técnica, operada a través de dicha virtualidad, no es solamente una acción destinada al hecho productivo en primera instancia, sino a un hecho descriptivo-expositivo-explicativo de la realidad del mundo, pero con otros órdenes de sus factores fundamentales: la temporalidad, la espacialidad y la materialidad; a la vez que se abre a la reconformación de todos los aspectos propios de la mente y hacia posibilidades inexhauribles acerca de la Inteligencia Artificial (IA), la longevidad y otros aspectos del mundo aun no conocidos (algunos mínimamente intuídos), que ampliarán de manera impredecible la capacidad de interacción del hombre con su hábitat y que, en conjunto, está dando lugar a la formalización de un nuevo paradigma humano.

La lenta evolución del hombre primitivo, hasta bien entrada la época histórica, se rigió por un **paradigma** de carácter **mágico**, que vinculaba un mundo de ideas fascinantes, (creadas de maneras propias, particulares y diferentes por muy diversos pueblos) con el mundo de la realidad natural, sin apenas correlatos evidentes o verídicos.

Galileo, Descartes, Newton, Leibnitz y muchos otros de esa época romperían –no sin grandes dificultades, provenientes de los poderes mágicos antedichos– ese modelo o arquetipo ideal, dando lugar a un nuevo **paradigma racional**. Un mundo de cosas, de entes reales; que se centraría primero en la ciencia para, enseguida, mediante la técnica, romper el techo energético del mundo anterior –constituido por la energía humana, animal, eólica e hidráulica– al amparo de los sucesivos descubrimientos que el gran cambio mental operado en el hombre procuró: el vapor, la electricidad, los combustibles fósiles y, más recientemente, la energía nuclear.

Y es en ese contexto, de prefinales de este paradigma racional, en el que han de situarse, con pleno acierto, los juicios de Ortega y Heidegger, que establecerían, podríamos decir, como el cerco o crítica a ese modelo, en sus aspectos relativos al comportamiento técnico.

Pero en los años 70 a 80 del siglo pasado, aunque preludiada por los conocimientos relacionados con la teoría de la relatividad y la mecánica y cromodinámica cuánticas, se desencadenaría la revolución cibernética (informática, ordenadores, nanotecnología, etc.) que ha fragmentado en mil pedazos ese mundo previo de objetos, para sumergirnos plenamente en un ámbito de nuevos conceptos de temporalidad, espacialidad y materialidad, basado en un mundo de relaciones dinámicas cambiantes, en un nuevo **paradigma cuántico**, en el que nos estamos rápidamente adentrando, impulsados por la virtualidad; de total novedad y potencialidad, pero en el que aún, por desgracia, se mantienen las estructuras políticas, financieras y sociales del modelo anterior, que limitan ferozmente esas posibilidades y capacidades que el nuevo modelo ofrece.

Este largo preludeo, necesario para contextualizar lo que sigue, me permite ahora describir con mucho rigor y cierta parsimonia lo que de especial, particular y determinante presenta la técnica actual respecto a la precedente.

En primer lugar, esa presencia fundamental de la virtualidad –como ha quedado dicho– no va dirigida expresamente a una acción productiva, sino que su actividad se dirige a la interpretación, modelización y explicación más perfecta y afinada posible del comportamiento de cualquier tipo de sistema espacio-temporal-material, que son los tres aprioris constituyentes y constitutivos de todo lo existente y, por ende, de la energía como transformación de aquellos.

La virtualidad es muy precisa, pero vaga, aunque esto parezca un oximoron. Precisa, porque nace de la mano de la electrónica y los ordenadores que procesan información a altísimas velocidades siguiendo instrucciones muy precisas; para ofrecer en brevísimo plazo, casi instantáneamente, soluciones a todo tipo de problemas o pseudoproblemas (porque estas máquinas no disciernen la propuesta inicial), rompiendo netamente con la clásica temporalidad y creando otro tipo de relaciones. Y vaga, porque no sabemos en qué sentido nos está empujando esta nueva acción, surgida del ámbito menos esperable del razonar humano: el numérico o digital.

Esta virtualidad –condición de posibilidad del nuevo paradigma cuántico– determina una nueva formación, que a su vez se conjuga, a través de la propia virtualidad, de muchas maneras:

■ **Formación-Educación**

Paso de la lectura a la pantalla: hipertexto; simultaneidad; acceso datos; programas.

■ **Información y Comunicación**

Instantaneidad y conocimiento en tiempo real. Acceso a sistemas de actuación y de proposición. Redes sociales. Telepresencia. Nanoinstrumentación. Deslocalización.

■ **Vivienda**

Nuevos auxilios: demótica; robots; nanotecnología.

■ **Salud y Vida**

Aplicaciones transcendentales: diagnóstico, scanner, prótesis, biónica, biogenética, aplicación medicinal; longevidad; clonación.

■ **Transporte**

Manejo de la complejidad, acceso, conocimiento del proceso, control, servicios.

■ **Investigación y Tecnología**

Manejo de todas las posibilidades.

■ **Política**

Control de redes; supervisión de sistemas; contrapoder.

■ **Economía**

Conocimiento activo; interacciones dinámicas; materias; valores.

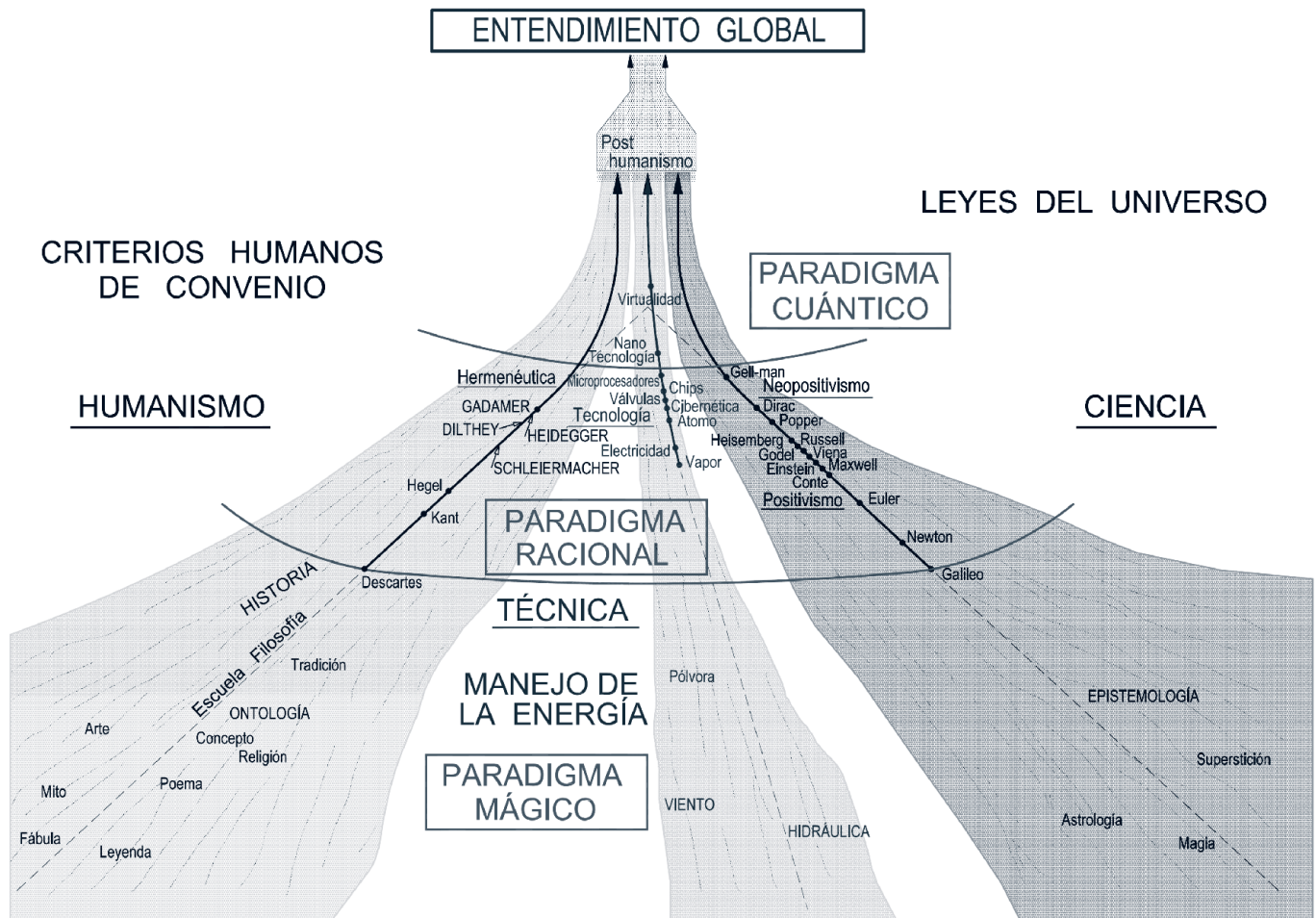
■ **Ocio y Cultura**

Imagen y audio personalizados; Alta definición y tridimensionalidad; Fotografía digital; Artes actuales.

Así pues, la virtualidad está dando lugar a que la precedente técnica energético-maquinista se suavice y pase a conformar sistemas y elementos mucho más pequeños, suaves, “débiles” podríamos decir parafraseando a G. Vattimo; de manera que tales sistemas conllevan un caudal enorme de posibilidades humanísticas y lo que es más importante se pueden convertir en muchos casos en componentes “periféricas” de nuestras mentes, transformando esencialmente nuestra capacidad creadora y operativa.

La plasticidad de nuestro cerebro está llevando a cabo una adaptación gradual a este nuevo modo de estar en el mundo, que se produce con menor medida en función de la mayor edad y la voluntad de cambio de cada persona, existiendo un cierto rechazo generacional al nuevo paradigma de relaciones dinámico cambiantes entre las personas y el mundo, pero que irreversiblemente va obligando a todas las poblaciones a inmergirse en este nuevo modelo de vivencialidad.

El proceso de formación dialéctica razón-conocimiento, se ha fundado hasta hace poco en la observación, es-



tudio y análisis de la realidad percibida por los sentidos y por la capacidad metabiológica de la mente humana para conceptualizar procesos configurados a lo largo del tiempo, analizando los cambios producidos en tales procesos.

Podría considerarse que esta nueva aportación de la cibernética no es sino uno más de los peldaños que el ser humano-técnico ha ido escalando en su evolución sostenida, pero entiendo que esto no es realmente así, sino que se está produciendo un salto cuántico, semejante a lo sucedió entre el paleolítico y el neolítico y, paralelo –aunque con un mayor desnivel– al que supuso la imprenta.

Es decir, un cambio cualitativo específico, debido al nuevo estado de percepción noética que incide en una nueva temporalidad y espacialidad, realista y no intuía, de la prognosis y comprensión de la fenomenología total del cosmos; combinada con la apertura hacia próximos desvelamientos de la trama fina y oculta aún del mismo: la fusión nuclear; la energía y materia oscuras; la gravedad cuántica, etc.

La virtualidad, como una especie de gafas especiales, dota a nuestros sentidos para captar infinidad de cuestio-

nes de todo tipo y condición, de una manera más esencial y perfecta, contemplando el mundo con una nueva profundidad más intrínseca y sin mediaciones, más instantánea y asimilada; más formalizada, en una palabra; como resulta el hecho de conducir un coche, un acto que una vez integrado en nuestro cerebro nos permite luego realizar esta tarea sin más esfuerzo que el de la mera actuación intuitiva.

La capacidad de la mente de saltar imaginativamente por encima de la trilogía fundamental de las categorías de la Naturaleza: espacio, tiempo y materia; o incluso de las circunstancias más intensas del propio ser de la persona (enfermedad, dolor, sometimiento), se va preconfigurando ahora en términos mucho más reales, a través de la virtualidad, preparándonos poco a poco para sucesos inesperados del tipo de la Inteligencia Artificial y novedades ocultas del cosmos.

Así pues, la virtualidad se codifica en un más intenso comprender la suprarrealidad aún existente en el cosmos, por encima de nuestros sentidos, adecuándola sabiamente a nuestra subjetividad; de una manera que nunca la dualidad sujeto-objeto había conseguido.

Hasta aquí, el canto de bienvenida y adulación a esa nueva entidad intramundana que se ha presentado en

nuestras vidas. Porque a la vez, esta nueva potencialidad, como toda creación del hombre, conlleva un nuevo ámbito de peligrosidad, de dominación del hombre por el hombre. Aspecto de la especie ajeno por completo al ámbito propio de la técnica, aunque posiblemente proporcional a su creciente potencialidad.

Y aquí nos podemos reunir, en una nueva disposición mental más amplia, con la pareja Heidegger-Hölderlin en su aserto poético que expresa: **“Pero donde está el peligro, crece también lo que salva”**. Y, exactamente, considero que este peligro extremo que la enorme potencialidad de la virtualidad presenta, conlleva también el germen de su salvación, que no es otro que su enorme capacidad de educar, o mejor aun de formar; muy superior a cuantos otros procesos previos creativos del hombre hayan otorgado (exceptuando, tal vez, la imprenta).

Hemos visto los casos recientes de sociedades oprimidas, que han conocido a través de la virtualidad su posibilidad de actuar en semejanza a otras sociedades más libres.

Y sobre todo, podemos y debemos emplear, cada vez más, esta luz iluminadora como un recto camino de salvación, como nos dice en su cierre final Heidegger, basándonos en la intensidad y posibilidad creciente en todos nosotros de **preguntar** a través de esa virtualidad surgida, para dar fe de la intensa piedad con que este autor nos apela: **“Porque el preguntar es la piedad del pensar”**.

Podemos considerar que los procesos estructurales de gran alcance, los sistemas complejos, las creaciones trascendentes, las obras de arte excelsas, todos los grandes logros humanos, independientemente de su temporalidad de hecho y de su potencial en el tiempo posterior, conllevan una imposición, una **Ge-stell**, surgida desde dentro, desde las profundidades de lo humano; que desvela o recoge lo que de primigenio yace en el quehacer de la especie y que dota a tales realizaciones de un sutil anclaje con la condición de fysis que toda obra humana conlleva. Esta Ge-stell no es un simple escaparate o muestra de lo oculto, sino que es una orden suave, sosegada, que proviene de más allá de lo humano, de lo físico-telúrico-magmático-estelar que aún anida en nuestra configuración cerebral y orgánica. Y tal Ge-stell conlleva adicionalmente una nueva imposición inherente al quehacer futuro, invadido con el modo o manera en que se contemplan tales realizaciones, en función de los lenguajes empleados para su exposición o comprensión.

Porque es en el avance y configuración de tales lenguajes donde se juega gran parte de la potencialidad de las creaciones pasadas, presentes y futuras. Los lenguajes filosóficos, tallados en los albores del pensamiento racional del hombre y mantenidos en su inmensa mayor parte hasta nuestros días, parecen señalar una insuficiencia

de su capacidad para entender el complejo ámbito dual-cuántico de las nuevas fronteras de la razón. Parece lógico que, al amparo del imparable avance de las desvelaciones que se van desgranando en el ámbito científico-técnico, deban comenzar a plantearse también esquemas lingüísticos que puedan dar cuenta y precisar, con un orden mental superior, menos retórico y más eficiente, toda esa gama fenomenológico-conceptual que la penetración en la microfísica está vertiendo sobre el hábitat y el actuar humanos.

Como un sencillo ejemplo de todo ello, podríamos citar el complejo camino que debió recorrer el concepto de la dualidad onda-corpúsculo que todas las partículas fundamentales presentan, para su entendimiento cabal por la sociedad; cuando tal propiedad es, prácticamente, una condición perenne en el ser humano, con su dualidad cuerpo-mente y que nos permite, en función de nuestros actos o de la manera en que estos sean observados o emitidos: vista, fotografía, etc. (corporeidad), voz, radio, etc. (mentalidad), captar los procesos e integrarlos luego apropiadamente. Y de igual manera es muy posible que las condiciones hoy un tanto abstrusas e irracionales que la mecánica cuántica propone como operativas en los procesos de la microfísica, sean coherentes con la forma que nuestro pensamiento y sus emociones (amor, solidaridad, intuición, ...) vinculadas estrechamente a lo corpóreo, podrían dar cuenta del entrelazamiento, ruptura de la función de onda, etc. propios de dicha disciplina.

La virtualidad y todas sus derivaciones inmensas que, poco a poco van desgranándose e inmergiéndose en la vitalidad humana, con esas aperturas mentales que requiere para el entendimiento multitarea o las relaciones cambiantes autoalimentadas, podrían ser instrumentos apropiados (como de hecho va produciéndose suavemente) para establecer esos nuevos lenguajes metasociales directos, que propulsen la nueva complejidad que se cierne, sin posible retorno, sobre la sociedad; de manera parecida a como la matemática, en todas sus ramas, hace con el pensar y el inteligir científico-técnico.

Toda esta trama de posibilidades y de eventuales demandas, no es sino una propuesta en cierto modo abierta o ilusoria, y debe ser entendida, en todo caso, al hilo de dos profundos consejos que seguidamente se citan, los cuales sobrepasan, con mucho, todo cuanto previamente hayan podido suscitar mis palabras:

“Serenidad para con las cosas y apertura al misterio”

M. Heidegger

“Es propio de la razón ver las cosas con una cierta perspectiva de eternidad”

B. Spinoza

La química del vehículo eléctrico

AUTORES: MIGUEL BENGOCHEA Y OSCAR MIGUEL
Departamento de Energía, CIDETEC-IK4

INTRODUCCIÓN

Uno de los principales retos a los que se enfrentan las sociedades modernas de cara a las próximas décadas es el del suministro energético, con sus ramificaciones por cuanto se refiere a su impacto en la economía, la ecología y conservación del medio ambiente, así como la propia seguridad en el suministro. La eficiencia energética es un concepto imprescindible que igualmente debe estar en mente de todos, pero más como una estrategia de mitigación del problema que como una solución propiamente dicha.

Generalmente la cuestión energética se engloba en tres grandes ámbitos, correspondientes a los principales consumidores: el sector industrial, el sector residencial, y el sector transporte. Las energías renovables constituyen una de las opciones que más expectativa y debate está suscitando; en una primera aproximación, su ámbito "natural" de actuación aparece vinculado a las aplicaciones estacionarias, esto es las relativas a sectores industrial y residencial. Las fuentes de energía renovable tienden a presentarse en última instancia en forma de electricidad y calor: electricidad de origen eólico, fotovoltaico o hidráulico, calor proporcionado por la solar térmica de baja temperatura, la biomasa o la geotérmica, deben aportar un valor creciente en estos sectores.

Sin embargo, ninguna de las anteriores constituye una solución fácil para el sector transporte, precisamente por sus características intrínsecas de movilidad. Los biocarburantes son una opción, no exenta de cierto debate en los últimos tiempos.

Esta situación nos conduce a una de las cuestiones más boga de los últimos tiempos: el debate sobre la progresiva descarbonización y electrificación del transporte, persiguiendo una mayor eficiencia energética, y sobre la hipótesis de una utilización preferente de electricidad de origen renovable. Hasta hace pocos años, hablar de la sustitución de los combustibles fósiles en el sector transporte era casi exclusivamente sinónimo de hablar del hidrógeno y las pilas de combustible. Actualmente, parece que el sentir general es que los vehículos total o parcialmente eléctricos basados en baterías deben erigirse en una alternativa competitiva en un corto-medio plazo, mientras que los primeros, los de pila de combustible, estarían ubicados, como pronto en el medio-largo plazo.

Hay que tener en cuenta que el concepto del vehículo eléctrico tiene sentido como una opción competitiva en tanto que lo sean las prestaciones, coste, seguridad y durabilidad de las baterías. El mercado, el usuario medio, no estará dispuesto a pagar una penalización excesiva en esos factores cuando se enfrente a la cuestión de la adquisición de su próximo vehículo.

No vamos a entrar aquí en la discusión acerca de cómo, cuándo, y en qué circunstancias pueden o deben recargarse las baterías de una hipotética flota de vehículos eléctricos, optimizando el uso de la infraestructura eléctrica instalada y aprovechando los excedentes eólicos nocturnos. Otras discusiones de gran actualidad tienen que ver con recarga rápida o lenta, modelos de negocio, o diseño y distribución de puntos de recarga, entre otras.

La tecnología de baterías que, globalmente, en mejores condiciones se encuentra de cara a dar respuesta a esas cuestiones es la de ion litio. La tecnología de ion litio proporciona densidades de potencia y energía claramente superiores a otras tecnologías convencionales, aportando así mismo una buena ciclabilidad (entendiendo ciclabilidad como una sucesión de cargas/descargas). Sin embargo, no hay que perder de vista que la densidad energética, entendida p.ej. como Wh/kg, sigue siendo órdenes de magnitud inferior a la de los combustibles líquidos de origen fósil. Y esto se traduce para un vehículo eléctrico medio en un mayor peso y volumen de baterías para obtener una autonomía inferior en relación al vehículo equivalente de gasolina o gasoil.

Hablar de baterías es fundamentalmente hablar de química, sobre todo cuando la tecnología en cuestión es la de ion litio, concepto que en realidad engloba todo un rango de materiales activos y otros que condicionan sus prestaciones y comportamiento.

El presente artículo pretende aportar una visión tecnológica actualizada en relación a las principales químicas de baterías de ion litio que se están considerando en la actualidad.

INTRODUCCIÓN A LAS BATERÍAS

DE ION LITIO

Se cumplen ya veinte años de que las primeras baterías de ión litio se introdujeron con gran éxito en el mercado aportando importantes avances en el campo de las aplicaciones portátiles debido a su gran densidad de energía.



Izquierda, trabajando en la cámara seca. Derecha, testeo de celdas de litio ion tipo botón.

Así, aquellos primeros teléfonos móviles robustos y pesados alimentados por baterías de níquel cadmio y níquel metal hidruro pasaron a mejor vida gracias a estas novedosas baterías cuya sucesiva mejoría de sus prestaciones, junto al avance de la microelectrónica, ha conseguido cambiar por completo el concepto de la telefonía móvil de tal forma que cada vez disponemos de teléfonos más sofisticados y ligeros en dimensiones más reducidas.

Paralelamente otros dispositivos portátiles se han beneficiado del avance progresivo de esta tecnología como son las cámaras fotográficas y de video, y se ha conseguido introducir en el mercado con gran éxito toda una nueva serie de dispositivos digitales como los mp3, mp4, pda, etc., así como ofrecer una mejora sustancial en la durabilidad y reducción de peso de los ordenadores portátiles.

Sin embargo este avance en vez de frenarse, se ha visto incrementado a pasos agigantados en los últimos años de tal forma que las prestaciones que alcanzan hoy este tipo de baterías nos permiten ser optimistas para considerar esta tecnología como una seria y fuerte alternativa para ser implantadas con suficientes garantías en el vehículo eléctrico puro (EV), o en los diferentes conceptos de hibridación como son el HEV (Hybrid Electric Vehicle) y el PHEV (Plug-in Hybrid Electric Vehicle, o sea vehículo híbrido enchufable a la red eléctrica), compitiendo de nuevo con las baterías de níquel metal hidruro empleadas con éxito en el ya conocido Toyota Prius.

Para satisfacer las necesidades de un vehículo eléctrico se necesita desarrollar sistemas de almacenamiento de energía capaces de proporcionar alrededor de 30-40 kWh denominados en término anglosajón como *battery packs*. Estos *battery packs* están formados a su vez por varios módulos compuestos por un cierto número de celdas. Estos

battery packs deben tener un sistema de control tanto eléctrico como térmico para asegurar el correcto funcionamiento de las celdas y módulos conocido como BMS (Battery Management System). Por lo tanto, conceptualmente hablando, las mismas baterías que nos permiten realizar cientos de llamadas cada día son las baterías que harán que nuestros coches recorran miles de kilómetros en un futuro no muy lejano. Así, por ejemplo, el Tesla Roadster con 339 km de autonomía lleva 6831 celdas cilíndricas de litio ion similares a las que se utilizan en los ordenadores portátiles.

■ CELDA DE LITIO ION

Como todas las celdas electroquímicas, una celda de litio ión consta de un ánodo, un cátodo y un electrolito de tal forma que los materiales activos presentes en cada electrodo son capaces de transformar la energía química en energía electroquímica por medio de reacciones reversibles de oxidación-reducción. La particularidad de estos materiales en este tipo de celdas radica en que los materiales activos deben tener huecos libres dentro de su estructura para poder intercalar y desintercalar iones litio.

■ ÁNODO

El material anódico por excelencia empleado en las baterías de ion litio es el grafito. La estructura del grafito se caracteriza por presentar una red laminar de capas de grafito con geometría hexagonal dejando un espacio interlaminar muy característico. Es precisamente en este espacio generado entre las diferentes capas de grafito donde tiene lugar la intercalación de iones litio, de tal forma que un ión litio se intercala cada seis átomos de carbono. Esta relación supone que el grafito pueda almacenar hasta 372 mAh por gramo.

Con la vista puesta hacia una nueva generación de baterías de ión litio el silicio se postula como una de las alternativas más prometedoras. El silicio tiene la capacidad de intercalar 4.4 átomos de litio por átomo de Silicio de tal forma que el valor teórico es de $4000 \text{ mAh}\cdot\text{g}^{-1}$. Sin embargo el fuerte cambio de volumen que experimenta el silicio al intercalar los iones litio hace que el silicio no pueda intercalar reversiblemente estos iones durante muchos ciclos de carga-descarga. El uso de composites Si/C parece ser la solución más viable a día de hoy de tal forma que la capa de carbono adherida sobre el silicio permita soportar los fuertes cambios de volumen a costa de perder capacidad de almacenamiento.

■ CATODO

Existen varias químicas catódicas bien diferenciadas, cada una de las cuales aporta ciertas ventajas y algunos inconvenientes. De hecho, la composición química del cátodo de una batería de ion litio es el factor que más condiciona sus prestaciones generales. Por lo general, para una aplicación dada se establecen cinco parámetros a tener en cuenta a la hora de elegir la química de la batería, como son: densidad de energía, densidad de potencia, ciclabilidad, seguridad y precio. Como se verá a continuación, ninguna de las actuales químicas catódicas principales es capaz de dar una respuesta óptima a esos cinco parámetros simultáneamente.

Es por ello que, partiendo del conocimiento detallado de las características de cada química, los fabricantes deben elegir primero los factores que quieren favorecer de entre esos cinco, para posteriormente decidir la química más equilibrada para dar respuesta a esos requisitos. En general, el cátodo está formado por óxidos mixtos de metales de transición y litio en los que el litio puede intercalarse a través de huecos tridimensionales. A continuación se repasan los principales.

■ LCO

El material inorgánico que contenían las primeras celdas de ión litio era el óxido de cobalto y litio, LiCoO_2 (LCO). Este material que presenta un elevado voltaje de intercalación de 3.6 V es capaz de almacenar $150 \text{ mAh}\cdot\text{g}^{-1}$.

El alto precio del cobalto junto a su gran incompatibilidad con el medio ambiente fueron, desde un principio, los motivos fundamentales para intentar buscar nuevas alternativas. Inicialmente se investigaron óxidos más baratos y menos contaminantes como los óxidos de níquel y manganeso (LiNiO_2 y LiMnO_2). Sin embargo ninguno de los dos fue capaz de desbancar al óxido de cobalto debido a sus inferiores prestaciones y peores ciclabilidades.

Por el contrario, otras alternativas han alcanzado un mucho mayor éxito, mostrando actualmente un escenario

complejo y amplio donde coexisten una gama amplia de baterías de ión litio con químicas diferentes. A continuación describiremos cada una de ellas.

■ NMC

El óxido triple de Níquel, Manganeso y Cobalto (NMC) ha sido la gran solución de los principales fabricantes de baterías de ión litio, como Sony y Panasonic, para las aplicaciones portátiles. Este óxido, que reduce el contenido en cobalto a costa de introducir níquel y manganeso en su composición, consigue reducir parcialmente el precio del LCO así como su toxicidad. Además dependiendo de la proporción de manganeso en la composición final del óxido, el voltaje de intercalación puede incrementarse hasta 3,7 V. Este hecho hace que las baterías con NMC presenten densidades de energía de 150-175 Wh/kg.

■ NCA

El óxido triple de Níquel, Cobalto y Aluminio (NCA) es una variante química del NMC en el que el manganeso es sustituido por aluminio. Este cambio reduce considerablemente el precio del material manteniendo prácticamente las mismas prestaciones que las celdas de NMC.

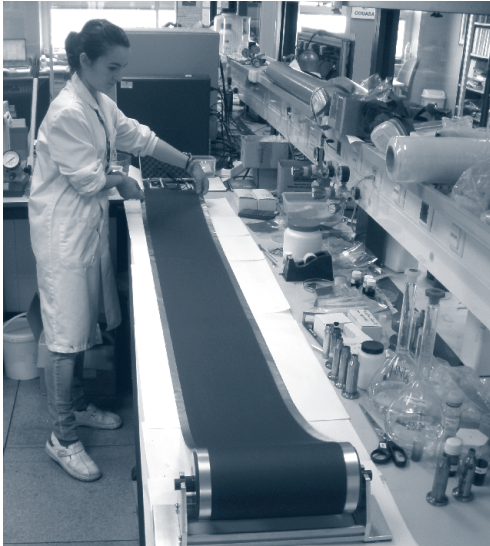
■ LFP

Una alternativa muy interesante desde el punto de vista industrial ha resultado ser el fosfato doble de hierro y litio, LiFePO_4 (LFP). Este material sintetizado en Estados Unidos por el profesor Goodenough en 1997 presenta la principal ventaja de utilizar hierro en su composición lo que le convierte en un material barato e inocuo para el medio ambiente. Otra de sus ventajas es que el LiFePO_4 tiene una capacidad superior a la del LCO ($170 \text{ mAh}\cdot\text{g}^{-1}$) y que además es más estable térmicamente. Desde un punto de vista estructural, la síntesis industrial de LFP con un tamaño de partícula nanométrico ha resultado ser una buena solución para aplicaciones donde se requiere de alta potencia. Por este motivo, este tipo de baterías salieron al mercado principalmente para su aplicación en herramientas portátiles (destornilladores y taladros eléctricos).

Por el contrario, la principal desventaja del LFP es que el voltaje de intercalación es de 3,2 V lo que le convierte en la batería de ión litio del mercado con la menor densidad de energía del mercado (80-100 Wh/kg).

■ LMO

De los diferentes óxidos de manganeso estables que pueden sintetizarse, la espinela de manganeso de composición LiMn_2O_4 es la única que cumple con los requisitos necesarios para ser utilizado como cátodo en baterías de ión litio. Este material que es más seguro que el NMC pre-



Izquierda, electrodo anódico de litio ion. Derecha, Examinando un electrodo catódico de litio ion.

senta un voltaje de intercalación de 3,7 V. La disolución parcial del manganeso a medida que se va cargando y descargando la batería es el principal inconveniente de que el LMO no haya penetrado fuertemente en el mercado.

■ ELECTRODOS

La metodología de preparación de los electrodos consiste en la deposición de los materiales activos seleccionados junto a una serie de aditivos específicos en forma de finas capas con espesores controlados inferiores a 70 nm sobre láminas de cobre y aluminio que actúan como colectores. La gran versatilidad de este método de preparación permite que puedan fabricarse celdas de diferentes formatos (cilíndricos, prismáticos y tipo *pouch*) con gran variedad de tamaños de tal forma que, dependiendo del formato, se consiguen fabricar celdas desde unos pocos mAh dirigidas a pequeños aparatos portátiles hasta celdas con capacidades que pueden alcanzar los 250 Ah destinadas al almacenamiento de energía para aplicaciones estacionarias o para el vehículo eléctrico.

■ ELECTROLITO

Debido a que el voltaje de funcionamiento de estas baterías se encuentra en general por encima de los 3,2 V, el electrolito no puede ser acuoso como ocurre con el resto de baterías recargables (plomo ácido, níquel cadmio y níquel metal hidruro). En este caso el electrolito está formado por disolventes orgánicos de la familia de los carbonatos (dimetil carbonato, etil carbonato o dietil carbonato) donde se disuelve una sal de litio, el LiPF_6 . La obligatoria necesidad de evitar la humedad conlleva a que el proceso de llenado de electrolito sea una etapa crítica en el montaje de estas celdas de tal forma que se requieren de salas especiales con un punto de rocío en general inferior a -40°C .

El electrolito se añade sobre una membrana polimérica porosa que lo absorbe de tal forma que este papel actúa también como separador de los electrodos anódicos y catódicos evitando la ocurrencia de cortocircuitos en la batería.

LI ION PARA EL VE

En este escenario complejo de químicas, formatos y tamaños, las principales empresas de automoción están formando *joint ventures* con los principales fabricantes de baterías para encontrar la mejor solución que de respuesta a las necesidades que requieren los EV, HEV y PHEV.

Centrándonos única y exclusivamente en la química, ya se ha comentado que no existe un único material que proporcione la mayor densidad de energía, potencia, durabilidad y seguridad, todo ello con el menor coste, de tal forma que se debe encontrar un compromiso sobre aquellas especificaciones que se desee potenciar a costa de perder otras. En este sentido la siguiente tabla intenta reflejar esta compleja situación.

Así, por ejemplo las baterías de LFP son las más seguras y baratas proporcionando una carga rápida y una excelente ciclabilidad, sin embargo son las que presentan la menor densidad de energía. Por el contrario, en el otro extremo se encuentran las baterías de NMC que proporcionan una gran densidad de energía y un buen comportamiento en un amplio rango de temperaturas y, sin embargo, tienen menor potencia y seguridad con un coste mayor.

Otras importantes incertidumbres a resolver son el formato y el tamaño de las celdas que deben configurar los diferentes módulos del *battery pack* con el fin de optimizar el volumen, la seguridad, el peso, la autonomía y la eficiencia energética. El formato cilíndrico proporciona una alta seguridad a nivel de celda junto a un proceso de industrialización

Química	LiCoO ₂	LiMn2O ₄	LiNiMnCoO ₂	LiFePO ₄	NCA
Voltaje	3,6 V	3,8 V	3,7 V	3,2 V	3,6V
Voltaje de carga máximo	4,2 V	4,2 V	4,2 V	3,7 V	4,2V
Voltaje final de descarga	3,0 V	2,5 V	2,5 V	2,5 V	2,7V
Densidad de Energía (Wh/L)	447	253	327	222	345
Densidad de Energía (Wh/kg)	140-145	105-115	140-155	90-110	130-140
Autodescarga	1%	5%	1%	0,05 %	1 %
Ciclos de vida	>700	>500	>700	>1800	>700
Prestaciones a alta temperatura (55 °C)	Buena	Aceptable	Buena	Excelente	Buena
Prestaciones a baja temperatura(-20 °C)	Buena	Buena	Buena	Buena	Buena
Descarga rápida (10 C)	N/A	Buena	Buena	Excelente	Buena
Seguridad e impacto medioambiental	Baja	Buena	Buena	Excelente	Buena
Coste (US\$/kg)	30	15	22	12	20

sencillo y de bajo coste. Por el contrario, este formato presenta una peor disipación de calor, mayores gradientes de temperatura dentro de la celda y, por lo tanto, una durabilidad teóricamente inferior. Además el empaquetamiento geométrico a nivel de módulo es más complicado por lo que se penaliza el volumen y la densidad de energía del conjunto.

El formato prismático además de aportar seguridad por la rigidez aportada por la carcasa de acero o aluminio, facilita el empaquetamiento a la hora de diseñar módulos lo que se consigue optimizar el espacio reduciendo al máximo el volumen del battery pack. Sin embargo, al igual que ocurre con el formato cilíndrico, el peso de la carcasa metálica penaliza la densidad de energía, además de favorecer la existencia de gradientes de temperatura en su interior comprometiendo la durabilidad en cierta medida.

En este sentido, el formato más favorable desde este punto de vista es el tipo *pouch* donde la carcasa metálica se sustituye por un envoltorio multicapa de láminas poliméricas y de aluminio herméticamente sellado. De esta manera, se consigue un adecuado aislamiento del exterior evitando tanto la entrada de aire como la fuga de electrolito, con las ventajas añadidas de un menor coste y peso del propio material de la carcasa, que a su vez redundan en una mejora de la densidad de energía y potencia del pack. En cualquier caso, el BMS debe incorporar los debidos controles de seguridad tanto a nivel de celda como de módulo para garantizar una operación segura, siendo una de las principales funciones que debe cumplir.

LI ION EN ESPAÑA

A nivel nacional se está desarrollando un ambicioso proyecto tecnológico e industrial de la mano de CEGASA y CIDETEC-IK4. En el marco de una estrategia compartida de investigación, desarrollo e industrialización, empresa y

centro tecnológico llevan ya varios años trabajando de la mano en el ámbito de la generación y almacenamiento de energía, apostando por tecnologías innovadoras y de futuro como las pilas de combustible de hidrógeno y las baterías de litio ion.

La actividad de CEGASA y CIDETEC-IK4 en baterías de litio ión abarca prácticamente toda la cadena de valor que va desde la celda de ion litio hasta el módulo, con un especial énfasis de cara al corto-medio plazo en el desarrollo de la celda propiamente dicha. En este sentido, cabe destacar que el Grupo CEGASA, partiendo de una experiencia en la manufactura de pilas y baterías para usos de consumo e industriales de más de 75 años, se erige de esta forma en el primer grupo industrial nacional que asume el reto de fabricar baterías de ion litio con una tecnología propia, en este caso de la mano de CIDETEC-IK4.

Paralelamente a esta actividad a nivel de celda, se investiga y experimenta con las últimas tecnologías de control, para desarrollar un BMS compacto y eficiente, dotado entre otros elementos de los más avanzados algoritmos para la ecualización, monitorización del estado de carga (SoC, State of Charge), estado de salud (SoH, State of Health) de cada celda, incluyendo sistemas de refrigeración y de seguridad.

Para el desarrollo del BMS se necesita una caracterización exhaustiva compuesta por ensayos de ciclado (carga/descarga) a diferentes velocidades y temperaturas, ensayos calorimétricos, de degradación, envejecimiento, etc. Para ello CIDETEC-IK4 ha ampliado recientemente sus instalaciones con un nuevo Laboratorio de Ensayos Eléctricos dispone de todo un abanico de equipamientos para la caracterización completa de celdas y módulos de celdas con una potencia de hasta 20kW, así como una sala seca, única en España, donde se ensamblan los prototipos de las celdas de ion litio propiamente dichos. ■

Dos yacimientos del Hombre Fósil en Murcia: La Cueva Negra del Estrecho del Río Quípar en Caravaca de la Cruz y la Sima de las Palomas del Cabezo Gordo en Torre Pacheco

Segunda Parte: La Sima de las Palomas

AUTORES: MICHAEL WALKER*, MARIANO LÓPEZ MARTÍNEZ, MARÍA HABER URIARTE, ANTONIO LÓPEZ JIMÉNEZ, JON ORTEGA RODRIGÁNEZ, AZUCENA AVILÉS FERNÁNDEZ, MATÍAS CAMPILLO BOJ

*Área de Antropología Física, Departamento de Zoología y Antropología Física, Facultad de Biología, Universidad de Murcia (esta dirección corresponde a la domiciliación del Proyecto Propio 12441/2009 de la UMU, en el que participaron oficialmente los firmantes de este trabajo).

INTRODUCCIÓN

La Región de Murcia ofrece dos importantes yacimientos con huesos y dientes del Hombre Fósil, encontrados juntos con sus utensilios paleolíticos y restos que demuestran los animales extintos, aves y plantas que conformaron entornos naturales desaparecidos. 20 años de paciente investigación científica, en el campo y el laboratorio, han demostrado que pertenecen a períodos muy lejanos pero también muy separados entre sí.

La Sima de las Palomas es un yacimiento del "Hombre de Neandertal" (*Homo neanderthalensis* u *Homo sapiens neanderthalensis*) y los restos en la cueva corresponden al período de entre 60.000 y 40.000 años, durante el último período glacial. Esto lo demuestran las metodologías del radiocarbono, la serie isotópica del uranio, la luminiscencia óptica del sedimento y la resonancia del "spin" electrónico.

En el número 18 de esta revista, en la Primera Parte de este artículo se informó sobre la Cueva Negra del Estrecho del Río Quípar cuyos dientes humanos y restos paleontológicos y paleolíticos pertenecen a un período del Pleistoceno Antiguo final, hace más de 780.000 años. En esta Segunda Parte se considera el importante yacimiento neandertal de la Sima de las Palomas del Cabezo Gordo de hace entre 40.000 y 60.000 años



Mapa de la Región de Murcia con fotos de la Cueva Negra del Estrecho del Río Quípar (arriba) y del Cabezo Gordo con indicación de la situación de la Sima de las Palomas (abajo).

LA SIMA DE LAS PALOMAS

DEL CABEZO GORDO

La Excavación

La Sima de las Palomas en la solana del Cabezo Gordo es una cueva kárstica natural, conformada por simas verticales. La entrada está a 80 m sobre el nivel del mar y permite una vista panorámica del Mar Menor, que es una laguna mediterránea de agua salada. El Cabezo Gordo es un macizo aislado de mármol del Permo-Triásico que se alza de la planicie costera hasta una altitud de 310 metros sobre el nivel del mar. En 1991 Juan Carlos Blanco Gago, entonces un joven de San Pedro del Pinatar comprometido con la protección del medio ambiente en la "Coordinadora para la Defensa del Cabezo Gordo", practicaba el rápel en la sima principal de 20 metros para poder registrar los nidos de palomas. Apenas iniciado su descenso, en la pared posterior de la sima le llamó la atención un pequeño bloque de conglomerado que parecía contener un fósil: una vez limpiado aparecieron los maxilares superiores y la mandíbula del esqueleto rostral de un neandertal, deformados por la presión sedimentaria.

La Sima de las Palomas del Cabezo Gordo: La torre de andamiaje en la sima principal.



La Sima de las Palomas del Cabezo Gordo: Excavando en el "corte superior"; la foto de arriba recoge la excavación del "conglomerado A" y en la de abajo se ven los dos niveles grises, respectivamente, con respecto a los jalones pintados, encima de estos en los perfiles y debajo de ellos en la planta expuesta.

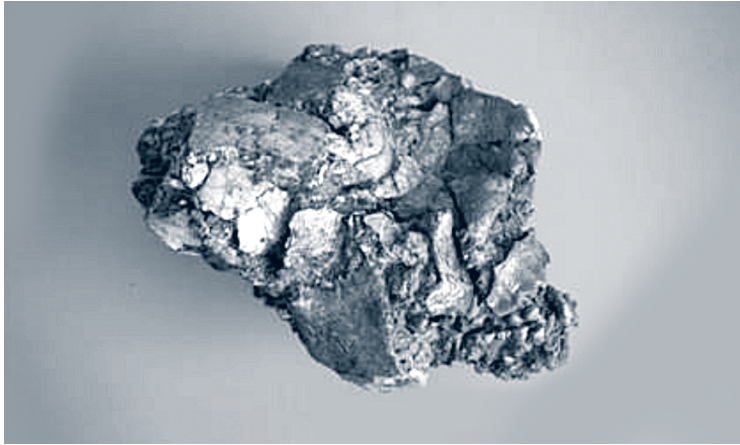
Es muy excepcional el hallazgo de huesos neandertales en conexión anatómica, como están los maxilares. ¿Podrían darse más huesos neandertales en el yacimiento? Si estuvieran en el mismo estado de articulación anatómica correspondiente al momento de la muerte, tendríamos uno de los más importantes y emocionantes yacimientos neandertales de Europa. Se tardaría diez años de excavación arqueológica meticulosa para empezar a demostrar ¡que nuestra intuición fue acertada!

Al principio, sin embargo, hubo que superar dificultades considerables. Los mineros de hace un siglo habían hecho estragos en la cueva. De hecho, parece que fueron los responsables de reabrir la sima principal en la que Juan Carlos sustrajo el fósil, que estaba en la columna de "breccia" –o sea, un conglomerado de piedras y fósiles cementados en sedimento– que queda adosada a la pared posterior de la sima, desde arriba hasta abajo. Dejaron arriba una apertura de tres metros de ancho sobre el abismo actual de 20 metros de profundidad que penetra en la amplia galería principal.

Ésta recibe otra sima desde la superficie, que es más corta y probablemente fue el acceso inicial de los mineros.

Nos parece verosímil que los mineros vaciaran más del ochenta por ciento del relleno de conglomerado de la galería principal y dejaran solamente la columna de conglomerado que recubre la pared rocosa de la sima principal. La excavación arqueológica no pudo comenzar hasta la construcción en 1994 de una torre de andamiaje en la galería principal para alcanzar los sedimentos superiores de esta columna.

Sin embargo, antes de poder construir la torre, fue necesario separar y tamizar muchas toneladas de escombros mineros en la galería principal y el túnel horizontal, y otros amontonados en la ladera alrededor de la entrada del túnel. Esta labor produjo muchos fósiles humanos, utensilios de piedra y fósiles animales. Todos ellos fueron datos importantes que nos ayudaron a conseguir el apoyo necesario de las autoridades regionales de Murcia, que nos propor-



SP-96

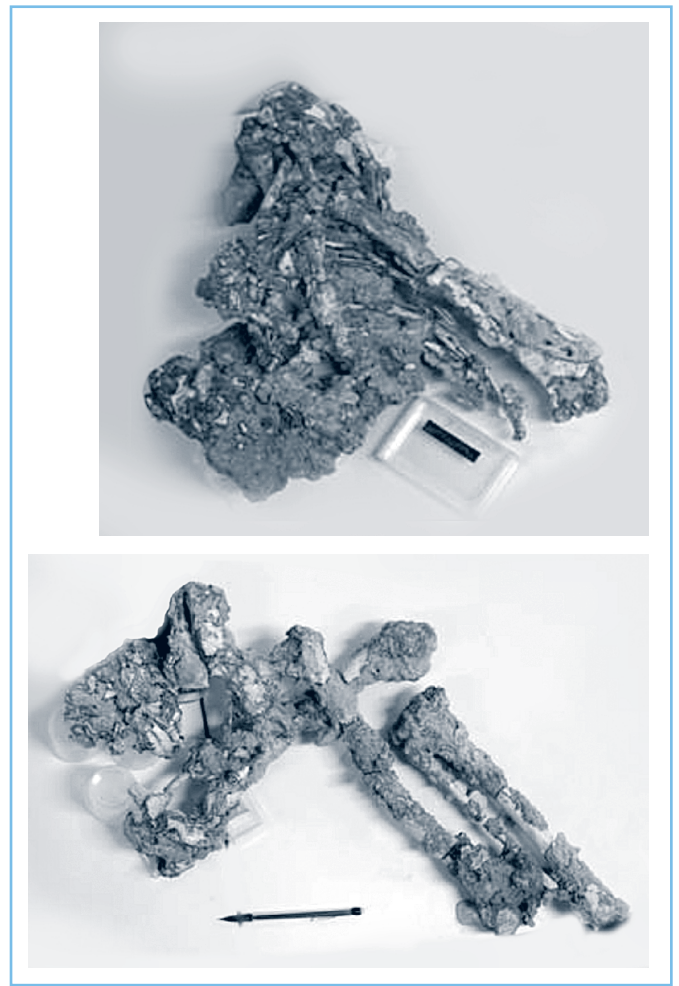
La Sima de las Palomas del Cabezo Gordo: El esqueleto neandertal más completo (SP-96) excavado en el "conglomerado A"; la flecha indica los dos lados del cráneo con mandíbula; el fémur derecho se encontró cruzado detrás del izquierdo quizás a causa de fractura del hueso coxal (bien por una caída antes de morir o por movimiento de las piedras del talud después).

cionaron con gentileza los elementos para los andamios e instalaron puertas de seguridad. Acarreamos los andamios a cuestras por la solana con un calor de 45 grados del mes de julio y ayudamos al montador experto de la empresa de andamiaje "Ulma" en la construcción de la torre.

Una vez construida, iniciamos la excavación de la acumulación sedimentaria que alcanzaba la visera rocosa sobre la sima. Elegimos un lugar donde el sedimento había sufrido erosión natural. Todo el sedimento excavado es bajado en cubos por una tirolina desde lo alto de la torre hasta su base en la galería principal. Allí la tierra se mete en sacos etiquetados para ser llevada en nuestros vehículos a la fábrica de mármoles "Cabezo Gordo SA" al otro lado del Cabezo que recicla agua y nos permite usarla para lavar el sedimento sobre nuestros conjuntos de tamices geológicos de acero inoxidable.

Tuvimos que empezar la excavación haciendo espacio suficiente para introducir nuestros brazos bajo la visera rocosa que tocaba la cumbre del sedimento. Elegimos comenzar donde el sedimento expuesto parecía haber sufrido erosión reciente por procesos naturales, para causar el mínimo de daños y sacar máximo provecho del recodo

erosionado. Avanzamos hacia abajo con mucha cautela, por si acaso el sedimento no hubiese sido depositado horizontalmente pero por otra parte formara capas inclinadas: afortunadamente mostraba rasgos típicos de formación horizontal. Después de reducir una profundidad de sedimento de casi dos metros, con una anchura de un metro y una distancia de 60 cm adentro, el recodo erosionado se transformó en una especie de "caja", alta y abierta, que ofrecía tres paredes donde pudimos observar cómo el sedimento se había formado. Mientras que la horizontalidad de los elementos se destacaba en la pared este al fondo de nuestra caja donde el sedimento era un suelo conformado por granos finos y gruesos pero sin piedras grandes, en cambio la pared norte a la izquierda contenía indicios estratigráficos de un antiguo derrumbe de piedras, caídas hacia abajo y adentro desde la boca de la cueva, conformando una pendiente de piedras o talud, contra el cual se colmataba después el sedimento de formación horizontal. Esta observación fue reafirmada ampliamente por la excavación posterior. El talud era parcialmente consolidado por la posterior filtración esporádica de agua que ha dejado un precipitado de carbonato de calcio sobre las piedras y los huesos, convirtiéndolos, así, en una "breccia" fosilífera ("conglomerado A").



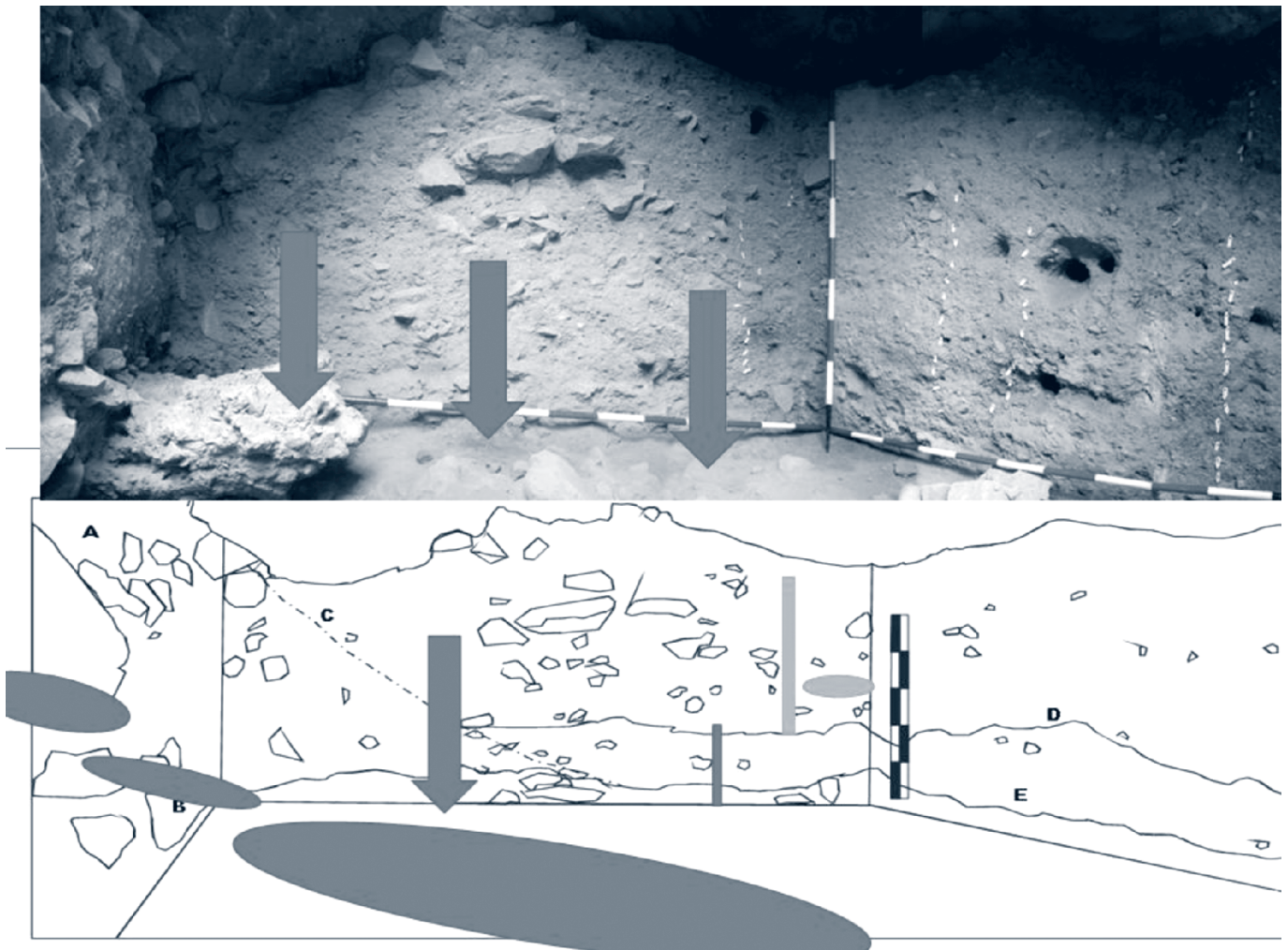
La Sima de las Palomas del Cabezo Gordo: El esqueleto (SP-96) al lado del perfil del "conglomerado A" que lo cubría.

El lugar donde se inició la excavación está encima de una pared conformada por sedimentos, que baja 18 metros en forma casi vertical directamente al piso de la galería principal, que fue otra buena razón de la elección del lugar para empezar nuestra labor. Por otra parte, estaba a más de dos metros del lugar donde se halló el fósil en la "breccia" en 1991, en el "conglomerado A". Unos pocos metros debajo de este lugar el relleno sedimentario en la sima debió ser evacuado por la minería que expuso gran parte de la pared, rocosa y desnuda, de la sima. Nuestra estrategia a largo plazo fue la de ampliar nuestra caja hacia el norte, más allá de la orilla de la sima abierta, para que finalmente pudiéramos cambiar la dirección para hacer otra ampliación hacia el oeste hasta estar encima del lugar del primer hallazgo del fósil neandertal, cuando el área de la excavación tuviera la forma de una L cuyos brazos midieran unos 3 metros de largo y entre 1 y 2 metros de ancho, alrededor de la cima de la torre de andamiaje en la sima kárstica abierta.

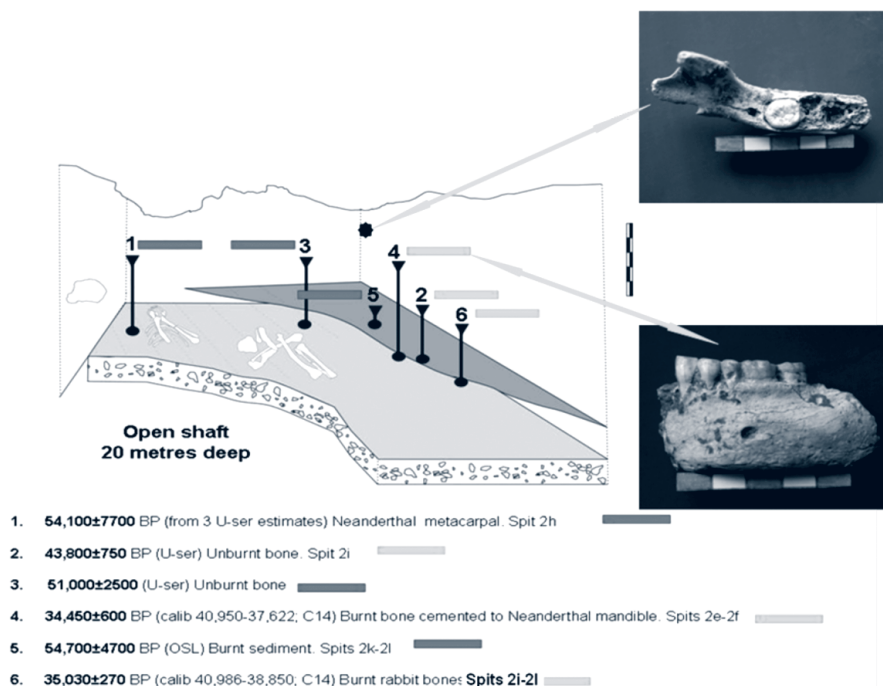
No obstante, el hallazgo de 1991 se realizó a casi tres metros por debajo de la visera rocosa, lo que implicaba la excavación de una profundidad considerable del se-

dimento, y todo tendría que ser excavado a mano con cuidado y lavado sobre nuestros tamices. Fueron hallados muchos dientes, y fragmentos óseos humanos, como asimismo huesos de animales y utensilios de piedra, y también se descubrieron las señales carbonizadas de un horizonte quemado cuyo margen era adosado al "conglomerado A" del talud: por consiguiente, el área quemada corresponde a un período posterior al del talud y lo hemos designado "el nivel gris superior"; encima de este nivel el sedimento más fino, depositado horizontalmente, con los restos neandertales publicados en 2008 en *PNAS* corresponde al período entre hace 44.000 y 40.000 años al menos.

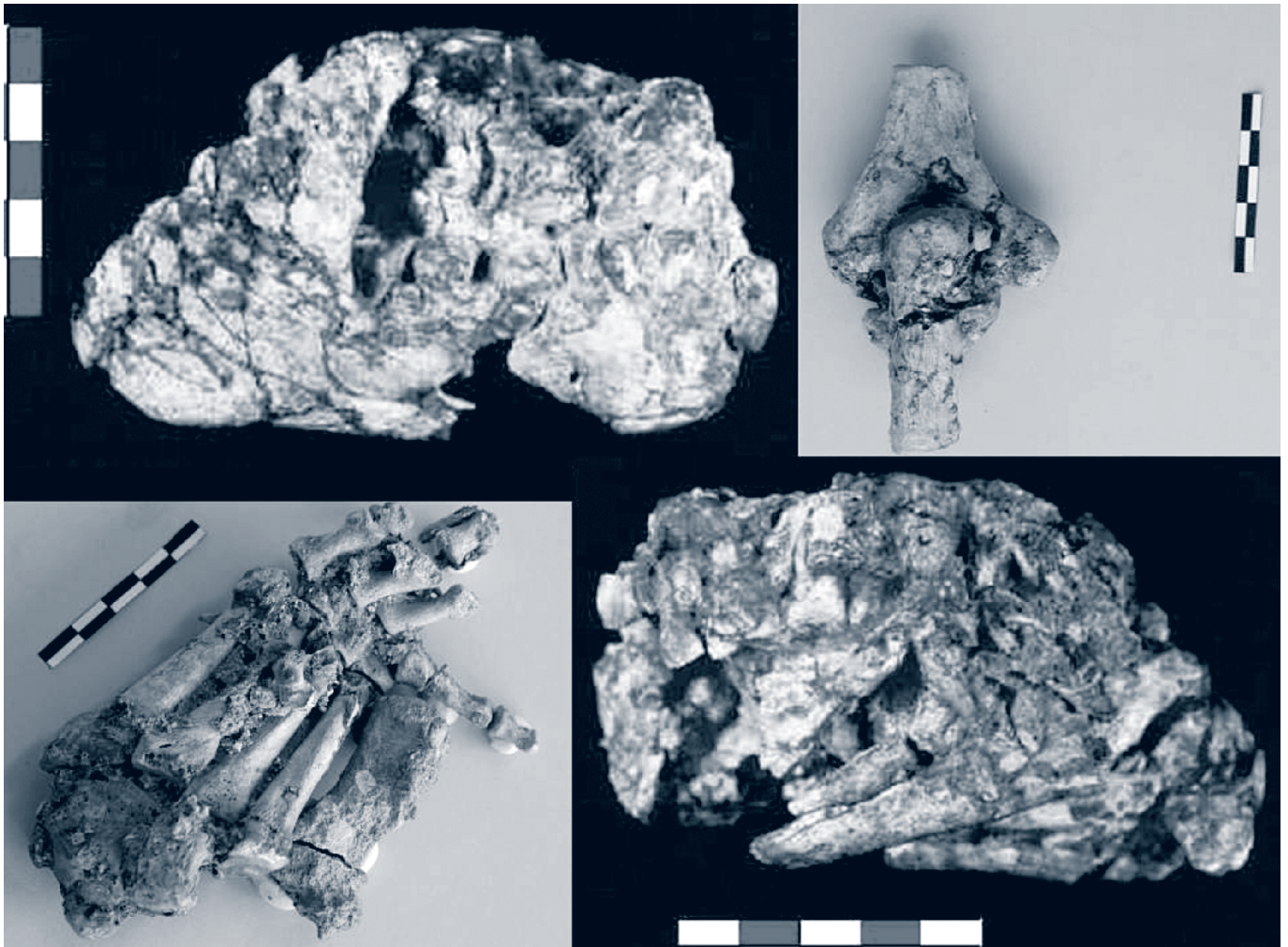
El nivel láser es especialmente útil para determinar las coordenadas verticales de los hallazgos y rasgos sedimentarios, ya que el yacimiento es demasiado pequeño para permitir el manejo de nuestra "estación total" asistida por GPS. La exactitud es fundamental porque la forma en L del área implica que hay sólo dos perfiles verticales permanentes, y que cualquier tercer perfil vertical es meramente temporal ya que desaparece cuando el área bajo excavación es ampliada.



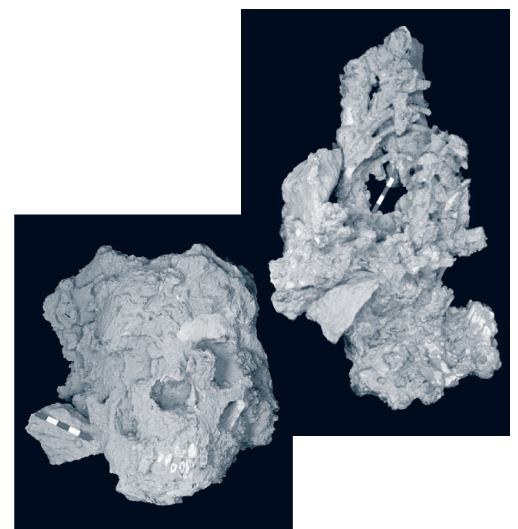
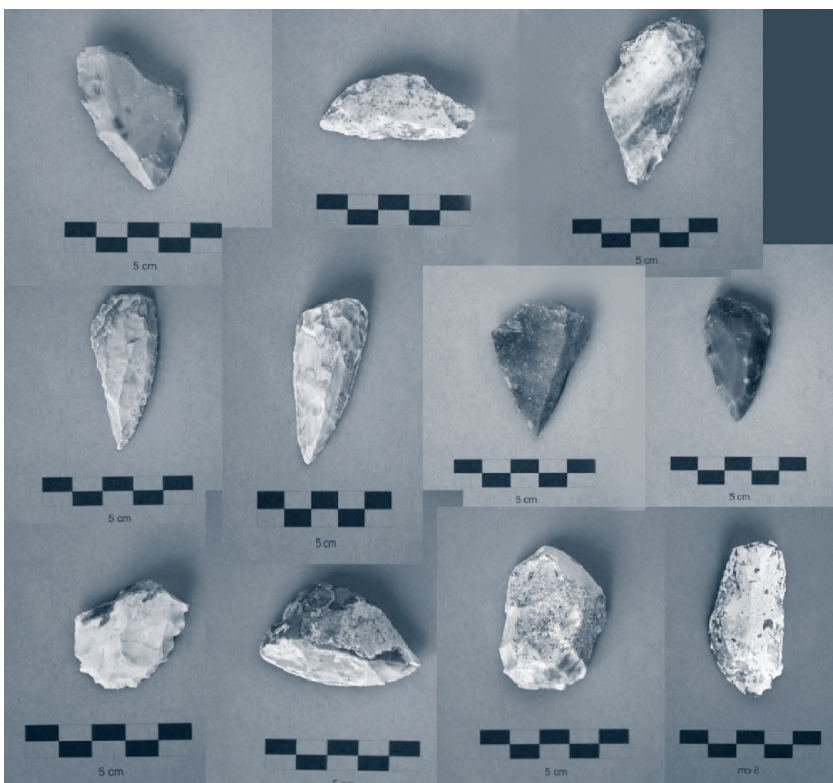
La Sima de las Palomas del Cabezo Gordo: Arriba, los perfiles con los sedimentos (verde) de hace 44.000 a 40.000 años encima del “nivel gris superior”, y (rojo) el “conglomerado A” de hace 55.000 a 50.000 años encima del “nivel gris inferior” (la línea aproximadamente horizontal superior); abajo, representación esquemática del anterior, con la caída del “conglomerado A”, indicada por la línea quebrada, que recubría los esqueletos neandertales en conexión anatómica (rojo) que estaban encima del “nivel gris inferior” inclinado hacia abajo desde la línea aproximadamente horizontal inferior en los perfiles.



La Sima de las Palomas del Cabezo Gordo: Esquema cronológico-estratigráfico que indica los dos niveles grises y los restos y fechas posteriores (verde) y anteriores (rojo). El “conglomerado A” que recubría los esqueletos neandertales en conexión anatómica es indicado por el haz de líneas quebradas; el “conglomerado B” está bajo el “nivel gris inferior”.



La Sima de las Palomas del Cabezo Gordo: Los lados derecho e izquierdo del rostro neandertal sustraído en 1991 y restos de un codo y de un pie, probablemente del mismo individuo, excavados en situación profunda en el "conglomerado A".



Izquierda: Sima de las Palomas del Cabezo Gordo: Utensilios musterienses de sílex del yacimiento. Derecha: Sima de las Palomas del Cabezo Gordo: Esqueleto y cráneo, en vías de limpieza, del niño excavada en el conglomerado A.

LOS NEANDERTALES

El cumplimiento de nuestra estrategia necesitaría diez campañas para que llegáramos justamente encima de nuestro objetivo. La excavación ha puesto de relieve la presencia de un derrumbe de piedras o talud del "conglomerado A" depositado entre hace 55.000 y 50.000, contra el que se acumuló un sedimento de formación horizontal que ha proporcionado fechas entre hace 44.000 y 40.000 aunque cabe la posibilidad de que sean demasiado bajas; las metodologías empleadas para definir la antigüedad de estas fases incluyen el radiocarbono, la luminiscencia óptica del sedimento y la serie isotópica del uranio ⁹. El análisis del polen fósil (véase abajo) indica una capa vegetal que implica condiciones ambientales algo más húmedas que las actuales en un clima frío que todavía no había alcanzado la severidad que iba a caracterizar una oscilación breve de enfriamiento profundo que sucedió después de hace 40.000 años (conocida como la "Heinrich 4").

Los fragmentos de mandíbulas humanas corresponden a nueve individuos neandertales diferentes. Es probable que todos los restos de huesos y dientes humanos encontrados pertenecieran a diez o más personas. Diversos restos humanos fueron recuperados en los escombros de la minería y algunos muestran señales de haber sido quemados. Restos humanos, utensilios musterienses del Paleolítico Medio y fósiles de la fauna, han sido excavados en niveles del "corte superior" de ambas fases de deposición de los sedimentos acumulados. Aquellos de la fase tardía –antes de hace 40.000 años- son mayoritariamente hallazgos aislados e incluyen fragmentos de las mandíbulas de un adulto joven, un niño y un bebé, además de otros huesos y dientes, generalmente sin señales de fuego. En el sector noreste del "corte superior" una capa oscura corresponde a situación profunda pero todavía encima del talud, y se han hallado huesos de animales parcialmente carbonizados.

Los restos humanos cementados dentro del pie del talud del "conglomerado A" –fechados entre hace 55.000 y 50.000 años- incluyen muchos huesos en conexión anatómica de articulación, y pensamos que tenemos ahora restos esqueléticos correspondientes al primer hallazgo del 1991, además de otros dos cráneos con sus mandíbulas y huesos de otras partes de los esqueletos correspondientes. En total, 190 fragmentos humanos componen el inventario provisional en la "Supplementary Information" ("Información Complementaria") que fue publicada y acompañó el artículo en la revista científica *PNAS* al 30 de diciembre del 2008 en la edición "online" de los *PNAS*. Sin embargo, después de las campañas de excavación de 2008 y 2009 el total supera los 250 fragmentos humanos. Más de la mitad pertenecen a los esqueletos del talud, que sólo empezaron a hacer acto de presencia en la excavación en 2003. El trabajo de la separación de los huesos humanos de la adhesión del conglomerado cementado es una tarea lenta de laboratorio. Por otra parte, el artículo de los *PNAS* da particular consideración sólo a los restos humanos

tardíos que pertenecen a un período un poco antes de hace 40.000 años, porque estamos todavía preparando publicaciones científicas sobre los nuevos esqueletos del período anterior a 50.000.

Un aspecto de los nuevos esqueletos (dos adultos y un niño) en estado de conexión anatómica que nos preocupa es el proceso responsable de su deposición. Los huesos no muestran señales de fuego ni de haber sufrido cortes artificiales. Es verosímil que el enterramiento de los cadáveres pudiera haberse producido por causas naturales, quizás por un derrumbe de piedras desde la ladera encima de la sima, y que después de su descomposición parcial los elementos todavía mantenidos en articulación por ligamentos fueron cementados por precipitación del carbonato cálcico que los envolvió. No obstante, el hecho de que algunos elementos en conexión anatómica ofrezcan un aspecto que podría corresponder a una postura anatómica no horizontal, sino ligeramente inclinada, permite consideraciones adicionales. Éstas incluyen la del deslizamiento de cadáveres en sincronía con las piedras que los recubriesen –si, por ejemplo, la muerte los hubiese sorprendido dormidos en la entrada, cuando una avalancha de piedras los habría arrastrado adentro (quizás causada por una tormenta o un terremoto)– o por el contrario si otras personas hubieran tapado a los muertos con piedras de manera cruda.

En las campañas de excavación de 2008 y 2009 ha sido definido un "nivel gris inferior" que separa el "conglomerado A" encima de otro conglomerado abajo, también fosilífero pero mucho más cementado y compacto, designado el "conglomerado B", actualmente en vías de investigación. A diferencia del "nivel gris superior" el "nivel gris inferior" ocupaba el área entera de la zona de excavación y proporcionó restos quemados, tanto fragmentos óseos humanos como de fauna y utensilios paleolíticos musterienses de sílex. Es verosímil que de este nivel proceden muchos fragmentos óseos quemados, humanos y animales, recuperados cuando tamizábamos los escombros abandonados por los mineros en la ladera, al pie de la sima en la galería principal y en el túnel de acceso: en particular, huesos humanos y del caballo que ofrecen señales de combustión intensa podrían equipararse a los nuevos restos excavados en el "nivel gris inferior". ¿Indican los huesos quemados de équidos y otros animales alguna actividad neandertal relacionada con la desaparición de seres humanos?

Quedan muchas preguntas e incógnitas, y todavía queda que excavar una profundidad de quince metros de "breccia" en la sima. La futura investigación de estos sedimentos seguramente proporcionará nuevas sorpresas científicas.

EL HÁBITAT DE LOS NEANDERTALES

DE LA SIMA DE LAS PALOMAS

Incluso antes del vaciado minero de la sima el área bajo la visera donde está el "corte superior" siempre ha tenido

dimensiones reducidas, difíciles para la agrupación humana incluso si fuera meramente familiar. Los implementos musterienses fueron elaborados mayoritariamente fuera del yacimiento donde hay pocos restos de la talla o núcleos, aunque muestran preparación cuidadosa sobre el sílex (que no tiene afloramientos en el Cabezo Gordo) y piedras locales como el mármol, la calcita, el cuarzo y el cristal de roca, y las formas incluyen puntas triangulares planas, puntas gruesas (o raederas convergentes), raederas laterales y transversales, raspadores y perforadoras. Para poder ser un lugar significativo debió existir un manantial de agua muy cerca, probablemente en el barranco debajo de la entrada del túnel.

El análisis del polen del “corte superior” por el Dr. José Carrión ofrece un mosaico de árboles y arbustos de una flora de notable diversidad, con presencia de *Pinus*, especies de *Quercus* tanto perenne como caducifolio, y muchas especies termófilas como *Olea europaea* (acebuche), *Myrtus communis* (mirto), *Pistacia lentiscus* (lentisco), *Ephedra fragilis* (efedra), *Smilax aspera* (zarzaparrilla), *Cistus* sp (jara, lada), *Chamaerops humilis* (palmito), *Cosentinia vellea* (aiton), *Selaginella denticulata* (selaginela denticulada), *Ruta* (ruda) y *Coris* (hierba pincel, tomillo macho). Además hay taxones ibero-norafricanos que no están bien adaptados para poder regenerarse después de las heladas, como *Periploca angustifolia* (comical), *Maytenus europaeus* (arto), *Withania frutescens* (oro-voal, paternostrera, beleño macho) y *Osyris quadripartita* (bayón). También taxones mesófilos hacen acto de presencia, como *Betula* (abedul), *Corylus* (avellano), *Fraxinus* (haya), *Ulmus* (olmo) y *Alnus* (aliso), además de *Juniperus* (junípero, enebro), y hay polen abundante de taxones helio-xerófitos, característicos de paisajes abiertos (*Artemisia* -ajenjo, ajorizo; *Chenopodiaceae*)¹⁰.

Los restos de fauna recuperados en la Sima de las Palomas incluyen fragmentos de los siguientes taxones: *Panthera pardus* (pantera), *Felis (Lynx) cf lynx* (lince), *Felis cf sylvestris* (gato montés), *Crocota crocuta* subsp *spelaea* (la enorme hiena de las cuevas), *Canis* sp. (lobos), *Vulpes* sp (zorro), *Meles meles* (tejón), *Equus caballus* (caballo silvestre), *Equus (Asinus)* sp (asno silvestre), *Stephanorhinus* sp. (un rinoceronte), *Hippopotamus amphibius*, *Bos* sp cf *primigenius* (uro), *Capra* sp cf *ibex* (cabra hispánica), *Cervus elaphus* (ciervo común), *Dama* sp (gamo), *Oryctolagus cuniculus* (conejo), Leporidae indet (liebres), *Myotis* sp (murciélago), *Erinaceus* sp (erizo), *Testudo hermanni* (tortuga) y *Lacerta cf lepida* (lagartija). No se puede descartar la posibilidad de que los huesos de aves identificados por Anne Eastham sean “contaminantes” modernos, ya que en el “corte superior” fueron hallados huesos de *Columba livia* (paloma bravía) y *Pyrhhorcorax pyrrhorcorax* (grajo); en el “corte inferior” –con remoción minera- huesos de *Alectoris rufa* (perdiz roja), *Athene noctua* (mochuelo común), *Corvus corone* (corneja negra), *Falco tinnunculus* (cernícalo vulgar), *Falco naumanni* (cernícalo primilla), *Galerida cristata/theklae* (cogujada común/montesina), *Monticola solitarius* (roquero solitario), *Passer domesticus* (gorrión doméstico) y *Saxicola torquata* (ta-

rrabilla común); y en la escombrera minera de la ladera fueron identificados huesos de *Emberiza* sp (escribanos) y *Pyrhhorcorax graculus* (chova piquigualda). Se han encontrados unos muy escasos fragmentos de *Pecten maximus* (vieira) y *Cardium edule* (almeja). No han sido identificados otolitos ni huesos de peces, a pesar del lavado del sedimento excavado sobre mallas superpuestas de 8, 6 y 2 mm.¹¹

Desgraciadamente sólo podemos acometer la excavación durante solamente tres semanas del año en cada uno de los dos yacimientos, durante la vacación universitaria estival. Además, en la Sima de las Palomas dos asuntos más reclamaban nuestra atención. En primer lugar, durante varias campañas debíamos seguir tamizando los escombros de la minería alrededor de la entrada del túnel minero para recuperar hallazgos significativos y librar la entrada del peligro de la caída de piedras. En segundo lugar, en un rincón seguro de la galería principal hicimos una cata en el piso para inspeccionar los sedimentos profundos y explorar la posibilidad – luego refutada por nuestros propios trabajos– de que una vez hubiera habido una galería natural obturada, que comunicara con el exterior en situación profunda. Llamamos a esta cata el “corte inferior” para diferenciarla del “corte superior” arriba en la sima principal. Ahora, además, tenemos un “corte intermedio”, conformado por un estante o peldaño en la columna de “breccia” donde empieza a formar una pendiente hacia la base de la sima principal, unos 5 metros por encima del piso de la galería principal.

LA SIMA Y LA MINERÍA

No conocemos documentos sobre la actividad minera en la sima. Un informe del año 1913 designa una quincena de explotaciones del metal de hierro en la solana del Cabezo¹². El croquis publicado en este informe indica la situación relativa de las concesiones mineras en la solana, y es muy posible que aquella designada como “Espíritu Santo” sea nuestra sima aunque el texto no aporta información útil para corroborar la conjetura. El informe declara que la actividad minera en la solana estaba casi acabada. El túnel horizontal de acceso a la galería principal ofrece las huellas de los taladros usados para insertar la dinamita, que había sido patentada en 1875 por Alfred Nobel, por lo que el túnel debe pertenecer al final del siglo XIX o comienzo del XX.

Por otra parte, el piso del túnel está al mismo nivel que el piso de la galería principal, en el que la excavación del “corte inferior” puso de relieve la profundidad de dos metros de remoción minera antes de alcanzar sedimentos intactos del Pleistoceno. El “corte inferior” está muy cerca del pie del revestimiento artificial de piedras en la sima menor, que mencionaremos más adelante y, probablemente, proporcionase una grieta abierta desde la ladera que diera el acceso inicial a los mineros. Excavamos muchos huesos quemados de palomas en el “corte inferior”. Probablemente ellas anidaban en

dicha grieta abierta, y los mineros hicieron una limpieza profunda, ya que fácilmente los huesos podrían haber perforado sus alpargatas y lastimado sus pies. A más de dos metros de profundidad hallamos clavos de hierro. Esto corrobora nuestra impresión de que la labor minera había comenzado antes de la apertura del túnel horizontal.

La galería principal recibe una sima menor desde la superficie que no sólo es más corta que la sima principal, sino que casi seguramente fue el acceso inicial de los mineros, ya que ofrece un descansillo artificial sobre un muro o revestimiento de piedras, típico de la minería europea artesanal. Este acceso se inicia en una fisura, probablemente de origen kárstica y ensanchada por los mineros, que hoy abre en la ladera de la montaña en una grieta de dos metros de profundidad, causada por la extracción de una veta de magnetita de la que todavía hay huellas. La ausencia de vetas del metal dentro de la galería principal nos hace intuir que la actividad minera fuese dirigida a la extracción de agua desde el interior profundo de la cueva donde hay otra sima, actualmente seca, el agua era imprescindible para separar la ganga del mineral de hierro (magnetita) extraído en la quincena de concesiones mineras documentadas en la solana del Cabezo.

En la Sima de las Palomas una puerta rectangular artificial, cortada en la pared interior de la galería principal, da acceso a una corta galería kárstica de paso de agua que acaba en la sima terminal. Hoy esta sima está seca pero tal vez contenía agua en el siglo XIX. Incluso cabe la posibilidad de que se filtrase agua en el barranco debajo de la entrada del túnel a pesar de que hoy no existe manantial alguno. La puerta artificial en la galería principal está a dos metros debajo del nivel del piso del túnel, lo que implica que la labor minera había comenzado antes de la fecha de inicio del túnel. Una similar puerta rectangular, cortada en la roca en el interior de la Cueva del Agua, a menos de un kilómetro al norte, también ofrece acceso a una galería kárstica terminal con agua, aunque además esta cueva, que fue objeto de actividad minera muy intensa, ofrece una balsa de agua -con escalera artificial cortada en la roca- cerca del final del largo túnel artificial que alcanza la Cueva del Agua desde la ladera de la montaña; no hay otra cueva con agua ni manantial natural en la solana.

La labor intensa de los mineros es demostrada tanto por las escombreras alrededor del túnel de entrada de la Sima de las Palomas, como el sendero, empinado y estrecho, que sube el barranco en zigzag hasta alcanzar la entrada del túnel. Este sendero suscita conjeturas. Existe otro camino, de ascenso suave, que sin embargo terminaba en otra explotación minera a apenas cien metros al norte del túnel. Cuando subimos los andamios en 1994 pudimos cruzar estos cien metros de roca, desnuda e inclinada a 45 grados, sólo con gran dificultad. Hace un lustro las autoridades encargaron la actual prolongación del camino para alcanzar el túnel.

¿Por qué nunca la hicieron los mineros? ¿Podría ser quizás, porque la extracción del agua fue una operación empresarial independiente, realizada para sacar el mayor provecho económico a través de la venta del agua a los demás mineros del metal en la solana? ■

Ilustraciones (cortesía de Michael Walker, Mariano López Martínez, Antonio López Jiménez, Jon Ortega Rodríguez y Klára Parmová).

REFERENCIAS

- M.J.Walker, J.Gibert, M.V.López, A.V.Lombardi, A.Pérez-Pérez, J.Zapata, J.Ortega, T.Higham, A.Pike, J-L.Schwenninger, J.Zilhão y E.Trinkaus, 2008, "Late Neandertals in Southeastern Spain: Sima de las Palomas del Cabezo Gordo, Murcia, Spain," *Proceedings of the National Academy of Sciences USA, PNAS* 105 (52): 20631-20636 ISSN 1091-6490; M.J.Walker, A.V.Lombardi, J.Zapata y E.Trinkaus, 2010, "Neandertal mandibles from the Sima de las Palomas del Cabezo Gordo, Murcia, southeastern Spain," *American Journal of Physical Anthropology* 142: 261-272 (ISSN 0002-9483); M.J.Walker, J.Ortega Rodríguez, M.V.López Martínez, K. Parmová y E.Trinkaus, 2010, Neandertal postcranial remains from the Sima de las Palomas del Cabezo Gordo, Murcia, southeastern Spain. *American Journal of Physical Anthropology* 144: 505-515 (ISSN 0002-9483); M.J.Walker, M.V.López-Martínez, J.Ortega-Rodríguez, M.Haber-Uriarte, A.López-Jiménez, A.Avilés-Fernández, J.L.Polo Camacho, M.Campillo-Boj, J.García-Torres, J.S.Carrión-García, M.San Nicolas-del Toro y T.Rodríguez-Estrella, 2011 The excavation of the buried articulated Neanderthal skeletons at Sima de las Palomas (Murcia, SE Spain). *Quaternary International*, en prensa, edición digital temprana publicada en abril del 2011 (ISSN: 1040-6182); M.J.Walker, J.Ortega, K.Parmová, M.V.López y E.Trinkaus, 2011, Morphology, body proportions, and postcranial hypertrophy of a female Neandertal from the Sima de las Palomas, southeastern Spain. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA, PNAS*, en prensa, edición digital temprana publicada en junio del 2011 (ISSN 1091-6490).
- J.S.Carrión, E.I.Yll, M.J.Walker, A.J.Legaz, C.Chaín y A.López, 2003, "Glacial refugia of temperate, Mediterranean and Ibero-North African flora in south-eastern Spain: new evidence from cave pollen at two Neanderthal man sites," *Global Ecology and Biogeography* 12: 119-129 ISSN 1466-8238; J.S.Carrión García, E.I.Yll, C.Chaín, M.Dupré, M.J.Walker, A.Legaz y A.López, 2005, "Fitodiversidad arbórea en el litoral del sureste español durante el Pleistoceno Superior," pág. 103-112 en E.Sanjaume, J.F.Mateu, eds, *Geomorfología litoral i Quaternari. Homenatge al Professor Vicenç Rosselló i Verger*, València, Universitat de València, ISBN 8437064414.
- M.J.Walker, J.Gibert Clols, A.Eastham, T.Rodríguez Estrella, J.S.Carrión García, E.I.Yll, A.J.Legaz López, A.López Jiménez, M.López Martínez y G.Romero Sánchez, 2004, "Neanderthals and their landscapes: Middle Palaeolithic land use in the Segura drainage basin and adjacent areas of southeastern Spain," pág. 461-511 en N.J.Conard, ed, *Settlement dynamics in the Middle Palaeolithic and Middle Stone Age Volume 2*, Tubinga, Kern Verlag "Tübingen Studies in Prehistory" ISBN 393575101X.
- de Gálvez-Cañero, A., 1913. "Minas del Cabezo Gordo", en "Fuente Álamo y Pacheco", por F. B. Villasante, A. Fernández y A. de Gálvez-Cañero, en *Criaderos de hierro de España, Tomo I*, pág. 377-384, Madrid, Memorias del Instituto Geológico de España.

Sistema electrónico para la evaluación de la acidez ambiental con sensores ópticos

AUTORES: A. LLORENTE ALONSO¹, J. PÉREZ LOBATO¹,
J. PEÑA POZA¹, G. DE ARCAS²
Y M. A. VILLEGAS¹

¹ *Instituto de Historia, Centro de Ciencias Humanas y Sociales (CSIC).*

² *Grupo de Investigación en Instrumentación y Acústica Aplicada. Universidad Politécnica de Madrid.*

1. INTRODUCCIÓN

La preservación de los bienes culturales es una cuestión que afecta no sólo a los gestores del Patrimonio Cultural, sino también a los profesionales, científicos y tecnólogos que se enfrentan con la tarea de conservar los materiales de dichos bienes culturales. Independientemente de las tareas de restauración, la conservación preventiva juega un papel cada vez más importante en la preservación global del Patrimonio. La interacción del medioambiente con los materiales da lugar, con mayor o menor velocidad, a un progresivo deterioro de éstos que puede desembocar en degradación o corrosión, frecuentemente irreversible.

Los parámetros ambientales (fundamentalmente atmosféricos) que suelen evaluarse de cara a un control de las condiciones de conservación son la temperatura y la humedad relativa y, en algunas ocasiones, la iluminación, sea natural o artificial. Otro de los factores que amenazan la integridad de los materiales de los bienes culturales es la contaminación. La presencia de contaminantes, normalmente gaseosos, y su concentración determinan, junto con los parámetros atmosféricos mencionados, el riesgo al que están expuestos los materiales y que puede ser de naturaleza física (choque de temperatura), química (reacciones debidas a las condensaciones, a los contaminantes, a la luz), biológica (plagas, microorganismos favorecidos por la humedad y condensaciones), etc.

Sin duda los contaminantes gaseosos con características ácidas se encuentran entre los factores más peligrosos que pueden interactuar con los bienes culturales y provocan en ellos daños irreparables. La combinación de dichos contaminantes (SO₂, NO_x, CO₂, etc.) con la humedad ambiental da lugar a la formación de ácidos, frecuentemente fuertes, que entran en contacto directo con la superficie de los materiales de los bienes culturales. En

general, todos los materiales son sensibles a los ácidos o, dicho en otras palabras, a los cambios del pH local en su superficie.

La evaluación del pH del ambiente es una medida indirecta de las especies químicas contaminantes de características ácido-base, que son las que pueden causar reacciones en los bienes culturales o propiciar un medio adecuado para que tengan lugar otro tipo de reacciones químicas o eventos biológicos que afecten la integridad de los materiales. No existen, sin embargo, procedimientos convencionales comerciales para medir el pH del aire, y mucho menos asequibles por precio y características para su uso en entornos donde se exhiben o almacenan bienes culturales: museos, archivos, bibliotecas, palacios, castillos y edificios singulares del Patrimonio Cultural, edificios religiosos, yacimientos arqueológicos, etc.

Desde hace más de diez años nuestro grupo de investigación ha estudiado la tecnología sol-gel y sus posibilidades para el diseño y desarrollo de sensores químicos de respuesta óptica, capaces de evaluar el pH ambiental [1-3]. Asimismo, se han solicitado dos patentes de invención: sobre el procedimiento de encapsulación de fases sensibles frente a la acidez-basicidad en matrices sol-gel [4], y sobre un sistema para la determinación de la acidez ambiental que incluye una unidad electrónica de medida especialmente diseñada para los sensores [5].

El objetivo de la presente comunicación es dar a conocer de un modo básico la tecnología de los sensores ópticos de pH y más especialmente el diseño y funcionamiento de la unidad de medida que hemos desarrollado, ambos orientados en su aplicación para la conservación preventiva de los bienes culturales.

2. LOS SENSORES DE ACIDEZ

Los sensores ambientales se sintetizan mediante el procedimiento sol-gel y poseen unas características singulares: son de pequeño tamaño, lo que facilita su instalación en lugares de acceso limitado y permite que pasen desapercibidos; carecen de baterías o cables, por lo que su manipulación es sencilla y discreta; su coste de producción es bajo, ya que para su síntesis se utilizan cantidades pequeñas de reactivos comunes; presentan buena resistencia y estabilidad química, etc.

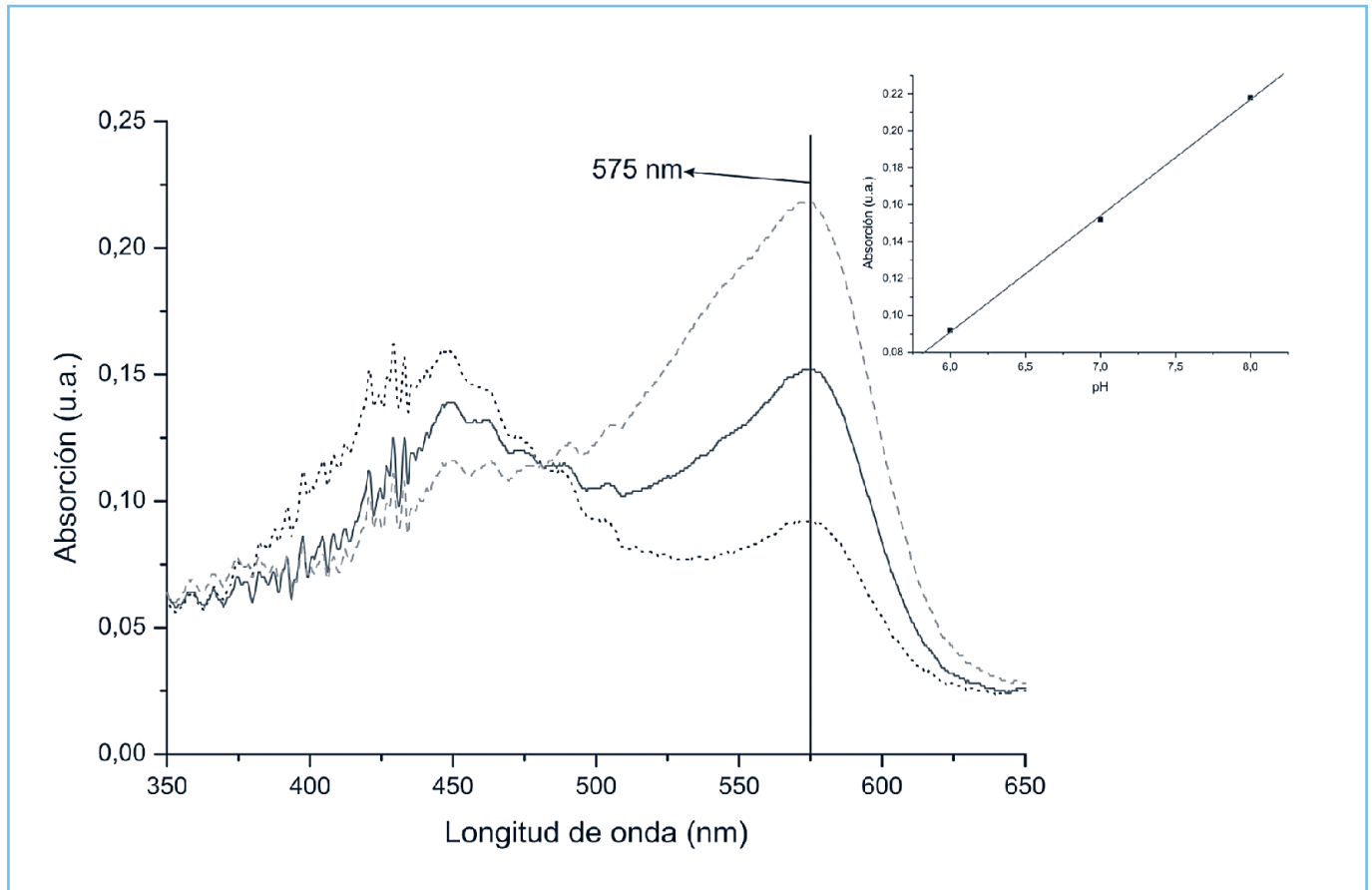


Fig. 1. Espectros de absorción óptica de un sensor de acidez a distintos pH y curva de calibrado.

Los sensores de acidez ambiental [1] contienen una capa sensible depositada sobre una lámina de vidrio común de silicato sódico cálcico mediante inmersión-extracción. La capa sensible se obtiene a partir de una suspensión coloidal (sol) en la que se encapsula un colorante orgánico (3',3''-dichlorophenolsulfonephthalein) [2], y posteriormente se densifica parcialmente a 60 °C. Esta densificación parcial da lugar a la formación de un gel con un espesor aproximado de 250-450 nm en ambas caras del sustrato de vidrio con la estabilidad química necesaria.

El color que presenta la capa sensible del sensor varía en función del pH. En la figura 1 se muestran los espectros de absorción óptica con las bandas características de la fase sensible a 430 y 570 nm obtenidos a distintos pH. A partir de las intensidades de absorción a 570 nm se obtiene la curva de calibrado incluida en la figura 1. Se utiliza la intensidad de la banda a 570 nm, ya que es la que permite una precisión de $\pm 0,02$ unidades de pH.

Para la conservación preventiva de objetos y materiales de interés del Patrimonio el intervalo más interesante para la evaluación es el comprendido entre 6 y 8 de la escala de pH. Por ello, la calibración se realiza entre esos valores con la ayuda de disoluciones tampón (Hydrion Buffer Salt, Aldrich).

3. ARQUITECTURA DEL SISTEMA DE MEDIDA

Como una primera aproximación a la arquitectura del sistema, la figura 2 permite apreciar las diferentes partes del mismo, principalmente dos:

- Una unidad de medida encargada de la lectura de la respuesta de los sensores.



Fig. 2. Arquitectura de la unidad de medida.

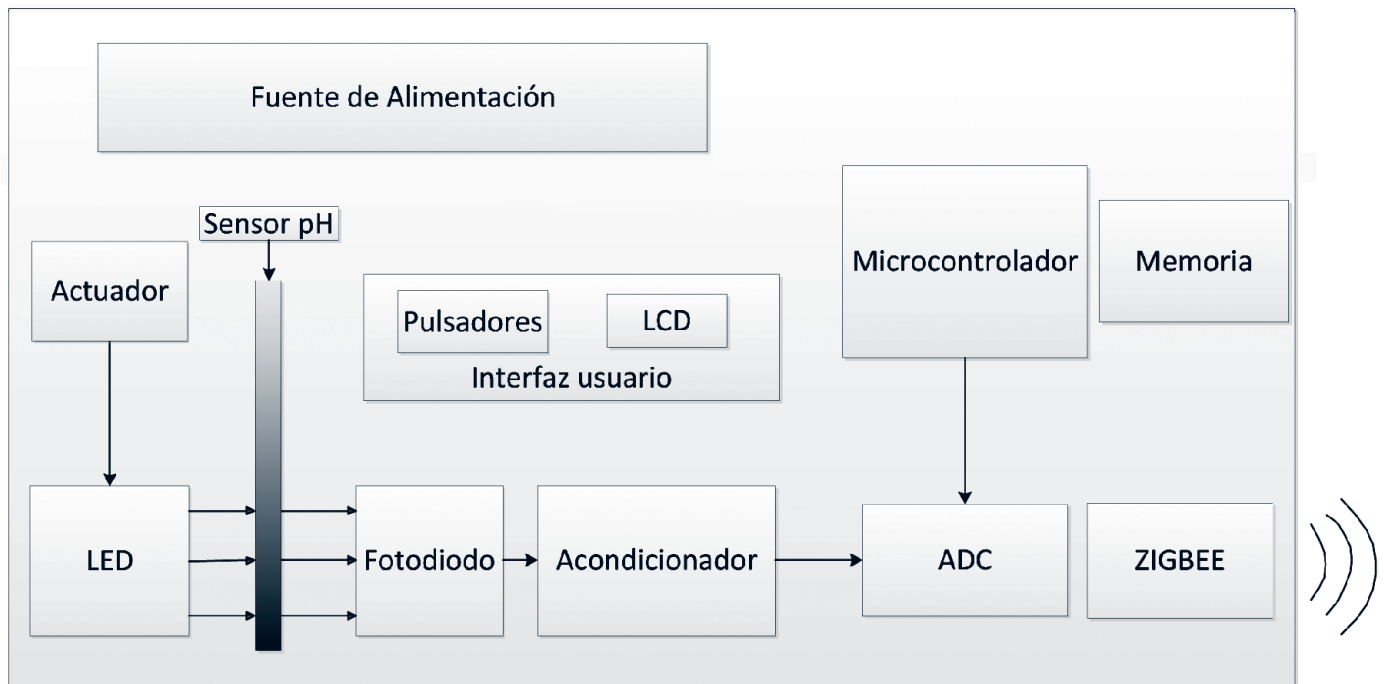


Fig. 3. Arquitectura de la unidad de medida.

- Un ordenador para el procesamiento de las medidas entregadas por la unidad.

La parte más importante del sistema de tele-medida es, sin lugar a dudas, la propia unidad de medida, cuya arquitectura está descrita en el diagrama de la figura 3.

El método utilizado para la lectura de la respuesta de los sensores ópticos de pH se basa en hacer pasar un haz de luz constante por el sensor y medir la intensidad de la señal recibida en el otro extremo mediante un fotodiodo. A petición del micro-controlador, el LED (Light Emitting Diode o Diodo Emisor de Luz), es polarizado mediante un actuador que gestiona su intensidad lumínica, proyectando un haz de luz sobre la zona sensibilizada del sensor. Simultáneamente, un dispositivo opto-electrónico, denominado fotodiodo, se encarga de determinar la absorbancia del sensor para un determinado ancho de banda fijado por la combinación de los espectros de emisión y recepción de la combinación LED-fotodiodo. De esta forma se obtiene una señal proporcional al nivel de acidez del sensor. Esta señal es adaptada a los niveles requeridos por el ADC (Analog to Digital Converter o Conversor Analógico Digital) y digitalizada para su procesamiento y almacenamiento en memoria, gestionados por el micro-controlador.

Uno de los parámetros más importantes a considerar en el diseño es la conectividad inalámbrica y, de entre todas las tecnologías analizadas, el protocolo de comunicaciones ZigBee resultó ser el más adecuado. Este protocolo, derivado del estándar IEEE 802.15.4, al que añade funcionalidades, permite una comunicación sin cables con una

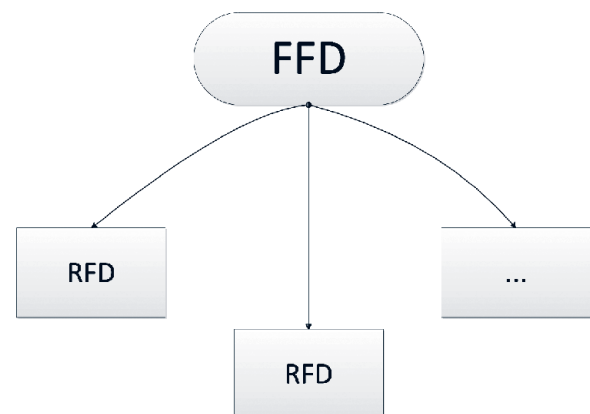


Fig. 4. Topología de red en estrella.

baja tasa de transferencia de datos y un consumo de energía bastante reducido.

De las topologías de red soportadas se determinó usar la topología en estrella, mostrada en la figura 4, formada por un FFD (Full Function Device o Dispositivo con Funcionalidades Completas), cuyas funciones son las de gestión de la red de comunicaciones y de recepción de todos los datos, además de desde 1 hasta un máximo de cerca de 65000 RFDs (Reduced Function Device o Dispositivo con Funcionalidades Reducidas) que soporta ZigBee, encargados de toma de datos y envío al FFD.

En segundo lugar, el bajo consumo y bajo coste implicaban la búsqueda de un micro-controlador adecuado a



Fig. 5. Detalle de LCD y pulsadores.

unos parámetros tan restrictivos. Se llegó a la conclusión de utilizar el MSP430, dispositivo dotado de una CPU RISC de 16 bits, diseñado principalmente para aplicaciones a batería, debido al consumo tan reducido que tiene. Una de las principales características a tener en cuenta en la selección es la conversión analógica-digital; en este caso el dispositivo integra un ADC con un SAR (Successive Approximation Register o Registro de Aproximaciones Sucesivas) de 10 bits.

Para interactuar con la unidad el sistema cuenta con una interfaz de usuario formada, por una pantalla LCD (Liquid Cristal Display o Pantalla de Cristal Líquido) y una serie de pulsadores que, conectados al micro-controlador, permiten hacer uso de todas las funciones de que dispone (Fig. 5).

Por último, el diseño de la unidad de medida se completa con una fuente de alimentación capaz de proporcionar a cada elemento el nivel de tensión necesario, de una manera estable y precisa.

4. IMPLEMENTACIÓN

Una vez seleccionados los pilares más importantes en los que apoyar el diseño, se adquirió un sistema de desarrollo de TI (Texas Instruments). Este sistema, denominado eZ430-RF2480, contiene gran parte de los dispositivos necesarios para complementar la electrónica de nuestro desarrollo:

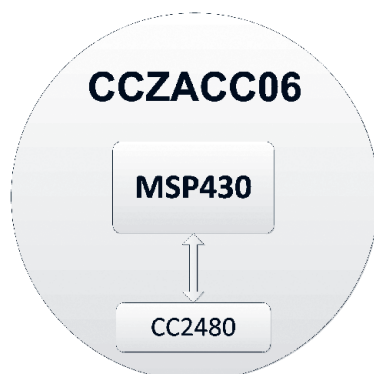


Fig. 6. Partes principales de la CCZA06CC.

■ **CCZA06CC:** Dispositivo compuesto principalmente por un micro-controlador, concretamente el MSP430F2274 y un transceptor de red ZigBee, el CC2480, complementado con pines de E/S (Entrada/Salida) de propósito general, gestionados, al igual que el resto de funciones del dispositivo, mediante comandos. Ambos dispositivos se encuentran comunicados utilizando su puerto SPI (Serial Peripheral Interface o Interfaz Serie de Periféricos) (Fig. 6).

■ **eZ430:** Este dispositivo realiza labores de puente de datos, siendo su única función entregar los datos recibidos por su UART (Universal Asynchronous Receiver-Transmitter o Transmisor-Receptor Asíncrono Universal) en su puerto USB (Universal Serial Bus o Bus Serie Universal).

En cuanto al aspecto óptico, se adquirieron una serie de dispositivos de diferentes características, con la intención de realizar una comparación experimental y seleccionar la combinación entre emisor de luz y lector de color que mejor comportamiento demostrara.

Haciendo uso de los elementos del sistema de desarrollo mencionados con anterioridad, se conforma el sistema de medida de la siguiente manera:

■ La unidad de medida se desarrolla siguiendo la arquitectura descrita en el apartado anterior, utilizando para el envío y gestión de datos el dispositivo CCZA06CC.

■ La implementación del receptor de datos se realiza combinando otra unidad del CCZA06CC conectada con el dispositivo Ez430. El primero está programado para realizar las tareas de recepción de datos inalámbricos, los cuales son separados y enviados a través del puerto serie mediante la UART al segundo, que los reenvía por su puerto USB al PC al que se encuentre conectado.

Un aspecto importante en esta investigación fue el capítulo de los costes. El sistema de tele-medida de acidez se ha diseñado y desarrollado buscando un producto de coste reducido. Concretamente, la fabricación del prototipo de la unidad descrita anteriormente ha tenido un coste de materiales alrededor de 200€.

5. RESULTADOS

Una vez terminada la implementación del diseño del sistema de tele-medida, resulta necesaria su validación mediante una serie de pruebas experimentales, comparando los resultados obtenidos con los resultados de la combinación entre un espectrofotómetro y una fuente de luz comercial. En concreto se utilizaron dos dispositivos

Tabla 1. Resultados de medidas obtenidas con la unidad de tele-medida

Tampón pH	Serie 1	Serie2	Serie 3	Serie 4
6,86	6,91	6,90	6,85	6,79
7,00	6,99	7,04	7,03	6,94
8,00	7,97	8,02	8,00	8,01

Tabla 2. Resultados de medidas obtenidas con el espectrofotómetro

Tampón pH	Serie 1	Serie2	Serie 3	Serie 4
6,86	6,88	6,88	6,82	6,80
7,00	6,99	7,06	7,13	6,99
8,00	8,12	8,17	8,18	8,12

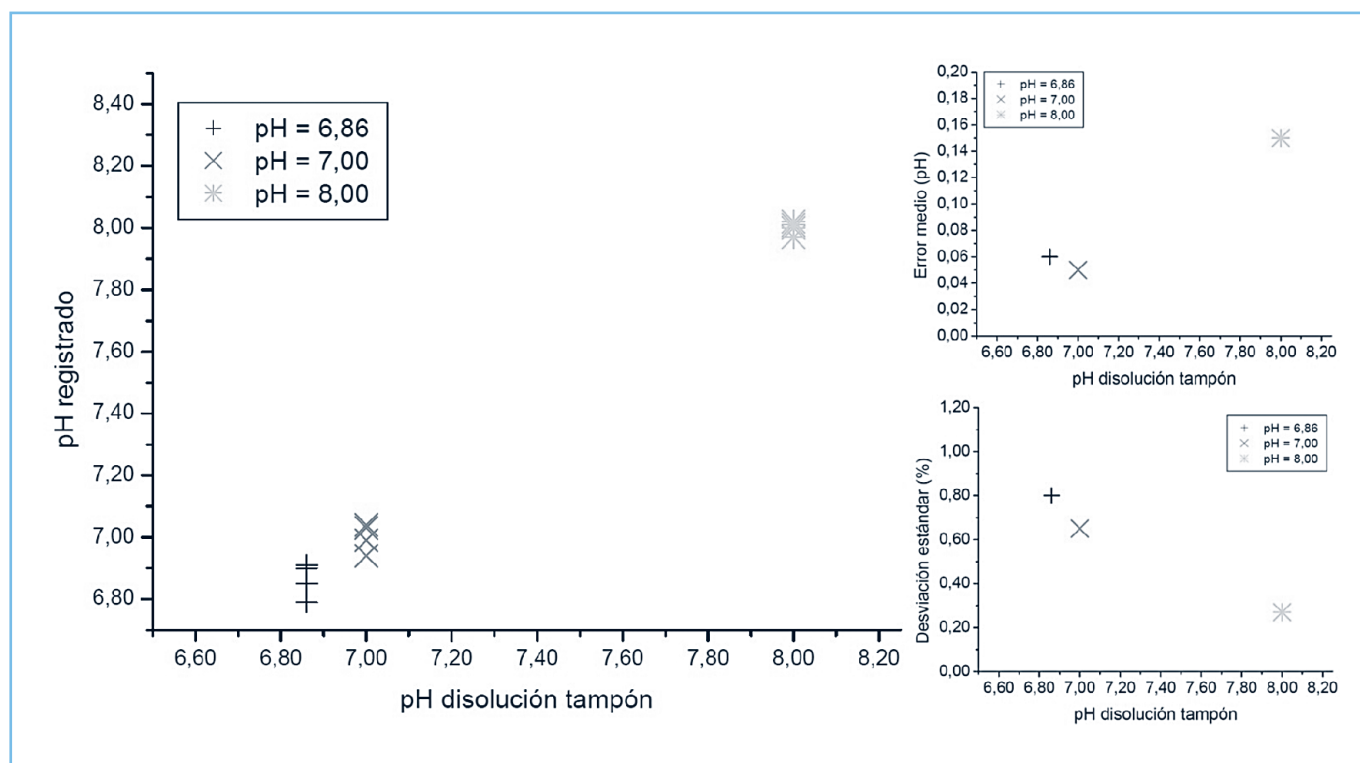


Fig. 7. Datos de pH obtenidos por la unidad de tele-medida y valores de error medio de pH y desviación estándar (%).

Ocean Optics, una fuente de luz DH-2000-BAL y un espectrofotómetro HR4000, complementados con un portamuestras conectado a ellos por una fibra óptica con conector SM.

Para la validación se realizan cuatro series de medidas con tres disoluciones tampón de pH 6,86, 7,00 y 8,00 $\pm 0,02$, elegidos especialmente por su proximidad y por pertenecer al intervalo crítico en la conservación de materiales históricos en torno al pH neutro.

Las tablas 1 y 2 muestran comparativamente los resultados de ambos sistemas de medida con el resumen de los datos obtenidos.

Las figuras 7 y 8 muestran respectivamente los datos obtenidos del sistema de medida y del espectrofotómetro, así como el error de la medida de pH y la desviación estándar en tanto por ciento. Según se desprende de estas figuras, el sistema de tele-medida cumple las características para las que ha sido diseñado: es capaz de mantener una resolución

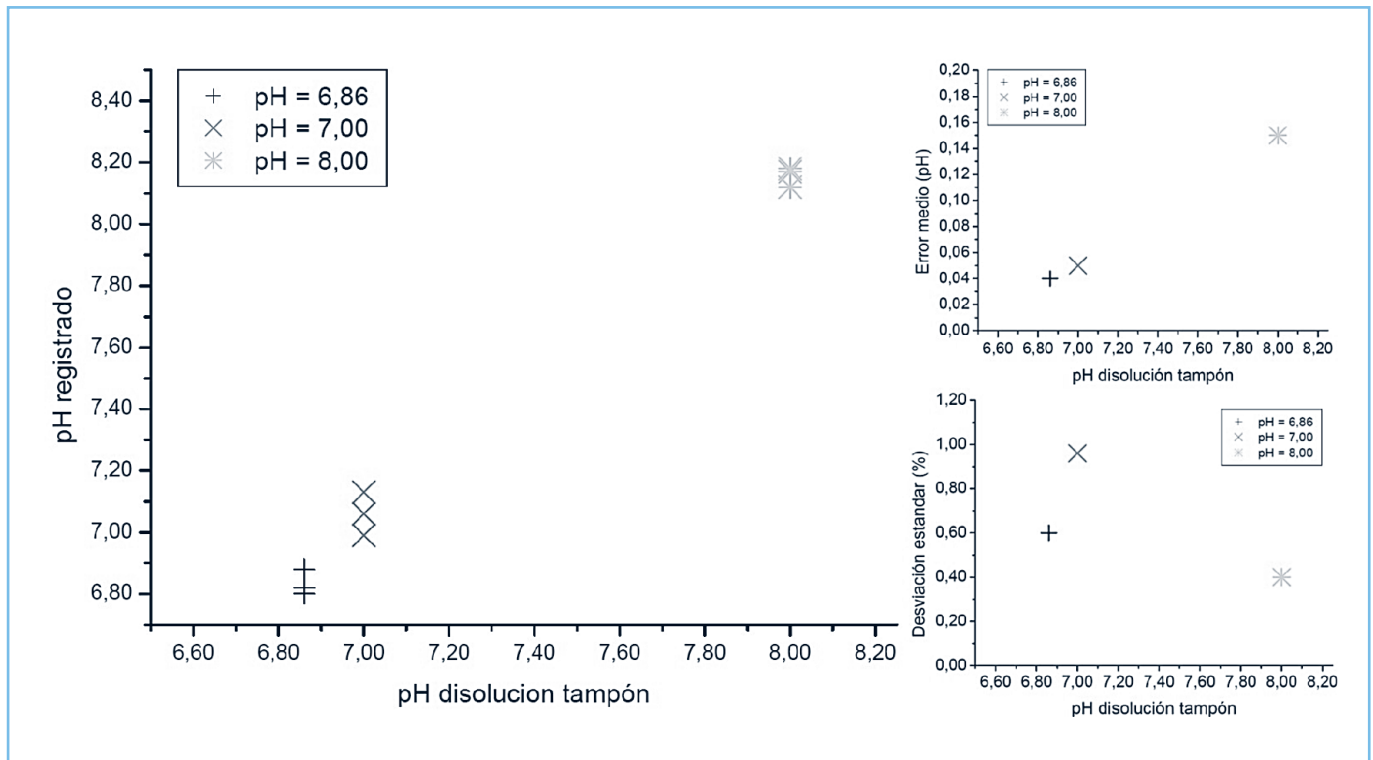


Fig. 8. Datos de pH obtenidos por el espectrofotómetro y valores de error medio de pH y desviación estándar (%).

de 0,1 unidades de pH con un equipo portátil de tamaño reducido y con autonomía de más de 24 h debido, principalmente, a la utilización de dispositivos de bajo consumo en su diseño.

Otro aspecto importante a destacar es la libertad que proporciona su conectividad inalámbrica, que permite realizar las medidas en lugares de difícil acceso, transportando solamente la unidad de medida y, posteriormente, transmitiendo las medidas al ordenador mediante el adaptador USB-Zigbee, ya sea desde el propio lugar de medida, siempre que el alcance lo permita, o simplemente reduciendo la distancia con el receptor.

El carácter general del parámetro químico pH, así como el interés de su evaluación en muchos sectores de la actividad industrial y de la preservación de la Naturaleza y de los seres vivos, hacen extensible la aplicación de la tecnología de sensores ambientales y sus correspondientes unidades de medida más allá del horizonte de la conservación del Patrimonio Cultural.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la financiación parcial de los Programas de investigación Consolider (Ref. TCP-CSD2007-00058), y Geomateriales (Ref. S2009/MAT-1629), así como el apoyo profesional de la Red de Ciencia y Tecnología para la Conservación del Patrimonio Cultural (Te-

chnoHeritage). J. Peña Poza y A. Llorente Alonso agradecen sus contratos al Programa Consolider mencionado; J. Pérez Lobato agradece una beca Finnova I 2010 de la Comunidad de Madrid. ■

6. BIBLIOGRAFÍA

- [1] García-Heras, M., Carmona, N., Gil, C., Villegas, M.A. (2004). New optical sensors for monitoring acid environments in preventive conservation. *Coalition. CSIC Thematic Network on Cultural Heritage. Electronic Newsletter* 7: 5-8.
- [2] Carmona, N., Herrero, E., Llopis, J., Villegas, M.A. (2007) Chemical sol-gel based sensors for evaluation of environmental humidity. *Sensors and Actuators B*, 126, 455-460.
- [3] Carmona, N., Herrero-Hernández, E., Llopis, J., Villegas, M.A. (2008). Novel sol-gel reversible thermochromic materials for environmental sensors. *Journal of Sol-Gel Science and Technology*, 47, 31-37.
- [4] Villegas, M.A. (2006). Procedimiento de encapsulamiento de colorantes orgánicos en un material sólido para la producción de sensores con respuesta óptica, para la medida de la acidez, basicidad o pH de entornos gaseosos, o líquidos, o mixtos sólidos/líquidos. Patente P200602403. Titular: CSIC, España.
- [5] Villegas, M.A., García-Heras, M., Peña Poza, J., de Arcas Castro, G., Barrera López de Turiso, E., López Navarro, J.M. y Llorente Alonso, A. (2010). Sistema para la determinación de acidez ambiental y método que hace uso del mismo. Patente P201031071, extensión internacional PCT/ES2011/000219. Titulares: CSIC y UPM.

MEDICINA Y SALUD

Materiales metálicos biodegradables en el campo biomédico

AUTORES: MÓNICA CARBONERAS CHAMORRO*,
CARMEN IGLESIAS URRACA**,
EDGAR ONOFRE BUSTAMANTE*,
MIGUEL ANGEL ALOBERA GRACIA*,
CELIA CLEMENTE DE ARRIBA***,
MARÍA CRISTINA GARCÍA ALONSO*
Y MARÍA LORENZA ESCUDERO RINCÓN*

*Centro Nacional de Investigaciones Metalúrgicas,
CENIM, CSIC. Madrid

** Hospital La Paz. Madrid

*** Facultad de Medicina, Universidad
de Alcalá de Henares (UAH). Madrid

El campo de los biomateriales ha experimentado un importante cambio de mentalidad durante los últimos años, viéndose impulsada la investigación en nuevos materiales biodegradables y reabsorbibles para la sustitución y regeneración de tejidos. Así, si bien hasta el momento se trataba de sustituir el tejido dañado por un biomaterial que cumpliera con las exigencias del tejido sustituido, actualmente se persigue el desarrollo de nuevos materiales capaces de interactuar con el tejido dañado mediante la estimulación de diferentes respuestas celulares en función de las características superficiales de los mismos, a la vez que son lentamente degradados y reabsorbidos por caminos metabólicos hasta su total desaparición en el organismo, una vez restablecida la función del tejido.

En consecuencia, y teniendo en cuenta el carácter temporal de su función en el cuerpo humano, los nuevos materiales desarrollados deben caracterizarse por presentar, además de una excelente biocompatibilidad y adecuada biofuncionalidad, una cinética de biodegradación paulatina y controlada de tal modo que, una vez cumplida su misión, la reabsorción sea completa, lo que en determinadas aplicaciones evitaría la necesidad de segundas intervenciones quirúrgicas para retirar el material implantado.

En esta línea, los primeros materiales desarrollados y los más comúnmente utilizados para la fabricación de implantes comerciales biodegradables son de tipo polimérico, obtenidos a partir de los ácidos poliglicólico (PGA) y poliláctico (PLA), los cuales han encontrado una multitud de usos en la industria biomédica, aunque su uso en determinadas aplicaciones de carga y soporte se ha visto restringido por

las propiedades mecánicas que presentan estos materiales. En comparación con los materiales poliméricos, los materiales metálicos presentan mejores características mecánicas por su mayor resistencia y tenacidad a la fractura, aunque la mayoría de ellos no son biológicamente reabsorbibles y resultan tóxicos. De hecho, incluso las aleaciones biomédicas convencionales actualmente en uso por su elevada resistencia a la corrosión y biocompatibilidad en el organismo (acero inoxidable 316L, Ti y aleaciones base Ti, aleaciones Co-Cr), pueden resultar perjudiciales para el paciente a largo plazo al generarse diversos problemas derivados de la liberación y acumulación de partículas metálicas procedentes de los procesos de corrosión/desgaste que sufren los implantes durante su larga vida en servicio. En consecuencia, y con objeto de minimizar el riesgo de aparición de problemas de salud, el implante debe ser retirado del organismo mediante una segunda cirugía una vez regenerado el tejido o reparado el daño, una intervención que podría evitarse si se emplearan materiales metálicos biodegradables, lo que repercutiría en una mejora de calidad de vida de millones de pacientes, con un importante impacto socio-económico en nuestra sociedad.

En este contexto, el magnesio y sus aleaciones son considerados potenciales candidatos como biomateriales metálicos degradables y reabsorbibles debido al proceso de corrosión que sufren en contacto con los fluidos fisiológicos por ser materiales altamente reactivos, perfilándose como una alternativa prometedora al uso de las actuales prótesis metálicas bioinertes con función temporal en especialidades clínicas tan diversas como: la traumatología, la cirugía cardiovascular y maxilofacial, o en odontología, con posibles aplicaciones que van desde su utilización en elementos de osteosíntesis y fijación ósea, para dispositivos cardiovasculares como *stents* o catéteres para angioplastias hasta en la fabricación de material de relleno de cavidades y como elemento barrera en implantes dentales.

En lo que respecta al magnesio desde el punto de vista biológico, el catión Mg^{2+} es el cuarto catión más abundante en el cuerpo humano y su mayor parte se almacena en los huesos y compartimentos intracelulares de los tejidos blandos. Se trata de un elemento esencial para el metabolismo humano, ya participa en más de 300 reacciones enzimáticas, que van desde la contracción muscular hasta el control neuronal. Su deficiencia en el organismo se asocia a diferentes patologías. Por ello existen dosis diarias recomendadas de

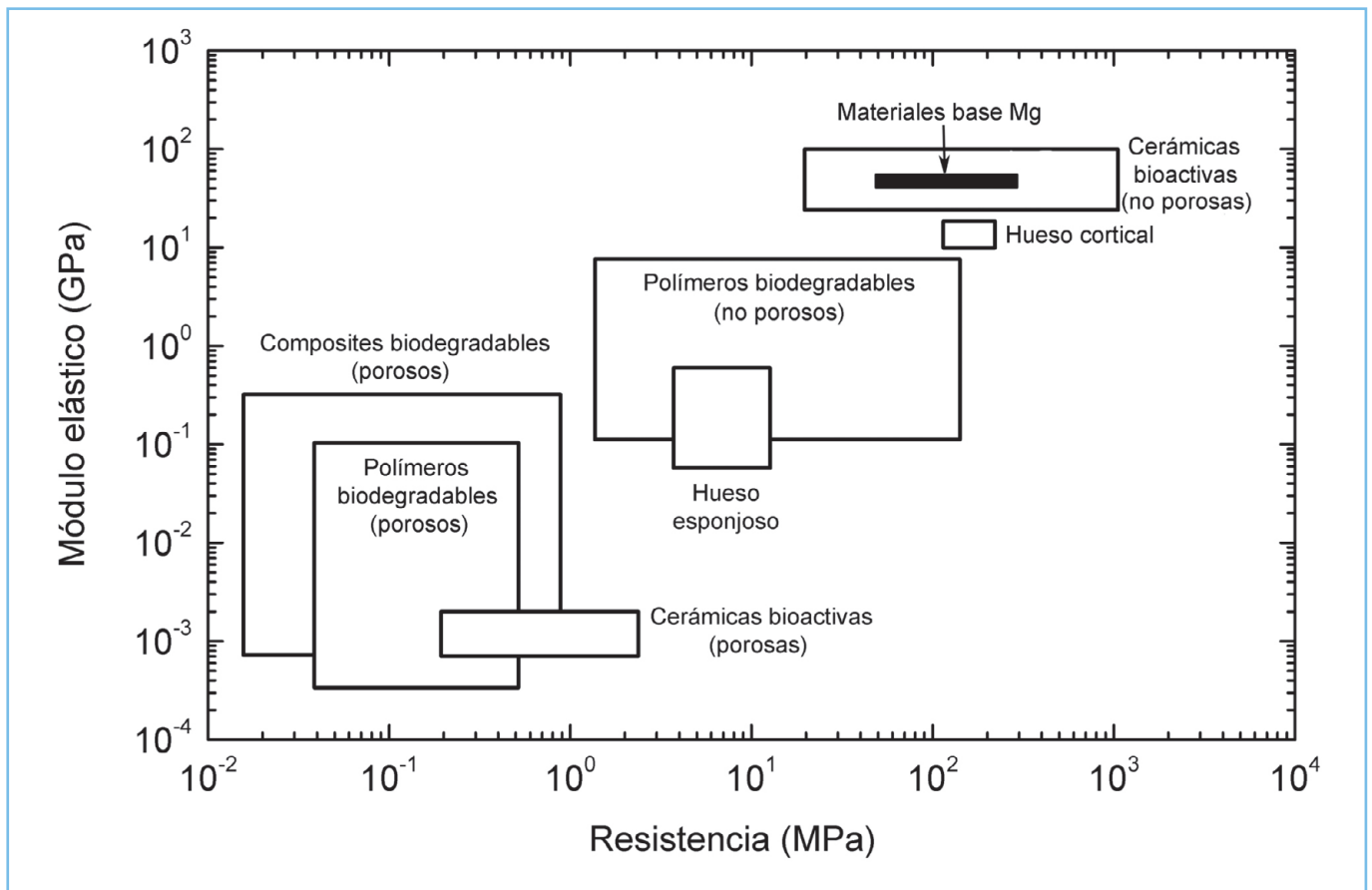


Figura 1. Representación del módulo elástico frente a la resistencia a la tracción de materiales metálicos de base magnesio y frente a la resistencia a la compresión en polímeros biodegradables, cerámicas bioactivas y composites.

magnesio, estando comprendidas entre los 75-80 mg para niños menores de dos años y los 1000 mg para adultos. Por otra parte, desde el punto de vista del material en sí mismo, el magnesio ofrece propiedades altamente atractivas para su aplicación en el campo biomédico, entre las que cabe destacar su baja densidad ($1,74 \text{ g cm}^{-3}$) y elevada resistencia específica, así como su valor de módulo elástico (40-45 GPa), mucho más cercano al del hueso (3-30 GPa) que el de los materiales metálicos de uso convencional.

Estos valores de módulo elástico similares evitan la aparición de fenómenos de protección frente a la carga (en literatura inglesa "*stress shielding*") causantes de la resorción patológica de hueso por la ausencia de carga en el mismo. Así, tal y como se observa en la figura 1, los materiales de base magnesio satisfacen plenamente los requerimientos mecánicos del hueso cortical, presentando mejores propiedades que otros biomateriales de diversa naturaleza, como los polímeros biodegradables, las cerámicas bioactivas y los composites, lo que les convierte en materiales idóneos para aplicaciones de carga, por ejemplo, en cirugía traumatológica para la síntesis de fracturas óseas. Además, la capacidad del magnesio para estimular el crecimiento de nuevo tejido e incorporar el calcio al hueso permitiría acelerar los procesos de reparación ósea. En lo que respecta a la toxicidad,

tanto el magnesio como los productos de corrosión que genera son solubles en el medio fisiológico, no son tóxicos y su exceso puede ser fácilmente excretado en la orina.

Como contrapartida, la alta reactividad electroquímica del magnesio le lleva a presentar cinéticas de corrosión en el medio fisiológico que se consideran demasiado rápidas, lo que supone una seria limitación en su uso como implante ya que éste podría perder su integridad mecánica por su reabsorción en el organismo antes de que el tejido dañado se hubiera regenerado. Además, la acelerada cinética de corrosión del magnesio da lugar a una rápida formación de hidrógeno gas, pudiéndose originar una acumulación de burbujas alrededor del implante que perjudicaría la curación del tejido, así como una alcalinización local que podría afectar fuertemente a los procesos biológicos, dependientes del pH, en el entorno del implante. Así, la figura 2 evidencia las consecuencias derivadas de la rápida reacción de corrosión de un biomaterial de base magnesio implantado en calota de rata, observándose un abultamiento significativo en el entorno del implante debido a la rápida producción y acumulación de hidrógeno gas.

Como consecuencia, las investigaciones llevadas a cabo sobre la aplicación del magnesio como biomaterial están

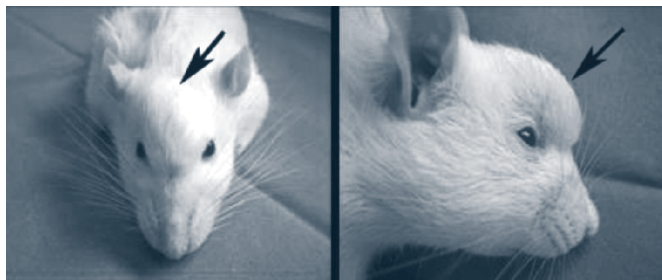


Figura 2. Acumulación de hidrógeno gas como consecuencia de la reacción de corrosión de un biomaterial de base magnesio tras 15 días de implantación en calota de rata.

abordando la resolución de esta problemática desde diferentes perspectivas que persiguen como principal objetivo la ralentización y adecuado control del proceso electroquímico de disolución del material en el medio fisiológico, teniendo en cuenta que el implante debe mantener su estabilidad durante el tiempo suficiente para que el proceso de regeneración del tejido se lleve a cabo. Para la consecución del objetivo propuesto la investigación es abordada con un enfoque multidisciplinar, planteando diferentes estrategias experimentales en campos de estudio tan diversos como la metalurgia física, la corrosión y la biología celular. Entre ellas, la purificación del magnesio, la adición de elementos aleantes sin carácter citotóxico, el control de la microestructura mediante la selección de métodos de procesamiento adecuados o la aplicación de técnicas de protección (tratamientos de modificación superficial y recubrimientos) son las principales líneas seguidas para la mejora del comportamiento del magnesio.

Por un lado, la presencia de impurezas en la matriz de magnesio disminuye las propiedades mecánicas y aumenta la velocidad de corrosión en medios acuosos débilmente clorurados, al dar lugar a la formación de pares galvánicos electroquímicos, por lo que lograr un alto grado de pureza en el magnesio es un factor importante para mejorar su comportamiento como biomaterial.

Por otro lado, el comportamiento mecánico y frente a la corrosión del magnesio puro puede ser mejorado mediante su aleación con determinados elementos (Al, Zn, Mn, Sn), mientras que la presencia de otros aleantes (Fe, Ni, Cu, Co) resulta altamente perjudicial al aumentar significativamente la velocidad de corrosión. No obstante, el material puro presenta una clara ventaja frente a la aleación en lo que respecta a la biocompatibilidad, ya que se trata de un material completamente biodegradable, sin toxicidad derivada de la liberación de iones metálicos con posibles efectos citotóxicos como ocurre en el caso de la aleación. Asimismo, la mejora del comportamiento a la corrosión de los materiales de base magnesio puede abordarse desde el punto de vista de su fabricación. Rutas de procesamiento y tratamientos mecánicos superficiales adecuados permiten modificar la

microestructura del material en diferentes aspectos (tamaño de grano, formación de fases secundarias, porosidad, etc.) con el fin de lograr un óptimo comportamiento del implante, según los requerimientos exigidos para una determinada aplicación clínica. Así, por ejemplo, la resistencia mecánica del magnesio puro procesado por vía pulvimetalúrgica es muy superior a la del magnesio obtenido mediante colada aunque, como es habitual en materiales pulvimetalúrgicos, se produce una disminución de la ductilidad con respecto a la de los materiales colados.

En cuanto a las técnicas de protección, una gran variedad de tratamientos de modificación superficial y recubrimientos están siendo aplicados para aumentar la durabilidad, sin detrimento de la biocompatibilidad, de los materiales de base magnesio en el entorno fisiológico y celular. Entre dichas técnicas se encuentran métodos muy diversos que abarcan desde los sencillos tratamientos de conversión química, los recubrimientos sol-gel y la aplicación en superficie de compuestos biocompatibles tipo silano, hasta el desarrollo de nuevas estrategias moleculares para la funcionalización de la superficie metálica con péptidos y otros compuestos que, preservando la integridad del material, mejoren su biocompatibilidad y estimulen de forma controlada la actividad celular y la regeneración del tejido dañado.

En general, con objeto de valorar la interacción y el proceso de reconocimiento que tiene lugar entre la célula y la superficie metálica en condiciones fisiológicas, la investigación sobre los nuevos biomateriales desarrollados requiere evaluar, en un primer paso, el comportamiento frente a la biodegradación y biocompatibilidad de estos materiales en condiciones *in vitro*, esto es, en medios fisiológicos simulados y en cultivos de aquellas líneas celulares que más se aproximen al entorno biológico que rodeará al material implantado, culminando la investigación con la realización de estudios *in vivo* a través del seguimiento detallado del comportamiento del material implantado en animales de experimentación. No obstante, los numerosos estudios realizados hasta el momento en la línea del magnesio y sus aleaciones han puesto de manifiesto la extrema dificultad existente para obtener datos reproducibles y, por tanto, fiables.

En realidad, la situación *in vivo* del magnesio constituye un entorno dinámico y altamente complejo que resulta difícil de reproducir *in vitro*. De hecho, las grandes controversias halladas en la literatura acerca del comportamiento *in vitro/in vivo* de los materiales de base magnesio hacen necesaria la exploración del mecanismo de disolución local que sufren estos materiales bajo la influencia de la respuesta biológica a la liberación de iones, particularmente en la interfaz metal/células vivas en situaciones *in vivo*, evaluando el comportamiento del material implantando en diversas localizaciones del organismo, bajo dife-

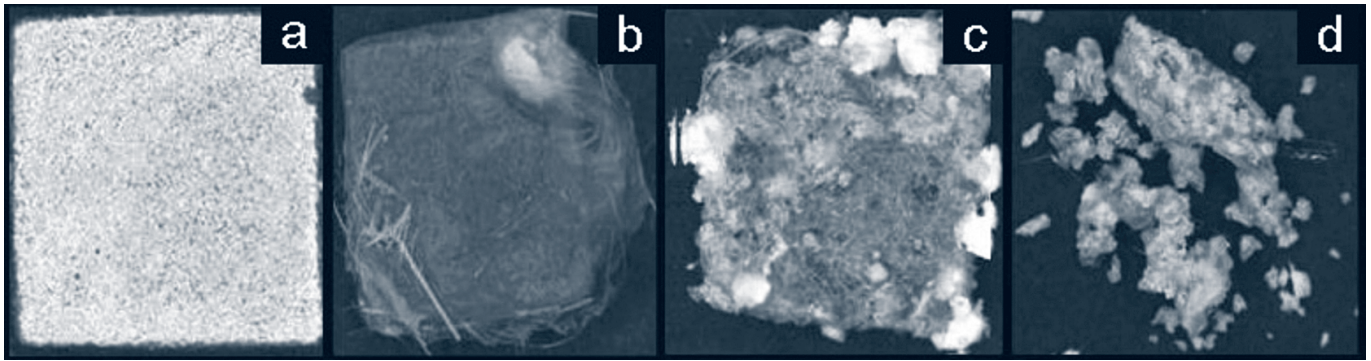


Figura 3. Secuencia de degradación de la aleación AZ31 con recubrimiento de fluoruro de magnesio para diferentes tiempos de implantación en calota de rata: a) tiempo cero, b) 7 días, c) 24 días y d) 48 días.

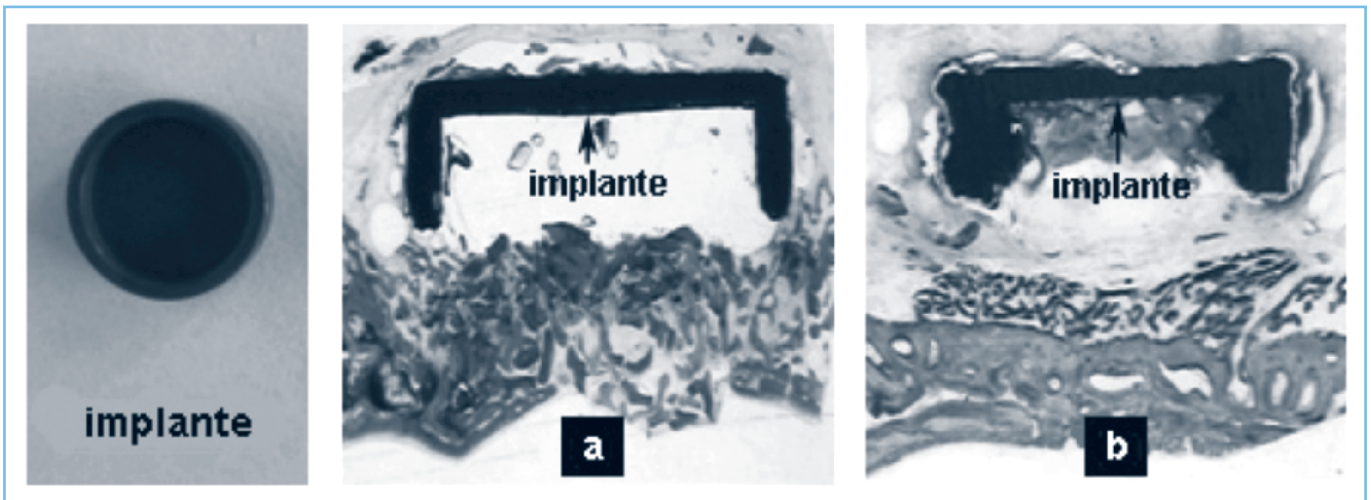


Figura 4. Implante de magnesio con recubrimiento de fluoruro de magnesio como posible material barrera. Cortes histológicos en la zona del implante para diferentes tiempos de implantación en calota de conejo: a) recién insertado y b) tras un mes de evolución.

rentes requerimientos y en entornos biológicos distintos. La figura 3 muestra la secuencia de degradación que sufre con el tiempo un material de base magnesio implantado en calota de rata. Según se observa, el material implantado (aleación de magnesio AZ31 modificada superficialmente mediante un recubrimiento de fluoruro de magnesio) sufre durante la primera semana una reacción de encapsulamiento caracterizada por la formación de tejido fibrótico alrededor del implante (figura 3b). Como se muestra en la figura 3c, el proceso de degradación del material se inicia en sus bordes y aristas por ser zonas activas de corrosión y evoluciona dando lugar a la formación de óxidos e hidróxidos de magnesio sobre la superficie del implante, el cual llega prácticamente a desaparecer a los 48 días de implantación en el animal de experimentación (figura 3d). Paralelamente, la evolución del proceso de biodegradación *in vivo* es estudiada a través de estudios histológicos de las distintas fases de regeneración ósea formadas ante la presencia del implante.

La figura 4 muestra el diseño de un implante de magnesio, en forma de lámina, el cual ha sido insertado en calo-

ta de conejo para su estudio como posible material barrera que impida la invasión por tejido fibrótico del tejido óseo a regenerar, por ejemplo, en aplicaciones odontológicas. En este caso, el comportamiento frente a la corrosión del material implantado se optimizó mediante la aplicación de tratamientos de conversión química, los cuales destacan por su sencillez, coste y efectividad entre las posibles técnicas de modificación superficial.

En particular, los resultados obtenidos han demostrado que los tratamientos de conversión química en soluciones de ácido fluorhídrico permiten generar recubrimientos de fluoruro de magnesio (MgF_2), los cuales, además de ser protectores frente a la corrosión en medio fisiológico, poseen la ventaja de ser biodegradables y reabsorbibles en el organismo, sin inducir toxicidad.

Por otra parte, a modo de ejemplo para aplicaciones traumatológicas, la figura 5 muestra un clavo intramedular de aleación AZ31 implantado en fémur de rata. En este caso, la misión del implante consiste en soportar las cargas iniciales durante el tiempo necesario para la reparación del

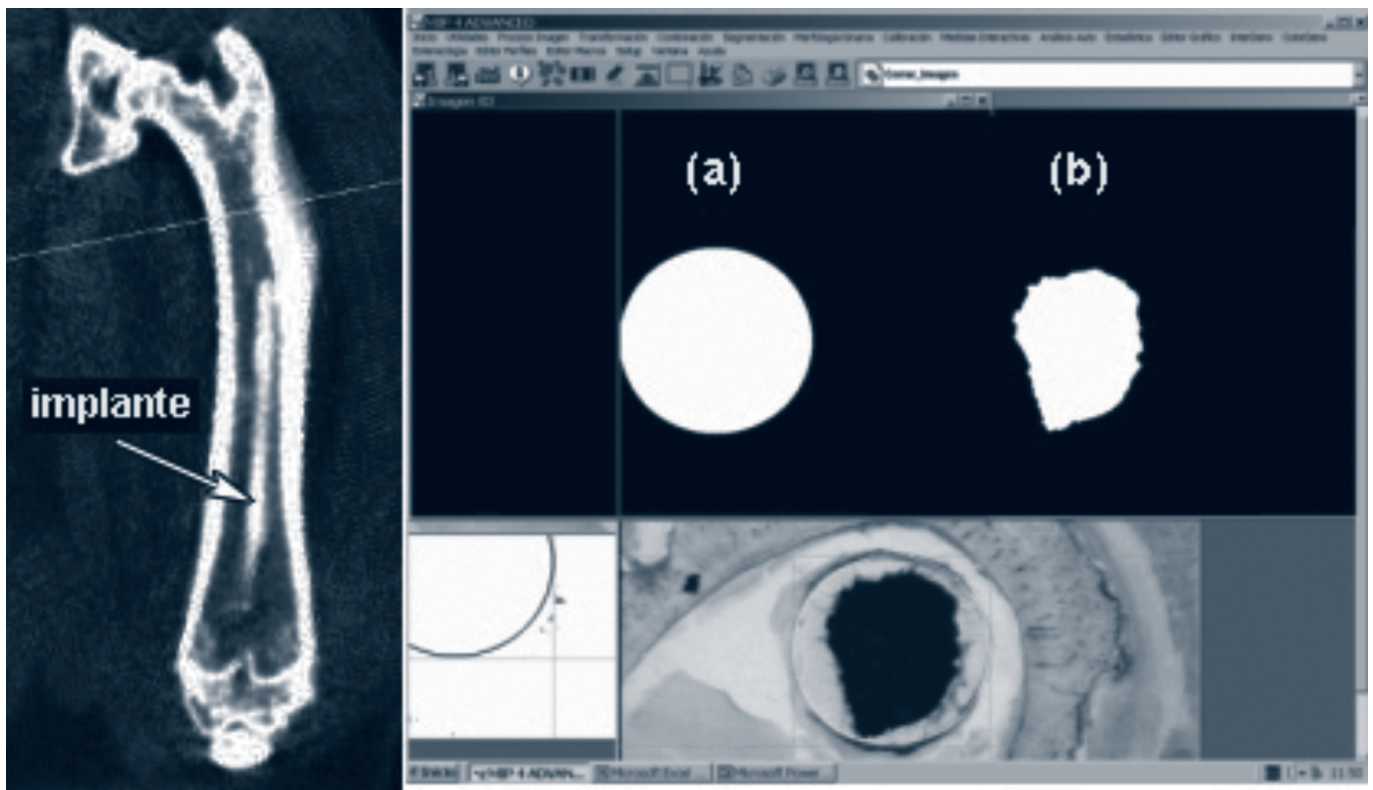


Figura 5. Clavo intramedular de aleación AZ31 con recubrimiento de fluoruro de magnesio en fémur de rata. Valoración de la degradación del implante en su sección transversal: comparativa entre el estado inicial recién insertado (a) y tras un mes de implantación (b).

daño óseo, degradándose gradualmente con el tiempo, tal como se observa en la figura 5, y transfiriendo las cargas de forma progresiva al nuevo hueso.

En definitiva, los resultados obtenidos de los diferentes estudios realizados hasta el momento ponen de manifiesto que se están desarrollando una variedad de materiales metálicos de base magnesio biodegradables y reabsorbibles, con un elevado potencial en un amplio rango de aplicaciones clínicas, especialmente en el campo de la regeneración ósea. ■

BIBLIOGRAFÍA

- M. Staiger, A. Pietak, J. Huadmai, G. Dias. *Magnesium and its alloys as orthopaedic biomaterials: A review*. *Biomaterials* 27, 1728-1734 (2006).
- F. Witte, J. Fischer, J. Nellesen, H. Crostack, A.V. Kaese, A. Pisch, F. Beckmann, H. Windhagen. *In vitro and in vivo corrosion measurements of magnesium alloys*. *Biomaterials* 27, 1013-1018 (2006).
- G. Song. *Control of biodegradation of biocompatible magnesium alloys*. *Corros. Sci.* 49, 1696-1701 (2007).
- M. Carboneras, L.A. Hernández-Alvarado, Y.E. Mireles, L.S. Hernández, M.C. García-Alonso, M.L. Escudero. *Chemical conversion treatments to protect biodegradable magnesium in applications as temporary implants for bone repair*, *Rev. Metal. Madrid* 46(1), 86-92 (2010).
- R.M. Lozano, B.T. Pérez-Maceda, C. Iglesias, J.C. Rubio, C. Clemente, M. Carboneras, J.A. del Valle, M.C. García-Alonso, M.L. Escudero. *Degradación de biomateriales reabsorbibles de base Mg en cultivos celulares de osteoblastos e in vivo*. XXVII Congreso Anual de la Sociedad Española de Ingeniería Biomédica, CASEIB, Cádiz, España, 2009, pp. 39-41.
- M. Carboneras, M.C. García-Alonso, M.L. Escudero. *Biodegradation kinetics of modified magnesium-based materials in cell culture medium*. *Corros. Sci.* 53, 1433-1439 (2011).
- K. Rezwan, Q.Z. Chen, J.J. Blaker, A.R. Boccaccini. *Biodegradable and bioactive porous polymer/inorganic composite scaffolds for bone tissue engineering*, *Biomaterials* 27, 3413-3431 (2006).
- M. Carboneras, L.S. Hernández, J.A. del Valle, M.C. García-Alonso, M.L. Escudero. *Corrosion protection of different environmentally friendly coatings on powder metallurgy magnesium*. *J. Alloys Comp.* 496(1-2), 442-448 (2010).
- K. Chiu, M. Wong, F. Cheng, H. Man. *Characterization and corrosion studies of fluoride conversion coating on degradable Mg implants*. *Surf. Coat. Technol.* 202, 590-598 (2007).
- M. Thomann, C. Krause, N. Angrisani, D. Bormann, T. Hassel, H. Windhagen, A. Meyer-Lindenberg. *Influence of a magnesium-fluoride coating of magnesium-based implants (MgCa0.8) on degradation in a rabbit model*. *J. Biomed. Mater. Res. A* 93A, 1609-1619 (2010).

Los insectos en la alimentación de los pueblos mesoamericanos

AUTORES: J. TELLO, A. MORENO DÍAZ, C. RUIZ OLMOS
Y M. VÁZQUEZ MUNDO
Universidad de Almería. E-mail: jtello@ual.es

En el último marzo, el diario El Mundo, en su sección "Testigo directo" presentaba un sugerente reclamo: "Al rico gusanito". En tipografía con caracteres más llamativos que el texto, subrayaba el título con la siguiente expresión: "Un restaurante berlinés ofrece a sus clientes platos con gusanos, grillos y saltamontes, con una gran aceptación de público". Comprendemos el gesto de rechazo compulsivo de muchos lectores. Pero la supuesta novedad no lo es tanto, al menos en amplias zonas del planeta. Tampoco el rechazo. ¿Qué expresión hubieses puesto Juan el Bautista ante tal anuncio?. Aquel que fue decapitado en la corte de Herodes por capricho – y supuestamente despecho – de la hermosa Salomé. Se nos relata en el Nuevo Testamento como sus ayunos, en el árido desierto, eran enjugados con langostas y no precisamente marinas.

El tema quizás sea tan antiguo como el hombre. Piense el lector, que las hormigas llevan organizadas, como las conocemos en la actualidad, alrededor de 100 millones de años. Y que la lucha por la supervivencia en todos los seres vivos tiene como fundamento el hambre. No es por lo tanto extraño que exista una ciencia denominada Etnozoología y dentro de ella, un capítulo importante, lo compone la Etnoentomología. Ciencia que establece las interrelaciones funcionales entre las sociedades humanas y el mundo de los insectos. Este artículo se ceñirá a la funcionalidad de la entomofagia. Es decir, al consumo de insectos por el hombre.

Los insectos forman parte de los patrones alimenticios tradicionales de numerosos pueblos del planeta. Las abejas en Sry Lanka (antigua Ceilán), hormigas mieleras en Estados Unidos de Norteamérica, grillos e insectos acuáticos en Tailandia, orugas de mariposas en Rhodesia, termitas en diferentes países de África, langostas en el mundo árabe, para no agotar la lista. Se han registrado para todo el planeta más de 600 especies de insectos comestibles. Sólo en Méjico se consumen unas 247 especies. Las cifras pueden parecer muy grandes. Su relatividad, sin embargo, centra el pensamiento de los especialistas que conocen la existencia de, al menos, un millón de especies de estos artrópodos.

Nuestra inclinación hacia el mundo de los insectos nació con la inquietud de conocer sus relaciones con la agricultura. Una curiosidad espoleada por los sucesivos viajes a mesoamérica, donde se practican técnicas de cultivo que están vigentes desde hace dos mil años. En ese acervo cultural se inserta la información contenida en los párrafos que continúan. Párrafos que deben comenzar por la impresión que debió suponer

para los conquistadores españoles comprobar cómo los indígenas mejicanos incluían en su dieta alimenticia insectos. Fray Bernardino de Sahagún, escribía en el Siglo XVI: *una de ellas se llama acachapoli, estas son grandecillas, dizen se acachapoli que quiere dezir, langostas como saetas; porque cuando voelan van recias y rugen como una saeta suelen las comer*. Se refería el fraile a los ortópteros del género *Schistocerca*, que se encargan de formar las temibles plagas de langosta (Figura 1).



Figura 1: Langosta del género *Schistocerca*. El Códice Florentino representa al chapulín con solo 4 patas.

A partir de ahora, las incursiones en el Códice Florentino y en las descripciones de Fray Bernardino salpicarán el relato. Nos ayudaremos, además de dos excelentes trabajos publicados por los profesores de la Universidad Nacional Autónoma de Méjico, Ramos-Elorduy, Pino Moreno y Federico Arana, que hacen gala de una fina ironía hacia la cultura occidental, desde la atalaya heredada de las civilizaciones maya y azteca.

Teniendo en cuenta que parte de la repugnancia que el ciudadano medio europeo siente por los insectos, reside en que habitualmente se les presenta asociados con ciempiés, alacranes, tarántulas y otros artrópodos que son denostados en nuestra cultura, parece necesario presentar a los insectos comestibles agrupados según los órdenes entomológicamente aceptados. Y limitaremos el relato a unos ejemplos, pues sería insoportablemente tedioso para el lector repasar las 247 especies mesoamericanas comestibles.

En el orden **Odonata** se encuadran las conocidas libélulas y caballitos del diablo. Se consumen las ninfas y adultos del género *Anax*. Se comen como si fuesen camarones, hervidos en agua y sazonados con sal.

Chapulines, langostas, grillos, saltamontes, acachapoli son los nombres comunes que reciben algunos miembros del orden **Orthoptera** en Méjico. Unas 27 especies son consumidas en la actualidad en diferentes estados. Las especies de *Schistocerca*, a las que se mencionó anteriormente, de *Melanoplus*, *Sphenarium* y *Taeniopoda* son referidas en el Códice Florentino con bastante precisión. Así, *Melanoplus femur-rubrum* se describe como sigue: *Ay otras que se llaman tiectlichapoli: son medianas y son coloradas, en el tiempo de coger los maycales andan son de comer* (Figura 2). Algunos pueblos las preparan tostándolas y moliéndolas enteras. Otros les quitan cabezas, patas y alas, cocinándolas después. La manera más común de prepararlos, es dejarlos defecar durante un día, hervirlos en agua –el color de su cuerpo vira a rojo como el de los camarones – y secar al sol. Cualquier aderezo, incluso



Figura 2: Otra recreación del Códice de langostas que describe como pintadas a manera de codorniz.

fritos o asados con sal, los hacen un plato nutritivo y sabroso. La abundancia de este grupo de insectos nos la puede dar la población de *Schistocerca*, cuando se organiza como plaga: 115 millones de langostas adultas cuyo peso es de 500 kg·m².

Los piojos, dentro del orden **Anoplura**, son conocidos de todos nosotros. Cada vez menos, eso es cierto. El piojo común, *Pediculus humanus* L., es consumido por gusto en unos casos. En otros, como medida preventiva para evitar reinfestaciones.

Con el nombre común y genérico de chinches se conocen en España a los miembros del orden **Hemiptera**. Según las diferentes familias, en Méjico reciben distintas denominaciones: moscos, axayacati, jumiles, ahuihuilla o ahuihuitle y ahuahutle o aguaucle. Entre todos ellos, merecen especial mención los ahuahutle o aguaucle y los jumiles. En el Códice Florentino se representan los manojos de zacate (Figura 3) – nombre que reciben las plantas de los géneros *Cyperus* y *Carex* – con los huevecillos – de ahí su nombre en náhuatl, adheridos al tallo y a las hojas – que se describe en el texto de la siguiente manera: *Ay unos coquillos del agua que llaman Axaxaiacalt o quatecomalt, son por la mayor parte negros y del tamaño del pulgón de Castilla y de aquella hechura y voelan en el ayre y nadan en el agua, comen los.* Estos chinches de las familias Corixidae y Noctonectidae fueron cultivados en diversos lagos mejicanos. Manojos de plantas ciperáceas se colocaban en el agua y en los tallos ovipositaban los insectos. Al mes se cosechaban los huevos poniendo a secar al sol las plantas, sacudiéndolas después sobre una manta. El consumo en fresco de estos huevos fue denominado por los conquistadores españoles como el *caviar mejicano*. Los jumiles son chinches de la familia Pentatomidae, que se consumen en los estados del interior de Méjico. Una idea de su importancia la da el hecho de que en el municipio de Taxco – famoso por sus minas de plata y orfebrería – exista un templo dedicado a ellos. La fiesta en su honor se celebra el lunes posterior a día de los fieles difuntos (2 de noviembre), que es cuando más abundan. Esta costumbre no es única. Recuérdese el papel del escarabajo pelotero o sagrado entre los egipcios, que pensaban que determinaba el día, la noche y las estaciones del año. En el caso de los jumiles eran asimilados al alma de los difuntos que regresaban para volver a convivir con sus seres queridos. Se ingerían con el significado de que repre-



Figura 3: Huevos de Chinches y manera de "cultivarlos" en haces de hojas de plantas próximas a las de chufas. Obsérvese la cuerda que sujeta los haces de hojas. Así como los adultos haciendo la puesta (del Códice Florentino).

sentaban la presencia del ser querido. No debe extrañarnos esta materialización, no es en la única religión que ocurre. Huelen a chinche y los venden en los mercados preparados con sal y limón. Asados producen un buen aceite, el aceite de jumiles. Numerosas formas más existen de prepararlos para comer y su sabor varía desde muy fuerte para apreciarlos con deleite en la primera ingesta hasta con sabor a manzana.

Los escarabajos recogen a todas las especies del orden **Coleoptera**. Muy común por su papel devorador de pulgones es la mariquita. Entre los vascos recibe el nombre "amona mantagorri", que significa *abuela con el delantal rojo*. También el de maría gona-gorri, que viene a ser *maría falda-roja*. ¿Se imaginan a alguien comiéndose a su abuela con delantal rojo?. El profundo subconsciente aflora de la manera más insospechada. Se consumen tanto escarabajos acuáticos como terrícolas y de ellos tanto su imago como su larva. Los lacustres del género *Cybister* son grandes y se asan con sal. Cuatro familias proporcionan suculentas larvas, entre los terrestres: Cerambycidae, Scarabaeidae, Melolonthidae y Passalidae. Los nombres más comunes que reciben son *gusanos de los palos*, *escarabajo rinoceronte* y *gallina ciega*. Por cierto, que la gallina ciega (*Phyllophaga* sp) es una plaga del suelo en no pocos cultivos de mesoamérica. Quizás el más conocido es el *gusano del maguey*, un curculiónido del género *Sciphophorus* y otros. El Códice Florentino se refiere al género anterior de la siguiente manera: *Ay otros que se llama metzonocuil, tambien se hacen en las rayces de los magueyes, son blancos, ni tienen bien, ni mal.* Estas larvas del maguey se conocen con el nombre de *botija* o *chatita* en algunos estados. Se consumen las orugas en salsa con chiles, o, simplemente, asadas. Su sabor recuerda al de las habas tiernas.



Figura 4: Orugas de los magueyes. Del mencionado Códice.

Las mariposas simbolizaban para griegos, romanos y aztecas, entre otros pueblos, el alma en trance de abandonar el cuerpo. Para los japoneses es el emblema de la mujer. ¡Qué naufragios espirituales no podrán producirse al engullir estos símbolos!. Todos estos insectos se agrupan en el orden **Lepidoptera**. Las familias que ordenan los comestibles son: Megathymidae, Cossidae, Pieridae, Pyralidae, Noctuidae y Saturnidae. La popularidad mundial de algunas de ellas merece unas descripciones un poco detalladas. Comenzaremos por el *gusano blanco del maguey*, *gusanito del maguey*, *meocuil*, *chilocuil*, y tantas otras denominaciones que responden a esa evocada popularidad entre los entomólogos se conoce a la especie como *Aegiale hesperiaris* K. Atendamos a lo que dice Fray Bernardino de Sahagún en el Códice Florentino: *son blancas y muy buenas* (Figura 4). Estas larvas son una delicia y se comen fritas en manteca o molidas en salsa picante. También asadas, con un sabor análogo al del chicharrón. Su mercado esta muy mediatizado y en algunos lugares se sustituyen por orugas que provocan el taladro del maíz (*Heliothis zea*). Es paradigmático en libros de entomología, presentar el enlatado de las larvas, llevado a cabo por alguna



Figura 5: Clásico es en los tratados de entomología el bote de gusanos de maguey en conserva. La imagen evita todo comentario.

empresa mejicana (Figura 5). El *gusano colorado del maguey*, *gusano rosado del maguey*, *chilocuili*, *tecol*, *gusano de sal*, son nombres populares de *Camadia redtenbacheri* H. El Códice Florentino dice de ellos: *Ay otros gusanos, que se crían a las rayces de los magueyes: llaman se chilocuili, son colarados, ni son buenos ni malos* (Figura 6). Se consumen fritos en manteca o asados en su propia grasa. Pero, sin duda, su popularidad se debe a que se ingieren con bebidas embriagantes como el mezcal. La oruga añadida a un litro de mezcal le confiere un peculiar aroma y sabor. Esta costumbre está tan arraigada que se ha llegado a la situación de existir más botellas de mezcal que “gusanos”. A tal punto que la bebida puede llevar el “gusano”, pero de plástico. Es sumamente interesante comprobar como plagas del maíz, del nopal o del maguey sirven para la alimentación humana. Un aprovechamiento impensable en nuestras latitudes.



Figura 6: Gusano rosado del maguey, se utiliza para la bebida embriagadora conocida como mezcal (Códice Florentino).

Hay ciudades en las que han desaparecido hasta las mosca. Este grupo de insectos los ordena la ciencia como **Diptera**. Una aplicación curiosa de las pupas de *Ephydra hians* es su uso en la elaboración de cosméticos, aprovechando las hormonas que contienen.

Es fácil recordad la fábula de Lafontaine sobre la cigarra y la hormiga. La laboriosidad, su recompensa y el desdén es la moraleja que el autor francés pone en boca de la hormiga. Las abejas son un *afrenta para los holgazanes*, escribió el gran tratadista de agricultura Gabriel Alonso de Herrera. Ambos grupos nos introducen en el orden **Hymenoptera**. Son, quizás, los más conocidos en la cultura europea, especialmente las abejas por la elaboración de miel y cera. Pero aquí nos ceñiremos al consumo directo de estos admirables artrópodos y no a sus productos. Entre la familia de las hormigas (Formicidae) son muy conocidos los *escamoles*, *hormigas de guije*, *tecatos* o *maicitos*, que pertenecen al género *Liometopum*. El Códice Florentino describe a los escamoles de la siguiente guisa: *Ay otras hormigas que se crían en tierras frias; son pequeñuelas, son negras y muerden, sus huevos son blancos, en algunas partes las comen y por eso se llaman azcamolty* (en lengua náhuatl, azcatl-hormiga, molli-guisado). Muy consumidas en Méjico, estas hormigas se exportan a Estados Unidos para las mesas de los “gourmets”. Su sabor evoca el de la nuez frita en mantequilla. Los escamoles son realmente los estados larvarios de la casta reproductora, ricos en triptófanos. Las hormigas cortadoras de hojas (*Atta mexicana* B., fundamentalmente) son base de exquisiteces culinarias. En 1882 se escribía de ellas: *los abdómenes llenos de huevos son unas de las más grandes exquisiteces para los indígenas quienes las comen con un poco de sal*. Se consumen

fritas, espolvoreadas con sal. O bien, se muelen y guardan como pasta en frigorífico para después untar en tortillas. Tienen un sabor análogo al de un caldo de cangrejos. De estas hormigas, llamadas *arrieras*, se consumen los adultos de la casta reproductora, que son recogidos cuando salen del hormiguero para efectuar el vuelo nupcial. Toda una técnica han desarrollado los recolectores para atraparlas. Los hormigueros tienen propietarios y son motivo de celosas custodias. Estas hormigas desfoliadoras de cítricos y mangos se describen, también, en el Códice Florentino: *crianse en las tierras calientes y destruyen los arboles y quanto ay, andan en es quadrones como la gente de guerra y llaman las tambien tepeoani, quiere decir destruydoras*. El mencionado Códice hace referencia a una culebra que vive en los hormigueros y es *la madre de las hormigas y que es espantosa*. La creencia sigue extendida en la actualidad, siendo la víbora llamada coralillo a la que hace referencia el texto del siglo XVI. Las hormigas *mieleras*, *mochileras*, *botijas*, *odres*, *vinitos* y otros calificativos hacen referencia a dos especies del género *Myrmecocystus*. Todavía hemos tenido ocasión de comprobar la cara de placer de algunos amigos mejicanos cuando recuerdan el grato sabor de la miel producida por estas artrópodos. Fray Bernardino las describe así: *Ay otras hormigas que llaman nequazcalt; que quiere dezir hormigas de miel; crianse debaxo de tierra y trayen enla cola, una begiguita redonda, llena de miel, es trasparente esta begiguita como una cuenta de ambar es muy buena esta miel y comen la como la miel de aveias*. En el Códice se relata, y en la actualidad se elabora, una bebida alcohólica a partir de la fermentación de la miel.

Las familias Apidae y Vespidae acogen a numerosas especies cuyos productos son más próximos a la cultura europea. La producción de miel de la abeja común (*Apis mellifica* L.) es quizás la más conocida. Sin embargo no es la única. Abejorros (*Bombus* spp), pipioli (*Melipona*) y avispa (*Polybia*) son igualmente explotadas por la producción de miel. Pero, ese nos es motivo para extenderse aquí, aunque junto con la miel y la cera se puedan ingerir las larvas.

Se ha dicho y escrito, por activa y por pasiva, que los insectos se ingieren como recurso extremo para paliar el hambre. Las detalladas descripciones, casi entomológicas, en el Códice Florentino hechas por Fray Bernardino de Sahagún nos pueden ilustrar sobre la sorpresa y admiración de los conquistadores por la ingestión de insectos. Pero podrían indicar, de igual manera, que conformaban los patrones alimenticios de las poblaciones indígenas. Patrones heredados que han conducido a un consumo electivo por parte de dichas etnias que conocen el momento apropiado para su recolección y seleccionan a los insectos por sus bondades organolépticas. En una palabra, por las mismas razones que reclamaba clientela el restaurante berlinés que sirvió de apertura a este artículo.

Los insectos conforman el grupo animal dominante en el planeta. Constituyen las 4/5 partes del reino animal. Abundancia que les ha hecho motivo de explotación en numerosas culturas: alimentación, envasado, cría, etc. ¿Dónde reside su riqueza nutritiva?. Lo veremos en otro artículo. ■

PLACAS DE HONOR DE LA ASOCIACIÓN

Placa de Honor 2011 concedida a José María Guilemany Casademon

Para mí es un gran honor, participar en este acto de la entrega de las placas de honor, que la AEC organiza todos los años, a mí me corresponde, presentar al Profesor José María Guilemany.

Conocí a José María siendo alumno de cuarto curso de la especialidad de metalúrgica, en el año 1976, departamento que dirigía nuestro insigne maestro, el Profesor Felipe Calvo. Recuerdo que mi relación con el Profesor Guilemany, fue en un principio, muy pequeña, pues yo siendo alumno de cuarto curso de la especialidad, bajaba a los laboratorios del sótano, y veía a un profesor, alto, y con barba, que entraba en un pequeño aula y comenzaba a dar sus clases a los alumnos de "metalurgia general". Esto ocurría en el año 1976.

No es hasta septiembre del año 1977, cuando empiezo a interesarme por la microscopía electrónica (comienzo de la tesina), y como no, fue el Profesor Guilemany mi profesor y maestro en este campo. Comencé mi tesis doctoral

en el año 1978, y me incorporé al dpto. Como ayudante de laboratorio en el año 1979. Es desde entonces de donde viene, mi gran admiración y amistad hacia el Profesor Guilemany. No es hasta que uno empieza a trabajar codo con codo con él, cuando se da cuenta, no solo de la cantidad de conocimientos científicos que posee, sino que observas, como poco a poco va abriendo su corazón y te acepta como un discípulo querido. Debo señalar, que tuve un mal comienzo con el Profesor Guilemany, en mi primera intentona de ser miembro del dpto., quizá esto, es lo que me haya hecho ser una persona mejor, más capaz, y sobre todo considerarme un buen amigo suyo. Desgraciadamente es en el, año de la lectura de mi tesis doctoral cuando el Profesor Guilemany se incorpora a la Universidad de Barcelona (año 1982).

Al Profesor Calvo, y al él más concretamente les debo, sus valiosos consejos que me han permitido dedicar toda mi carrera a la enseñanza universitaria y hasta el puesto que ocupo en la actualidad.

También debo indicar que junto a él, he aprendido que el buen hacer es importantísimo en todos los aspectos de la vida, y más en los científicos. Junto a él, aprendí a amar la microscopía electrónica, técnica, de la que considero que es uno de los mejores a nivel mundial.

Después de examinar su excelente C.V., finalizaré señalando que el Profesor Guilemany, es un hombre bueno, serio, trabajador, exigente, y que abre las puertas de su despacho, a todos aquellos que quieran trabajar duro, para la Universidad y la sociedad. Concluiré diciendo que es un hombre de la Universidad y para la Universidad.

El Profesor Guilemany se graduó en Ciencias Químicas en la Universidad de Barcelona en 1970 y siguió trabajando en la misma hasta la obtención del título de Doctor en 1973, con un trabajo de investigación titulado "Use on Scanning Electron Microscopy & Electron Probe Microanalysis in Extractive Metallurgy and Recycling".

Desde 1970 a 1977 fue nombrado Ayudante de Investigación y posteriormente

José María Guilemany Casademon.





José María Guilemany Casademont.

por el Ayuntamiento de Barcelona por la labor investigadora realizada al frente del Centro de Proyección Térmica (CPT) en la Universidad de Barcelona y único en España.

Dentro de la gran diversidad de líneas de investigación que ha desarrollado a lo largo de su vida profesional, tanto sobre Materiales convencionales así como Nuevos y sus Tecnologías, y siempre subvencionadas por la UE, el Estado Español y el Gobierno Autónomo así como por parte de una gran diversidad de empresas privadas, cabe destacar, además de las ya mencionadas, las referentes a materiales inteligentes como Aleaciones con Memoria de Forma, así como recubrimientos obtenidos por Proyección Térmica y sobre el procesado de materiales metaestables y nanoestructurados.

José María Gómez de Salazar
Catedrático de Universidad. UCM

Profesor Adjunto en 1978, en el Departamento de Metalurgia de la Universidad de Barcelona primero y de la Universidad Complutense de Madrid después. En 1982 regresó a la Universidad de Barcelona como Catedrático numerario de Metalurgia Física e Ingeniería de Materiales.

Es autor de más de 600 trabajos de investigación sobre temas diversos englobados en el término general de Estructura/Propiedades de Materiales. Es autor de 10 libros. Durante su actividad académica ha dirigido alrededor de 39 tesis doctorales y está en posesión de 20 patentes relacionadas con procesos de soldadura, fundiciones, aleaciones inteligentes, reciclado de materiales y recubrimientos.

Durante su actividad docente e investigadora mantiene una actividad constante como miembro de Sociedades Profesionales, así fue nombrado Fellow en 1977 de la Institution of Metallurgist (actualmente Institute of Materials, Minerals and Mining), UK. En 1988 fue nombrado miembro distinguido por parte de la Asociación de la Soldadura Española y Secretario del Colegio de Químicos de España. En 1978 fue nombrado Chartered Engineer del The Council of Engineering Institutions, UK. Ha sido director del Departamento de Ciencia de los Materiales e Ingeniería Metalúrgica de la Universidad de Barcelona los últimos ocho años así como Director del Centro de Proyección Térmica desde su fundación en 1994.

En 1977 se le concedió la Medalla de Oro y Premio de la Real Academia Española de Ciencias. En 1982 fue premiado por la International Metallographic Society, USA, por sus trabajos de investigación sobre Microestructura SEM de aceros y fundiciones y más recientemente, en 2006, se le ha concedido el Premio Ciudad de Barcelona a la Tecnología concedido

Placa de Honor 2011 concedida a Miguel Lafarga Coscojuela

El profesor Miguel Lafarga es catedrático de la universidad de Cantabria y científico de prestigio internacional en el campo de la neurobiología, en el que destacan sus investigaciones sobre la organización funcional y dinámica del



Miguel Lafarga Coscojuela.



De izquierda a derecha, Jesús María Rincón, Miguel Lafarga, Pilar Sánchez Testillano y Enrique Ruiz-Ayúcar.

núcleo de las neuronas y de los cuerpos nucleares, y su implicación en diversas enfermedades neurodegenerativas.

Sus investigaciones son además conocidas como estudios pioneros en la validación con las modernas técnicas de biología celular y molecular de los hallazgos de Santiago Ramón y Cajal sobre el núcleo celular, revitalizando con sus publicaciones la figura del Nobel español en el ámbito científico internacional.

Miguel Lafarga se licenció en la facultad de Medicina de la Universidad de Zaragoza en 1969 y se doctoró por la Universidad Autónoma de Barcelona en 1972. Después de un periodo postdoctoral en Barcelona obtuvo la plaza de Profesor titular en la Universidad de Cantabria donde ha desarrollado la mayor parte de su carrera científica y docente.

Desde hace años es Director del Departamento de Anatomía y Biología Celular y lidera el grupo de investigación consolidado de "Biología Celular del Núcleo" actualmente en el IFIMAV, Instituto de Investigación y Formación Marqués de Valdecilla de la Universidad de Cantabria.

Su labor investigadora le ha impulsado a colaborar con numerosos grupos nacionales e internacionales de prestigio en el campo como el de Greg Matera, de la Universidad de Carolina del Norte, el de Carmo Fonseca, del Instituto de Medicina Molecular de Lisboa, o con el de Alberto Muñoz, del Instituto de Investigaciones Biomédicas del CSIC en Madrid. Ha publicado más de 125 artículos en revistas in-

ternacionales incluidas en el ISI, ha dirigido 12 proyectos de investigación y 15 tesis doctorales.

Actualmente su equipo está integrado en el CIBERNED, Centro de Investigaciones Biomédicas en Red de Enfermedades Neurodegenerativas, donde ha realizado sus últimas investigaciones:

– Por un lado, relacionando los cambios en la dinámica de determinados cuerpos nucleares, como los SUMO y los Cuerpos de Cajal, y de sus proteínas constituyentes con enfermedades como la Atrofia Muscular Espinal o la Distrofia muscular Oculofaríngea.

– También ha caracterizado la respuesta celular al daño del DNA en neuronas durante el envejecimiento, cuando aumentan las lesiones al DNA y se pierde eficacia de los mecanismos reparadores, hecho relacionado con enfermedades como el Alzheimer, el Parkinson y algunas ataxias, también durante tratamientos con quimioterapias. Fruto de estos hallazgos ha sido el registro de una patente.

Por esta trayectoria de excelencia científica, sus esfuerzos y hallazgos en el campo de las enfermedades neurodegenerativas y el envejecimiento neuronal, de gran incidencia en nuestra sociedad actual, la AEC concede este año la Placa de Honor al Profesor Miguel Lafarga.

Pilar Sánchez Testillano
Investigador Científico del CSIC

Placa de Honor 2011 concedida a ProRetina Therapeutics

La empresa (*derivada*) de Investigación ProRetina Therapeutics, está situada en el Centro de Investigaciones Biológicas (CSIC) de Madrid y colabora con varias entidades, y se dedica al desarrollo de herramientas farmacológicas para el tratamiento de distrofias hereditarias en la retina, como la retinosis pigmentaria, la retinopatía diabética, el glaucoma o la degeneración macular asociada a la edad.

Esta *spin-off* del CIB ha sido impulsada por el doctor Enrique de la Rosa y ha surgido de los resultados de investigación en "neuroprotección" obtenidos por el Laboratorio de Desarrollo, Diferenciación y Degeneración Celular (Laboratorio 3D) del CIB-CSIC, que dirigen los doctores. Flora de Pablo y Enrique de la Rosa, en colaboración con el doctor Pedro de la Villa, profesor de la Universidad de Alcalá de Henares y el Centro de Biotecnología Animal y de Terapia Génica de la Universitat Autònoma de Barcelona que dirige la profesora Fátima Bosch Tubert, con la misión de desarrollar fármacos para el tratamiento de distrofias y degeneraciones retinianas.

Esta trayectoria de 15 años de investigación representa un proceso de generación y transferencia del conocimiento donde los investigadores responsables han participado de

principio a fin. En el año 2001 el doctor de la Rosa inicia una línea de investigación orientada a caracterizar el posible efecto neuroprotector de la proinsulina en modelos de daño a la retina, ejerciendo una función atenuadora del proceso de muerte celular durante las etapas tempranas del desarrollo del sistema nervioso en general, y de la retina en particular.

Este hallazgo les llevo a plantearse la hipótesis de que la proinsulina también pudiera atenuar la muerte patológica, que ocurre en distrofias hereditarias de la retina. Y además de continuar el trabajo en asociación con la doctora de Pablo, inicia colaboraciones que complementan las capacidades tecnológicas del grupo: El doctor Pedro de la Villa, electrofisiólogo de la Universidad de Alcalá, especialista en la evaluación de la función visual, y la doctora Fátima Bosch, del Centro de Biotecnología Animal y Terapia Génica de la UAB, que aporta su experiencia en el tratamiento de modelos murinos, demostrando que niveles crónicos de proinsulinemia (1-15 pM), obtenidos mediante expresión transgénica de proinsulina humana, son capaces de alcanzar la retina y atenuar la neurodegeneración de los fotorreceptores en el modelo genético de ratones rd10, -modelo murino de la enfermedad *Retinosis Pigmentaria*, de modo que los ratones proinsulina/rd10 presentan mayor número de bastones en la capa nuclear externa y mejor mantenimiento de sus conexiones sinápticas así como mejor respuesta electrorretinográfica de bastones y de conos. El trabajo de

estos investigadores ha dado lugar a una patente que el CSIC, la UAB y la UAH han licenciado a la empresa. Además ProRetina ha obtenido de la Agencia Europea del Medicamento y de la Food and Drug Administration (EE.UU.) sendas designaciones de medicamento huérfano.

En julio de 2007, los doctores de la Rosa, de Pablo, de la Villa y Bosch, con otros miembros de sus grupos, los socios de la consultora Medina-Terrón y Asociados, y el emprendedor David del Val fundan ProRetina Therapeutics, S.L. con la misión de desarrollar terapias para enfermedades degenerativas de la retina, (como la retinosis pigmentaria, degeneración macular, etc.).

Su primer desarrollo PRO-001, cuyo principio activo es una proteína que promueve la supervivencia de células de la retina, está dirigido

Stuart Medina Miltimore.





De izquierda a derecha María del Carmen Risueño, Enrique de la Rosa, Jesús María Rincón y Stuart Medina.

al tratamiento de la retinosis pigmentaria. Aunque pertenece al grupo de las enfermedades raras, ésta es una de las retinopatías hereditarias más frecuentes y se estima que afecta a más de un millón de personas en todo el mundo y a más de 15.000 en España. Los enfermos carecen de tratamiento y sufren la pérdida de visión en muchos casos a partir de la adolescencia por lo que tiene un elevado impacto social y personal.

El 'pipeline' de la empresa incluye también el proyecto PRO-015 que consiste en el desarrollo de una terapia génica para la misma patología; y cuyo principio activo es un factor neuroprotector para el tratamiento de la retinosis pigmentaria. Ésta es una enfermedad degenerativa de la retina de origen genético que produce ceguera en la edad adulta temprana y tiene, por tanto, un elevado coste social y personal. No existe tratamiento eficaz para prevenir, atenuar o curar esta enfermedad.

Además ProRetina ha obtenido de la Agencia Europea del Medicamento y de la Food and Drug Administration (EEUU) sendas designaciones de medicamento huérfano.

La empresa ha recibido financiación de inversores privados, la Sociedad de Desarrollo de Navarra, Sodena, Inve-ready S.C.R., SA, Ccan 2005 Inversiones Societarias, S.C.R., SA y Real de Vellón F.C.R. han entrado a participar en

PRORETINA THERAPEUTICS, S.L. y también ha obtenido ayudas públicas para sus proyectos de I+D a través de los programas Neotec del CDTI, TRACE y Torres Quevedo del Ministerio de Ciencia e Innovación y un préstamo participativo de ENISA.

La empresa mantiene un laboratorio de biología molecular en el CIB-CSIC en virtud de un acuerdo de colaboración con esa entidad. Además la empresa va a trasladar su sede y sus actividades, regulatoria y clínica, a la incubadora de empresas de CEIN.

En base a la relevancia de la aplicabilidad científica de esta Transferencia de Tecnología que ha permitido hacer realidad a ProRetina Therapeutics, los logros obtenidos en tan corto tiempo, dada la importancia de estas enfermedades, que todos conocemos y sabemos como afectan a la vida de las personas, y los esfuerzos para diseñar fármacos, es un placer otorgar la Placa de Honor que promueve la AEC, a dicha empresa de investigación. Recoge la Placa su Director General Stuart Medina, y en justicia hay que mencionar a su impulsor el doctor Enrique de la Rosa y al resto de investigadores que han puesto y están poniendo su esfuerzo en esta empresa y tarea.

María Carmen Risueño
Profesor de Investigación del CSIC

Placa de Honor 2011 concedida a Alejandro Gallego Barrera

Placa de Honor 2011 concedida por su contribución a la divulgación científica y técnica en Agroecología con los excelentes videos que viene realizando y difundiendo como experto en sistemas agrarios mediterráneos Alejandro Gallego Barrera.

La gestión de los agrosistemas debe centrarse no sólo en la calidad de la producción, sino también valorarse por su impacto en el territorio, la viabilidad económica y su compromiso social. Se propone alternativas como es la biodesinfección de suelos en producción vegetal, por ser un concepto más amplio que la biofumigación, mediante el uso de materia orgánica (MO) y recursos locales, que permita reducir el empleo de agroquímicos, tanto fertilizantes como pesticidas, así como costes en la producción, mediante el desarrollo de programas de investigación participativa para la gestión del agrosistema (Bello y col. 2003, 2011, MBTOC 2007, 2010, 2011, Torres y col. 2007, Gallego 2010, 2011, www.vimeo.com/tekieroverde, Castro Lizazo y col. 2011, Díez Rojo y col. 2011, González López y col. 2011, <http://www.marm.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/publicaciones/>).

Biodesinfección de suelos. El manejo de los organismos parásitos o patógenos de plantas se ha centrado en los últimos años en la combinación de prácticas culturales con la aplicación de productos químicos como pesticidas comerciales cuya utilización ha quedado muy reducida por su acción tóxica sobre los seres vivos o su impacto ambiental. Entre las prácticas culturales viene destacando la incorporación de MO, que además de potenciar la fertilidad de los suelos y su actividad biológica, suprime selectivamente a los organismos del suelo patógenos de las plantas, incrementando a los beneficiosos.

Estos planteamientos de manejo en protección vegetal nos ha permitido la utilización de recursos locales, principalmente restos agrarios y forestales, lo que no sólo reduce su impacto sobre el ambiente sino que además tiene un valor económico y social. Estos nuevos planteamientos han permitido el desarrollo de alternativas como la "biodesinfección del suelo", que cuando se complementan con el manejo de la diversidad en los sistemas agrarios permite suprimir fumigantes químicos del suelo como el bromuro de metilo (BM) habiéndose reducido las 60.000 t anuales que se venían a menos del 1% en los Países No-Art. 5º para el año 2013, cantidad que se considera como "usos críticos" que se concentran sólo en EE UU para producción de fresas, ornamentales y hortalizas, así como en viveros de fresas en Australia y Canadá.



Alejandro Gallego Barrera.

Las bases agroecológicas de la biodesinfección de suelos, tomando como modelo a los nematodos, nos permite señalar que la biodesinfección actúa de modo selectivo con la reducción de las poblaciones de organismos patógenos y el incremento de las poblaciones de especies beneficiosas, tanto saprófagos que favorecen la descomposición de la MO como de aquellas otras especies antagonistas o depredadoras que actúan en el control biológico de organismos patógenos.

La biodesinfección de suelos es una propiedad de la MO en general, tanto en estado sólido como es el caso de los estiércoles de origen animal o los abonos verdes y restos agrarios, también pueden actuar como biodesinfectantes restos agroindustriales líquidos como las vinazas o los purines de origen animal, que al descomponerse dan lugar a gases que si se retienen en el suelo pueden tener efecto biocida o biostático, estos procesos han sido denominados "biofumigación de suelos" centrándose principalmente en el efecto fumigante de los gases producidos por la descomposición de las brassicas cuando se utilizan como abonos verdes. Las nuevas alternativa ha dado lugar a un incremento de la rentabilidad de los cultivos y a reducir el impacto ambiental de la agricultura, estos procesos por ser de origen biológico se incluyen en la "biodesinfección del suelo", cuyas características y métodos de aplicación se han descrito en los videos y trabajos de Alejandro Gallego (2010, 2011) constituyendo un concepto más amplio que el de la "biofumigación".

La eficacia de la biodesinfección o de la biofumigación se puede incrementar con el aumento la temperatura durante el proceso (biosolarización), así como por fenómenos de anaerobiosis producidos durante la descomposición de la MO, todos estos procesos están relacionados con la actividad biológica del suelo y junto con los de control biológicos los hemos considerados como parte de la biodesinfección del suelo, que son a su vez el fundamento de las técnicas del "retranqueo" en los enarenados de Almería al enterrar la MO, al mismo tiempo tiene un gran valor agronómico y ambiental por actuar como fertilizantes y reducir el uso de agroquímicos como fumigantes del suelo mediante la utilización de restos agrarios como recursos locales. Por la importancia de la actividad biológica en la eficacia de la biodesinfección de suelos nos ha llamado la atención que al aceptarla como alternativa al BM un fumigante del suelo se le denomine "biodesinfestación", como si el suelo fuese inerte (MBTOC 2007). Por último para lograr el incremento de la eficacia de la biodesinfección de suelos se debe complementar con otras alternativas fundamentadas en el manejo de la diversidad agraria basándose para ello en el diseño de programas de investigación participativa.

Investigación participativa y manejo de la diversidad agraria.
La gestión de los agrosistemas se centra en el manejo de

la "diversidad", no sólo la biológica teniendo en cuenta su funcionalidad, sino especialmente la espacial y temporal.

Es importante la influencia de las diferentes estaciones a lo largo del año, así como la morfología y orientación del terreno, fundamentalmente para los procesos afectados por la influencia del ambiente, cuya armonización permite el desarrollo de diferentes métodos de cultivos, dando lugar a la diversidad cultural, que es fundamental para incrementar la estabilidad y la rentabilidad de los sistemas agrarios, características que son propias de los agrosistemas mediterráneos, entre ellos se destacan los sistemas de dehesas que permiten armonizar agricultura y ganadería, así como los cultivos de platanera en Canarias que con el "enterrado" de restos agrarios y forestales incrementan la diversidad de los suelos.

El análisis del estado actual de la investigación agraria teniendo en cuenta los problemas que nos puede plantear la nueva PAC2013 señala la necesidad de un Plan de Acción para los próximos años que permita desarrollar programas participativos de investigación agraria, teniendo en cuenta no sólo los aspectos productivos sino también la repercusión en el ambiente, la salud y su impacto social para lograr una mayor calidad en la producción.

Se deben priorizar modelos con criterios agroecológicos, donde tanto técnicos como agricultores y ganaderos participan con científicos en el seguimiento de los programas de investigación y desarrollo agrario, donde el conocimiento científico se enriquezca con la experiencia de técnicos agrarios, agricultores y ganaderos.

El Sector Agrario ha de participar activamente en la selección de objetivos y en el seguimiento de los programas de investigación, garantizando el logro de alternativas viables para una producción no sólo diferenciada por su calidad nutritiva sino también ambiental como socialmente comprometida además de reducir los costes económicos. Por último nuestro reconocimiento para aquellos agricultores, ganaderos, técnicos y científicos que han venido colaborando con nosotros en programas de investigación participativa. (Se ha tomado como referencia nuestro trabajo: A Bello, J López-Cepero, JM Torres Nieto. 2011. La biodesinfección del suelo en el manejo de la salud del agrosistema. *Ae* nº6, 2 pp., que junto con las referencias bibliográficas se encuentra en la Web de la Sociedad Española de Agricultura Ecológica, SEAE).

Antonio Bello Pérez
Profesor de Investigación del CSIC
Methyl Bromide Technical Options Committee
(MBTOC, Protocolo de Montreal, Programa
de Medio Ambiente de las Naciones Unidas, UNEP)

Placa de Honor 2011 concedida a CEMEX

La empresa iberoamericana CEMEX (*Cementos Mexicanos*) lleva implantada en nuestro país desde hace unos años en los que ha conseguido revitalizar el panorama empresarial de la producción de cemento en España. A diferencia de los españoles que trasladaron hacia América su tecnología y conocimientos, que también los había en aquel tiempo del descubrimiento y de la conquista de América, es ahora una prestigiosa industria mexicana la que ha venido a invertir en nuestro país, aportando su conocimiento en el campo de la industria y de la comercialización del cemento.

Más bien, me gustaría mencionar de “los cementos”, ya que hoy en día se desarrollan en los laboratorios de todo el mundo y específicamente en el nuestro, especialmente en el CSIC y en su Instituto Eduardo Torroja, todo tipo de variedades del cemento con nuevas prestaciones y capacidades para resolver múltiples problemas, no sólo en la Construcción (en su doble vertiente de la Edificación y la Obra Pública) sino además en la inertización o almacenamiento de residuos de todo tipo y en infinitas aplicaciones que están surgiendo en los laboratorios. En este

sentido CEMEX, desde siempre y sobre todo desde su implantación en España, está realizando un apoyo decidido a la I+D+i haciendo especial énfasis en los temas de energía y sostenibilidad.

CEMEX no sólo está apoyando investigaciones en laboratorios españoles en universidades y centros del CSIC en el campo del clinker y de nuevos tipos de cementos como es el caso de los geopolímeros; sino que, debido al obligado control de las emisiones de CO₂, está realizando investigaciones para asegurar proyectos que permitan usar energías renovables y concentrándose en temas que aseguren: la seguridad, el medio ambiente, la salud, la contribución social y la conservación... y todo ello para promover la aplicación de patrones globales que aseguren a escala mundial una mejor seguridad y tratamiento del medio ambiente en sus instalaciones.

Recientemente ha tenido lugar en la Semana de la Ciencia en Madrid en el pasado 10 de noviembre, una interesante Jornada promovida por el CSIC, IETcc, el IECA y Oficemen, en la que se han revisado los aspectos de la Química del Cemento y la Sociedad. Se ha visto que surgen nuevos tipos de cementos que ya están teniendo aplicaciones en la sociedad, como los cementos de alta resistencia, los microcementos, los conglomerantes hidráulicos de nue-



José Manuel Domínguez.



De izquierda a derecha Jesús María Rincón, José Manuel Domínguez, Enrique Ruiz-Ayúcar.

va formulación, los conglomerantes de alta tenacidad, cementos ultrarrápidos, etc.

A todos ellos, dedica CEMEX líneas de investigación además de las que aseguren una mejor "simpatía" entre la producción y aplicación del cemento y la sociedad. Recientemente además tuvo lugar en Madrid en el pasado mes de julio un importante acontecimiento científico y técnico, que posiblemente haya pasado desapercibido en nuestra sociedad española tan influenciada en estos momentos por "los medios o los efectos mediáticos", y que lamentablemente sigue ignorando muchos acontecimientos y logros científicos que tienen lugar en nuestro país.

Me refiero al recientemente celebrado XIII Congreso Internacional de la Química del Cemento y que ha tenido lugar precisamente en el declarado por la Unesco como AÑO DE LA QUÍMICA como ha sido este 2011. No se pretende que un acontecimiento de esta relevancia pueda competir con la tan deseada celebración de una Olimpiada en Madrid, pero es evidente que la celebración de este congreso internacional que ha congregado en la capital de España a prácticamente todos los científicos, técnicos e industrias del cemento, ha sido un acontecimiento que desde la Asocia-

ción Española de Científicos hemos querido darle la importancia y apoyo que se merecía.

Por esta razón, hace un año concedimos la Placa de Honor AEC-2010 a la doctora Sara Goñi, investigadora del CSIC, IETcc, por sus reconocidas aportaciones en el campo de los cementos belíticos en su carrera científica investigadora, y este año tenemos el honor, nosotros también como asociación que apoya desde su fundación a las empresas que invierten decididamente en I+D+i, a la empresa CEMEX del querido país hermano México por su labor en España y para que siga en esta línea de apoyo al desarrollo de la ciencia a nivel español e iberoamericano.

El Director de Calidad de CEMEX, don José Manuel Domínguez Ruano, recoge la Placa de Honor AEC en nombre de su empresa agradeciendo dicha concesión y valorando el apoyo de todos los científicos y tecnólogos que trabajan en su empresa para la mejora del medioambiente y el incremento del conocimiento del cemento así como de "los nuevos cementos".

Jesús María Rincón
Presidente de la AEC

IN MEMORIAM



Jesús Martín Tejedor

Si el papel en blanco es el obstáculo inicial para el que se enfrenta a la necesidad de escribir, cuando se trata de hacerlo sobre un entrañable amigo desaparecido, acompañado además de cualidades muy poco comunes, se tiene la evidencia de que la dificultad va a reaparecer detrás de cada punto y cada coma. El veintidós del pasado mayo falleció el profesor don Jesús Martín Tejedor, después de una larga enfermedad que sólo su talante humano hizo que no pareciera penosa a cuantos le rodeábamos. Contribuyó también a ello la presencia siempre generosa de Mercedes, su mujer.

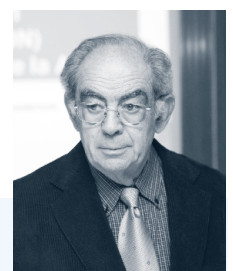
Jesús estaba dotado de multitud de cualidades nada abundantes que hacían de él, sin duda, una persona extremadamente singular. Dedicó su trabajo a la Historia y, en particular a la Contemporánea y, en cierto modo, diría que estaba predestinado para ello. No era sólo el historiador que analiza y discurre sobre los acontecimientos de unos tiempos concretos, es que la Historia le estaba pasando también a él, haciendo bueno aquello de que nada en el mundo le era ajeno.

Su trabajo que se podría incluir dentro de la antropología filosófica, se interesó muy especialmente en las características del mundo religioso en la agitada sociedad del siglo XX. Sus contribuciones al estudio del catolicismo social merecen en este sentido una mención muy especial. No soslayó, sin embargo, el trabajo del erudito contribuyendo en forma relevante, desde su posición de director del departamento de Historia de la Iglesia en el Centro de Estudios Históricos del CSIC, a la construcción del Diccionario de Historia de la Iglesia en España. Pero el campo de sus intereses no se limitaba al mundo de las Ciencias Sociales; doy fe de las interminables y jugosas conversaciones que mantuvimos sobre la perspectiva que de la naturaleza suministra la ciencia de hoy, muy en particular de los desarrollos, que él encontraba fascinantes, de la física

actual; era un convencido de que sólo incorporando la ciencia como ingrediente fundamental al acervo de la cultura se puede llegar a tener una visión cabal de la estructura de la realidad, que incorpore, cómo no, también el fenómeno humano. Esta posición ante el mundo le llevó a interesarse activamente en el entramado de la vida social de la España que le tocó vivir. Conoció bien los intrincados reductos en los que se movía la vida de nuestro país sobre el que tenía una perspectiva extremadamente lúcida. Esta vocación le condujo a la conclusión de la importancia que tiene para España una sociedad civil responsable, organizada y fuerte. Consecuentemente con ello, participó de manera relevante en la Asociación Española de Científicos, de la que fue presidente, estimulando con cadencia anual un galardón, la Placa de Honor de la Asociación Española de Científicos, en la que quería que confluyeran el mundo de la investigación fundamental con el de la empresa y los medios de comunicación, es un acierto en una España que está, yo diría que, en estos momentos dramáticamente obligada a hacer converger todos estos esfuerzos, si es que quiere tener realmente un futuro.

Su presentación de los premiados en las cenas en las que anualmente se otorgaban estas distinciones merecerían publicarse como ejemplo del sesgo que debiera impregnar la vida política y social de nuestro país, que arrastra la rémora de no haber sido capaz de incorporar el desarrollo científico y tecnológico en el entramado social de España. Coherente con su visión del mundo al que ya hemos aludido, entendía que nuestra prosperidad futura va a depender de que sepamos mirar a la ciencia como un quehacer habitual si es que se quiere vivir en el mundo de hoy. En este sentido fue, en buena medida, promotor de la Confederación de Sociedades Científicas de España (COSCE), idea a la que contribuyó en forma decisiva y que se ha convertido en una feliz realidad.

Fue, por último, un hombre bueno que sigue y seguirá siendo lo mejor que se puede decir de un ser humano, descanse pues en una paz que se tiene bien ganada nuestro amigo y presidente, acompañado por el afecto y reconocimiento de todos. ■



ALFREDO TIEMBLO RAMOS

Más de 50 años de
experiencia internacional

Mas de 1.000 plantas
diseñadas y construidas



TECNICAS REUNIDAS

Referencias en
más de 50 países

Más de 6.000
profesionales

Investigamos, Diseñamos y Exportamos
tecnología española y bienes de equipo españoles

Petróleo y gas



Refino y petroquímica



Energía



Infraestructuras e industrias



www.tecnicasreunidas.es

Oficina central:

Arapiles 13 28015 Madrid (España)

Tel. +34 91 592 03 00 Fax +34 91 592 03 97 tr@tecnicasreunidas.es