

LA HORA DEL ASOCIACIONISMO AGROECOLÓGICO

Dentro de tres años termina la ayuda de la UE a la agricultura española. Es del todo sorprendente el silencio reinante sobre tan grave asunto en la política española y en el periodismo. Nadie parece advertir que se nos avecina una nueva transformación del campo español –en realidad de la sociedad española– con el abandono de gran parte de la actividad agraria, el despoblamiento rural en el interior de la península y en buena parte de los sectores montañosos periféricos.

La actual agricultura española vive, casi en su conjunto, gracias a la subvención europea. Sembrar una hectárea española cuesta 140 euros y resulta una actividad ruinoso si no se obtienen 1.000 euros a la recogida de la cosecha. Que no se obtienen en realidad, y se suple con la ayuda europea. La renta agraria española se estima en 225.000 millones de euros. El 27% de esa renta se consigue gracias a las ayudas del PAC (Política Agraria Común). Cuando esta ayuda cese, dentro de tres años, 400.000 empleos agrarios serán abandonados y una población muy próxima al millón de españoles habrá de buscar su acomodo en la costa y en las grandes ciudades en busca de otra clase de subsistencia. Quedarán abandonadas o semidesiertas importantes localidades de la meseta y de la submeseta, cuya resonancia histórica y su aparejo urbanístico forman parte de la identidad de España.

Lo más preocupante de todo esto no es su inexorable cumplimiento así que pasen tres años, sino el silencio al respecto de nuestra nación, de nuestros políticos y de nuestros periodistas. Es pasmosa la importancia que cobran absurdas cuestiones protocolarias, administrativas, de beneficencia o de moral sexual frente a problemas fundamentales de nuestro desarrollo y estabilidad como es la formulación responsable y realista de una política energética o una percepción de la agricultura como fundamento de nuestra convivencia.

El problema del campo es que el conjunto de la nación nunca lo ha tomado en serio. Incluso en tiempo

de Franco se decía –cuando había cambio de Gobierno– que para ministro de Agricultura había que buscar al tonto del pueblo o en todo caso a una persona poco compulsiva y fácil para la resignación. Se suponía que la misión del mundo rural era producir alimentos vegetales y carne, a precios lo suficientemente bajos como para mantener la competitividad de los jornales industriales. El mundo del campo es la historia de un indefectible deterioro “aliviado” por el funcionamiento despiadado de la Hacienda pública, que no dudaba en incautarse de la propiedad de los terrenos por impago de impuestos. Sin olvidar la acción de los intermediarios que llegan a multiplicar por cinco ¡y hasta por diez! los precios pagados al agricultor.

Todo eso es así y es gravísimo. Pero por una vez, y sin que sirva de precedente, podemos advertir que la expectativa anunciada sobre la terminación de las subvenciones podría convertirse en un suceso felicísimo si fuéramos capaces –como se dice coloquialmente– de buscarle la vuelta. Sucede que la terminación de las subvenciones agrarias va a ir acompañada de la implantación de un sistema de financiación para la recuperación y mantenimiento del medio ambiente, y para el fomento de la agricultura ecológica. Y sucede también que este rescate del medio ambiente y esta vuelta a la concepción multiseccular de la agricultura es algo que nos viene impuesto no por las veleidades o gratuitas decisiones de la política agraria, sino por el balance de los resultados a los que nos han llevado las falsas modernizaciones de la actividad agraria.

Particular alarma suscita la pérdida o grave disminución de la biodiversidad en los modernos planteamientos de las políticas agrarias al margen de la ecología. Como dijo Marco Schlüter, director de la Federación Internacional de Movimientos de Agricultura Ecológica (más de 300 organizaciones miembros) en la reciente conferencia de Madrid: “la diversidad de especies y ecosistemas es un valor en sí mismo, pero también es un recurso esencial para la seguridad alimentaria para las generaciones futuras. La pérdida de

Director: Jesús Martín Tejedor
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 Martín Tejedor
Vicepresidente Primero: Jesús María Rincón López
Vicepresidente Segundo: Alfonso Navas Sánchez
Vicepresidente Tercero: Alfredo Tiemblo Ramos
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

Análisis de patrones en el proceso
de transferencia de conocimiento
y tecnología en las empresas españolas
ADELAIDA SACRISTÁN, IBON ITURRIAGA, JUAN ANTONIO
FERNÁNDEZ TELLECHEA Y MIKEL AURREKOETXEA 4

Evaluación rápida de la protección
anticorrosiva de las pinturas (ACET):
un desarrollo universitario llevado al mercado
JORGE VITORES MÁS Y MARÍA JOSÉ GIMENO PÉREZ 12

SPU –Spectrometer Unit– el espectrómetro
del instrumento Raman Laser Spectrometer (RLS)
UNAI GARCÍA FEIJOO, JOSÉ MARÍA ARROYO URBINA,
MARÍA MANUELA FERNÁNDEZ RODRÍGUEZ,
TOMÁS BELENGUER DÁVILA Y PALOMA GALLEGO SAMPERE 16

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

Primera Parte: La Cueva Negra
MICHAEL WALKER*, MARIANO LÓPEZ, MARTÍNEZ,
MARÍA HABER URIARTE, ANTONIO LÓPEZ JIMÉNEZ,
JON ORTEGA, RODRIGÁNEZ, AZUCENA AVILÉS FERNÁNDEZ
Y MATÍAS CAMPILLO BOJ 22

Contribución de la ingeniería a la investigación
y uso del Espacio
ANDRÉS RIPOLL MUNTANER 29

MEDICINA Y SALUD

Nanopartículas magnéticas para biomedicina
A. G. ROCA, M. P. MORALES Y C. J. SERNA 32

PLACAS DE HONOR DE LA ASOCIACIÓN

- Rústicos Extremeños
- Sara Goñi Elizalde
- Alfredo Lacasa Plasencia
- GMV (Grupo Mecánica del Vuelo)
- Antonio Fernández-Rañada
- Laboratorio Gemasbe Analítica 39

la biodiversidad también conduce a grandes pérdidas de bienestar económico y humano. Los servicios que ofrecen los ecosistemas, como la fertilidad del suelo, el reciclado de nutrientes y el secuestro de carbono están disminuyendo. La situación es dramática. Ahora, la UE debe llegar a compromisos serios”

En el mismo escenario de la conferencia de Madrid, Víctor González, también directivo de la mencionada Federación, apoyaba la transformación del subsidio en protección a la biodiversidad: “la agricultura ecológica debe ser un elemento central en la futura PAC (Política Agraria Común), ya que combina la protección de la biodiversidad con la oportunidad de obtener ingresos y contribuye a la vez a la diversidad de las especies silvestres en tierras agrícolas, y a la diversidad de las razas animales y variedades utilizadas en la agricultura. La diversidad de los organismos del suelo es fundamental para preservar sus funciones como la fertilidad, la retención de carbono, los ciclos de nutrientes y, finalmente, la producción de alimentos. La diversidad de las especies silvestres es necesaria para la gestión sostenible de las plagas, y solo una amplia gama de variedades agrícolas y razas en uso nos garantiza que tenemos una reserva de variedades adaptadas a la que podamos recurrir en caso de cambio climático y otros cambios ambientales”. Nada tan elocuente para ilustrar cuanto acabamos de decir como la pandemia que costó la vida –o la emigración a América– a tantos millones de irlandeses que carecían de una variedad diferente de patata cuando en la propia América existían variedades sanas y perfectamente nutritivas.

Pasados los fervores de la agricultura industrial y puestos ya de manifiesto los perniciosos efectos de sus recursos –entre los que destaca el bromuro de metilo, fumigante del suelo para el control de los patógenos de las plantas y destructor de la capa de ozono estratosférica– una gran mayoría de ciudadanos en el mundo saben que nuestra alimentación debe confiarse a una agricultura basada en los principios de la ecología. En realidad, la ecología de los sistemas agrarios es en principio un tema de investigación científica para establecer las bases de gestión de los sistemas agrarios en armonía con el ambiente. Tres proyecciones fundamentales de la agricultura ecológica son: la salud de los ciudadanos, así como el bienestar social y económico de agricultores y ganaderos. Y no deja de ser significativo que para conseguir estos efectos reales se hable crecientemente de la necesidad de hacer una **investigación participativa** en la que el científico aprenda del viejo agricultor.

Quede claro lo más meridianamente posible que la revolución económico-social que va a provocar en España la suspensión de las subvenciones de Europa

al campo español no puede ser la causa capital de la reorganización de nuestra agricultura. Hay que hacerlo, porque hay que hacerlo. Y porque es fundamental para terminar de ordenar territorialmente nuestra nación. Es necesario y de justicia incorporar al campo a nuestra vida nacional. Y es también una fundamental pauta de desarrollo: de nuestro desarrollo concreto y geográficamente predeterminado. Como acertadamente observa, en una valiosa nota que ha tenido la atención de enviarnos la investigadora doctora Celia de la Cuadra: “la agricultura respetuosa con el medio ambiente y que utiliza las variedades locales, trae consigo la recuperación de tradiciones, gustos culinarios y mercados locales que benefician el desarrollo de diferentes negocios (empresas de transformación, tiendas, restaurantes, etc.) El embellecimiento de un panorama agrícola cuando éste es diverso y está bien cuidado aumenta el encanto rural y propicia un turismo en el que el viajero, además de disfrutar del paisaje y la arquitectura, puede comer o beber productos tradicionales o comprar recuerdos gastronómicos o manualidades locales”.

¿Seremos capaces de obrar esta transformación en los tres años que tenemos por delante? La vida política y parlamentaria no invita al optimismo y a la esperanza.

La investigación pública, en cambio, no ha estado ociosa. Hay en España más de 30 bancos de germoplasma que funcionan en Red y conectados con un Inventario Nacional público. El despertar a la Biodiversidad en el mundo, a través de FAO sobre todo, ha tenido como protagonista principal a un español, José Esquinas Alcaraz, que disfruta internacionalmente de un reconocimiento que merecería crecer en su patria. ¿Se imaginaban nuestros atentos lectores que como resultado del Programa Nacional para la Conservación y Utilización de los Recursos Fitogenéticos para la Agricultura y la Alimentación hay registradas en España 1.490 variedades de pimiento y 3.930 de tomate? ¿Encuentran fácilmente en los mercados tomates que merezcan la pena de llevar a la mesa?

Hemos comenzado titulando el presente editorial “La hora del Asociacionismo Agroecológico” y más que una simple observación quisiéramos que este título fuera un grito no exento de angustia. Creemos que la próxima coyuntura agrícola de España requiere unos salvadores, unos emprendedores, unos activadores esforzados y constructivos, que sin esperar mucho del Gobierno y de la Política se lancen a la tarea de reestructurar el campo español. La actual proliferación de asociaciones y agrupaciones profesionales en los ambientes agrarios parecen inducir a una cierta esperanza. ¿Llegarán a tiempo? Lo que está claro es que o ellas o ninguno. ■

Análisis de patrones en el proceso de transferencia de conocimiento y tecnología en las empresas españolas

AUTORES: ADELAIDA SACRISTÁN
Fundación Cotec para la Innovación Tecnológica.
IBON ITURRIAGA, JUAN ANTONIO FERNÁNDEZ
TELLECHEA Y MIKEL AURREKOETXEA
Europraxis

"...ninguna empresa – ni IBM o Microsoft – puede pretender la autosuficiencia tecnológica, por lo que debe aumentar su atención a los desarrollos externos". (Jacques Morin, 1986)

Por qué es tan importante la transferencia de tecnología y conocimiento

La eficiencia de los sistemas de innovación está determinada por su capacidad de transformar conocimiento en riqueza, y la transferencia de conocimiento y tecnología entre los distintos agentes del sistema es determinante para lograr ese funcionamiento eficiente.

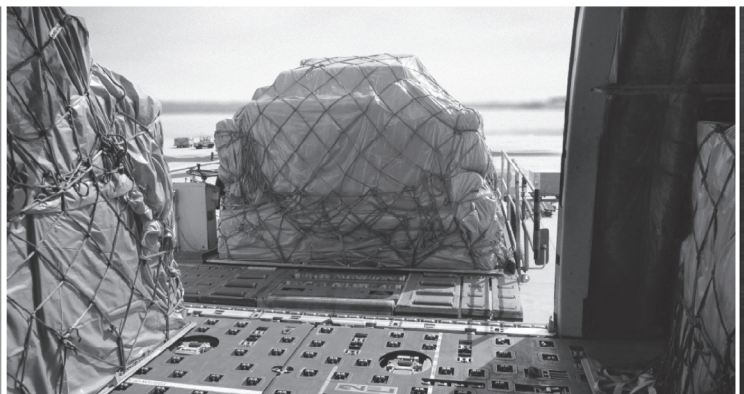
Una economía que quiera basar su competitividad en el conocimiento debe contar con un mecanismo sólido y eficiente de colaboración para lograr transformar el conocimiento en productos y servicios capaces de competir en los mercados internacionales. Esta es la razón por la que esta cuestión es hoy una de las prioridades de las políticas de innovación de todos los países desarrollados.

La transferencia de conocimiento y tecnología es uno de los procesos más susceptibles de mejora del Sistema de Innovación Español...

La transferencia de conocimiento tecnológico a las empresas es todavía hoy un eslabón débil del sistema español de innovación que se manifiesta en, al menos, dos aspectos:

- El reducido número de empresas innovadoras que cooperan, en comparación con las cifras medias de la Unión Europea.

TU FUTURO. NUESTRA MISIÓN.



• El perfil tecnológico medio y medio-bajo de la industria española, con arreglo a la distribución sectorial del número de empresas, en comparación con los países centrales de la OCDE, que, como veremos posteriormente, hace que los mecanismos de cooperación sean menos sofisticados.

A pesar de ello, la transferencia de conocimiento y tecnología es un componente fundamental en el esfuerzo de innovación de las empresas españolas. Atendiendo a las cifras que aporta el INE referidas a 2009, de los 17.637 millones de euros invertidos en actividades de innovación tecnológica solamente el 40% fue ejecutado por las empresas de manera interna, el resto se ejecutó en colaboración bien a través de la subcontratación de I+D, de la adquisición de maquinaria y software o mediante otra fórmula de adquisición de conocimiento externo.

... por lo que son necesarias actuaciones de apoyo

Atendiendo a esta prioridad, la Estrategia Estatal de Innovación (E2i) sitúa a la transferencia de conocimiento como elemento central de sus propuestas de actuación. Los cinco ejes de la Estrategia Estatal de Innovación describen oportunidades centradas en los mercados presentes y futuros de nuevos productos y servicios que pivotan sobre un núcleo central,

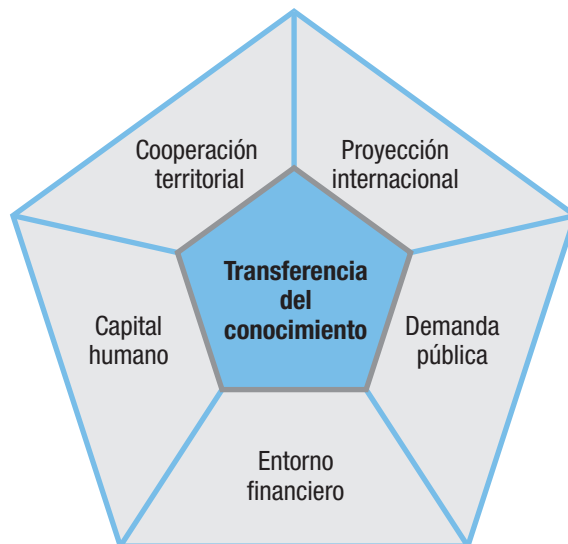
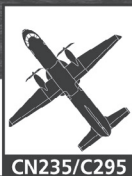
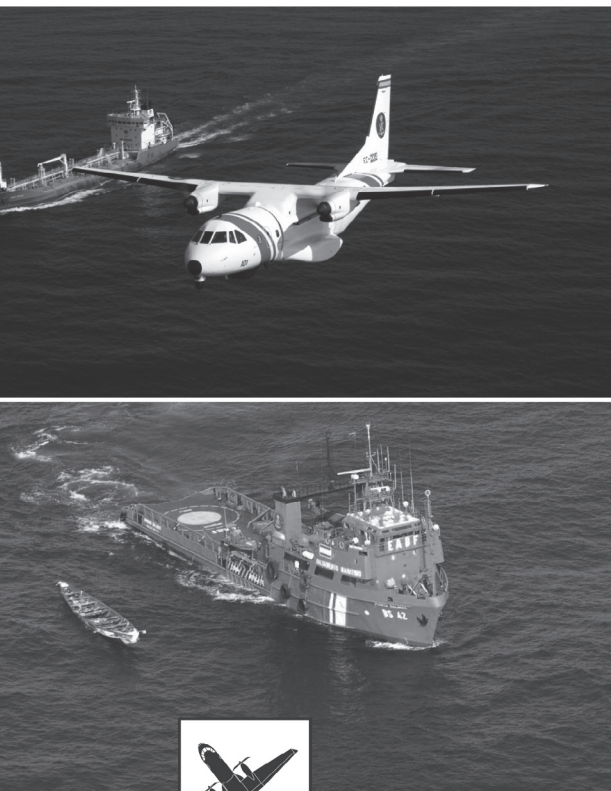


Gráfico 1. Ejes de la Estrategia Estatal de Innovación

que es el conocimiento y su transferencia desde aquellos puntos en los que se genera. Sin embargo, el diseño de actuaciones de apoyo a la transferencia de tecnología y conocimiento no resulta fácil sin un mejor conocimiento del comportamiento de los agentes que actúan en este “mercado”.



La familia de aviones de Airbus Military del siglo 21 presenta la más completa y versátil oferta del mercado. Establecemos constantemente nuevos estándares que permiten cubrir las cambiantes necesidades de las misiones de hoy en día.

Además de transporte táctico y estratégico, tenemos la capacidad de cumplir con los requerimientos de los gobiernos para satisfacer sus compromisos internacionales.

Proporcionamos soluciones tanto para misiones militares como de responsabilidad social, desde transporte de personal o carga, reabastecimiento en vuelo, ayuda humanitaria, salvaguarda de la paz, resolución de conflictos, vigilancia, control de fronteras, rescate, protección del medio ambiente y servicios de emergencia.

Con productos respaldados por la solidez de la red internacional de Airbus, nadie está en mejor posición para afrontar los retos aéreos del presente y del futuro.

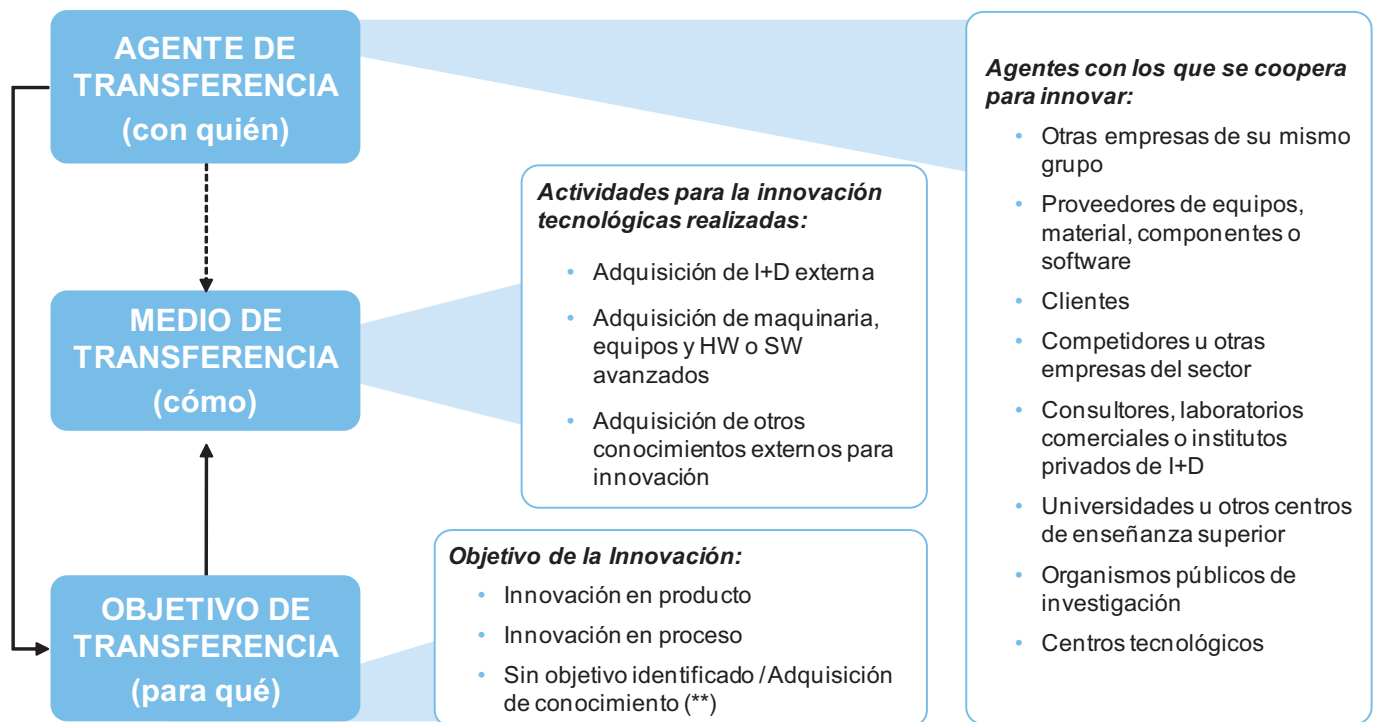


Gráfico 2. Variables seleccionadas para la identificación de los patrones de adquisición de conocimiento externo.



Gráfico 1. Cómo se ha realizado el estudio

Objetivos del estudio

Aprovechando la oportunidad que brinda el Panel de Innovación Tecnológica (PITEC), que puso en marcha en 2004 en colaboración con el INE y la FECYT, Cotec ha elaborado un análisis sobre una muestra cualificada de más de 6.000 grandes y pequeñas empresas, con el fin de conocer cuáles son los patrones de transferencia de conocimiento y tecnología en las empresas españolas y poder comprender el modo en que adquieren conocimiento externo. Este objetivo básico se puede dividir en los siguientes objetivos específicos:

- Identificar el comportamiento de los diferentes tipos de agentes que intervienen en el proceso de transferencia de tecnología.
- Determinar si existen unos patrones de comportamiento.
- Confirmar /matizar con un análisis objetivo algunas de las suposiciones más extendidas respecto a cómo se adquiere conocimiento externo, a cuál es la relación entre agentes y a qué elementos responde.

El panel de innovación tecnológica (PITEC) es un instrumento estadístico, construido a partir de la Encuesta sobre Innovación Tecnológica en las Empresas que anualmente realiza el INE, que ofrece una estructura de datos óptima para analizar la evolución de las actividades tecnológicas de las empresas aplicando técnicas de panel que proporcionan observaciones continuadas en el tiempo so-

Tabla 1. Distribución de las empresas del PITEC por patrones de adquisición de tecnología y conocimiento

Distribución de empresas por patrón (%)	Innovación de producto y proceso	Innovación de producto	Innovación de proceso	Sin objetivo de innovación	Total
Cooperación abierta mediante todo tipo de medios	I (9,8%)				9,8%
Subcontratación de I+D	II, III (12,7%) (4,5%)	IV (8,0%)	V (6,6%)		31,8%
Adquisición de activos	VI, VII (20,7%), (6,3%)	VIII (9,9%)	IX (13,1%)		50,0%
Adquisición de conocimiento: sin innovación de producto y proceso identificada				X (8,4%)	8,4%
Total	54,0%	17,9%	19,7%	8,4%	100%

bre un colectivo determinado de empresas, por lo que resulta idóneo para analizar los cambios que se producen en sus comportamientos.

En el caso de este estudio, la muestra de PITEC ha permitido visualizar cómo adquieren tecnología y conocimiento externo las empresas entre las distintas opciones posibles y con qué agentes se está colaborando para adquirir dicho conocimiento externo: empresas, centros tecnológicos, universidades, etc. A partir de estos dos elementos junto con la interpretación de cuál es el objetivo de la innovación de estas empresas que adquieren conocimiento externo, producto y/o proceso, el análisis ha permitido identificar una serie de pautas comunes y caracterizarlas en forma de patrones¹.

El estudio de Cotec agrupa a las empresas de la muestra en cuatro grandes familias de patrones de adquisición de tecnología y conocimiento externo

La diferencia entre estas familias de patrones descansa fundamentalmente en la variedad de agentes con los que se coopera y en los medios que se utiliza para ello. Son las siguientes:

- *Cooperación abierta*: Basado en la colaboración con todo tipo de agentes para el desarrollo de producto y proceso, uti-

lizando distintos medios de adquisición de conocimiento. El 9,8% de las empresas de la muestra pertenece a este patrón.

- *Subcontratación de I+D*: Caracterizado por el desarrollo de producto y/o proceso de manera más interna y una adquisición de conocimiento externo, basada principalmente en la subcontratación de I+D. El 31,8% de las empresas pertenece a esta familia.

- *Adquisición de activos*: Caracterizado por un desarrollo de producto/proceso realizado de con menores niveles de colaboración que en los patrones anteriores, la ausencia de subcontratación de I+D externa y unos mayores niveles de compra maquinaria y software avanzado. El 50% de las empresas de la muestra responde a este patrón.

- *Sin innovación de producto ni proceso*: Presenta unas características similares a los patrones de subcontratación de I+D en cuanto a cómo se adquiere conocimiento externo y a los agentes con los que se relaciona para la compra de servicios de I+D. El 8,4% de las empresas analizadas pertenece a esta familia.

Los patrones de adquisición de conocimiento externo dependen de la estrategia de innovación de la empresa y de la intensidad tecnológica de su sector

Una de las principales conclusiones del estudio señala que los patrones de adquisición de conocimiento externo dependen de la intensidad tecnológica del sector y de la estrategia de innovación de la empresa, ya que las empresas analizadas de sectores de mayor intensidad tecnológica tienden

¹ Para la determinación de los cluster o patrones se ha seguido la técnica de Análisis de Componentes Principales (ACP). A través del ACP se han identificado 5 factores significativos que permiten alcanzar una varianza explicada total del 56%. Una cifra más que suficiente según los límites establecidos como recomendables en la literatura para garantizar la robustez de la reducción del número de variables (Jong & Marsili, 2006).

Tabla 2. Relación entre patrones, intensidad tecnológica y estrategia de innovación

Distribución de empresas por intensidad tecnológica	Patrón más característico	Objeto de innovación	Estrategia de innovación					
			Predominan patrones de subcontratación de I+D y de cooperación abierta			Predominan patrones de adquisición de activos		
			Empresas líderes		Empresas seguidoras		Empresas menos activas	
Manufacturas intensidad tecnológica alta	Subcontratación de I+D	Producto	IV PROD		II PROD+PROC	VIII PROD	VI PROD+PROC	V PROD
Manufacturas intensidad tecnológica media-alta	Subcontratación de I+D	Producto y proceso	IV PROD	II PROD+PROC	V PROD	X NO PROD NI PROC	VI PROD+PROC	VIII PROD IX PROD
Manufacturas intensidad tecnológica media-baja	Adquisición de activos	Proceso	II PROD+PROC	I PROD+PROC COOP	VIII PROD		VII PROD+PROC GRUPO	IX PROD
Manufacturas intensidad tecnológica baja	Adquisición de activos	Proceso	II PROD+PROC	V PROD	IX PROD		VI PROD+PROC	IX PROD
Servicios tecnología punta	Cooperación abierta	Producto y proceso	I PROD+PROC COOP		IV PROD		VI PROD+PROC	IX PROD
Servicios baja tecnología	Adquisición de activos	Proceso	II PROD+PROC	III PROD+PROC GRUPO	I PROD+PROC COOP	VIII PROD	IV PROD	IX PROD

Cooperación abierta
 Subcontratación de I+D
 Adquisición de activos
 No innova producto/proceso

más hacia patrones de cooperación abierta y subcontratación de I+D, mientras que las de sectores de menor intensidad tecnológica tienden a patrones basados en la adquisición de activos.

En cuanto a la estrategia de innovación, se observa que las empresas "líderes" de la muestra, es decir aquellas con mayor intensidad de innovación y que crecen más que la media, tienden a adoptar patrones más sofisticados, relacionados con la subcontratación de I+D, mientras que las empresas menos activas en su estrategia de innovación adquieren su conocimiento externo a través de patrones relacionados con la adquisición de activos.

La estabilidad en el tiempo de los patrones confirma la subcontratación de I+D como un indicador de referencia para identificar que las empresas innovan de manera sistemática

Atendiendo a cómo evolucionan en el tiempo los patrones de adquisición de conocimiento externo de las empresas, se pueden señalar los siguientes elementos:

- Son los patrones con unos niveles significativos de subcontratación de I+D como medio de transferencia los más estables en el tiempo. Estos son los de cooperación abierta, subcontratación de I+D y los que no tienen identificado el objetivo de innovación.

- Las empresas que realizan cooperación abierta o subcontratación de I+D pueden dejar de hacer adquisición de conocimiento externo pero, sin embargo, siguen teniendo gastos de innovación (I+D interna).

- Cuando las empresas de los patrones que adquieren activos dejan de adquirir conocimiento externo no está tan claro que mantengan sus gastos de innovación.

Las empresas que subcontratan I+D pueden dejar de realizar esta actividad pero siguen ejecutando gastos de innovación mientras que las que adquieren activos no se garantiza que sigan manteniendo sus gastos de innovación.

Las empresas son el agente de referencia en la adquisición de conocimiento externo, muy por encima de otros agentes de la oferta de conocimiento como universidades y OPIs

Otra de las conclusiones del estudio señala que las empresas son el principal agente al que se contrata I+D, superando a los agentes tradicionales de la oferta de conocimiento (universidades, OPI y centros tecnológicos), destacando tanto en términos de porcentaje empresas que les subcontrata I+D como en lo referido al volumen de I+D subcontratado. Será necesario avanzar en otros análisis posteriores qué es lo que se está subcontratando a las empresas bajo el epígrafe de subcontratación de I+D, ya que el volumen subcontratado es lo suficientemente significativo como para tratar de entender a qué responde, sobre todo de cara a replantear la estructura de muchos instrumentos de apoyo o, al menos, el papel que deben jugar los distintos agentes en ellos².

Teniendo en cuenta que en el resto de actividades de innovación (adquisición de maquinaria y tecnología) las em-

² La Encuesta de Innovación no aporta la información necesaria para analizar qué actividad de I+D se está subcontratando a las empresas.

Tabla 3. Evolución en el tiempo: Comparación de patrones entre 2006-2007.

	Cómo se distribuyen en 2006 →	AÑO 2006											Total
		I _{PROD+PROC}	II _{PROD+PROC}	III _{GRUPO PROD+PROC}	IV _{PROD}	V _{PROC}	VI _{PROD+PROC}	VII _{GRUPO PROD+PROC}	VIII _{PROD}	IX _{PROC}	X _{no OBJETIVO}	No se pueden incluir en la muestra	
AÑO 2007	I _{PROD+PROC}	44,63	19,80	1,34	4,03	2,68	7,72	0,50	0,50	1,17	2,18	15,44	100
	II _{PROD+PROC}	5,32	46,10	1,30	4,29	3,64	15,58	0,65	0,52	2,60	2,21	17,79	100
	III _{GRUPO PROD+PROC}	3,68	18,38	22,43	13,97	12,50	5,51	5,51	0,37	2,21	8,09	7,35	100
	IV _{PROD}	5,17	14,26	0,62	44,63	1,45	1,45	0,62	2,69	0,62	8,06	20,45	100
	V _{PROC}	2,73	10,17	0,00	0,99	38,96	1,74	0,00	0,00	15,88	19,35	7,69	100
	VI _{PROD+PROC}	1,99	9,53	0,56	2,86	1,03	23,67	0,56	1,35	4,13	2,38	51,95	100
	VII _{GRUPO PROD+PROC}	4,69	5,21	21,88	5,47	3,65	4,95	11,98	1,82	4,17	2,08	36,72	100
	VIII _{PROD}	1,00	2,50	0,33	9,15	5,16	0,33	0,00	4,99	1,50	16,97	58,07	100
	IX _{PROC}	0,38	1,89	0,13	0,88	5,55	0,38	0,25	6,31	22,45	11,48	50,32	100
	X _{no OBJETIVO}	2,16	5,49	0,39	4,90	7,65	2,16	0,00	7,25	1,76	49,61	24,51	100
	TOTAL	6,85	13,69	2,93	7,39	6,31	8,86	1,33	5,99	2,17	9,95	34,52	100

 Cooperación abierta

 Subcontratación de I+D

 Adquisición de activos

 No innova producto/proceso

Tabla 4. Con quién se subcontrata la actividad de I+D

Distribución de empresas según agente al que subcontrata I+D (%)				
(1) A empresas del grupo	(2) A otras empresas	(3) A asociaciones de investigación e IPSFL	(4) A Universidades y OPIs	Simultáneamente con todos (2)+(3)+(4)
4,4	28,2	12,8	16,9	2,3

Tabla 5. Con quién se coopera para innovar en producto/proceso

Distribución de empresas según agente con el que coopera (%)							
Coopera	Con el propio grupo	Con la cadena de valor	Con competidores	Con consultores, laboratorios	Con Centros Tecnológicos	Con Universidades y OPIs	Simultáneamente con todos
49,8	9,7	24,8	9,0	14,1	18,3	24,7	0,9

presas son también el principal agente, se puede señalar que las empresas son el agente de referencia en la adquisición de conocimiento externo

Las empresas suministradoras de conocimiento y tecnología tienen unos patrones de transferencia poco sofisticados

El estudio identifica los sectores empresariales que proporcionan tecnología a otros sectores, fundamentalmente, a través de la venta de activos tecnológicos. Se trata de empresas relacionadas con la venta de bienes de equipo, informática, telecomunicaciones, etc.; así como de las empresas encuadradas en el sector de suministradores de I+D.

Pese a que se trata de empresas pertenecientes a sectores de actividad críticos como suministradores del conjunto del tejido empresarial, buena parte de ellas presenta unos patrones de adquisición de conocimiento externo de muy bajo perfil ya que, salvo las empresas de comunicaciones y de material de oficina y equipos informáticos, que responden a la familia de patrones de subcontratación de I+D y las empresas relacionadas con la rama de actividad de I+D que responden al patrón de cooperación abierta, el resto de empresas responden a la familia de patrones de adquisición de activos. Es el caso este último de las empresas de sectores de maquinaria y equipo mecánico, maquinaria y material eléctrico, software, otras actividades informáticas y otros servicios a empresas.

Tabla 6. Patrones de adquisición de conocimiento externo de las empresas de bienes de equipo y servicios avanzados

Sectores	Distribución de empresas según agente con el que coopera (%)						
	Coopera	Com el propio grupo	Con la cadena de valor	Com empresas competidoras	Con consultoras y lab. De I+D	% COOP CCTT	% COOP Univ y OPIs
Bienes de equipo	44,7	9,9	22,8	5,9	13,2	18,8	20,0
Servicios avanzados	51,3	9,6	25,9	17,0	11,1	15,5	31,8
Servicios técnicos	58,2	10,6	27,7	12,8	15,2	21,7	33,2
I+D	75,4	13,8	49,2	28,1	36,2	46,2	64,2
Total empresas de la oferta	53,7	10,5	28,4	13,6	16,3	22,3	32,3
	∇	∇	∇	∇	∇	∇	∇
Media de la muestra (6.072 empresas)	49,8	9,7	24,8	9,0	14,1	18,3	24,7

Este hecho puede tener distintas explicaciones relacionadas con que no existe una oferta de conocimiento que responda a sus necesidades, que son un colectivo autosuficiente a la hora de innovar dadas sus necesidades, y/o que su estrategia de innovación es pobre. Lo que es evidente es que no encuentran valor en la colaboración con otros agentes y se limitan a su conocimiento interno.

Ante esta realidad se plantea la oportunidad de llevar a cabo actuaciones específicas sobre este colectivo de suministradores tan estratégico y que, sin embargo, no presenta unos patrones de adquisición de conocimiento externo acorde a su perfil.

CONCLUSIONES

Una economía que quiera basar su competitividad en el conocimiento debe contar con un mecanismo sólido y eficiente de colaboración entre los diferentes agentes del sistema, para lograr transformar el conocimiento en productos y servicios capaces de competir en los mercados internacionales.

La transferencia de conocimiento tecnológico a las empresas es un eslabón débil del sistema español de innovación, por ello, la Estrategia Estatal de Innovación (E2i) sitúa a la transferencia de conocimiento como elemento central de

sus propuestas de actuación. Pero no resulta fácil el diseño de actuaciones de apoyo a la transferencia de tecnología y conocimiento sin un mejor conocimiento del comportamiento de los agentes que actúan en este "mercado".

En el estudio impulsado por COTEC:

- Se han identificado cuatro patrones principales de adquisición de conocimiento/tecnología externo. El patrón más extendido es el de adquisición de activos: soluciones basadas en tecnología disponible mediante la adquisición de activos.

- La subcontratación de I+D es un indicador de referencia para identificar que la empresa innovan de manera sistemática y continuada en el tiempo

- Las empresas son el principal agente de referencia en adquisición de conocimiento externo que realizan las empresas españolas, más que las universidades, OPIs y centros tecnológicos. Se plantea qué hay detrás de este mercado de subcontratación de I+D a las empresas.

- Entre ellas, son particularmente importantes las empresas de bienes de equipo y servicios avanzados, pero su perfil innovador y su patrón de incorporación de conocimiento es de relativamente bajo perfil.

• Los patrones de adquisición de conocimiento externo dependen tanto de la intensidad tecnológica del sector como de la estrategia de innovación de la empresa

La extrapolación de estas conclusiones al conjunto del tejido empresarial español exige determinadas matizaciones a considerar dadas las dificultades asociadas a la Encuesta de Innovación Tecnológica del INE y al universo de empresas del PITEC. Con total seguridad los patrones identificados minusvaloran el peso real de los patrones de adquisición de activos, más evidente en las empresas de menor intensidad tecnológica. ■

BIBLIOGRAFÍA

- Acosta&Modrego. (2001). Public financing of cooperative R&D projects. *Research Policy* 30, 625-641.
- Bozeman, B. (2000). Technology transfer and public policy: a review of research and theory. *Research Policy* 29, 627-655.
- Busom&Fernández-Ribas. (2008). The impact of firm participation in R&D programmes on R&D partnerships. *Research Policy* 37, 240-257.
- Chesbrough. (2003). *Open Innovation – The new Imperative for Creating and Profiting from Technology*. Harvard Business School Press.
- Cohen&Levinthal. (1990). Absorptive Capacity: A New Perspective on Learning and Innovation. *Administrative Science Quarterly*, Vol. 35, 128-152.
- EIRMA. (2003). *Assessing R&D Effectiveness*. EIRMA.
- INE. Indicadores de alta intensidad tecnológica. Lista de sectores de Alta y Media-Alta Tecnología. Instituto Nacional de Estadística.
- Jong&Marsili. (2006). The fruit flies of innovations: A taxonomy of innovative small firms. *Research Policy* 35, 213-229.
- Laestadius. (2005). Towards a new understanding of innovativeness and of innovation based indicators. *Journal of mental changes*, 75-121.
- Lundvall. (1992). *National Systems of Innovation - Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*. Londres: Printer Publishers.
- Pavitt. (1984). Sectoral patterns of technical change: towards a taxonomy and a theory. *Research Policy* 13, 343-373.
- Santamaría&Nieto&Barge-Gil. (2009). Beyond formal R&D: Taking advantage of other sources of innovation in low- and medium-technology industries. *Research Policy* 38, 507-517.
- Segarra&Arauzo. (2008). Sources of innovation and industry-university interaction: Evidence from Spanish firms. *Research Policy* 37, 1283-1295.
- Sohal. (2006). Adoption framework for advanced manufacturing technologies. *International Journal of Production Research* 44, 5.225 – 5.246.
- Veugelers&Cassiman. (2005). R&D Cooperation between Firms and Universities. *International Journal of Industrial Organization*, 355-379.

ANEXO

La clasificación según intensidad tecnológica utilizada en el estudio se ha basado en las referencias de la OCDE y del INE. Se describe en la siguiente tabla.

Tabla 7. Clasificación de sectores por intensidad tecnológica

MANUFACTURAS (incluye las actividades primarias, las industrias energéticas y la construcción)				SERVICIOS	
Actividades de tecnología alta	Actividades de tecnología media-alta	Actividades de tecnología media-baja	Actividades de tecnología baja	Alta tecnología	Baja tecnología
<ul style="list-style-type: none"> ✍ Productos farmacéuticos ✍ Máquinas de oficina y equipos informáticos ✍ Componentes electrónicos ✍ Aparatos de radio, TV y comunicación e instrumentos médicos y de precisión, ópticos ✍ Construcción aeronáutica y espacial 	<ul style="list-style-type: none"> ✍ Química (excepto productos farmacéuticos) ✍ Maquinaria y equipo mecánico ✍ Maquinaria y material eléctrico ✍ Vehículos de motor ✍ Construcción naval ✍ Otro material de transporte 	<ul style="list-style-type: none"> ✍ Caucho y materias plásticas ✍ Productos minerales, metalúrgicos y metálicos (excepto maquinaria y equipo) ✍ Producción y distribución de electricidad, gas y agua ✍ Coquerías, refino de petróleo 	<ul style="list-style-type: none"> ✍ Agricultura ✍ Extractivas ✍ Alimentos, bebidas y tabaco ✍ Textil, confección, peletería, cuero y calzado ✍ Madera y corcho ✍ Papel ✍ Edición, artes gráficas y reproducción ✍ Muebles ✍ Otras manufacturas ✍ Reciclaje ✍ Construcción 	<ul style="list-style-type: none"> ✍ Comunicaciones ✍ Software ✍ Otras actividades informáticas ✍ Investigación y desarrollo 	<ul style="list-style-type: none"> ✍ Venta y reparación de vehículos a motor, comercio al por mayor y al por menor y hostelería ✍ Transportes y almacenamiento ✍ Intermediación financiera, actividades inmobiliarias y otras actividades empresariales ✍ Otros servicios a empresas ✍ Servicios públicos sociales y colectivos

Evaluación rápida de la protección anticorrosiva de las pinturas (ACET): un desarrollo universitario llevado al mercado

AUTORES: JORGE VITORES MÁS

MARÍA JOSÉ GIMENO PÉREZ

MEDCO: Mediciones y Corrosión SL

Se presentan en este artículo los fundamentos básicos de la Técnica Electroquímica Cíclica Acelerada (ACET), desarrollada por la *Universitat Jaume I* y ofrecida al mercado por la *spin-off* Mediciones y Corrosión SL. El ensayo ACET permite en 24 horas determinar la protección anticorrosiva de una pintura, y por su comparación con muestras de referencia predecir su comportamiento en el ensayo de niebla salina.

1. LA CORROSIÓN, LAS PINTURAS

Y LA EVALUACIÓN DE SU PROTECCIÓN

ANTICORROSIVA

Desde el estudio pionero de Hadfield en 1922, se han sucedido numerosos intentos de cuantificar las pérdidas económicas derivadas de la corrosión; con diferencias entre autores y países hay por lo general un acuerdo en cifrar las pérdidas directas anuales por esta causa en un rango entre el 3 y el 5 % del Producto Nacional Bruto, con los países industrializados en el extremo superior de la horquilla. Basándose en estas estimaciones, sólo para España y con datos de 2010 estaríamos hablando de unas pérdidas en este pasado año de entre 41.000 y 68.000 millones de dólares, y para el conjunto del planeta las cifras alcanzarían 1800.000-3.000.000 millones de dólares. El impacto sería todavía mayor si se computasen adecuadamente los costes indirectos, medioambientales y de seguridad, como los derivados de algunas mareas negras o de trágicos accidentes, como el sufrido el 28 de Abril de 1988 por un Boeing 737-200 de Aloha Airlines.

La corrosión en un sentido amplio se define como el deterioro de un material (generalmente un metal) o de sus propiedades debido a sus relaciones con el ambiente; se trata de un fenómeno que ha sido objeto de estudio científico desde hace más de 150 años, pero cuya prevención y control siguen presentando una enorme complejidad debido a la multitud de formas con las que se manifiesta y a la multiplicidad de factores externos que la producen. Para aminorar el deterioro causado por la corrosión, con diferencias en función del material del que se trate y del entorno en el que éste vaya a situarse, hay fundamentalmente cinco estrategias utilizadas aislada o conjuntamente: (1) recubrimientos protectores (orgánicos o metálicos), (2) aleaciones resistentes a la corrosión, (3)



Figura 1: Desprendimiento de fuselaje debido a corrosión y fatiga del metal, producido a 7.300 metros.

plásticos y polímeros, (4) inhibidores de corrosión y (5) protección catódica. Desde un punto de vista técnico, económico y medioambiental y considerando también su función estética, la mejor alternativa para proteger hierros y aceros (la corrosión es la principal causa mundial de consumo de acero, con 5 toneladas "consumidas" cada pocos segundos) viene dada por el uso de pinturas, combinadas en medios de alta agresividad con sistemas de protección catódica.

Siendo la corrosión un fenómeno tan importante económicamente, y el pintado la principal herramienta para su combate, productores y usuarios de pinturas tiene un gran interés en determinar durante cuánto tiempo pueden estos recubrimientos proteger eficazmente el sustrato sobre el que se aplican. Ante la imposibilidad económica y técnica de predecir adecuadamente el comportamiento en condiciones de servicio -aquellas en las que la pieza o estructura pintada va a operar- se han desarrollado distintos ensayos acelerados para estimar la confiabilidad (*reliability*), estos ensayos son usados tanto en el proceso de formulación de pinturas como en el de control de calidad de las piezas pintadas. El principio básico de éstos ensayos es el de la intensificación (cualitativa y/o cuantitativa) del *stress*: si la pieza en condiciones de servicio se ve sometida a un factor que causa su deterioro (*stress*), intensificando éste en condiciones artificiales se acelera su degradación, por lo que una pieza pintada que sujeta durante un periodo de tiempo determinado a un ensayo acelerado no presente fallo (deterioro no admisible), debe funcionar en condiciones de servicio durante un periodo de tiempo muy superior.

Entidades de normalización como ISO o ASTM, y empresas o asociaciones de empresas (particularmente en el

caso de automoción y aplicaciones arquitectónicas) han establecido estándares para la realización de ensayos que reproducen artificialmente factores de *stress* (cambios de temperatura, radiación artificial, ciclos de humedad-sequedad, ataques con sustancias químicas), y para todos ellos se ha desarrollado instrumentación específica (cámaras climáticas en sus distintas variantes). El "estándar de mercado" para la evaluación de las propiedades anticorrosivas lo constituye el ensayo de Niebla Salina, que normalizado en vísperas de la segunda guerra mundial (ASTM B117, equivalente a ISO 9227) encuentra sus orígenes en 1914; este ensayo es utilizado tanto de forma aislada como formando parte de la gran mayoría de los de ciclo combinado (Norsok 501, ISO 20340, ensayos de automoción...) y supone someter a una pieza a unas condiciones de humedad, salinidad, pH y temperatura agresivas y controladas, durante periodos de tiempo que pueden llegar a las 2.000 horas.

Los ensayos acelerados, pese a su aceptación en el mercado por falta de alternativa, son muy cuestionados porque sólo parcialmente pueden simular la multiplicidad de factores que inciden en la corrosión; son un instrumento que pueden predecir la vida de una pintura en condiciones de servicio con una precisión muy limitada, porque sus resultados presentan una correlación muy débil con la duración de las piezas pintadas en condiciones reales.

2. APLICACIÓN DE TÉCNICAS

ELECTROQUÍMICAS PARA LA EVALUACIÓN DE PINTURAS (EIS)

Siendo la corrosión de los metales fundamentalmente un proceso electroquímico, las técnicas electroquímicas han sido utilizadas desde mediados del siglo pasado para su estudio; entre ellas las que mejor aceptación han tenido son las de impedancia y en particular la Espectroscopía de Impedancia Electroquímica (EIS por sus siglas en inglés) basada en aplicar una corriente alterna a un electrodo, en el caso de pinturas un sistema sustrato-recubrimiento, determinando la respuesta correspondiente.

Los fundamentos básicos de esta técnica, dados por la Ley de Ohm, son sobradamente conocidos. La impedancia (Z) describe la resistencia eléctrica de un sistema utilizando corriente alterna ($Z=E/I$) y a diferencia de la resistencia en corriente continua depende de la frecuencia de la señal que se aplique, medida en unidades de Hertz (Hz). Mediante el estudio de la admitancia (Y), que es lo que los equipos electroquímicos pueden medir, se describe la impedancia de un sistema en términos de número complejo, con un componente real (Z') y otro imaginario (Z'').

Utilizando una estación electroquímica puede a distintas frecuencias, bien aplicarse un potencial (E) midiendo su respuesta en corriente (I) o aplicarse una señal de corriente y me-

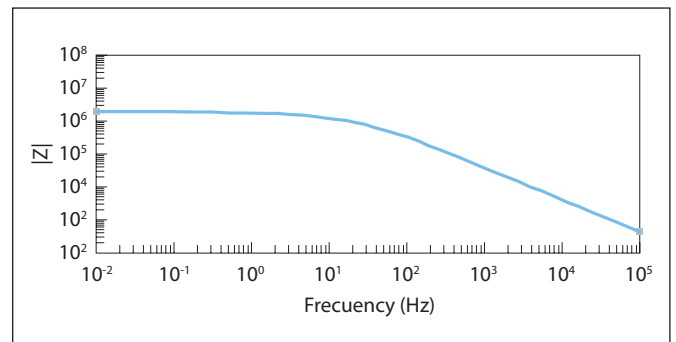


Figura 2: Ejemplo de un gráfico de Bode.

dir la respuesta en potencial; el procesado de las mediciones para una relación de valores de impedancia-frecuencia es lo que denominamos "espectro de impedancias" y es representado utilizando fundamentalmente dos tipos de gráficos:

- Nyquist: que representan $-Z''$ y Z' .
- Bode: que representa diferentes parámetros de la impedancia, bien el módulo ($|Z|$) o el ángulo de fase (ϕ) en relación con la frecuencia.

Además del análisis gráfico, la forma más valiosa de identificar la información proporcionada por la EIS se realiza mediante el ajuste de los datos obtenido para todo el rango de frecuencias a un circuito equivalente que genere la misma respuesta, es decir, a un conjunto de elementos pasivos (resistencias, capacitancias, inductores y otras formas de impedancias distribuidas). Mediante este ajuste pueden estimarse valores de diferentes parámetros eléctricos que se relacionan con las propiedades del sistema estudiado.

La Espectroscopía de Impedancia Electroquímica se ha demostrado de una gran utilidad para el estudio de sistemas complejos y para el análisis de velocidades y mecanismos de corrosión, es una técnica extremadamente sensible que presenta sin embargo innumerables inconvenientes para su aplicación industrial, el principal de ellos para esta finalidad el relacionado con la complejidad de su práctica y de la interpretación de sus datos. Las circunstancias anteriores, además del hecho de tratarse de una técnica de caracterización, que

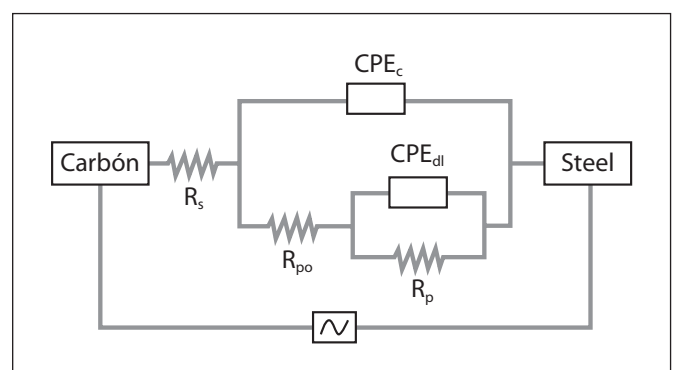


Figura 3. Ejemplo de circuito equivalente.

nos habla de las propiedades de un recubrimiento y sólo indirectamente de su durabilidad, ha limitado su aplicación al ámbito industrial dominado por el paradigma de los ensayos acelerados.

3. EL ENSAYO ACET

Utilizando como base la técnica anterior y prestando una atención particular al mecanismo de fallo, el Departamento de Materiales de la *Universitat Jaume I* de Castellón desarrolló la Técnica Electroquímica Cíclica Acelerada (ACET por sus siglas en inglés) para la evaluación de la protección anticorrosiva de las pinturas. El ensayo en que esta técnica consiste puede considerarse acelerado, ya que tiene sólo una duración de 24 horas, pero su fundamento es radicalmente distinto al de los ensayos a los que nos hemos referido; mientras que los ensayos acelerados "convencionales" someten a las pinturas a agente externos agresivos esperando a que la degradación se produzca, el *stress* de la ACET actúa directamente poniendo en marcha los mecanismos causantes de la degradación.

Los mecanismos más comunes por los que se produce el fallo de las pinturas sobre metales, y que impiden a éstas cumplir su función protectora son la delaminación y el ampollamiento. Estos procesos inician cuando el agua y el oxígeno del ambiente atraviesan la película de pintura a través de poros, defectos o zonas con baja densidad de reticulación. Tras la penetración y en zonas físicamente separadas, se producen la reacción catódica de reducción del oxígeno y la reacción anódica de oxidación del metal. En las zonas catódicas se genera una alta concentración de iones OH⁻, que aumentan el pH del medio y producen la pérdida de adherencia entre el sustrato y la pintura, posibilitando ampollamiento o delaminación, y que el metal quede expuesto al medio. En las zonas anódicas aparecen los signos visibles de la corrosión por la formación de óxido, que pueden causar también la rotura del recubrimiento. Para impedir que este mecanismo se produzca es necesario que las pinturas impidan la actividad en la interfase entre el sustrato y la pintura, lo que exige una alta

protección barrera, una alta adherencia al sustrato, y una alta impermeabilidad que impidan al agua alcanzar el sustrato y romper los enlaces polares, elementos todos que se pueden cuantificar utilizando el ensayo ACET.

En el ensayo ACET, las muestras de pintura aplicadas sobre el sustrato metálico se ponen en contacto con el electrolito (solución de cloruro sódico) y tras una caracterización inicial mediante EIS se someten, bajo parámetros controlados que permitan la comparación, a 6 ciclos de las siguientes 3 fases:

- Polarización catódica
- Periodo de estabilización
- Medida EIS final

Como puede observarse, la Técnica Electroquímica Cíclica Acelerada supone realizar 7 ensayos EIS entre los que media un *stress* para deteriorar el recubrimiento; la comparación de los resultados arrojados utilizando EIS (con modelización utilizando circuito equivalente) permite analizar la evolución seguida por el recubrimiento y la rapidez con la que los cambios se han producido. El deterioro podrá deberse a los siguientes factores: (1) la formación de H² con la consiguiente pérdida de adherencia y formación de ampollas; (2) la apertura de poros por la introducción de especies desde el electrolito y la entrada de éste y (3) la formación de productos de corrosión. Dos son los mecanismos por los que estos fenómenos podrán producirse:

■ Durante la polarización catódica, por la diferencia de potencial generada se va a producir una penetración de cationes (H⁺, Na⁺) desde el electrolito a la película, cuya importancia variará en función de las características del recubrimiento; se generará un desequilibrio de cargas que deberá ser neutralizado a través de la entrada de aniones (como Cl⁻). La entrada y posterior salida de los iones (durante la fase de relajación) producirá una degradación que podrá ser estudiada con el análisis de los espectros.

■ Cuando la permeabilidad y adherencia del recubrimiento permitan la presencia del electrolito en el sustrato, se producirá en la polarización una reacción catódica ($2\text{H}_2\text{O} (\text{l}) + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{H}_2 (\text{g}) + 2 \text{OH}^-$) que implicará la generación de H₂ y OH⁻ produciéndose según el mecanismo antes explicado la delaminación en la pintura y la producción de óxidos e hidróxidos de hierro.

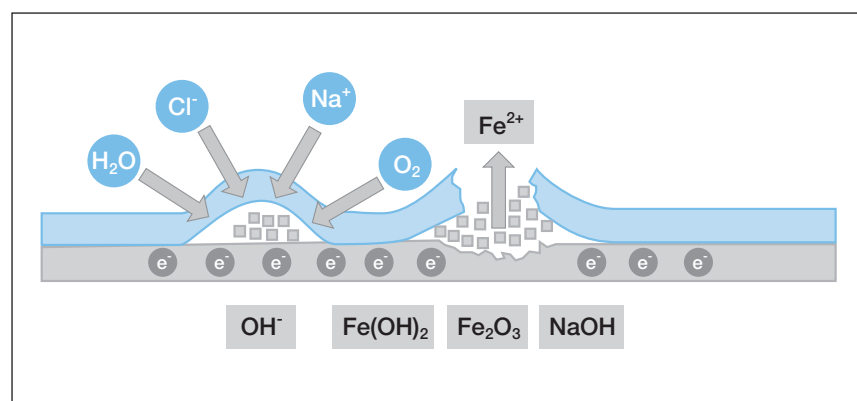


Figura 4. Esquema del proceso más común de fallo en una pintura sobre acero.

El estudio de la relajación permite determinar qué fenómenos se han producido, en su caso cuándo han tenido lugar, y con qué intensidad, ya que el potencial del metal recubierto se relaja siguiendo patrones distintos. Si la reacción catódica ha tenido lugar, habrá una relajación rápida correspondiente

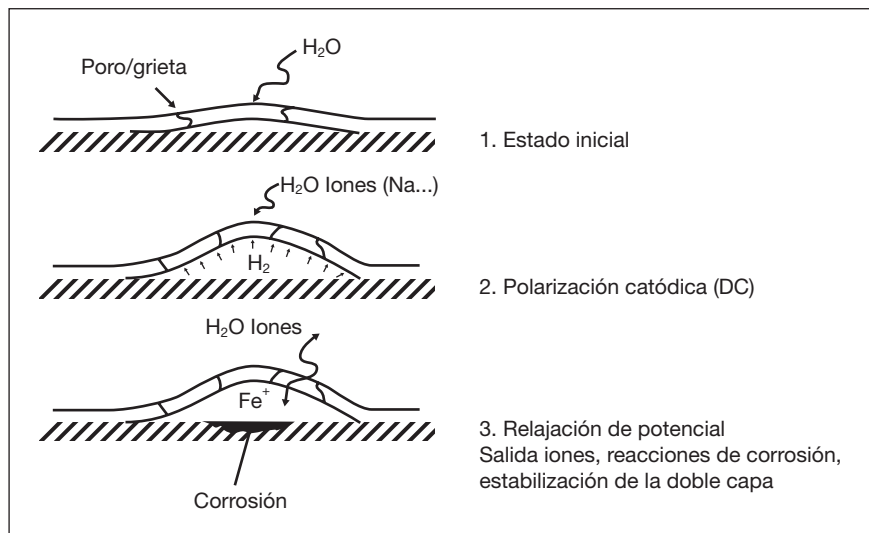


Figura 5. Procesos físicos que tienen lugar durante la realización del ensayo.

con el final de la reacción y una segunda relajación asociada con la salida de iones y electrolito a través de la película, y posiblemente la formación de una nueva doble capa en la superficie metálica; el tiempo necesario para que el electrolito y los iones abandonen la película será elevado, dado que deben atravesar la imprimación. Si la reacción catódica no se ha producido por no alcanzar el electrolito el sustrato, tan sólo tendrá lugar la relajación correspondiente a la salida de iones y electrolito del recubrimiento, que tendrá lugar en periodos de tiempo más altos cuanto mayor haya sido la penetración en la película.

Basándose en la extremada sensibilidad para caracterización de la EIS y en el conocimiento del mecanismo de fallo de las pinturas, se han realizado numerosos estudios para optimizar los parámetros del ensayo (diferencias de potencial, número ciclos, tiempos) y para determinar la relación entre el comportamiento de un recubrimiento sujeto al ensayo y sus propiedades. Resultado de esta labor de investigación, se ha desarrollado un método de evaluación que proporcionando información sobre el modo de fallo, permite predecir en sólo 24 horas la protección anticorrosiva de un recubrimiento.

4. LA EXPLOTACIÓN COMERCIAL: MEDICIONES Y CORROSIÓN SL

La constitución de empresas de base tecnológica (EBTs) creadas específicamente para comercializar los resultados de proyectos de investigación (*spin-offs*), constituye una de las formas de transferencia de tecnología entre los entornos científico y empresarial privilegiadas por las actuales políticas de innovación. Se trata de un mecanismo que debe contribuir a superar la denominada "paradoja europea", el hecho de que aunque la producción científica europea tenga un nivel por lo menos equiparable al norteamericano, sean las empresas estadounidenses las que lleven la delantera en materia tecnológica.

Para proceder a la explotación industrial de este nuevo ensayo, se fundó en Noviembre de 2006 por parte del equipo investigador la empresa Mediciones y Corrosión SL (Medco), a cuyo capital se dio acceso a socios provenientes de empresas productoras de pinturas. La empresa se encuentra en el parque científico y tecnológico de la *Universitat Jaume I* (espaitec), con una localización que permite a la empresa continuar vinculada al entorno Universitario, con acceso a las técnicas instrumentales y al conocimiento científico que en este entorno se genera.

Aunque teniendo un "alma universitaria" y manteniendo estrechas relaciones de cooperación con otras entidades españolas de primer nivel científico, Mediciones y Corrosión es una empresa con una clara orientación a las necesidades de la industria productora y usuaria de recubrimientos, que desarrolla una actividad estructurada en tres líneas:

desarrollo y constante actualización de instrumentación y software propio de tratamiento de datos, para permitir el procesamiento de los resultados del ensayo ACET de forma automática;

- estudio sistemático de la correlación entre los parámetros electroquímicos proporcionados por la ACET y el número de horas que una pintura soporta el ensayo de Niebla Salina, que continúa hoy por hoy siendo el estándar de mercado;

- aplicación del ensayo al desarrollo de nuevos recubrimientos protectores, que otorguen una mayor protección anticorrosiva asegurando una mayor durabilidad y un mayor respecto al medioambiente. ■

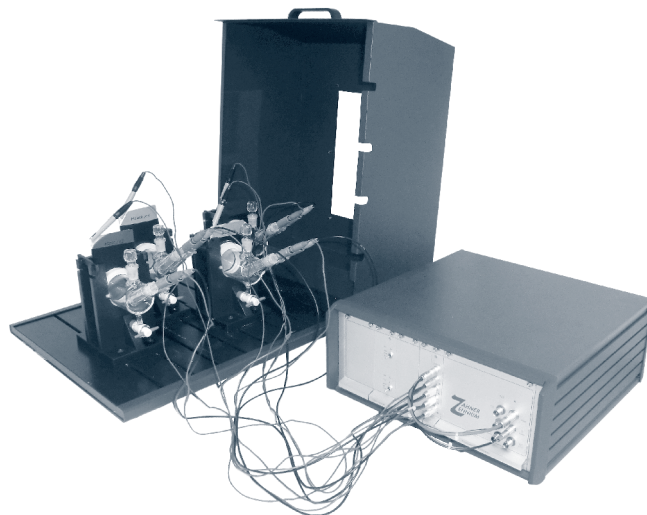


Figura 6: Módulo desarrollado para la práctica del ensayo.

SPU –Spectrometer Unit– el espectrómetro del instrumento Raman Laser Spectrometer (RLS)

AUTORES: JAIME SÁNCHEZ-PÁRAMO¹
UNAI GARCÍA FEIJOO¹
JOSÉ MARÍA ARROYO URBINA¹
MARÍA MANUELA FERNÁNDEZ RODRÍGUEZ²
TOMÁS BELENGUER DÁVILA²
PALOMA GALLEGO SAMPERE²
¹ SENER Ingeniería y Sistemas S.A
² Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial
'Esteban Terradas'

Este artículo fue escrito antes de la publicación del informe de la NASA "NASA Decadal Survey", cuyas conclusiones pueden afectar a la misión Exomars y, por tanto, modificar las características del SPU.

INTRODUCCIÓN

Programa ExoMars

El programa ExoMars de la Agencia Espacial Europea (ESA) está compuesto por dos misiones de exploración a Marte, que se están desarrollando en cooperación con la NASA.

La primera de ellas, cuyo lanzamiento está previsto en 2016, está formada por un orbitador y un demostrador de un módulo de entrada, descenso y aterrizaje denominado EDL (*Entry, Descent and Landing*).

Esta primera misión está siendo liderada por la ESA. El orbitador estará equipado con diversos instrumentos científicos para, entre otros objetivos, estudiar la atmósfera marciana y las trazas de gases como el metano. El módulo EDL estará equipado con diversos sensores para analizar sus prestaciones durante el descenso y el aterrizaje, así como otra serie de sensores para estudiar las condiciones ambientales del lugar de aterrizaje.

La segunda misión, prevista para 2018, tiene como objetivo el envío de dos vehículos Rover a la superficie de Marte. En este caso, la misión está siendo liderada por la NASA, que es también responsable de uno de los vehículos. El otro está siendo desarrollado por la ESA. Ambos vehículos aterrizarán dentro de la misma aerocápsula y serán depositados en el mismo punto de la superficie marciana. El Rover de la ESA estará equipado con un taladro y una batería de instrumentos dedicados a la exobiología y la geoquímica, entre los que se encuentra el Instrumento RLS, *Raman Laser Spectrometer*.



Ilustración 1:
Programa ExoMars
de la ESA-NASA
2016-2018 (Imagen
cortesía de la Agencia
Espacial Europea).

La espectroscopia Raman

La espectroscopia Raman es una técnica utilizada para estudiar modos vibracionales, rotacionales y de baja frecuencia en un sistema molecular. Se basa en la dispersión inelástica, o *scattering* Raman, de una luz monocromática, habitualmente de un láser de longitud de onda visible. La luz láser interactúa con las moléculas, excitándolas con una cantidad determinada de energía. Esa cantidad de energía es específica del enlace químico y la simetría de las moléculas y, por tanto, constituye una huella inequívoca que permite identificar la molécula, su estructura y su simetría.

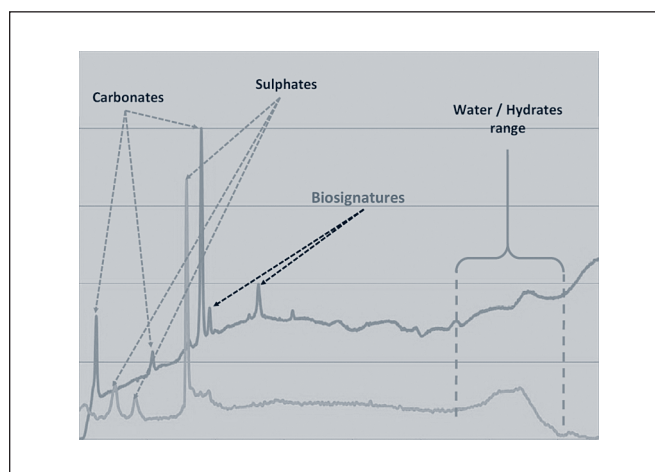


Ilustración 2: Capacidades de la técnica Raman en el rango de 100 a 4000 cm^{-1} . (Imagen cortesía de UVa-CAB).

El instrumento RLS

El instrumento *Raman Laser Spectrometer* está siendo desarrollado por un consorcio internacional en el que participan España, Alemania, Francia, Reino Unido, Holanda y Estados

Unidos. Dicho consorcio está liderado por España, de donde procede el investigador principal del instrumento, el catedrático de la Universidad de Valladolid (UVa) Fernando Rull Pérez, quien también dirige la unidad UVA-CSIC, asociada al Centro de Astrobiología.

La participación española en el desarrollo del instrumento *Raman Laser Spectrometer* está financiada por el Ministerio de Ciencia e Innovación, por medio del Plan Nacional de I+D+i.

Descripción general

El denominado *Raman Laser Spectrometer* realizará espectroscopia Raman sobre muestras en polvo depositadas en un pequeño contenedor. Dichas muestras serán obtenidas mediante la pulverización de los trozos de suelo, extraídos por el taladro del Rover, de profundidades de hasta 2 metros.

La misión ExoMars constituye un verdadero hito científico, pues será la primera vez que un espectrómetro Raman realizará análisis fuera de la Tierra. El instrumento se acomodará y operará en el interior del laboratorio analítico del Rover (ALD – *Analytical Laboratory Drawer*).

El instrumento RLS está constituido por tres unidades principales: el espectrómetro (SPU), el cabezal óptico interno (iOH) y la unidad de control y excitación del instrumento (ICEU); a estas se añaden varias unidades de soporte: el cableado eléctrico (EH), el cableado óptico (OH) y el patrón para calibración, que se utilizará para la calibración en vuelo del instrumento. Adicionalmente, el instrumento también está equipado con un software (SW).

El flujo de trabajo del instrumento será el siguiente: la muestra se iluminará a través de la óptica del iOH, con la luz láser proveniente del láser de diodos verde (531,45 nm) alojado en la ICEU. La señal Raman producida por la mues-

tra será colectada a través del cabezal óptico interno, filtrada y distribuida mediante una fibra óptica al espectrómetro (SPU). En el espectrómetro, la señal Raman será enviada a través de una red de difracción al sensor CCD. La imagen obtenida por el CCD será procesada por la electrónica de proximidad (FEE), que forma parte de la ICEU. Finalmente, la información procesada será transmitida al Rover.

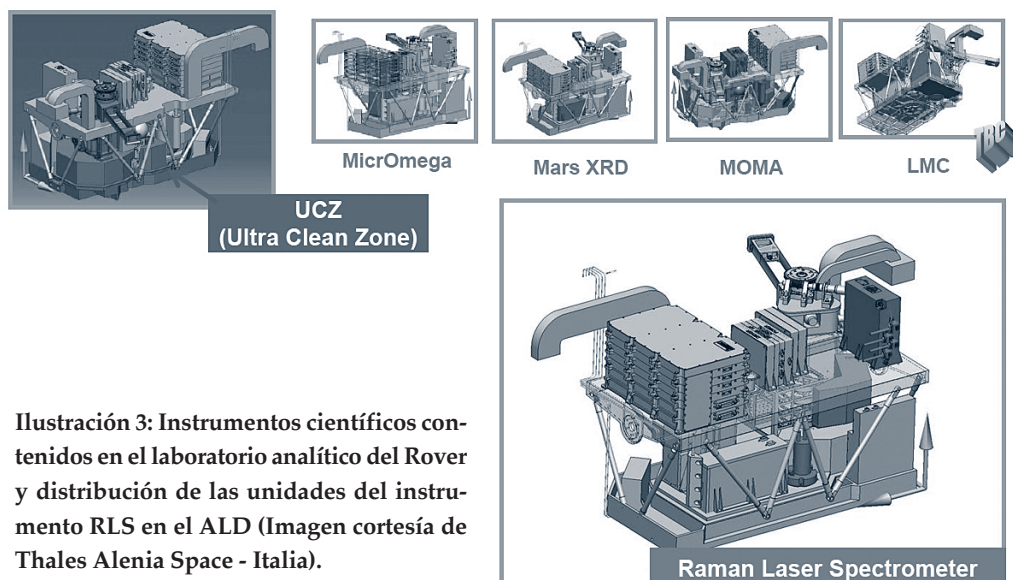
SPU – el espectrómetro del instrumento RLS

En el desarrollo del espectrómetro SPU del instrumento RLS participan empresas e instituciones de España, Reino Unido y Alemania. Este consorcio internacional está liderado por el Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial ‘Esteban Terradas’ (INTA) como último responsable del diseño y fabricación de la unidad.

El Reino Unido se encarga del diseño y desarrollo del sensor CCD, el dispositivo termoelectrónico encargado de su refrigeración y el cableado asociado, así como de la electrónica de proximidad asociada al sensor incluida en la ICEU.

Alemania tiene asignada la responsabilidad del cableado óptico de todo el instrumento y, por tanto, su participación en el desarrollo del espectrómetro consiste en proporcionar el receptáculo que conecta la fibra óptica con la unidad SPU.

El consorcio español está formado por el INTA y la empresa SENER Ingeniería y Sistemas. En la fase actual del proyecto, el INTA, además de ser el máximo responsable en el desarrollo de la unidad al ostentar la jefatura de proyecto, tiene asignadas las tareas de diseño óptico, fabricación de un prototipo o *breadboard* del espectrómetro y validación de las redes de difracción. Por su parte, SENER Ingeniería y Sistemas se responsabiliza del diseño mecánico, térmico y estructural, de las actividades de ingeniería de sistemas, calidad y protección planetaria, así como del liderazgo técnico de la unidad.



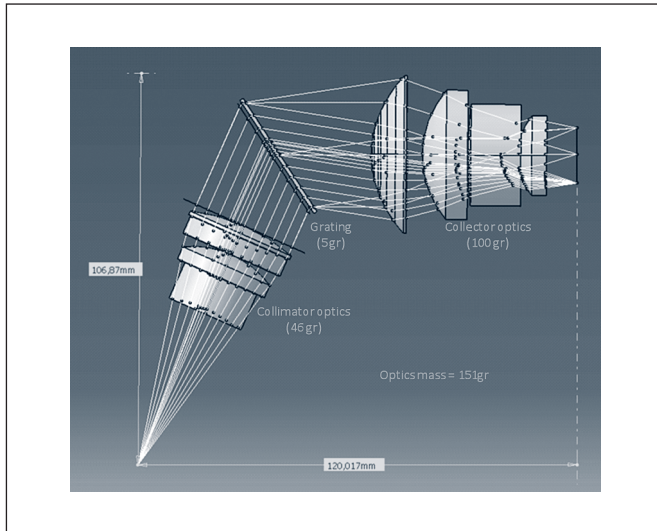


Ilustración 4: Diseño óptico del espectrómetro SPU.

Descripción general

La unidad SPU es un espectrómetro de transmisión cuyo plano focal implementa un CCD de Si de 2048 x 512 elementos de $15 \times 15 \mu\text{m}^2$.

La misión del espectrómetro SPU es producir la dispersión espectral de la señal Raman, colectada por el cabezal óptico interno y transmitida por la fibra óptica, sobre el CCD y registrar y transmitir la imagen formada en la superficie del sensor a la electrónica de proximidad situada en la ICEU.

El espectrómetro SPU está formado por los siguientes componentes y subsistemas:

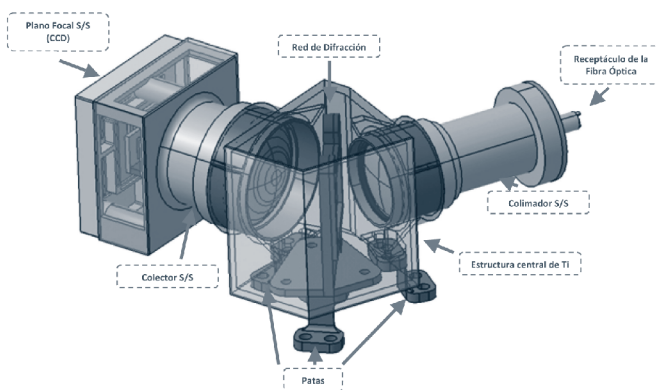


Ilustración 5: Modelo 3D del espectrómetro SPU.

Receptáculo de la fibra óptica

La señal Raman colectada por el cabezal óptico interno es transmitida hasta el espectrómetro por medio de una fibra óptica multimodo con un núcleo de $50 \mu\text{m}$ de diámetro. El receptáculo de la fibra óptica constituye la interfaz mecánica y óptica entre la fibra óptica y el espectrómetro SPU.

Colimador S/S

El subsistema del colimador está formado por un grupo de cuatro lentes, un barrilete de Ti que proporciona el soporte mecánico a dichas lentes y un control térmico sencillo. La función de este elemento es transformar el haz divergente producido por la fibra óptica en un haz de luz colimado que incide sobre la red de difracción.

El correcto alineamiento de las lentes que forman el colimador se obtiene mediante el uso de anillos, espaciadores y retenedores, enroscados en la parte interior del barrilete.

Red de difracción

Como se ha mencionado anteriormente, SPU es un espectrómetro de transmisión; es decir, está basado en el uso de una red de difracción de transmisión que produce la dispersión espectral de la luz cuando es atravesada por la misma.

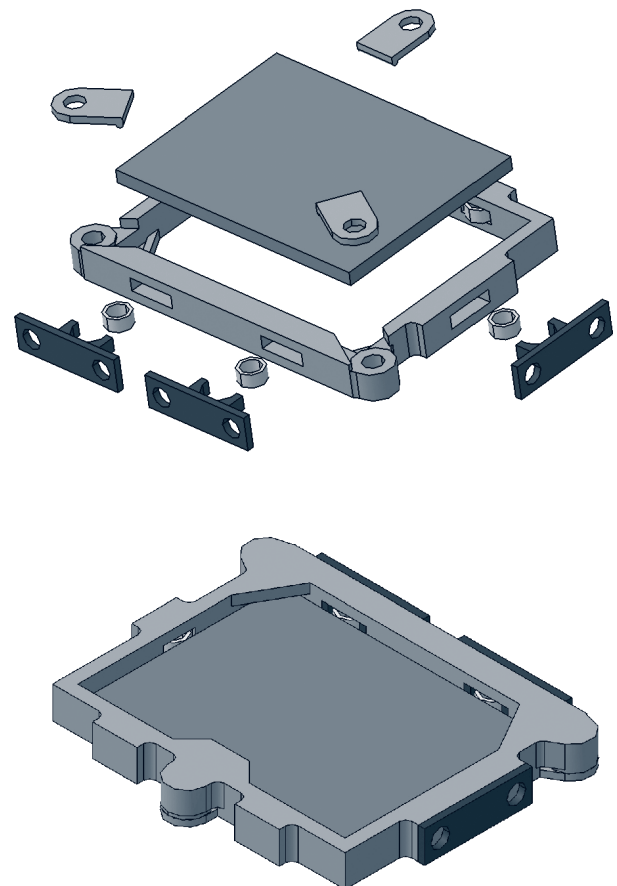


Ilustración 6: Modelo 3D de la red de difracción y su soporte.

La luz colimada incide con un ángulo determinado sobre la red de difracción la cual dispersa espectralmente la luz que es colectada por el colector. La red de difracción es una red holográfica de volumen (*Volume Phase Holographic*,

VPH) y es la que proporciona su funcionalidad al espectrómetro, al permitir a la unidad separar las distintas líneas espectrales de un espectro Raman en diferentes columnas del CCD.

Colector S/S

El sistema del colector está formado, al igual que el colimador, por un grupo de cuatro lentes, un barrilete de Ti que les proporciona soporte estructural y mecánico y un control térmico sencillo. Este sistema óptico colecta la luz difractada por la red y la enfoca sobre la superficie del detector. De este modo, produce una imagen individual de la fibra para cada longitud de onda presente en el espectro Raman.

El correcto alineamiento de las lentes del colector se obtiene mediante el uso de espaciadores y anillos retenedores enroscados en el interior del barrilete de Ti.

Plano focal

El plano focal del espectrómetro SPU está formado por el sensor CCD, controlado térmicamente, y por un soporte que permite la correcta alineación del sensor. El CCD transforma los fotones en voltajes que pueden ser amplificados, digitalizados y registrados por la electrónica de proximidad situada en la ICEU en función de la longitud de onda.

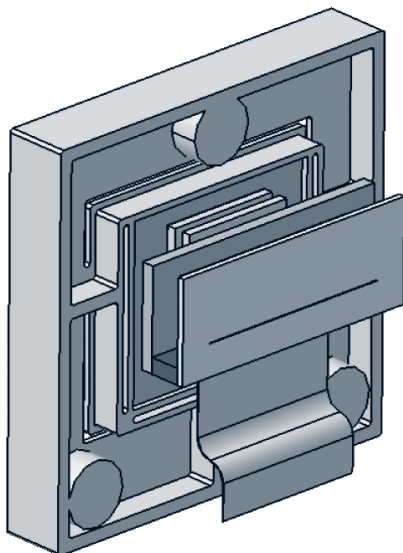


Ilustración 7: Modelo 3D del plano focal del espectrómetro y su soporte.

El subsistema del CCD está compuesto por el CCD propiamente dicho, el dispositivo termoeléctrico (TEC) encargado de su refrigeración, un escudo que protege el sensor

de la radiación y la luz difusa no deseada, un sumidero de calor y un cable flexible encargado de transmitir los voltajes no amplificados generados en el CCD hasta la electrónica de proximidad.

Este subsistema es responsabilidad en su totalidad de la Universidad de Leicester, en el Reino Unido.

Estructura central de Ti y soportes de la unidad

La estructura central de Ti supone el principal elemento estructural del espectrómetro SPU. Su misión es proporcionar a la unidad la rigidez y robustez necesarias, así como permitir la integración de los distintos elementos óptico-estructurales.

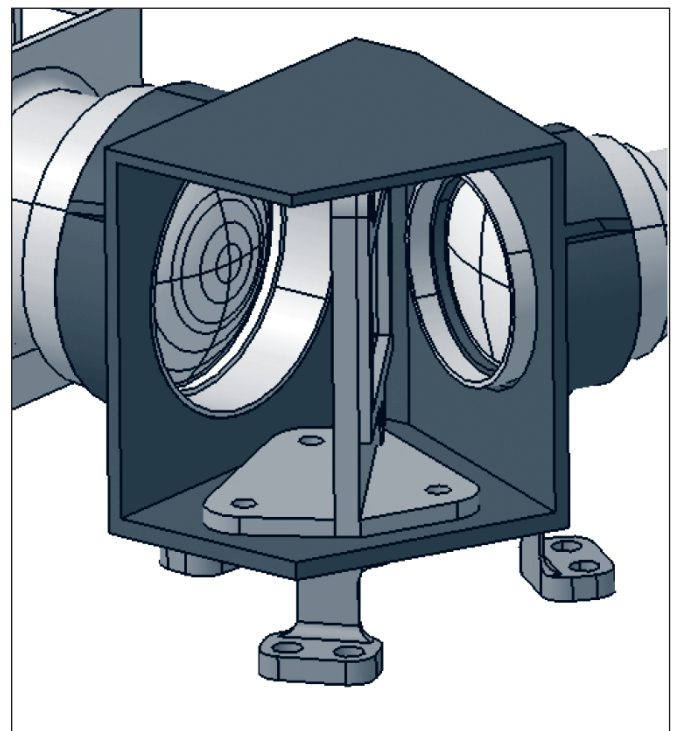


Ilustración 8: Modelo 3D de la estructura central de Ti y de las patas que soportan la unidad y la fijan al ALD del Rover.

Además, a dicha estructura van fijados los tres soportes o patas del espectrómetro que soportan la unidad, la fijan al ALD del Rover y suponen la única interfaz mecánica con el mismo. Estos soportes se encuentran colocados en una distribución isostática, a fin de asegurar que las deformaciones sufridas por la I/F con el vehículo no se transmitan a la unidad.

Principales prestaciones del instrumento RLS

Las principales prestaciones del espectrómetro SPU son:

- Rango espectral: 200 – 3800 cm^{-1} .
- Resolución espectral: 6-8 cm^{-1} .
- Rango de temperaturas operativas: -40°C – $+6^{\circ}\text{C}$.

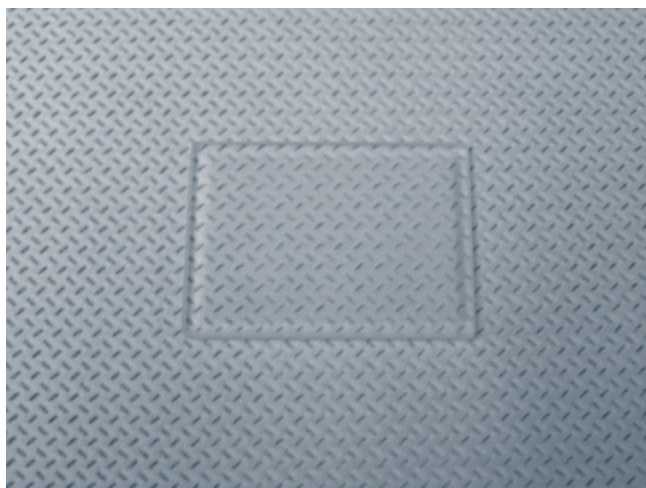


Ilustración 9: A la izquierda, una fotografía de una de las redes de difracción holográficas de volumen empleadas en el desarrollo del espectrómetro SPU. A la derecha, una fotografía de la campaña de irradiación con protones de la red de difracción realizada en el PIF (Proton Irradiation Facility), en Finlandia.

- Diámetro de la fibra de entrada: 50 μm .
- Precisión espectral: $\approx 1 \text{ cm}^{-1}$ (necesario post-procesado)
- Transmitancia total (*Optical Throughput*): $>30\%$

El reto de diseñar un espectrómetro Raman para Marte

El instrumento RLS supone el primer intento de realizar medidas de espectroscopia Raman fuera de la Tierra. El desarrollo de un instrumento de estas características para su operación en la superficie de Marte supone un gran reto tecnológico y científico, debido a las difíciles condiciones ambientales a las que el instrumento se verá sometido, tanto durante el despegue como en el viaje a Marte, el aterrizaje y a lo largo de su operación en la superficie marciana. Vibraciones y cargas mecánicas, radiación, bajas presiones y vacío, grandes variaciones de temperatura, polvo, contaminación y los requisitos de protección planetaria son algunas de las condiciones a las que el instrumento RLS deberá enfrentarse.

En particular, el espectrómetro SPU debe ser diseñado para soportar las vibraciones, cargas mecánicas e impactos que sufrirá durante el despegue, el viaje a Marte y el posterior aterrizaje en la superficie marciana, la radiación que recibirá durante el viaje y durante la operación en la superficie de Marte, las variaciones de temperatura a lo largo de la misión y entre el día y la noche marcianos, el vacío del espacio exterior y las bajas presiones atmosféricas existentes en Marte. Y, todo ello, manteniendo unos niveles de limpieza y contaminación que no comprometan su funcionamiento ni su compatibilidad con los requerimientos de protección planetaria.

Todos estos requisitos imponen fuertes restricciones sobre los materiales utilizables, así como la necesidad de reali-

zar un diseño específico, tanto óptico como termo-estructural, para las condiciones de la misión.

Desde el punto de vista del diseño óptico, el Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial está trabajando en la selección y calificación de materiales y componentes ópticos y en el diseño de una óptica capaz de trabajar en un amplio rango de temperaturas y deformaciones elásticas.

En el ámbito de los materiales, el INTA está realizando una extensa labor de selección y pruebas de vidrios ópticos que permita asegurar su resistencia a la radiación y la no degradación de sus prestaciones a lo largo de la vida de SPU. Igualmente, la red de difracción holográfica de volumen (*Volume Phase Holographic*, VPH) está basada en una tecnología innovadora en el sector espacial, que carece de herencia de vuelo. Por este motivo, se está realizando una campaña de validación de dicha tecnología que incluye, entre otros ensayos, pruebas de vacío, de ciclado térmico, de radiación gamma, de radiación con protones, de vibración, de choque...

Desde el punto de vista termo-estructural, la unidad debe ser diseñada de forma que las variaciones de temperatura, las vibraciones, las cargas mecánicas y los choques experimentados no produzcan deformaciones, distorsiones o alteraciones de los elementos ópticos que afecten a las prestaciones de la unidad: resolución, precisión, estabilidad, enfoque, coeficiente señal/ruido...

Para conseguir este fin, SENER Ingeniería y Sistemas está desarrollando un diseño termo-estructural del espectrómetro cuyas principales características son:

- Un control térmico pasivo, que minimiza las deformaciones y los gradientes térmicos sufridos por el colimador, el colector y la red de difracción.

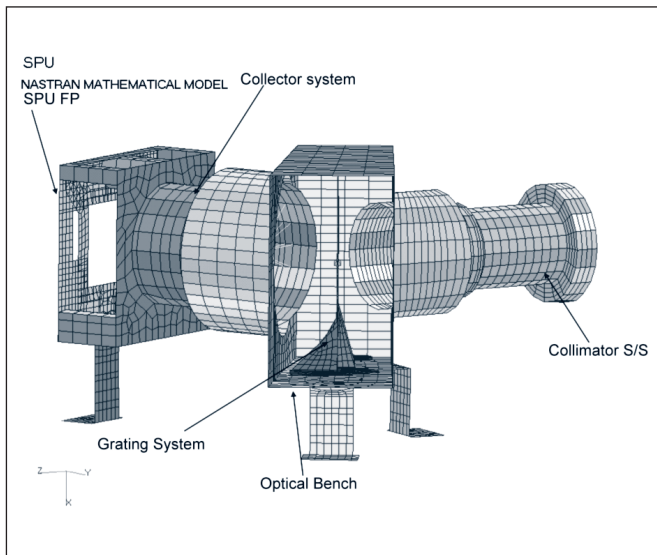
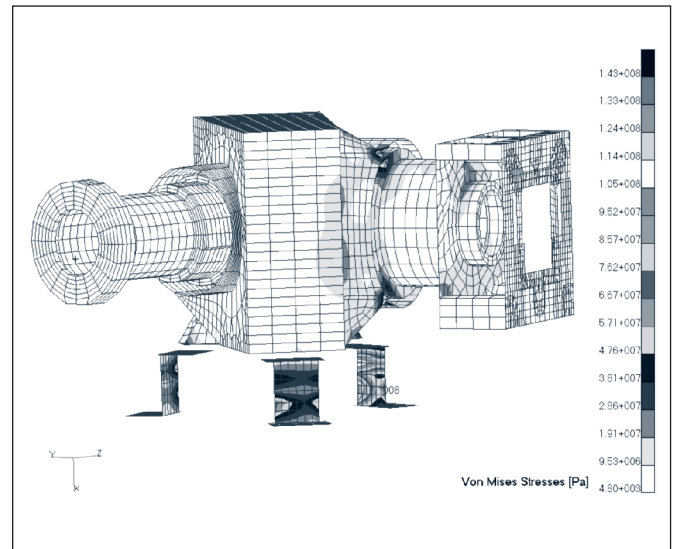
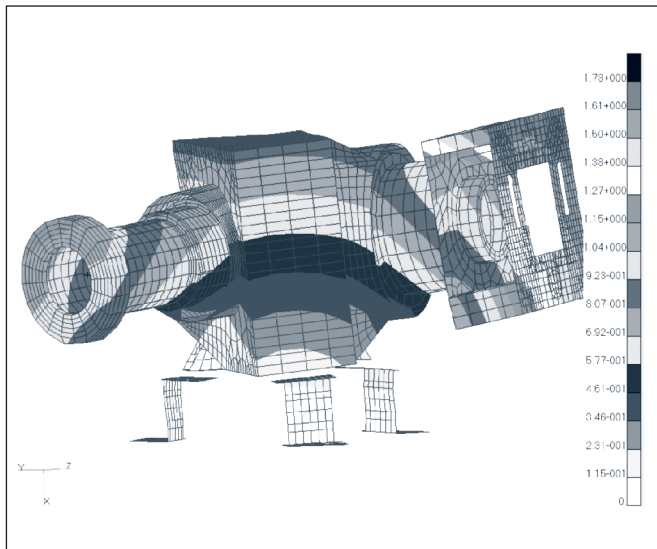


Ilustración 10: Análisis modal (izquierda), distribución de cargas cuasi-estáticas (centro) y modelo FEM (derecha) del espectrómetro SPU.

- Un control térmico activo, mediante el uso de un dispositivo termoeléctrico que asegura la correcta refrigeración del sensor CCD, combinado con un diseño del soporte del CCD que debe optimizar la transmisión de calor desde el CCD al dedo frío proporcionado por el vehículo, y desacoplar térmicamente el sensor del resto de la unidad.

- Un sistema de compensación pasivo del plano focal, para reducir el impacto de las variaciones de temperatura en el enfoque del espectro sobre el sensor CCD. Este sistema está basado en una selección de materiales cuyas dilataciones y contracciones térmicas se ajusten al desplazamiento provocado por los cambios de temperatura experimentados por la imagen del espectrómetro.

- Un diseño mecánico que asegura la protección de los elementos ópticos ante posibles daños, además de garantizar su limpieza. La compartimentación de espacios permite asegurar que el acceso a cada uno de los elementos ópticos, durante las fases de integración y ensayos, se puede realizar sin exponer el resto a la contaminación ambiental.

- Un diseño estructural robusto, compacto y ligero. Las dimensiones actuales de la unidad son 180 mm x 139 mm x 90 mm, su masa es de aproximadamente 900 g y su estructura permite soportar las vibraciones y las cargas dinámicas y estáticas a las que será sometida la unidad durante la misión ExoMars.

- Por último, el correcto diseño de las I/F mecánicas y térmicas permite que las prestaciones de la unidad no se vean afectadas por las variaciones de temperatura y deformaciones esperadas en el laboratorio analítico del Rover.

Este proyecto confirma la trayectoria de SENER en un campo de alta tecnología como es la instrumentación óptica. A día de hoy, SENER es contratista principal en instrumentación óptica para aplicaciones científicas, especialmente en el campo de la astronomía y la astrofísica, tanto en sistemas de formación de imágenes como en espectroscopia. La empresa suministra instrumentación para grandes observatorios, como son WSO-UV (*World Space Observatory – Ultraviolet*), EUSO (*Extreme Universe Space Observatory*), E-ELT (*European Extremely Large Telescope*) y el Gran Telescopio de Canarias (GTC), y participa en otras misiones de exploración planetaria a Marte, como SOLID (*Signs Of Life Detector*). SENER, fiel a su cultura de la excelencia, sigue trabajando en la mejora de instalaciones, para poder integrar y validar sistemas ópticos complejos, y en ampliar las capacidades de diseño en electrónica de video, área fundamental para controlar las prestaciones finales de un sistema óptico. Todo para consolidarse como empresa de referencia en el desarrollo de sistemas ópticos dentro del panorama nacional y posicionarse como jugador relevante en Europa en este campo a medio plazo. ■

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

Primera Parte: La Cueva Negra

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.

La Cueva Negra del Estrecho del Río Quípar es un yacimiento del "Hombre de Heidelberg" europeo (*Homo heidelbergensis*) que en Europa parece ser el precursor directo del "Hombre de Neandertal" y algunos científicos prefieren a clasificar *ambos* como *Homo neanderthalensis* a secas (aunque esto presenta dificultades en África donde *Homo heidelbergensis* fue el antepasado directo de nosotros *Homo sapiens* y donde no hay Neandertales). Los hallazgos en la Cueva Negra corresponden a un tiempo de medio millón de años o más: este último dato sólo ha sido establecido científicamente desde 2006. Antes pensábamos que el yacimiento podría tener



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).

una antigüedad no demasiado superior a la de la Sima de las Palomas, por lo que nuestras publicaciones anteriores al 2006 sobre la Cueva Negra ofrecen datos cronológicos que ahora se ven muy lejos de ser exactos.

El Pleistoceno comenzó hace unos dos millones de años y terminó hace 10.000. Se divide en tres fases: el Pleistoceno Antiguo (o Inferior) duró hasta 780.000 años, cuando comenzó el Pleistoceno Medio que duró hasta 130.000 cuando comenzó el Pleistoceno Reciente (o Superior). La Cueva Negra pertenece al período de la transición del Pleistoceno Antiguo al Medio, según indican las tres metodologías de la bioestratigrafía (de roedores extintos y otros animales), la luminiscencia óptica del sedimento y el paleomagnetismo.

CUEVA NEGRA DEL ESTRECHO DEL RÍO QUÍPAR

La Excavación

La Cueva Negra del Estrecho del Río Quípar es un amplio abrigo rocoso en el altiplano del noroeste de la Región de Murcia. El abrigo se abre hacia el norte y está a 740 metros

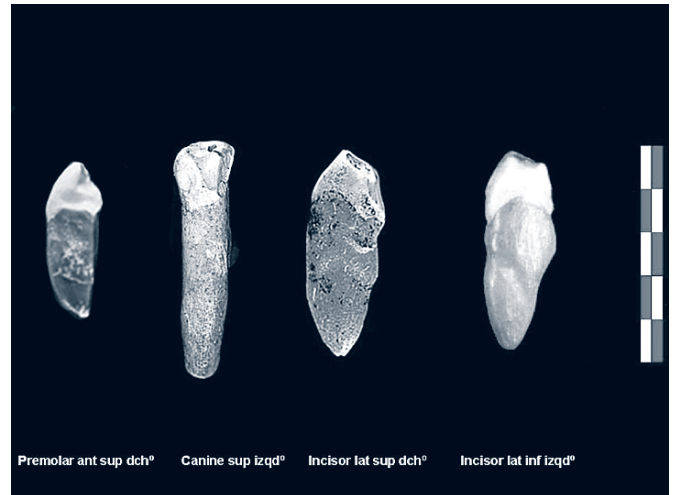


La Cueva Negra del Estrecho del Río Quípar en vías de excavación.

sobre el nivel del mar y a 40 metros sobre el Río Quípar, cuyas aguas fluyen en dirección norte en la garganta. El Quípar es un afluente del Río Segura, que desemboca en el Mar Mediterráneo. El abrigo contiene sedimentos que llamaron la atención de los arqueólogos, que en 1981 hallaron utensilios sencillos elaborados sobre lascas de piedra, además de huesos de animales, incluso de formas extintas¹. En 1986 uno de los arqueólogos, Miguel San Nicolás, enseñó el yacimiento a Michael Walker que sugirió que podría pertenecer al último período glacial, tal vez hace cincuenta mil años.

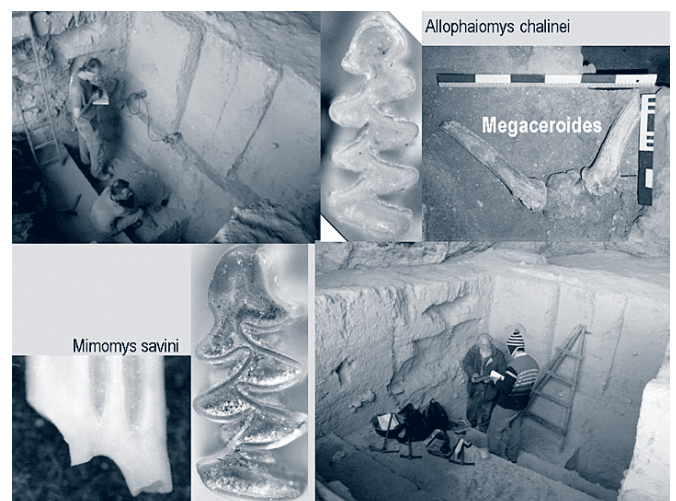
En 1990 iniciamos las campañas anuales de excavación que investigan los sedimentos sistemáticamente. Hemos descubierto que tienen al menos medio millón de años y una importancia arqueológica y antropológica muy grande². Nuestra excavación avanza sobre un área extensa única –como es frecuente en cuevas y abrigos– para poder maximizar así la penetración de la luz del sol y minimizar los obstáculos a la circulación de los excavadores que acarrean capazos de tierra o manejan rocas grandes. Dentro de este área, hacia la parte trasera del abrigo, se acometió la excavación de un sector de prueba de un metro cuadrado que se perforó con una de la profundidad de 5 metros de sedimentos depositados sobre la roca madre. Sobre el área colindante hemos reducido entre dos y tres metros los sedimentos hasta la fecha; en total estamos excavando los sedimentos profundos sobre unos doce metros cuadrados. Sobre un área similar hemos excavado una profundidad de aproximadamente un metro y medio. Estas áreas se parecen a una escalera de grandes peldaños que descienden hacia abajo y hacia adentro desde la explanada en la boca del abrigo. La excavación debe respetar cualquier cambio estratigráfico de la naturaleza del sedimento y cuidarse de no confundir capas diferentes ni mucho menos homologarlas. Esto puede ser difícil si hay capas con pendientes.

Afortunadamente, parece que en Cueva Negra el sedimento acumuló gradualmente de manera casi horizontal y



La Cueva Negra del Estrecho del Río Quípar: Dientes del *Homo heidelbergensis*.

uniforme. Excavamos en cuadrículas métricas individuales, a través de niveles horizontales de 5 cm de espesor hasta encontrar un cambio estratigráfico. Es de importancia fundamental garantizar que la profundidad en vías de excavación en cada uno de los peldaños superiores está exactamente al mismo que el excavado años atrás en el sector ahora más profundo de la cata. Hoy en día usamos una “estación total” asistida por GPS para controlar este aspecto, pero antes encontramos que un nivel láser ofrecía una mejora considerable respecto a la metodología clásica de plomadas colgadas de una malla cuadrículada encima de alambres horizontales



La Cueva Negra del Estrecho del Río Quípar: Arriba, el Dr Jean-Luc Schwenninger de la Universidad de Oxford fecha el sedimento por la metodología de la luminiscencia óptica, un diente del roedor extinto *Allophaiomys chalinei* y la cornamenta de *Megaceroides* (ciervo gigante extinto); abajo, un diente del roedor extinto *Mimomys savini* y los Dres. Gary Scott y Lluís Gibert del Berkeley Geochronology Centre investigando el palaeomagnetismo de los sedimentos.

(que tendía a pandear debido a las amplias dimensiones del abrigo). Los sedimentos densos son casi tan duros como la piedra. A lo largo de cientos de miles años la infiltración del carbonato cálcico ha empezado a cementar la tierra que se ha compactado mucho por la compresión. La reducción manual del sedimento con los pequeños paletines en forma de rombo que manejamos los arqueólogos es un trabajo muy duro y, de vez en cuando, tenemos que recurrir a picoletas pequeñas para abrir el sedimento.

Los hallazgos identificados mediante la excavación manual son separados por cuadrícula métrica y nivel y se registran las coordenadas horizontales y verticales de los restos de interés particular. Para completar la recuperación de los restos, todo el sedimento excavado es lavado sobre 4 conjuntos de tres tamices geológicos de acero inoxidable "anidados", montados uno debajo de otro en orden descendiente de malla de 8 mm, 6 mm y 2 mm (y, de vez en cuando pasamos muestras incluso sobre una malla de 1 mm). Esta técnica nos permite reconocer las esquirlas diminutas de sílex, que son restos de la talla prehistórica de la piedra, o los dientes de ratas de agua u otros pequeños animales que aportan información sobre las condiciones medioambientales antiguas. El agua del río se bombea mediante una motobomba y una manguera resistente que sube la ladera hasta unos bidones grandes al lado del abrigo, desde donde mangueras normales llevan el agua a los tamices. Parece una técnica fácil pero no lo es tanto en la práctica, debido en gran parte al desnivel de 40 metros entre el río y la cueva, que pone a prueba la motobomba y la manguera fuerte con su carga pesada de agua, por lo que suceden con frecuencia averías en el sistema.

Casi seguramente el abrigo había aparecido ya hace un millón de años en rocas de calcarenitas que se habían formado antes de cinco millones de años durante el Mioceno en el lecho del "Mar de Tetis", muy extenso, entre los océanos Atlántico e Índico. A continuación, en el Plioceno, o quizás cerca del comienzo del Pleistoceno hace casi dos millones de años, estas rocas empezaron a conformar el paisaje después de que el "Mar de Tetis" había menguado para ocupar un área apenas mayor que la del Mediterráneo de hoy. El abrigo está en una roca definida como biocalcarenita, producida por la consolidación y fosilización de arena marina que contiene fragmentos de coral y conchas marinas, todo ello cementado por carbonato cálcico. Los geólogos ofrecen opiniones diversas sobre cómo se produjo el abrigo en la roca. Mientras algunos abogan por procesos de disolución kárstica como los responsables de la penetración de agua en la roca básica de un valle conformado por una falla importante propenso a inundaciones y la formación de grandes lagos en relación con la actividad neotectónica, otros consideran significativos, para la formación de la cueva, los procesos "subaéreos" incidentes en un acantilado (viento, microorganismos, aguaceros, etcétera). Además, la forma de la deposición de los sedimentos en el abrigo permite in-

terpretaciones alternativas. Algunos geólogos piensan que un pantano en el terraplén del Quípar estaba antiguamente al mismo nivel que el abrigo que fue invadido por el agua de vez en cuando (quizás estacionalmente) que introducía sedimento de fuera, aunque está claro que algunos elementos del sedimento cayeron directamente de la bóveda y las paredes del abrigo (y de la ladera alrededor) que otros geólogos estiman como significativos.

Los dientes del Hombre Fósil

El primer diente humano fósil del abrigo fue hallado en 1991 ya en la segunda campaña de excavación: se trata de un diente permanente inferior (incisivo lateral izquierdo). La corona está tan desgastada que se ve el canal o "nervio" y se imagina que el dueño sufriese dolor. El cuello del diente, entre corona y raíz, es muy ancho desde adelante hacia atrás. Tanto el desgaste de las coronas de las piezas anteriores, como la anchura del cuello son rasgos frecuentes en dientes del "Hombre de Neandertal" y del "Hombre de Heidelberg" pero no en humanos actuales³. El incisivo fue hallado en la parte de atrás del abrigo, en tierra suelta y polvorienta de color gris, que recubría el sedimento del Pleistoceno, duro, compacto y de color beige.

La tierra suelta sin duda había sido arrojada del zulo que fue cavado en el sedimento antiguo al final de la Guerra Civil (1939) y de silos excavados para esconder almen- dras unos pocos años después. Luego pastores cuidaron el rebaño en el abrigo e hicieron un refugio afuera adosado a inmensas rocas caídas de la visera que tuvimos que reducir. El hallazgo del diente humano fósil nos incitó a tamizar toda la tierra suelta acumulada encima del sedimento del Pleistoceno para descubrir su superficie entera en el abrigo. Este proceso del recogido de la tierra revuelta en décadas recientes permitió la recuperación de otros dos dientes permanentes –un incisivo lateral derecho superior y un primer premolar superior derecho– y diversos restos paleolíticos y paleontológicos entre los que destaca una vértebra de un elefántido joven. Los dientes humanos también muestran las dimensiones y el desgaste de las coronas que son tan característicos del Hombre Fósil.

Luego, la excavación sistemática del sedimento compacto del Pleistoceno de color beige proporcionó otros dientes humanos fósiles en situaciones que implican contextos antiguos intactos –un canino superior izquierdo, muy desgastado con exposición del "nervio", un primer premolar inferior derecho y la raíz de un diente permanente anterior. Además un fragmento óseo fue excavado en 2006 que se asemeja a la parte intermedia del húmero humano. Por otra parte, otros fragmentos de huesos largos, en su día evaluados como posiblemente humanos, tal vez pertenezcan a animales todavía sin determinar. El avance de la excavación es lento, en parte porque cada verano excavamos dos yacimientos en época de las vacaciones universitarias, dedicando tres semanas a cada uno.

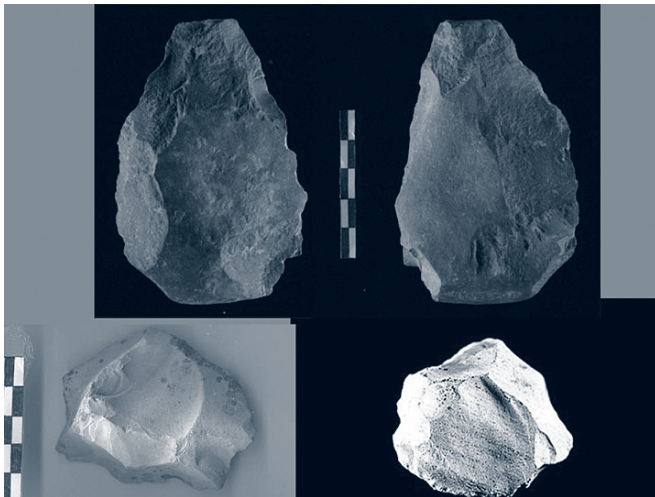
El Hombre Fósil y la biodiversidad

Antes de comentar el extraordinario significado de los utensilios paleolíticos es importante esbozar los datos de la Cueva Negra sobre la singular biodiversidad y el contexto cronológico. El polen analizado del sedimento del Pleistoceno de color beige por el Dr. José Carrión demuestra un paisaje caracterizado por bosque mediterráneo húmedo en el valle, con predominio de *Quercus* (encina, roble) tanto de especies perennes como caducifolias, además de *Pinus* (probablemente de diversas especies). Han sido identificados *Pinus pinaster* (pinastro, pino marítimo), *Corylus avellana* (avellano), *Betula celtiberica* (abedul), *Fraxinus angustifolia* (haya), *Acer granatense* (arce), *Taxus baccata* (tejo), *Ulmus* (olmo), *Salix* (sauce), *Typha* (junco), *Arbutus unedo* (madroño) y *Erica arborea* (brezo). Otras especies identificadas, características de ambiente cálido, son *Pistacia lentiscus* (lentisco), *Cistus* (jara, lada), *Olea europaea* (acebuche) y *Phillyrea* (alheña). *Juniperus* (junípero, enebro) fue dispersado en los ecosistemas esteparios y la asociación Poaceae-*Artemisia* (ajenjo, ajorizo)-*Ephedra* (efedra)-Chenopodiaceae (a veces junto con Asteraceae) indica condiciones frescas y abiertas en el altiplano y la sierra ⁴.

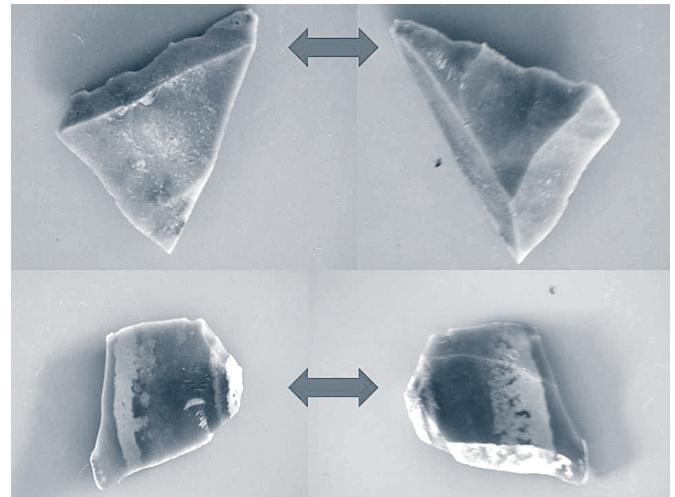
La excepcional abundancia de los restos de la avifauna identificados por Anne Eastham también nos señala que la Cueva Negra estaba cerca de diversos biotopos. Posiblemente no hay otro yacimiento paleolítico en el mundo de semejante antigüedad que ofrezca tantísimas especies. Había aves que requieren aguas profundas, y no sólo patos buceadores (*Tadorna*, *Anas*, *Netta*, *Aythya*, etc.) sino también zancudas como *Calidris minuta* y *Tringa hypoleucos*. Éstas nos dieron la pista sobre la existencia pretérita de lagos y pantanos en una zona donde actualmente no existen. Otros taxones son característicos de bosques, incluso con bellotas del *Quercus* predilectas de los arrendajos, mientras que también hay especies típicas de paisaje abierto e incluso montañoso. (Las especies de aves identificadas son: *Tadorna* cf *ferruginea* Tarro cf canelo, *Anas penelope* Silbón europeo, *Anas platyrhynchos* Anade azulón, *Anas* cf *strepera* Anade cf friso, *Anas crecca* Cerceta común, *Anas* sp Anade sp, *Netta rufina* Pato colorado, *Aythya ferina* Porrón europeo, *Aythya nyroca* Porrón pardo, *Buteo buteo* Ratonero común, *Buteo* cf *rufinus* Ratonero moro, *Aquila* sp Águila sp, *Falco naumanni* Cernícalo primilla, *Falco peregrinus* Halcón peregrino, *Alectoris rufa* Perdiz roja, *Fulica atra* Focha común, *Pluvialis apricaria* Chorlito dorado, *Vanellus vanellus* Avefría, *Calidris minuta* Correlimos menudo, *Gallinago gallinago* Agachadiza común, *Tringa hypoleucos* Andarríos chico, *Columba livia* Paloma bravía, *Streptopelia turtur* Tórtola común, *Tyto* cf *alba* Lechuza cf común, *Apus melba* Vencejo real, *Apus apus* Vencejo común, *Merops apiaster* Abejaruco común, *Alauda arvensis* Alondra, *Lullula arborea* Totovía, *Galerida cristata* / *theklae* Cogujada común/ montesina, *Ptyonprogne rupestris* Avión roquero, *Riparia riparia* Avión zapador, *Hirundo rustica* Golondrina común, *Anthus spinoletta* / *campestris* / *novozeelandia* Bisbita ribereño / campestre / nuevocelandés, *Motacilla alba* /

cinerea Lavandera blanca / cascadeña, *Monticola saxatilis* Roquero, *Monticola solitarius* Roquero solitario, *Turdus merula* Mirlo común, *Ficedula hypoleuca* Papamoscas cerrajillo, *Parus major* Carbonero común, *Garrulus glandarius* Arrendajo, *Pica pica* Urraca, *Pyrrhocorax graculus* Chova piquigualda, *Pyrrhocorax pyrrhocorax* Chova piquirroja, *Corvus corax* Grajo, *Corvus corone* Corneja negra, *Corvus* sp Grajo / Corneja sp, *Fringilla coelebs* Pinzón vulgar, *Carduelis chloris* Verderrón, *Carduelis cannabina* Pardillo, *Pyrrhula pyrrhula* Camachuelo común, *Miliaria calandra* Triguero, *Emberiza citrinella* Escribano cerillo y *Emberiza cirulus* / *cia* Escribano soteño; posibles contaminantes modernos encontrados en tierra superficial revuelta son *Anser* sp Ganaso sp, *Milvus milvus* Milano real, *Falco tinnunculus* Cernícola vulgar, *Gallus gallus* Gallo, *Alectoris* cf. *barbara* Perdiz cf moruna, *Columba palumbus* Paloma bravía, *Athene noctua* Mochuelo común, *Caprimulgus europaeus* Chotacabras europeo, *Picus viridis* Pito real, *Turdus philomelos* Zorzal común y *Acrocephalus arundinaceus* Carricero tordal). Hay buenos argumentos para considerar que muchas de las especies de aves fueron objeto de la caza humana en Cueva Negra, especialmente la caza de aves emigrantes en el otoño y la primavera cuando reposan temporalmente en los humedales, pero falta espacio para explicarlo aquí. Por otra parte, los chorlitos dorados habrían abundado en el invierno mientras que golondrinas, abejarucos y vencejos son característicos del verano. Es verosímil que el abrigo fuera usado por el Hombre Fósil en diferentes estaciones del año ⁵.

Los numerosos restos de mamíferos menores también indican un entorno húmedo e incluso cálido o interglacial (por ejemplo, *Prolagus calpensis*, pika). También indican una cronología bioestratigráfica equiparable con los horizontes ATD3 a ATD8 de la Gran Dolina de Atapuerca, basada en la sustitución de especies. Estos horizontes corresponden a la transición del Pleistoceno Antiguo (o Inferior) al Medio, hace unos 900.000 a 700.000 años. Los taxones de los mamíferos menores en Cueva Negra incluyen algunos que han perdurado hasta hoy y otros que se extinguieron pronto en el Pleistoceno Medio. Hay restos de la pika *Prolagus* sp y del conejo *Oryctolagus cuniculus*, además de posibles liebres (*Leporidae* indet). Especialmente importantes para la correlación bioestratigráfica y cronológica son las ratas de agua extintas como *Miomys savini*, *Pliomys episcopalis*, *Microtus* (*Allophaiomys*/*Euphaiomys*) sp. cf. *chalconi*, y *Microtus* (*Allophaiomys*/*Arvicola*) sp. cf. *deucalion*, los topillos extintos como *Microtus* (*Iberomys*/*Terricola*/*Pitymys*) *huescarensis* *huescarensis*, los ratones de campo extintos como *Microtus* (*Iberomys*) *brecciensis* *brecciensis* y *Microtus* (*Stenocranius*) *gregaloides*, el ratón leonado *Apodemus* cf *flavicollis*, el hámster extinto *Allocricetus bursae*, las musarañas *Crocidura* sp, *Sorex* sp y *Neomys* sp, el erizo *Erinaceus* sp., y murciélagos de las Vespertilionidae. Los reptiles incluyen la tortuga fósil *Eurotestudo* (*Testudo*) *hermanni* y los anfibios son representados por Anura indet (ranas). El provecho humano de las ratas de agua sigue vivo en la cocina española (véase la novela



La Cueva Negra del Estrecho del Río Quípar: Arriba, el hacha achelense bifacial; abajo, núcleos discoideos levalloisenses de sílex y caliza.



La Cueva Negra del Estrecho del Río Quípar: Dos lascas de sílex extraídas por la técnica levalloisense de extracción centrípeta repetida.

Las Ratas de Miguel Delibes; y en la Albufera valenciana se incluyen en paellas). Algunos huesos de aves, micromamíferos y tortugas muestran señales de fuego que podrían indicar el asado de comestibles (en Malauí se comen ratas de agua asadas como pinchos morunos y también en España se comían pajaritos asados en la calle hasta la ilegalización de la práctica hace muy pocas décadas).

Los mamíferos mayores son *Macaca cf sylvanus* (macaco), *Crocota* –quizás *Pachycrocota*– sp (hiena), *Ursus* sp (oso), *Canis cf mosbachensis* (un precursor del lobo), *Canidae* indet, *Felis (Lynx) cf lynx* (lince), *Stephanorhinus cf etruscus* (un rinoceronte), *Equus cf sussenbornensis* (un caballo extinto), *Elephantidae* indet (casi seguramente *Mammuthus meridionalis*), *Bison* sp (bisonte), *Bos primigenius* (uro), *Capra cf ibex* (cabra hispánica), *Megaceroides (Megaceros / Megaloceros) sp* (un ciervo gigante extinto), *Cervus cf elaphus* (ciervo común), *Dama cf nestii vallonetensis* (un gamo extinto), *Cervidae* indet, *Sus scrofa* (jabalí). Hay restos de cuatro rinocerontes, entre ellos un cráneo de un animal joven con tres piezas paleolíticas y un diente canino humano incrustados. Un gran fragmento de las cornamentas adheridas al hueso frontal craneano corresponde al ciervo gigante *Megaceroides*; este y otros fragmentos de *Cervus elaphus* implican la utilización del lugar durante las estaciones más frías del año, antes de que los machos pierdan las astas en primavera.. La escasez de restos de carnívoros grandes (una mandíbula de hiénido pequeño; un diente de oso) implica al Hombre como el responsable de haber traído los restos de herbívoros grandes a la cueva.

Hace más de medio millón de años hubo diversos lagos y pantanos en el valle del Quípar cerca de la Cueva Negra que han dejado abundantes huellas geológicas y geomorfológicas. El entorno de la cueva fue un vergel de maravillosa biodiversidad. El Hombre Fósil pudo sobrevivir sólo

en entornos que ofrecían comida en todas las estaciones del año, porque las necesidades energéticas humanas son muy grandes, ya que además de ser mamíferos mayores somos especialmente activos y tenemos órganos como el gran cerebro que consumen mucha energía en todo momento de nuestra vida. El ingenio ha hecho de nosotros grandes depredadores de otros animales o sus huevos, para poder aprovechar sus grasas que proporcionan más del doble de la energía por gramo que las proteínas o los hidratos de carbono.

Sin embargo, aunque hoy en día estamos en un período interglacial cálido, la Cueva Negra sufre heladas durante algunos días invernales. ¿Cuándo vivió el Hombre Fósil en la Cueva Negra? Los más recientes datos, todavía inéditos, del investigador de Oxford Dr. Jean-Luc Schwenninger, implican una revisión de las fechas por la metodología de la luminiscencia óptica del sedimento publicadas hace apenas dos años cuando estimó la antigüedad de la cueva en medio millón de años: recientemente informa que nuevas investigaciones indican una gama de fechas absolutas de 900.000 a 650.000 años, que se publicarán en fecha próxima. Otros datos conseguidos por el método del paleomagnetismo de cronología relativa implican una antigüedad de entre 900.000 y 800.000 años ⁶. La Bioestratigrafía de roedores es también coherente con semejante antigüedad. Uno de los períodos interglaciales más cálidos (conocido como MIS-25 o “*marine isotope stage-25*”) ocurrió muy cerca del principio de la citada gama y tal vez permitiese la supervivencia humana durante todas las estaciones del año en la Cueva Negra, a pesar de su altitud de 740 metros sobre el nivel del mar.

El ingenio del Hombre Fósil de la Cueva Negra

La talla paleolítica fue practicada en el yacimiento según demuestran las abundantes esquirlas diminutas a menudo de tamaño de apenas 2 mm, y los numerosos nódulos de las

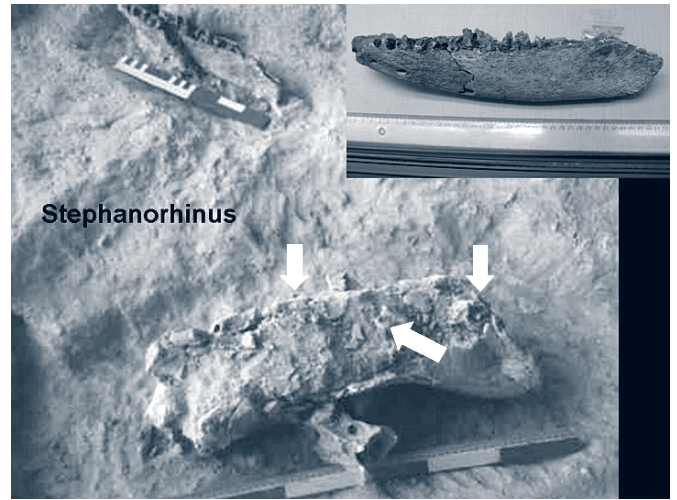


La Cueva Negra del Estrecho del Río Quípar: Tres raederas con retoque abrupto (“musteroide”) del filo (de sílex, caliza) y un denticulado de sílex.

materias primas. Éstas son mayoritariamente de sílex, generalmente de mala calidad, y cantos de caliza y cuarcita.

Los nódulos cantos procedieron de la erosión de las rocas del Jurásico de las montañas cercanas, y en algunos lugares fueron incorporados en conglomerados marinos, formados en el “Mar de Tetis” durante el Mioceno. Afloramientos de estos han sido descubiertos por la erosión continental, causada por la actividad fluvial y lacustre del Plioceno Superior y Pleistoceno Antiguo. Durante esta etapa hubo una fuerte influencia neotectónica, que también contribuyó al avance del desmantelamiento de los bloques del Mesozoico, que conformaban una “raña” a entre 800 y 1.000 metros sobre el nivel del mar, de la que sólo quedan afloramientos aislados. Otra consecuencia fue que nódulos y cantos seguían incorporándose en los aluviones de las márgenes fluviales y lacustres del valle durante el Plio-Pleistoceno, con la formación extensiva de afloramientos de conglomerados a entre 725 y 750 metros sobre el nivel del mar.

La gran singularidad del conjunto lítico es la sorprendente diversidad tipológica de los utensilios identificados para un yacimiento de más de medio millón de años. Esta diversidad además refleja dos maneras diferentes de realizar la talla de la piedra. Por un lado, la presencia de un hacha de mano, elaborado sobre un canto de caliza, está entre los ejemplos más antiguos de Europa. Estos implementos tienen el aspecto de una gran almendra con filo periférico y fueron producidos por la reducción de ambas caras (“bifacial”) de un canto u otra piedra de forma similar y tamaño ligeramente mayor. El artesano puede imaginar o concebir la forma final en relación con la forma de la piedra elegida para la reducción. Las hachas de mano se llaman también “achelenses” -en referencia a un yacimiento francés (Saint-Acheul)- aunque aparecieron por primera vez en África hace 1.400.000 años y luego se conocen en Israel entre hace



La Cueva Negra del Estrecho del Río Quípar: cráneo y mandíbula de rinoceronte con tres piezas paleolíticas incrustadas.

1.200.000 y 900.000 años. Experimentos con cadáveres de elefantes demuestran la eficacia de las hachas de mano para descuartizarlos. Hasta el hallazgo de la Cueva Negra, su presencia en Europa no ha sido reconocida antes de hace 600.000 años.

Por otro lado, el conjunto paleolítico ofrece utensilios menores elaborados en lascas, especialmente de sílex. Algunas ofrecen el retoque abrupto que fue ejecutado para fortalecer el filo, que se suele designar “musteriense” -en referencia a otro yacimiento francés (Le Moustier)- o al menos musteroide. Las formas preconizan las formas musterienses: denticuladas, raederas, raspadores, “babosas” (“limaces”), puntas triangulares, perforadoras y un buril. Se consideran como utensilios aptos para tareas como la reducción o preparación de lanzas y jalones de madera o de pieles, carne y huesos de animales, etcétera. Algunas de las lascas fueron extraídas por la compleja técnica “levalloisense” -otra vez en referencia a un yacimiento francés (Levallois)- que de ninguna manera permite al tallador concebir la forma de la lasca por observación directa de la piedra antes de comenzar su reducción, que elige especialmente cuando le ofrece el aspecto de asimetría ovoide, como si fuera un gran huevo de gallina o una piña. La preparación previa de la piedra por repetidas extracciones se realiza primero, para luego facilitar la extracción por un golpe centrípeto de una lasca de forma particular, bien triangular, oval o casi rectangular, dejando como resto abandonado la base circular del “huevo” en la que está la huella cóncava correspondiente a la lasca extraída (dicho resto se llama un “núcleo discoideo”). Esta lasca no corresponde a la forma del “huevo”; más bien estaba “escondida” en él e inimaginable desde la observación de la forma de este, como la yema del huevo. Hasta los hallazgos de la Cueva Negra, semejantes lascas elaboradas en las formas mencionadas y los núcleos discoideos correspondientes no han sido reconocidas hasta hace unos 300.000 años (tanto el

yacimiento francés de Orgnac como la formación Kapthurin en África oriental).

El conjunto paleolítico achelense-levaloisense-musteroide de la Cueva Negra demuestra que en la transición del Pleistoceno Antiguo (o Inferior) al Medio el *Homo heidelbergensis* europeo estaba dotado tanto con la capacidad para ejecutar manualidades complejas, como con la aptitud cognitiva para poder imaginar y considerar caminos alternativos de conductas encadenadas e irreversibles una vez emprendidas ¡y para elegir entre ellos con libre albedrío!. Semejante flexibilidad conductual fue fundamental para la supervivencia en latitudes europeas para una especie que se había adaptado por la selección natural a sobrevivir en el entorno ecuatorial africano ⁷.

El alcance de estas consideraciones científicas incide en la cuestión de la evolución de la cognición humana. A menudo los psicolingüistas, y algunos arqueólogos y antropólogos también, la plantean desde la perspectiva del origen de la sintaxis y la fluidez lingüística. Muchas veces correlacionan éstas con la expansión de *Homo sapiens* en el Pleistoceno Reciente (o Superior) y conjeturan el desarrollo evolutivo de la relación entre la memoria activa, “de trabajo” y a muy corto plazo, y nuestra larga memoria “de procedimientos” aprendidos (por ejemplo, cómo pedalear una bicicleta sin caer). Por otra parte, el ilustre neurocientífico doctor Joaquín Fuster, nacido en Barcelona y célebre catedrático en los EE.UU., ofrece rigurosos argumentos neurofisiológicos y neuroanatómicos para considerar la rapidez de nuestras respuestas táctiles (o “hápticas”), exactas y precisas, y la rapidez del aprendizaje de manipulaciones por imitación, como resultado de la activación repetida de circuitos neuronales que implican zonas de la corteza cerebral en los lóbulos frontales y parietales, que son los que aumentaron su volumen desde la evolución de *Homo* de los australopitecos hace dos millones de años. A diferencia del lenguaje, la memoria de procedimientos táctiles y manipulativos nos ha dejado un legado importante en el registro paleolítico, como demuestra la Cueva Negra en la transición del Pleistoceno Antiguo (o Inferior) al Medio ⁸. ■

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

REFERENCIAS

1. M.Martínez Andreu, R.Montes Bernárdez y M.San Nicolás del Toro, 1989, “Avance al estudio del yacimiento musteriense de la Cueva Negra de La Encarnación (Caravaca, Murcia),” pág. 973-983 en *XIX Congreso Nacional de Arqueología Castellón de la Plana 1987, Ponencias y Comunicaciones Volumen I*, Zaragoza, Universidad de Zaragoza, “Congreso Nacional de Arqueología”.
2. M.J.Walker, T.Rodríguez Estrella, J.S.Carrión García, M.A.Mancheño Jiménez, J-L.Schwenninger, M.López Martínez, A.López Jiménez, M.San Nicolás del Toro, M.D.Hills y T.Walking, 2006, “Cueva Negra del Estrecho del Río Quípar (Murcia, Southeast Spain): An Acheulian and Levallouso-Mousteroid assemblage of Palaeolithic artifacts excavated in a Middle Pleistocene faunal context with hominin skeletal remains,” *Eurasian Prehistory* 4 (1-2): 3-43, Cambridge, Mass., EE.UU., Harvard University, Peabody Museum, American School of Prehistoric Research, ISSN 1730-8518, ISBN 8391641597.
3. M.J.Walker, J.Gibert, F.Sánchez, A.V.Lombardi, I.Serrano, A.Eastham, F.Ribot, A.Arribas, A.Cuenca, J-A.Sánchez-Cabeza, J.García-Orellana, L.Gibert, S.Albaladejo y J.A.Andreu, 1998, “Two SE Spanish middle palaeolithic sites with Neanderthal remains: Sima de las Palomas del Cabezo Gordo and Cueva Negra del Estrecho del Río Quípar (Murcia province),” *Internet Archaeology* 5, autumn-winter 1998 <http://intarch.ac.uk/journal/issue5/walker_index.html>.
4. J.S.Carrión, E.I.Yll, M.J.Walker, A.J.Legaz, C.Cháin 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.
5. 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.
6. G.R.Scott y L.Gibert, 2009, “The oldest hand-axes in Europe,” *Nature* 461: 82-85.
7. M.J.Walker, 2009, “Chapter 7. Long-term memory and Middle Pleistocene ‘Mysterians’,” pág. 75-84 en S.A. de Beaune, F.L.Coolidge y T.Wynn, eds, *Cognitive Archaeology And Human Evolution*, Cambridge y Nueva York, Cambridge University Press, ISBN 0521746116; M.J.Walker, T.Rodríguez Estrella, J.S.Carrión García, M.A.Mancheño Jiménez, J-L.Schwenninger, M.López Martínez, A.López Jiménez, M.San Nicolás del Toro, M.D.Hills y T.Walking, 2006, “Cueva Negra del Estrecho del Río Quípar (Murcia, Southeast Spain): An Acheulian and Levallouso-Mousteroid assemblage of Palaeolithic artifacts excavated in a Middle Pleistocene faunal context with hominin skeletal remains,” *Eurasian Prehistory* 4 (1-2): 3-43, Cambridge, Mass., EE.UU., Harvard University, Peabody Museum, American School of Prehistoric Research, ISSN 1730-8518, ISBN 8391641597.
8. J.M.Fuster, 1997, *The Prefrontal Cortex: Anatomy, Physiology, and Neuropsychology of the Frontal Lobes*, Nueva York, Raven Press ISBN 0397518499; J.M.Fuster, 1999 [1995]. *Memory In The Cerebral Cortex, An Empirical Approach to Neural Networks in Human and Nonhuman Primates*, Cambridge, Massachusetts y Londres, The MIT Press, “A Bradford Book”, ISBN 0262061716 y 0262561247.

Contribución de la ingeniería a la investigación y uso del Espacio

AUTOR: ANDRÉS RIPOLL MUNTANER
Académico de la Real Academia de Ingeniería
y de la International Academy of Astronautics

La historia nos muestra que el sueño de volar al espacio y visitar otros objetos celestes distintos de nuestro planeta Tierra, es común a la mayoría de las diversas culturas que han existido. A mediados del siglo pasado este sueño se hizo realidad, con la nave *Vostock*, tripulada por *Yury Gagarin*. Aunque fue el programa *Apollo* el que logró el alunizaje de 6 naves, cada una con dos astronautas; los dos primeros, *Neil Armstrong* y *Edwin Aldrin*, el 20 de julio de 1969.

Hoy estas gestas no parecen muy trascendentes, sin embargo los desarrollos tecnológicos requeridos y derivados de las mismas, han tenido un gran impacto sobre nuestra sociedad mejorando sustancialmente nuestra calidad de vida. De hecho, si con un hipotético mando a distancia apagáramos ahora todos los satélites y naves que hoy orbitan por el espacio, sería una gran catástrofe para la humanidad. Estamos en la "Era Espacial".

Para ver que los beneficios originados por la ingeniería requerida por las actividades y artilugios del espacio son paradigmáticos, conviene ordenar estos en cuatro áreas:

- 1) Mejora del conocimiento
- 2) Mejora de la calidad de vida
- 3) Exploración del espacio por el hombre
- 4) Desarrollos tecnológicos derivados (*Technological Spinoff*)

Hace doscientos años, el Diccionario de la Lengua de 1803 decía: "Ingeniero: el que discurre con ingenio las trazas y modos de ejecutar alguna cosa". Las necesidades de la ciencia, la mejora de la calidad de vida, la exploración por el hombre de nuevos entornos espaciales, requieren que los ingenieros se apliquen a convertir en realidad las ideas concebidas por los científicos.

Mejora del Conocimiento.- El dominio del espacio exterior nos permite observaciones detalladas del cosmos por dos razones fundamentales: primeramente porque podemos acercarnos a ciertos objetos como los planetas, satélites, cometas, asteroides, etc., aumentando con ello la resolución. En segundo lugar porque al no tener el filtro de la atmósfera hemos ensanchado la ventana de observación y podemos analizar la energía recibida de los objetos celestes en todos los rangos de frecuencia del espectro, desde la

radiación gamma hasta la radiofrecuencia, pasando por los rayos X, UV, visible, infrarrojo, microondas, etc.

Relatar todos los conocimientos adquiridos con la investigación científica del espacio es tarea imposible en un breve artículo de divulgación. Como ejemplo, mi intención es mostrar una ligera pincelada de cómo la investigación de los orígenes del Universo y por ende la teoría de la relatividad generalizada, podrían tener una prueba muy valiosa, de confirmación o rechazo, gracias a nuevos desarrollos tecnológicos casi increíbles.

Todas las medidas y pruebas que se han hecho hasta el presente parecen indicar que la teoría de la gran explosión, o "Big-Bang", explica con bastante precisión la historia del Universo que habitamos. Pero solo se ha podido observar en una única ventana, la de las ondas electromagnéticas. Es importantísimo tener otra fuente de información diferente, que con el paso del tiempo no haya sufrido alteraciones, para corroborar o modificar modelos cosmológicos.

Einstein dedujo, comparando sus ecuaciones de campo con las de Maxwell, que éstas deben tener soluciones de "ondas gravitatorias" que se acoplen muy débilmente con la materia, lo que las hace ideales para analizar los rincones más alejados del Universo observable. De hecho, según algunos documentos de la NASA, estas ondas gravitatorias nos permitirían "to probe back to less than one-trillionth of a second after the Big-Bang" (analizar desde una billonésima de segundo después de la gran explosión inicial).

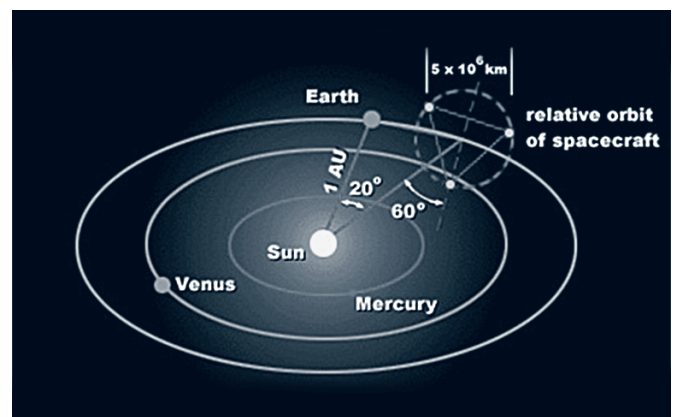


Fig. 1. Diagrama esquemático de los tres satélites LISA en órbita alrededor del Sol formando el interferómetro de Michelson. Cada satélite está separado de los otros dos cinco millones de kilómetros formando un triángulo equilátero. (Cortesía de ESA)

El proyecto *LISA*, *Laser Interferometer Space Antena*, de colaboración entre la *NASA* y la *ESA*, está concebido para detectar estas ondas gravitatorias que hasta el presente nadie ha podido detectar directamente, aunque hay referencia indirecta de su existencia. Para conseguir sus objetivos (Fig. 1), el *LISA* constará de tres satélites, situados a 5 millones de kilómetros uno del otro en los vértices de un triángulo equilátero. El centro de este conjunto orbitará el Sol en la eclíptica, a la misma distancia que la Tierra, pero separado 20 grados por detrás de ella, en el entorno de uno de los puntos de Lagrange, donde la gravedad entre la Tierra y Sol se equilibra.

Esta super-antena triangular es en realidad un interferómetro de Michelson. En el corazón de cada satélite, en cámara de alto vacío, hay un cubo de oro y platino de 46 mm de lado, "test mass", que está flotando libremente en ingravidez sin tocar las paredes –los tres cubos están en permanente caída libre. En el satélite principal, las señales reflejadas de los otros dos satélites secundarios son comparadas para poder medir la minúscula variación de distancia (unos 10 nanómetros) entre satélites debida al paso de la onda gravitatoria.

Para conseguir sus objetivos científicos la misión *LISA* depende de tres tecnologías fundamentales, todavía no suficientemente desarrolladas: sensores de referencia gravitacionales ("test mass"), reactores capaces de dar empujes de micro-newton e interferometría láser. La dificultad más importante es conseguir que las "test mass" sigan una geodésica, una trayectoria de caída libre. Si la ingeniería logra desarrollar estas tecnologías, el *LISA* será lanzado en el entorno del año 2016.

Mejora de la calidad de vida.- El medio espacial del entorno de nuestro planeta tiene una serie de condiciones ambientales muy aptas para que un uso racional del mismo permita mejorar la calidad de vida de la humanidad. El hecho de que el espacio sea una ventana de observación y escucha global de la Tierra ha permitido la realización de programas de satélites meteorológicos, de teledetección para observación de los entornos naturales, y de reconocimiento para evitar guerras y holocaustos nucleares. También ha permitido los satélites de comunicaciones y de difusión que hacen posible la "ciudad global", y los satélites de navegación, como los sistemas GPS o GALILEO, que permiten un control de posición seguro en todo el globo terráqueo, así como la detección de naufragios y otros desastres. Además, en el ambiente de microgravedad de las naves espaciales como la estación *ISS*, *International Space Station* se pueden fabricar productos esenciales tales como vacunas, catalizadores químicos, aleaciones ligeras y elementos mecánicos y electrónicos que requieran extrema limpieza o ausencia de gravedad.

Como ejemplo de las demandas y especificaciones extremas que deben cumplir alguno de los satélites de

observación de la Tierra, está el *GOCE*, *Gravity field and steady-state Ocean Circulator Explorer* de la *ESA* (Fig. 2). Su objetivo es medir el campo gravitatorio terrestre de forma que pueda establecerse un modelo muy fiable de geoide con una resolución y precisión sin precedentes. Esta misión representa un reto único para la ingeniería que ha tenido que desarrollar un instrumento, *Electrostatic Gravity Gradiometer*, que consta de tres parejas de acelerómetros ultra sensibles montados perpendicularmente en tres brazos: La distancia entre cada pareja de sensores no puede variar en más de 1% de un Angstrom en un intervalo medio de tres minutos. Para cumplir esta demanda tan restrictiva, el Gradiómetro va montado sobre materiales de gran estabilidad estructural. Fibras de carbono en una matriz también de carbono que tienen idénticas propiedades en cualquier dirección. Todo el conjunto va montado sobre una estructura de panal de abeja. La nave lleva el sistema *SSTI* (*Satellite-to-Satellite Tracking Instrument*), basado en el GPS, que proporciona un posicionamiento preciso del satélite en órbita.

La comunidad científica ha establecido como reto, medir los gradientes de gravedad de la Tierra en todas

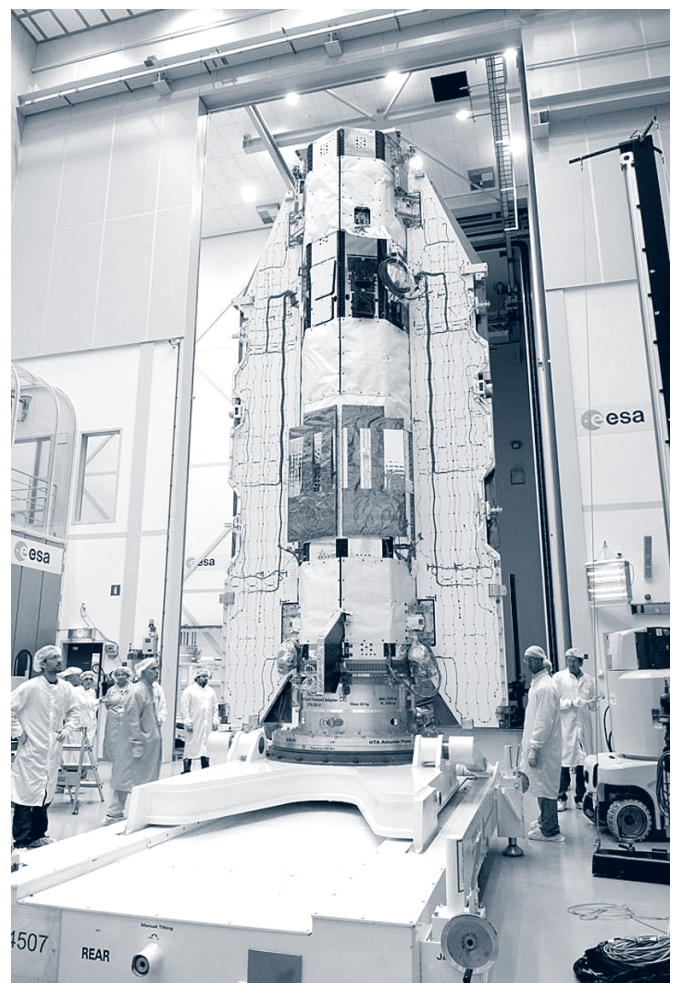


Fig. 2. El satélite artificial *GOCE*, que mide la gravedad terrestre con extraordinaria precisión, en una de las salas de pruebas en *ESTEC*, Holanda. (Cortesía de *ESA*)

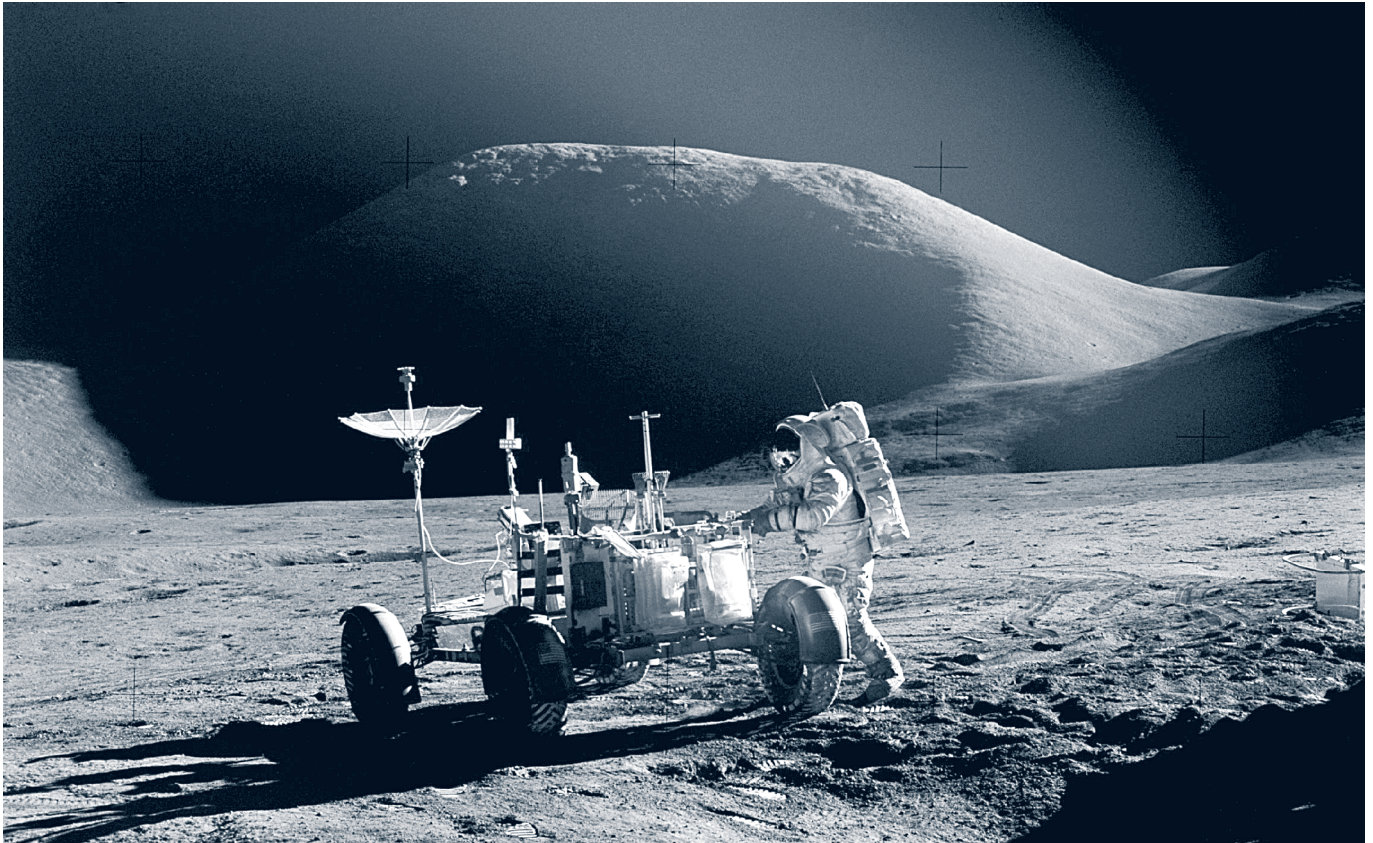


Fig. 3. El astronauta James Irwin, del Apollo 15, en la superficie de la Luna trabajando cerca del primer coche lunar que permitió mejorar sustancialmente el área analizada de nuestro satélite. Esta misión tuvo lugar en julio de 1971. (Cortesía NASA)

direcciones con una precisión que permita detectar anomalías en el campo gravitatorio de 10^{-5} m/s^2 y el geoide con una precisión de 1 a 2 cm. Este es uno de los motivos por lo que se escogió una órbita muy baja, unos 250 km, que debe mantenerse durante toda la vida útil (20 meses) de la misión. Para poder compensar el frenado que sufrirá el GOCE, debido a la tenue atmósfera, el satélite lleva un conjunto de reactores eléctricos de propulsión iónica (Xenon como propulsante), que representa otro gran reto para la ingeniería espacial.

Exploración del Espacio por el hombre.- El mejor ejemplo de contribución de la ingeniería en programas espaciales es el programa "Apollo" (tuve la suerte de participar en todos los vuelos tripulados). Éste logró en breve tiempo (1961-1969) y con medios considerados hoy prehistóricos, una especie de milagro. Entre las múltiples actividades entonces poco comunes, fue preciso decidir cómo sería la misión de llevar hombres a la Luna y donde alunizarían, como fabricar grandes lanzadores para transportar varias toneladas a la Luna, con naves espaciales que pudieran ensamblarse en el espacio con total estanqueidad, que los médicos e ingenieros pudieran diseñar y fabricar trajes espaciales para actividades extra-vehiculares donde reina vacío casi total, grandes temperaturas y fuertes dosis de radiación. Sobre todo los médicos tuvieron que encontrar solución a muchos problemas fisiológicos que comporta la

falta de gravedad. Algunos aun nos preguntamos ¿cómo lo logramos? (Fig. 3).

Desarrollos tecnológicos derivados.- Los sistemas y equipos necesarios para llevar a término los programas espaciales comportan unas exigencias en desarrollos tecnológicos que están en el límite de lo factible: instrumentos capaces de medir con sensibilidad la luz de las estrellas y objetos cósmicos, capaces de soportar temperaturas extremas, que puedan funcionar sin gravedad, soportando toda clase de radiaciones cósmicas, que sean de larga duración, que no necesiten mantenimiento, que pesen muy poco y sean muy pequeños. La NASA y la ESA suelen publicar unos documentos (Spinoff) que relacionan algunos de los resultados de estas transferencias de tecnología. Actualmente se cifran en más de 50.000, repartidos en múltiples áreas tales como la electrónica, la informática, las telecomunicaciones, la óptica, los materiales, las nuevas energías, la aeronáutica, el transporte, la química, la propulsión, la bioingeniería, la medicina etc.

Decía el gran sociólogo Max Weber: "Toda la experiencia histórica confirma esta verdad el hombre nunca habría logrado alcanzar lo posible, si no hubiera intentado una y otra vez alcanzar lo imposible" Creo que las breves notas que preceden prueban en cierta medida la veracidad de esta frase. Por mi parte estoy convencido que la ingeniería puede y debe servir de sostén para hacer realidad lo que parece "imposible". ■

MEDICINA Y SALUD

Nanopartículas magnéticas para biomedicina

AUTORES: A. G. ROCA, M. P. MORALES Y C. J. SERNA
Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid, CSIC

1. INTRODUCCION

Resulta increíble, y a su vez maravilloso, como un material que se ha utilizado a lo largo del siglo pasado principalmente para el almacenamiento de datos en discos duros, en altavoces y códigos de barras, posea hoy en día un gran potencial para su uso en biomedicina (Fig. 1). Las protagonistas de esta evolución son las nanopartículas magnéticas que, en suspensión acuosa, ya están siendo utilizadas como agentes de diagnóstico (agentes de contraste en Resonancia Magnética Nuclear (RMN), separación magnética de analitos) o terapéutico (hipertermia magnética, vehiculización y liberación controlada de fármacos) ante algunas enfermedades¹. De hecho, en la actualidad, las nanopartículas superparamagnéticas de óxido de hierro recubiertas de dextrano ya se encuentran aprobadas por la FDA (Food and Drug Administration), un polisacárido

formado por varias unidades de glucosa, para su uso como agentes de contraste en imágenes por RMN.

En general, las propiedades magnéticas, ópticas y/o luminiscentes de las nanopartículas cambian o aparecen algunas nuevas con respecto a las del material masivo debido a la reducción de al menos una de sus tres dimensiones por debajo de los 100 nm. Este cambio de propiedades está estrechamente ligado al tamaño, forma y tipo de material. En el caso de las partículas magnéticas la reducción de volumen a tamaños nanométricos trae aparejado un cambio de comportamiento magnético del material ya que pasa de ser ferromagnético (posee un momento magnético permanente) a superparamagnético donde, por efecto de la energía térmica, el momento magnético de cada partícula fluctúa de dirección siendo el momento magnético neto igual a cero (Fig. 2). Todos estos cambios tienen como origen principalmente no solo el reducido tamaño sino también los efectos de superficie y las interacciones existentes entre las nanopartículas².

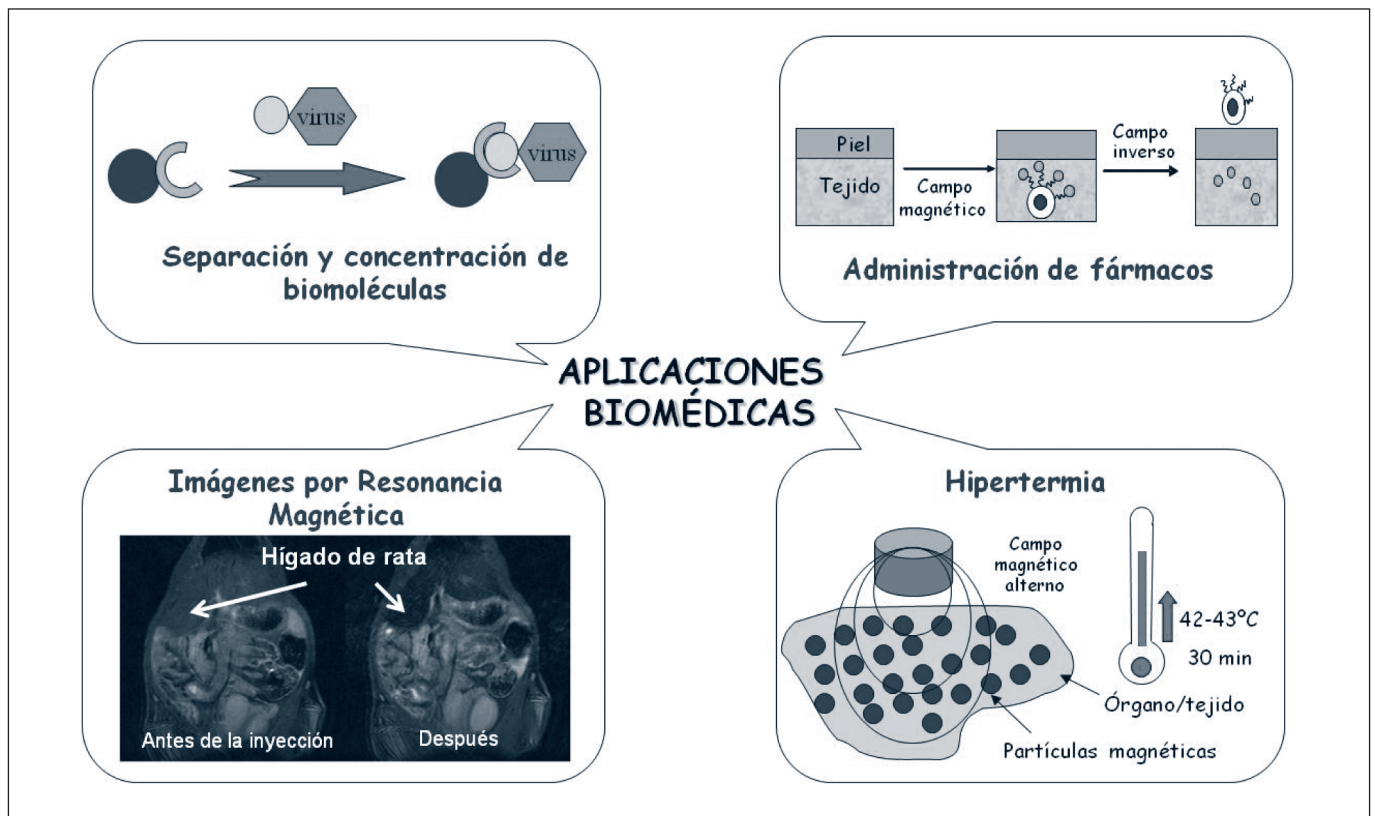


Figura 1. Aplicaciones biomédicas de las nanopartículas magnéticas.

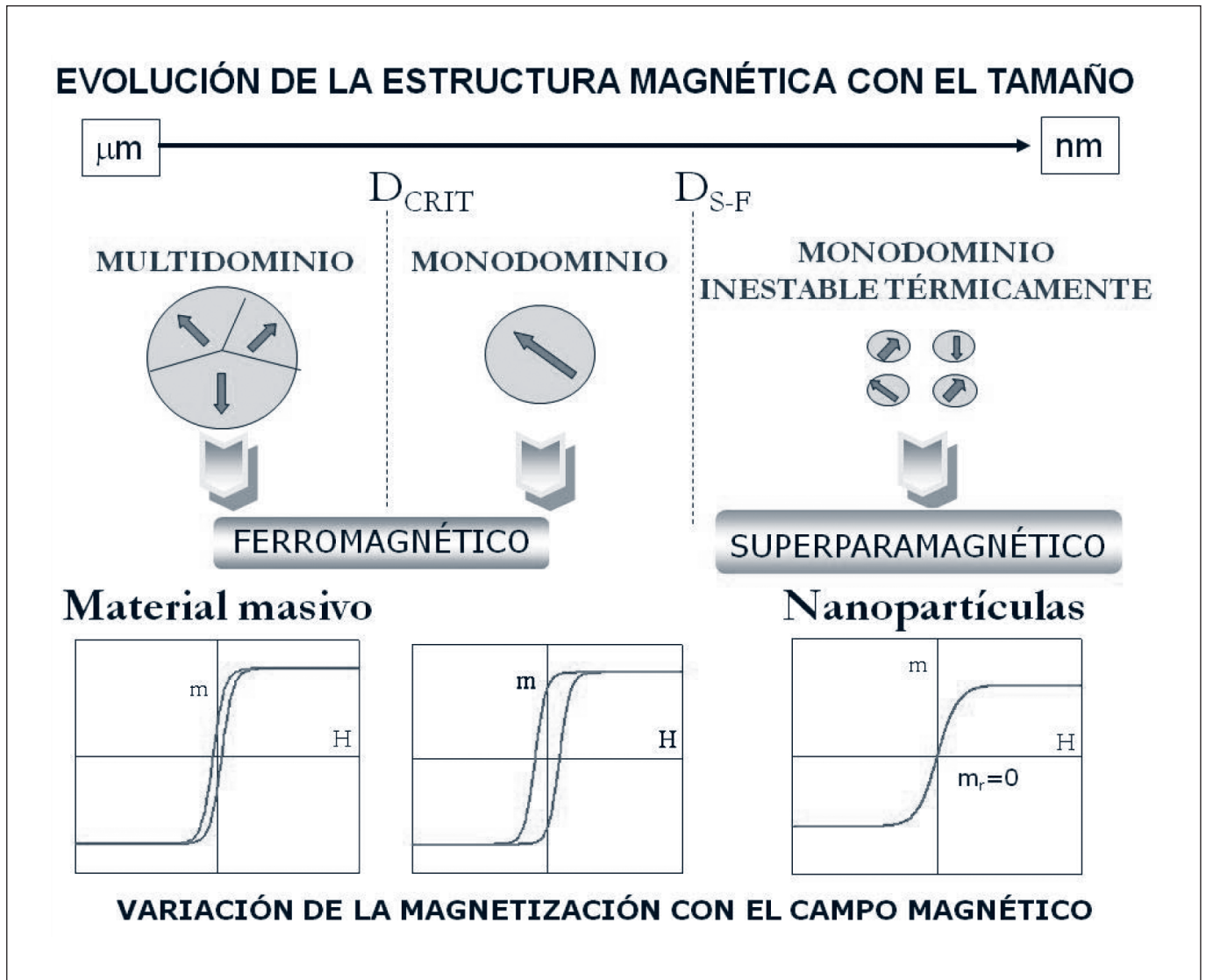


Figura 2. Cambio del comportamiento magnético de un material de ferromagnético a superparamagnético al disminuir el tamaño de partícula.

Dentro del campo de la biomedicina, las ventajas del uso de las nanopartículas magnéticas de óxido de hierro son: a) que el hierro es fácilmente metabolizable dentro del cuerpo por rutas naturales; b) que las partículas poseen tamaños comparables al de las moléculas u organismos que posee el cuerpo humano tales como proteínas, células, virus y ADN; c) que su superficie puede ser modificada para unir biomoléculas de interés; y d) que las partículas poseen un elevado momento magnético y pueden ser manipuladas por la acción de un campo magnético externo (pueden ser dirigidas y concentradas en una zona específica del cuerpo), ya que las líneas de campo pueden atravesar el cuerpo humano, e) disipación de calor ante la acción de un campo magnético alterno³.

Sin embargo, la aplicación de las nanopartículas magnéticas dentro del cuerpo humano tiene una limitación importante que es su tiempo de vida media en sangre, el cual debe ser el mayor posible para poder llegar y actuar en la parte del cuerpo deseada. Al inyectar las nanopartículas en san-

gre, éstas son reconocidas como un agente patógeno y las proteínas del plasma se unen a su superficie en un proceso llamado opsonización. Una vez opsonizadas, las partículas son fagocitadas por los macrófagos del hígado (las células de Kupfer) en mayor medida y por los macrófagos del bazo, siendo estos los responsables de su posterior eliminación del cuerpo humano⁴. El tiempo de vida media en sangre de las nanopartículas dentro del cuerpo depende principalmente del tamaño de partícula, agregado y la naturaleza de su recubrimiento⁵.

En todos los casos es necesario llevar a cabo una síntesis controlada de las partículas y su posterior modificación superficial para obtener un material que sea o bien rápidamente detectado por el sistema inmune, cuando se pretende el marcaje de macrófagos, o que sea invisible a él, dependiendo de la aplicación específica. Características como la morfología de las partículas (forma y tamaño), su distribución, propiedades cristalógicas, química de superficie y, con-

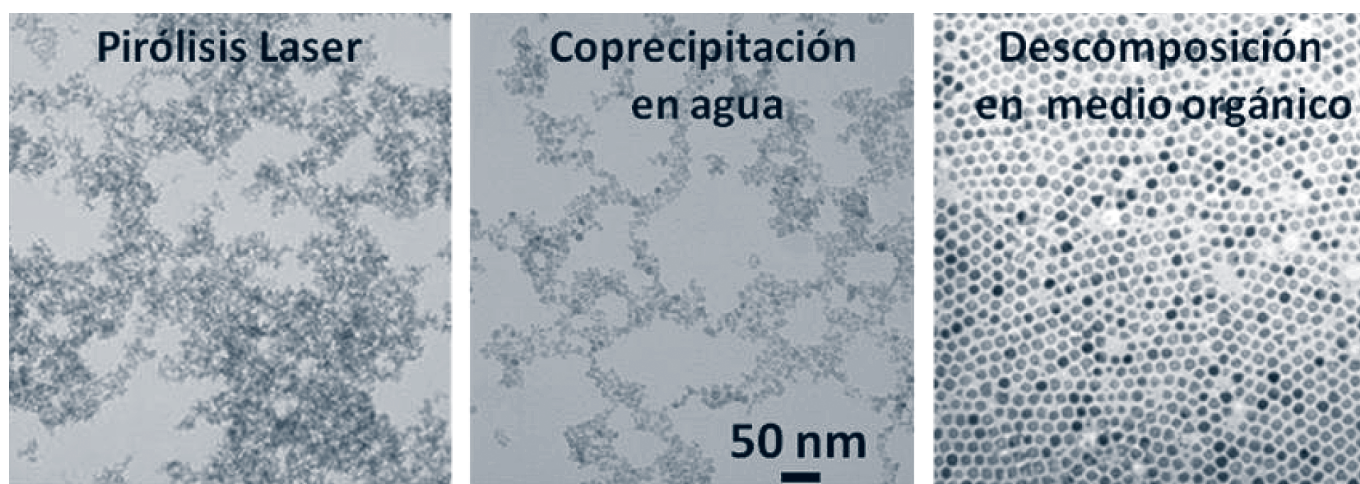


Figura 3. Nanopartículas de óxido de hierro magnético (magnetita-maghemita) uniformes en tamaño y forma preparadas por diferentes métodos.

secuentemente, sus propiedades magnéticas, vienen a su vez determinadas por el método de síntesis empleado.

En la actualidad se demandan métodos de síntesis de nanopartículas con la forma y tamaño controlados, que permitan un exhaustivo control sobre las propiedades microestructurales, ya que cada aplicación requiere materiales con unas determinadas características⁶⁻⁹. A su vez, desde el punto de vista industrial también se demanda que estos métodos de síntesis sean fácilmente escalables, su coste sea bajo y que sean respetuosos con el medio ambiente.

2. REQUISITOS DE LAS NANOPARTÍCULAS PARA SU USO EN BIOMEDICINA

Para biomedicina, en principio se requiere el uso de nanopartículas de un material no tóxico como el óxido de hierro y que presenten comportamiento superparamagnético a temperatura ambiente (ausencia de remanencia e histéresis ante la eliminación rápida de campo), ya que las partículas no deben funcionar como pequeños imanes dentro del cuerpo pues tienden a aglomerarse a lo largo del tiempo obstruyendo así los vasos sanguíneos. Las aplicaciones *in vivo* son las que imponen restricciones más severas. Para las aplicaciones *in vitro* se pueden utilizar compuestos de tamaño micrométrico con partículas superparamagnéticas en su interior que posean largos tiempos de sedimentación.

Además, para su aplicación concreta en biología, diagnóstico y terapia, las partículas deben de formar suspensiones coloidales estables a pH y salinidad fisiológica. Para ello, es necesario recubrirlas de un polímero biocompatible o de moléculas o iones con elevada carga superficial. La estabilidad coloidal depende, en primer lugar, de las dimensiones de las partículas o los agregados que ellas formen, por lo que las fuerzas gravitatorias pueden dar lugar a su desestabilización.

Tamaños hidrodinámicos (tamaño de las partículas/agregados en suspensión, es decir núcleo y recubrimiento) por debajo de 200 nm se consideran idóneos para su aplicación *in vivo*. En segundo lugar la estabilidad coloidal depende del balance de las fuerzas existentes entre las nanopartículas, tanto de las atractivas, que contribuyen a la desestabilización de la suspensión, como de las repulsivas que se ocupan de estabilizarla¹⁰. Dentro de las fuerzas atractivas se encuentran las fuerzas de Van der Waals (dependen del tamaño de partículas, material y del medio en que se encuentran) y las fuerzas de interacción magnética dipolar (escalan con la sexta potencia del tamaño de las partículas y es inversamente proporcional al cubo de la distancia que les separa). Para vencer estas fuerzas atractivas es posible modificar el material incrementando las fuerzas repulsivas, tanto las fuerzas electrostáticas que vienen dadas por los iones, polímeros cargados o moléculas orgánicas con grupos funcionales adsorbidas en la superficie (disminuye su magnitud al aumentar la salinidad del medio), como las fuerzas estéricas que vienen dadas por los polímeros con o sin carga adsorbidos (la salinidad del medio no les afecta). El recubrimiento, además de estabilizar las partículas en agua, posibilita la unión de fármacos ya sea por unión covalente, adsorción o por encapsulamiento. Requisitos adicionales de las partículas dependerán de la aplicación concreta donde vayan a ser utilizadas (*in vivo* o *in vitro*) y se verán en el apartado de aplicaciones.

3. MÉTODOS DE SÍNTESIS

El objetivo principal y general que se persigue en todo método de síntesis es la uniformidad en tamaños y formas de las partículas obtenidas (Fig. 3). Independientemente del método utilizado, el proceso de síntesis de nanopartículas se compone de dos etapas, nucleación y crecimiento. Para obtener partículas uniformes estas etapas deben estar diferenciadas entre sí, suceder en diferentes tiempos y además

la etapa de nucleación debe ser única y lo más corta posible, generándose todos los núcleos al unísono que posteriormente crecerán.

Las nanopartículas magnéticas pueden ser obtenidas tanto en fase líquida (precipitación en medio acuoso, microemulsiones, descomposición en medio orgánico) como en fase aerosol o gaseosa (spray pirólisis y pirólisis láser). A continuación se hará un repaso de los métodos de síntesis más utilizados^{2,7}

3.1 Coprecipitación

El método más utilizado dentro de la fase líquida es la coprecipitación en medio acuoso ya que es un proceso fácilmente escalable y, por ello, ha sido el más utilizado en la industria para el diseño y fabricación de nanopartículas magnéticas^{11, 12}. Mediante este método es posible sintetizar magnetita y ferritas de otros metales de transición (Co, Ni, Mn) con tamaños de partícula entre 3 y 10 nm. Este método consiste en la adición de una disolución de sal de Fe^{2+} y otra de Fe^{3+} , sobre medio básico en exceso. Esta síntesis puede llevarse a cabo en presencia de especies que luego queden finalmente adsorbidas en la superficie de las nanopartículas. Un buen ejemplo es la obtención de agentes de contraste para RMN a través de la síntesis de nanopartículas de óxido de hierro (maghemita / magnetita) en presencia de dextrano. Las ventajas de este método son su simplicidad y bajo coste. La desventaja es el gran número de variables que es necesario controlar y que normalmente conducen a la obtención de una amplia distribución de tamaños de partícula, lo que obliga a hacer pasos adicionales para disminuir la dispersión.

Una variante de este método consiste en añadir una sal de Fe^{2+} a un medio básico en presencia de un oxidante suave. Una posterior etapa de envejecimiento a 90°C puede dar lugar a nanopartículas entre 20 y 200 nm con forma cúbica que poseen una potencial aplicación en el tratamiento de tumores mediante hipertermia magnética¹³.

3.2. Descomposición térmica en medio orgánico

Durante los últimos años se ha desarrollado un nuevo método de síntesis de nanopartículas que consiste en la descomposición de precursores orgánicos de metales a elevadas temperaturas¹⁴⁻¹⁶. Mediante este método se pueden obtener tanto partículas de distintos óxidos metálicos como partículas metálicas. Esta descomposición se lleva a cabo en disolventes orgánicos de alto punto de ebullición y en presencia de surfactantes y las partículas obtenidas son muy uniformes en el rango de tamaños entre 4 y 20 nm, cristalinas y estables en medio orgánico debido a la capa de surfactante que las rodea, lo que evita el fenómeno de la agregación. La desventaja es que las partículas no son estables en medio acuoso, que es el requisito principal para su aplicación en biomedicina, por lo que se requieren tratamientos de transferencia a medio acuoso y, en algunos casos, modificación superficial para poder ser aplicadas en biomedicina.

3.3. Pirólisis láser

El método de pirólisis láser se basa en la descomposición de un precursor metálico por mediación de un láser que calienta una mezcla de gases que absorben la longitud de onda del láser. Cuando el vapor se sobrecalienta de especies reactivas generadas en la descomposición, se forman los núcleos de las partículas. Posteriormente las partículas son transportadas hacia un colector mediante la acción de un gas inerte. El precursor de las nanopartículas es un complejo volátil del metal, como por ejemplo el pentacarbonilo. Mediante esta síntesis se pueden obtener en un solo paso partículas metálicas, en especial de hierro, que posteriormente se puede oxidar de una forma controlada, dando lugar a magnetita / maghemita o a partículas con estructura "core/shell" (núcleo/corteza), hierro/óxido de hierro².

4. APLICACIONES

Las aplicaciones de las nanopartículas magnéticas en biomedicina pueden clasificarse en función de su aplicación fuera o dentro del cuerpo, es decir *in vitro* o *in vivo*. Las aplicaciones *in vitro* son principalmente para diagnóstico (separación analítica), mientras que las aplicaciones *in vivo* pueden dividirse en aplicaciones para el diagnóstico (agentes de contraste en imágenes por Resonancia Magnética Nuclear) o terapéuticas (transporte y liberación de fármacos e hipertermia) (Fig. 1).

4.1. Separación analítica

El uso de nanopartículas previamente funcionalizadas supone una gran ventaja frente a otros métodos de separación al conseguir la disminución del tiempo de separación y mejorar el límite de detección de los analitos de interés con respecto a la centrifugación. La separación y preconcentración magnética es de especial interés para la detección de analitos en grandes volúmenes de solución, como contaminantes en aguas de ríos o el control de calidad de alimentos. Las partículas pueden unirse específicamente al analito de interés y luego pueden ser recolectarlas utilizando un separador magnético adecuado, permitiendo su identificación y cuantificación. Un ejemplo de ello ha sido el desarrollo de biosensores basados en partículas magnéticas conjugadas con ADN para la detección de proteínas y ácidos nucleicos llegando a obtener límites de detección de 500 zM (10^{-21} Molar)¹⁷. El uso de nanopartículas con respecto a las micropartículas tiene la ventaja de que se pueden preparar suspensiones estables frente a la sedimentación en ausencia de un campo magnético y la existencia de una mayor superficie específica disponible para retener dichos analitos.

4.2. Agentes de contraste en imágenes por Resonancia Magnética Nuclear

Nanopartículas magnéticas de óxido de hierro se utilizan como agentes de contraste en imágenes por RMN. El contraste producido por estas partículas es debido a la propiedad que tienen las nanopartículas de acortar el tiempo

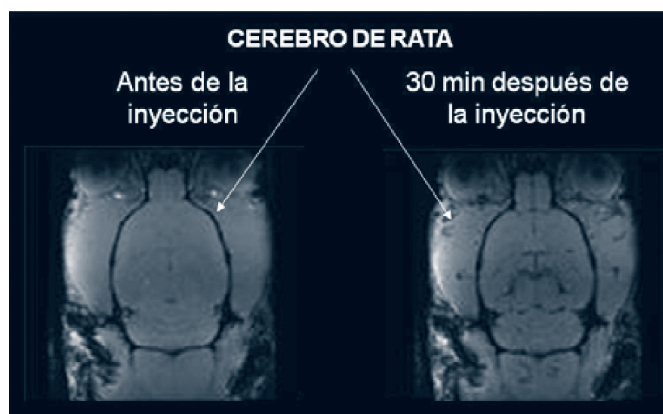


Figura 4. Imagen por Resonancia Magnética Nuclear del cerebro de una ratas antes y después de inyectar nanopartículas de óxido de hierro de 4 nm, modificadas con ácido dimercaptosucínico y con radio hidrodinámico ~ 30 nm [Ref. 6]. Al cabo de una hora las partículas son eliminadas completamente.

de relajación longitudinal y transversal de los protones de las moléculas de agua que están a su alrededor (T1 y T2 respectivamente) cuando se les aplica un campo magnético, estático y uniforme. Las nanopartículas producen alteraciones en el campo local que sienten los protones del agua en su proximidad que se relajan más rápidamente y producen una imagen más oscura.

Mediante esta técnica es posible el diagnóstico del cáncer de hígado, bazo o nódulos linfáticos. Sin embargo, para poder visualizar otras partes del cuerpo es necesario aumentar el tiempo de vida en sangre disminuyendo el tamaño de agregado o modificando superficialmente las partículas con recubrimientos más neutros e hidrófilos como es el caso del dextrano o el PEG. Recientemente ha sido posible la observación por RMN del cerebro de ratas mediante el uso de nanopartículas magnética modificadas con dimercaptosucínico y con radio hidrodinámico ~ 30 nm⁶ (Fig. 4).

4.3. Transporte y liberación de fármacos

El problema que existe en la actualidad con los tratamientos de quimioterapia convencionales utilizando fármacos es que no son específicos y dan lugar a efectos secundarios. Además si dichos tratamientos fuesen localizados en la zona del cuerpo dañada, la dosis podría ser reducida evitando esos efectos¹⁸. Una forma de conseguirlo es unir el fármaco a partículas magnéticas biocompatibles para luego ser inyectados y retenidos en la zona adecuada mediante un campo magnético externo. El fármaco se liberaría al medio por la acción de las enzimas o cambios en las condiciones fisiológicas. Las claves de las que depende la vectorización son el modo en el que el fármaco está unido o almacenado en las partículas, el mecanismo en el que las partículas son dirigidas al órgano deseado y las barreras biológicas que deben sobrepasar.

Las partículas magnéticas utilizadas deben de estar recubiertas de moléculas biocompatibles que faciliten la posterior

funcionalización mediante grupos activos tales como grupos amino, carboxilo o moléculas como la avidina o la biotina para luego poder unir el fármaco. Últimamente se está evaluando el efecto de agentes antitumorales como el cisplatino y gemcitabina o el metrotexato conjugados a partículas magnéticas recubiertas de polímeros para el tratamiento de tumores de pecho y cerebro¹⁹.

4.4. Hipertermia

Otra terapia prometedora contra el cáncer se basa en el calentamiento de la zona a tratar hasta temperaturas de 42-46°C. Se reduce así la viabilidad de las células cancerígenas y se aumenta su sensibilidad a otros tratamientos como la quimio o la radioterapia. Las nanopartículas magnéticas pueden ser utilizadas como fuentes de calor ya que son capaces de transformar la energía de un campo magnético alterno en calor. Además, estas nanopartículas pueden ser dirigidas al tejido dañado, lo que permite calentar directamente las células cancerígenas consiguiendo así un tratamiento más localizado. Se ha observado que un tumor puede ser destruido mediante hipertermia si se alcanzan 42 °C durante un periodo mínimo de 30 minutos y mediante la sinergia del tratamiento con un fármaco específico.

5. INTERACCIONES CON SISTEMAS

BIOLÓGICOS

La aplicación de las nanopartículas en biomedicina se ve limitada por la falta de información sobre su biocompatibilidad y toxicidad dentro del cuerpo humano. Pero antes de su aplicación *in vivo*, es muy importante la realización de estudios de citotoxicidad en diferentes líneas celulares^{20, 21}. Es también crucial el establecer un consenso sobre el tipo de estudios a realizar, teniendo en cuenta la concentración de nanopartículas, la temperatura, el tiempo de incubación y post-incubación y el análisis de los resultados.

La toxicidad de las partículas depende de la naturaleza del núcleo magnético, de su tamaño y el de los agregados que forman en suspensión, y de su carga superficial que vendrá dada por el tipo de recubrimiento. Las nanopartículas más utilizadas en biomedicina son las de óxido de hierro (maghemita/magnetita). Como se ha mencionado al comienzo del artículo estas partículas, recubiertas de dextrano, ya se encuentran aprobadas por la FDA para su uso como agentes de contraste dentro del cuerpo. También se han propuesto para el uso en biomedicina partículas de Co o perovskitas, sin embargo, son altamente tóxicas y químicamente inestables. Sin embargo, si se encuentran recubiertas convenientemente o en matrices inorgánicas, su toxicidad se reduce en mayor medida.

La carga superficial de las partículas magnéticas afecta a su interacción con las células. Así, partículas de óxido de hierro recubiertas de polímeros hidrófilo como el dextrano o el PEG

(polietilenglicol) resultan ser biocompatibles a dosis moderadas y no son capturadas por las células. Sin embargo, nanopartículas con superficies cargadas positiva o negativamente si son capturadas por las células por la existencia de áreas altamente cargadas en la membrana celular que permiten la entrada de las partículas por endocitosis o por interacciones electrostáticas. En general se ha observado que las partículas con carga positiva son más tóxicas que las aniónicas y que las neutras son las más biocompatibles. Es por ello que para que las nanopartículas posean mayor tiempo de vida media en sangre y alcancen órganos o tejidos que no sean el riñón o el hígado, para diagnóstico por ejemplo, se eligen polímeros con grupos funcionales neutros tales como PEG o dextrano. Para tratamientos de hipertermia, donde es importante que las partículas entren en las células cancerígenas, nosotros hemos encontrado que el recubrimiento negativo de las partículas con ácido dimercaptosuccinico (DMSA) da lugar a una gran concentración de partículas en el citoplasma celular⁷ lo que permitiría un calentamiento desde dentro al aplicar un campo alterno y finalmente la muerte celular (Fig. 5).

6. NUEVOS SISTEMAS MULTIFUNCIONALES (TRATAMIENTO-DIAGNÓSTICO)

Actualmente, la preparación de los materiales magnéticos para biomedicina ha evolucionado hacia la síntesis de nanoplateformas multifuncionales que integran partículas magnéticas y otros componentes con propiedades luminiscentes, ópticas o eléctricas interesantes. Un ejemplo es la integración de puntos cuánticos sobre partículas magnéticas (Co@CdSe) que confiere una estructura magneto-óptica que conserva sus propiedades individuales y permite obtener muchas ventajas en bioensayos. El hecho de tener varias

funcionalidades o propiedades distintas en las nanopartículas hace que, por ejemplo, a la hora de ser utilizadas como agentes de contraste para el diagnóstico de enfermedades, puedan ser visualizadas por varias técnicas de imagen consiguiendo mayor resolución. Por ejemplo, la integración de propiedades óptico/luminiscentes a la nanopartícula magnética conduciría a una mayor sensibilidad en el órgano o tejido a visualizar que permitiría detectar enfermedades en sus primeras etapas de desarrollo por una técnica de imagen multimodal que integre RMN y fluorescencia. Debido a que muchas de las propiedades físicas y químicas solo se dan en la escala nanométrica, la modulación de las interacciones de estos componentes es esencial para llegar a controlar las propiedades finales del material.

7. FUTURO

La búsqueda de nuevos materiales o el desarrollo de los ya existentes en el mercado para obtener un mayor valor añadido, hace que las rutas de síntesis estén en una continua evolución. En el campo de la biomedicina los principales desafíos en la actualidad es la obtención de nanopartículas magnéticas con mejor capacidad de difusión a través de los órganos y tejidos, mejorar la estabilidad coloidal de las suspensiones y su biocompatibilidad²². Las nuevas rutas de preparación de nanopartículas magnéticas deben contemplar la preparación de nanoplateformas híbridas de partículas magnéticas con sistemas orgánicos o inorgánicos dando lugar a sistemas donde un material crezca encima de otro o simplemente tengan algún punto de anclaje^{23,24}. Estas nanoplateformas deben ser capaces de unirse a biomoléculas o ser encapsuladas en liposomas, matrices silíceas como zeolitas o materiales mesoporosos o virus para conseguir nuevos biomateriales híbridos.

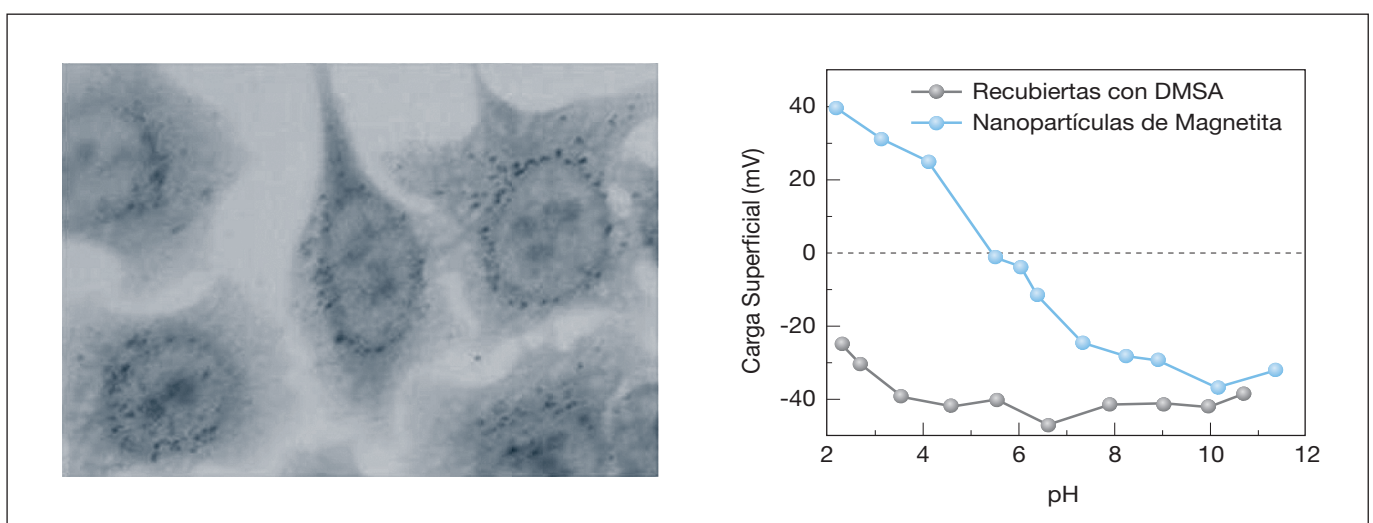


Figura 5. Imagen de microscopía óptica de Células HeLa incubadas con nanopartículas magnéticas cargadas negativamente y medida de la carga superficial de dichas partículas mediante DLS (Dynamic Light Scattering) antes y después de su modificación en función del pH. La tinción con Azul de Prusia muestra que la membrana celular permite la entrada de las nanopartículas, acumulándose estas en el citoplasma [Ref. 9]. Para tratamientos de hipertermia, una gran concentración de partículas en el citoplasma celular permitiría un calentamiento desde dentro al aplicar un campo magnético alterno y finalmente la muerte celular.

Aparte de la preparación de materiales híbridos con una componente magnética, otra de las vías a investigar es la síntesis de partículas asimétricas y las propiedades que estas pueden tener y su impacto en el cuerpo humano. Además, es de interés la obtención de partículas con un tamaño cercano al monodominio donde se espera una mejora de las propiedades caloríficas a la hora de utilizarlas como agentes en hipertermia. Finalmente una nueva línea a investigar es el dopado de partículas magnéticas por otros elementos que posean buena absorción en rayos X y así ser utilizados como agentes de contraste en tomografía computerizada por rayos X²⁵. En todos los casos, los mayores retos seguirán estando en la toxicología y la funcionalización de las nanopartículas. ■

BIBLIOGRAFÍA

- Pankhurst, Q. A.; Connolly, J.; Jones, S. K.; Dobson, J., Applications of magnetic nanoparticles in biomedicine. *Journal of Physics D: Applied Physics* 2003, 36, R167R181.
- Tartaj, P., Morales, M. P., Veintemillas-Verdaguer, S., González-Carreño, T. Serna, C. J., The preparation of magnetic nanoparticles for applications in biomedicine. *Journal of Physics D: Applied Physics* 2003, 36, (13), R182-R197.
- Berry, C. C.; Curtis, A. S. G., Functionalisation of magnetic nanoparticles for applications in biomedicine. *Journal of Physics D: Applied Physics* 2003, 36, (13).
- Corot, C.; Robert, P.; Idée, J. M.; Port, M., Recent advances in iron oxide nanocrystal technology for medical imaging. *Advanced Drug Delivery Reviews* 2006, 58, (14), 1471-1504.
- Roca, A. G., Veintemillas-Verdaguer, S., Port, M., Robic, C.; Serna, C. J., Morales, M. P., Effect of Nanoparticle and Aggregate Size on the Relaxometric Properties of MR Contrast Agents Based on High Quality Magnetite Nanoparticles. *Journal of Physical Chemistry B* 2009, 113, (19), 7033-7039.
- Mejias, R. P.-Y., S.; Roca, A. G.; Perez, N.; Villanueva, A.; Canete, M.; Manes, S.; Ruiz-Cabello, J.; Benito, M.; Labarta, A.; Batlle, X.; Veintemillas-Verdaguer, S.; Morales, M. P.; Barber, D. F.; Serna, C. J., Liver and brain imaging through dimer-captosuccinic acid-coated iron oxide nanoparticles. *Nanomedicine* 2010, 5, 397-408.
- Roca, A. G.; Costo, R.; Rebolledo, A. F.; Veintemillas-Verdaguer, S.; Tartaj, P.; Gonzalez-Carreno, T.; Morales, M. P.; Serna, C. J., Progress in the preparation of magnetic nanoparticles for applications in biomedicine. *Journal of Physics D-Applied Physics* 2009, 42, (22), 11.
- Tartaj, P. M., M. P.; Veintemillas-Verdaguer, S.; González-Carreño, T.; Serna, C. J., Synthesis, properties and biomedical applications of magnetic nanoparticles. *Handbook of Magnetic Materials* 2006, 16, (5), 403-482.
- Villanueva, A. C., M., Roca, A. G., Calero, M., Veintemillas-Verdaguer, S., Serna, C. J., Morales, M. P.; Miranda, R., The influence of surface functionalization on the enhanced internalization of magnetic nanoparticles in cancer cells. *Nanotechnology* 2009, 20, (11), 115103.
- Hunter, R., *Foundations of Colloid Science*. Oxford, United Kingdom: 1987.
- Massart, R., Preparation of aqueous magnetic liquids in alkaline and acid media. *IEEE Transactions on Magnetics* 1981, 17, (2), 1247-1248.
- Molday, R. S.; Mackenzie, D., *Journal of Immunological Methods* 1982, 52, 353-67.
- Sugimoto, T. M., E., Formation of uniform spherical magnetite particles by crystallization from ferrous hydroxide gels. *J. Colloid Interface Sci.* 1980, 74, (1), 227-243.
- Hyeon, T.; Su Seong, L.; Park, J.; Chung, Y.; Hyon Bin, N., Synthesis of highly crystalline and monodisperse magnetite nanocrystallites without a size-selection process. *Journal of the American Chemical Society* 2001, 123, (51), 12798-12801.
- Rockenberger, J.; Scher, E. C.; Alivisatos, A. P., A new non-hydrolytic single-precursor approach to surfactant-capped nanocrystals of transition metal oxides [15]. *Journal of the American Chemical Society* 1999, 121, (49), 11595-11596.
- Sun, S.; Zeng, H., Size-controlled synthesis of magnetite nanoparticles. *Journal of the American Chemical Society* 2002, 124, (28), 8204-8205.
- Mirkin, C. A.; Letsinger, R. L.; Mucic, R. C.; Storhoff, J. J., A DNA-based method for rationally assembling nanoparticles into macroscopic materials. *Nature* 1996, 382, (6592), 607-609.
- Mejias, R. C., R.; Roca, A. G.; Arias, C. F.; Veintemillas-Verdaguer, S.; Gonzalez-Carreno, T.; Morales, M. D.; Serna, C. J.; Manes, S.; Barber, D. F., Cytokine adsorption/release on uniform magnetic nanoparticles for localized drug delivery. *Journal of Controlled Release* 2008, 130, (2), 168-174.
- Berry, C. C., Progress in functionalization of magnetic nanoparticles for applications in biomedicine. *Journal of Physics D-Applied Physics* 2009, 42, (22), 9.
- Lewinski, N.; Colvin, V.; Drezek, R., Cytotoxicity of nanoparticles. *Small* 2008, 4, (1), 26-49.
- Chithrani, B. D.; Stewart, J.; Allen, C.; Jaffray, D. A., Intracellular uptake, transport, and processing of nanostructures in cancer cells. *Nanomedicine-Nanotechnology Biology and Medicine* 2009, 5, (2), 118-127.
- Gao, J. H.; Xu, B., Applications of nanomaterials inside cells. *Nano Today* 2009, 4, (1), 37-51.
- Cheon, J. W. L., J. Y., Synergistically Integrated Nanoparticles as Multimodal Probes for Nanobiotechnology. *Acc. Chem. Res* 2008, 41, (12), 1630-1640.
- Figuerola, A.; Di Corato, R.; Manna, L.; Pellegrino, T., From iron oxide nanoparticles towards advanced iron-based inorganic materials designed for biomedical applications. *Pharmacological Research* 2010, 62, (2), 126-143.
- Ametamey, S. M.; Honer, M.; Schubiger, P. A., Molecular imaging with PET. *Chemical Reviews* 2008, 108, (5), 1501-1516.

PLACAS DE HONOR DE LA ASOCIACIÓN



Los galardonados mostrando las placas acompañados por miembros de la AEC y premiados en anteriores ediciones. De izquierda a derecha, Alfredo Lacasa Plasencia, Miguel Martínez Olagüe de GMV, Inés Cansado de Rústicos Extremeños, José Manuel García Bernal de Gemasbe Analítica, Sara Goñi Elizalde, Antonio Fernández Rañada, Julio César Javier Tello Marquina, Concepción Jordá Gutiérrez, Antonio Bello Pérez, Jesús María Rincón López y Alfredo Tiemblo Ramos.

Placa de Honor 2010 concedida a Rústicos Extremeños

La AEC ha estado siempre orgullosa de galardonar con nuestras PLACAS DE HONOR a empresas y profesionales de la ciencia que anteriormente no hubiesen sido distinguidos por ningún premio o al menos con premios o galardones de renombre o institucionales.

En este caso, cuando se decidió en la Junta del 21 abril de 2010 conceder una Placa-2010 a RUSTICOS EXTREMEÑOS, una joven y emprendedora empresa extremeña, creo que hemos sido una vez más pioneros en la concesión de un galardón. Aunque bien es verdad que en el acto de entrega se nos han adelantado, ya que muy recientemente y antes de la celebración de este acto de entrega, ha recibido el PREMIO MEEEX a la Mejor Empresa Innovadora de Extremadura durante el presente año 2010, distinción que concede la Dirección Gral. de Competitividad Empresarial de la Consejería y Vicepresidencia Económica de la Junta de Extremadura.

La empresa RÚSTICOS EXTREMEÑOS está ubicada en Santa Marta de los Barros, un pueblo de gente emprendedora, que está situado en el centro de la comarca pacense de los Barros, bien conocida por sus excelentes vinos pero menos conocida fuera de Extremadura por sus excelentes arcillas y su tradición ceramista.

Hace poco en su columna habitual de "La Tronera" el escritor Antonio Gala denunciaba la situación de la tan ahora "cacareada en los medios" I+D+i española. Lo mismo que don Miguel de Unamuno... decía el escritor Antonio Gala en su columna:

"Quizás, por desgracia, la tecnología no sea lo nuestro, ni la investigación, ni la innovación, ni el desarrollo, pero parece ser que por ahí van las cosas de los otros." Elogiaba el hecho de que 40.000 Pymes estén aportando 5.000 millones de euros al idealizado I+D+i... y al mismo tiempo, lamentaba que en el 2009 se dejaron de utilizar 1.500 millones dedicados a este fin por el Ministerio correspondiente. Hecho que no debería permitirse nunca más.

La industria de la Construcción podrá y de hecho lo está en crisis en estos momentos, pero lo que no sabe el gran público, es que nunca ha sido, tanto la Construcción como sus materiales a nivel científico y tecnológico, tan creativa como en estos momentos. Buen ejemplo de ello es la CERÁMICA LUMINOSA, ya que se trata de un producto que después de unos minutos de exposición a cualquier fuente de luz convencional o luz eléctrica absorbe y almacena energía lumínica (menos de una hora, exactamente 52 minutos para saturar el efecto) emitiéndola en la oscuridad durante mas de 10 horas y siendo visible el efecto luminoso hasta 25 metros de distancia. Así pues, estamos ante una "Cerámica Activa", lo cual concuerda con las tendencias a nivel mundial de lo que



Inés Cansado. Rústicos Extremeños.

de las grandes como sobre todo a las pequeñas empresas, muchas de ellas de carácter familiar. A este respecto viene bien recordar aquí que SM el Rey Juan Carlos I en el pasado mes de junio en su discurso de presentación de la Memoria COTEC afirmó:

“... Parece conveniente insistir en que los procesos de creación de riqueza basados en la innovación no son privativos de los sectores de alta tecnología. El conocimiento es de aplicación universal y siempre ha podido favorecer la iniciativa y éxitos en múltiples y muy diversos ámbitos...” y sigue más adelante: *“...nunca ha sido, pues, tan necesario como hoy generar confianza en la economía de la innovación y lograr que ésta se extienda al conjunto de nuestros tejidos productivos, desde los sectores mas tradicionales hasta los mas avanzados,... desde las PYMES hasta las grandes empresas.”... “hemos de lograr que la sociedad española asuma... el papel de una sociedad que valora y estimula el espíritu emprendedor...”*

se demanda ahora a los materiales de construcción. Desde ahora el paradigma ha cambiado y se les exige un papel activo, como es el caso de lo que ofrece la CERÁMICA LUMINOSA, bien como sensores, interruptores, biocidas, elementos productores de energía solar, antideslizantes, etc.

Además, es conveniente saber que las investigaciones en el campo de la LUMINISCENCIA, a nivel puramente científico en el campo del vidrio y de los materiales cerámicos, es de los que más esfuerzo investigador están acaparando a nivel mundial. RÚSTICOS EXTREMEÑOS enmarca su actuación en los planes europeos y nacionales. Así:

1º) Recientemente se ha puesto en marcha en la UNIÓN EUROPEA los denominados PPP, que significan Proyectos Públicos- Privados de I+D+i con un Plan Estratégico que se va a desarrollar en los próximos años. Entre éstos está el denominado : EeB, ENERGY efficient BUILDINGS para reducir las emisiones de CO₂ en los edificios y por sus materiales y construir edificios más eficientes y está claro que la CERÁMICA LUMINOSA se enmarca dentro de esta línea pues su producto sirve para el ahorro económico y energético.

2º) Dentro de la Ley de Ordenación de la Edificación, está en marcha el CTE: Código Técnico de la Edificación, que regula entre otros aspectos el de la SEGURIDAD de las edificaciones y está claro que la CERÁMICA LUMINOSA sirve también para garantizar la seguridad en la oscuridad.

Nuestra Asociación en sus galardones se ha distinguido en estos años de otras asociaciones y de otros galardones, precisamente por tener consideración y estima tanto la labor

Asimismo, decía nuestro Presidente Jesús Martín Tejedor en un artículo publicado en nuestra revista Acta Científica y Tecnológica (nº. 11, 2006, pags 5-8): *“Los estudios de la UE y otros coinciden en señalar que la sociedad española es de las mas optimistas y con menos reservas respecto a la ciencia; pero paradójicamente esa actitud positiva no está respaldada por una cultura científica ni por un esfuerzo personal para adquirirla. Incluso los propios investigadores españoles no son muy proclives a compatibilizar sus líneas de investigación con otras de divulgación y acercamiento al publico...”* Creo que la propia visión simplista vista desde fuera respecto a lo que se mueve internamente en la I+D+i en el caso del sector de la Construcción hace que tenga que soportar la incomprensión injustamente.

Por último, quisiera mencionar que es la primera vez que la AEC concede un galardón a una empresa extremeña y creo que en un momento muy oportuno, pues Extremadura a pesar de sus limitaciones geográficas (hace años por ejemplo, el problema histórico del subdesarrollo de los años 50-60 de la frontera hispano-portuguesa ya fué extensamente estudiado y analizado por A.Pintado y E. Barrenechea en su libro: La Raya de Portugal, (1972, Ed. Cuadernos para el Diálogo). Desde hace unas décadas algo se está despertando en esta querida región de España, en la que “nacían los dioses” según solía decir el escritor extremeño Pedro de Lorenzo y en la que ahora nacen empresarios jóvenes y emprendedores como los de RÚSTICOS EXTREMEÑOS. Así pues, permitidme para acabar, un poco de poesía de la mano de este ilustre escritor extremeño en su libro La Fantasía Heroica (1961, Ed. Doncel):

“... Me asomo a las grandezas de esta tierra. Primero, la misma tierra, la tierra como soporte, la tierra solar de Extremadura” (pág.340)

y en otra parte (pág 326) leemos un párrafo lleno de poesía que tiene que ver con la “tierra extremeña” ...que dice:

...” *La tierra es un asperón rojizo; alto el cielo, destellante; esculpido en la cruda luz verdosa, crece un cacto; se abrasan la chumbas de ancha carnosa pala y fruto de cálidas tintas, del rojo al amarillo azafrán; feroz, la pita recia, lindera*”

y como punto final, qué mejor que esta Tierra de Barros, aun llena de paisaje y de posibilidades de un crecimiento armónico, en vez de otras aventuras industriales contrarias a su naturaleza, que para implementar innovaciones basadas en el conocimiento científico y aplicarlas en los materiales cerámicos tradicionales para que tomen un valor añadido que los permita contribuir en la mejora de la economía de Extremadura y de sus valiosas gentes.

Jesús M^a. Rincón López

Placa de Honor 2010 concedida a Sara Goñi Elizalde

Desde que en julio del 2007 se decidió en Montreal, Canadá, en intensa competición con China, Pekín, que el próximo XIII Congreso Internacional de la Química del Cemento tuviese lugar en Madrid en el presente año 2011 vislumbramos la posibilidad de apoyar desde la AEC este importante congreso internacional galardonando a algún investigador destacado del campo de la Química del Cemento de nuestro país. El cemento es bien conocido por los constructores y popularmente por sus aplicaciones, pero como material indispensable para la Construcción actual es muy poco conocido en cuanto a su historia y sobre todo en cuanto a la evolución que ha tenido como producto en los últimos años de la mano de científicos y tecnólogos.

En este contexto, se decidió conceder este galardón a la científica española Sara Goñi Elizalde. Sara Goñi es de carácter y sangre “navarrica”, como le habría gustado decir a nuestro Presidente Jesús Martín Tejedor, que como sabéis los amigos de la AEC que es y ejerce de navarro de Pamplona... Sara pertenece a una generación de científicos que comenzaron su dedicación a la Ciencia nada más terminar su carrera a finales de la intensa década de los sesenta. Quiero resaltar que en aquella época no se hablaba para nada de la I+D+i, concepto que se ha introducido muy recientemente en el vocabulario sobre todo político y que se maneja, quizás muy ligeramente en la actualidad, como “la panacea” de todas las economías. Lo que sí se sabía en aquella época, me refiero a la década de los sesenta de donde procede generacionalmente nuestra homenajeada, era lo que significaba la Ciencia y la

Tecnología como tales. Por mucha juventud de aquella época, se valoraba ya la Ciencia y la Tecnología como tal sin el apelativo I+D+i con el que ahora se la designa y ya se la contemplaba en aquella España que comenzaba a desarrollarse de nuevo en todas sus posibilidades..., como algo a lo que merecía la pena dedicarse por aquella generación de jóvenes licenciados. Todo ello era debido a que ya se intuía la gran repercusión que iba a tener en lo que entonces se conocía como “el mundo del futuro” y que ejercía cierta fascinación entre muchos jóvenes de los sesenta con acontecimientos como el inicio de la aventura espacial o el gran desarrollo que tuvo en nuestro país en aquellos años la química del petróleo y sus derivados como los materiales plásticos, cuyo uso se generalizaba entre la sociedad española.

Sara Goñi, que es doctora en Ciencias Químicas por la UCM, comenzó su labor investigadora y docente con el Profesor Fernando Burriel en el Dpto. de Química Analítica de la UCM en donde trabajó durante 12 años en la síntesis de óxidos de hierro. Posteriormente y por tres años continuó su labor investigadora en el Instituto de Ciencias Medioambientales del CSIC, incorporándose en 1987 al Instituto Eduardo Torroja también del CSIC. Después de una estancia en la Universidad de Aston en Birmingham trabajando en la extracción y análisis de la fase acuosa de la pasta del cemento aluminoso, sus intereses científicos se focalizaron hacia el área del Medio Ambiente, trabajando en el desarrollo de matrices para el confinamiento de residuos tóxicos y radiactivos, así como en la valorización de diversos residuos. Desde entonces ha realizado numerosas aportaciones al respecto por el grupo que lidera Sara Goñi, aportaciones que han sido publicadas en las revistas más prestigiosas del área de materiales, tales como: J. Mat. Res., Mats. Res. Bull., Cement and Concrete Res, J. Amer. Ceram. Soc., etc. Tiene además varias patentes registradas a su nombre y de sus colaboradores, de las que una está registrado, además de en Europa, en Canadá y EEUU. Dirección de cinco doctorales y seis proyectos de fin de carrera, etc., y todo ello con un nivel de citas nada despreciable.

Actualmente tiene en marcha un proyecto europeo en el que intervienen doce centros e industrias en el que se desarrollarán a escala industrial los resultados de sus investigaciones en cementos belíticos. Aparte de su labor creativa y didáctica, ha fundado una Unidad Asociada del CSIC con el centro tecnológico LBEIN del País Vasco, dedicada a Nanomateriales Ecoeficientes para la Construcción y pertenece a otra dedicada a Geomateriales con la UAM. Pero la labor que quisiera destacar más con la concesión de esta PLACA-2010 es por sus investigaciones en procesos ecoeficientes para la fabricación de cementos belíticos con baja emisión de CO₂.

¿Y en qué consisten este tipo de cementos que son diferentes de los tradicionales del tipo Portland?

El interés de los cementos belíticos nació a partir de la primera crisis energética de los años setenta en el pasado si-

Sara Goñi Elizalde.

glo, precisamente en la época en que Sara comenzaba sus trabajos de tesis doctoral. Todos sabemos ya que en la actualidad se está produciendo una 2ª revolución energética impulsada por la necesidad de controlar el exceso de las emisiones de CO₂ a la atmósfera por sus implicaciones en el cambio climático. España emitía a finales del 2004 más de un 48 % de gases de efecto invernadero que en 1990, pese a que para cumplir el Compromiso de Kyoto sólo debería emitir un 15% más que en dicho año para el periodo actual de 2008-2012.

Las fases minerales de este tipo del cemento tradicional son: ALITA, BELITA, CELITA Y BROWNMILLERITA, que son versiones modificadas de diversos silicatos de calcio e incluso un ferrosilicato de calcio con diversos iones más o menos sustituidos. La ALITA esta presente en un 50-70 % y es el compuesto que proporciona la resistencia mecánica en los primeros 28 días de su hidratación. La BELITA es un silicato dicálcico modificado y que en realidad fue descubierta ya hace mucho tiempo en 1897 por el investigador Törneborn y es la que ha ocupado la actividad investigadora de nuestra compañera galardonada...Constituye entre un 15-30 % del cemento Portland tradicional y casi no aporta resistencia durante los primeros 28 días, pero lo hace desde los 90 días de comenzado el fraguado del cemento. Es decir, se trata de una fase cristalina que actúa de "relevos o de reserva" de resistencia mecánica, pues ejerce su influencia cuando ya la ALITA esta "agotada" en sus funciones...En realidad la BELITA es como un "reservista" que toma el relevo como en las carreras de relevo en el atletismo haciendo que el equipo (el material final en este caso...) salga beneficiado.

La ganancia de resistencia mecánica de la BELITA es lenta al comienzo de la hidratación, por lo que se han desarrollado numerosas investigaciones para aumentar su reactividad hidráulica. Para ello, se usan dos procedimientos: de alta y de baja temperatura e incluso la introducción de nanomateriales durante la hidratación. Todo comenzó en 1995; es decir, hace escasamente quince años con el proyecto del Plan Nacional: "Síntesis y caracterización de nuevos materiales con base cemento a partir de cenizas volantes



activadas por vía hidrotermal". Así pues, la materia prima para obtener este nuevo tipo de cemento es un residuo del que se producen millones de toneladas como son las Cenizas volantes de las centrales térmicas españolas con lo cual con el proceso investigado por el grupo de investigación que dirige Sara Goñi, como se dice coloquialmente "se matan dos pájaros de un tiro": Se obtienen CEMENTOS ECOEFICIENTES, rebajándose su temperatura de fabricación a 800° C y esto se logra además usando como materias primas materiales residuales.

Para finalizar esta presentación quisiera mencionar un comentario de hace unos meses de un galardonado con nuestras placas en el año 2001 y de manera pionera por nuestra Asociación. Me refiero a Eduardo Punset, que en un reciente artículo (5 septiembre 2010 en XL Semanal) se preguntaba:

¿Quiénes y cómo son los sabios modernos? Aunque el término "sabio" se asimila en los tiempos actuales más a la palabra "gurú" palabra que se ha puesto de moda recientemente, lo que es cierto es que hace años este término se aplicaba fundamentalmente a los científicos. Dice Punset :

"...los sabios modernos... son gente implicada en el pensamiento metafórico... son partidarios de que la ciencia irrumpa en la cultura popular... son más modestos que los del pasado..., hace falta un nivel de resistencia y perseverancia en el cumplimiento de los objetivos que uno se ha fijado... etc."

Creo que dentro de estas cualidades entra nuestra galardónada, Sara, ya que es una científica española que lleva realizando una investigación de valor reconocido internacionalmente por sus aportaciones al mundo del cemento. Es además una carrera de dedicación a la Ciencia ejercida con coherencia y dedicación total.

Jesús M^a. Rincón López

Placa de Honor 2010 en el Área de Ciencias Agrarias concedida a Alfredo Lacasa Plasencia

La Asociación Española de Científicos (AEC) otorga su Placa de Honor del Año 2010 en el área de Ciencias Agrarias al Profesor de Investigación doctor Ingeniero Agrónomo don Alfredo LACASA PLASENCIA que es uno de los máximos expertos en el: "Manejo Agronómico de Plagas y Enfermedades en Cultivos en Ambientes Mediterráneos". El profesor Alfredo LACASA viene trabajando desde el año 1976 en el Instituto Murciano de Investigación y Desarrollo Agrario y Alimentario (IMIDA), que pertenece a la Consejería de Agricultura y Agua de la Región de Murcia, donde desde el año 2004 es jefe del Departamento de Biotecnología y Protección de Cultivos.

Se debe señalar que el profesor Alfredo LACASA nace en el pueblo de Barós (Huesca), realizando sus estudios de ba-

chillerato en Jaca (Huesca), hechos que han permitido incorporar a su personalidad los valores del "Pueblo Aragonés". Posteriormente estudia la carrera de Ingeniero Agrónomo en la Universidad Politécnica de Valencia, donde presenta su tesis doctoral en noviembre de 1980 sobre: "Contribución al Conocimiento de la Biología, la Reproducción, el Régimen Alimentario y el Valor como Predador de *Aeolothrips intermedius* Bag. (*Thys, Aeolothripidae*)", en Entomología Agraria y especialmente en el interés de los Trips como vectores de virosis en cultivos, formándose también en las Escuelas Nacionales Superiores de Agricultura de Montpellier, París-Grignon y Rennes (Francia), siendo becario del Banco Mundial y del INIA (CRIDA 07, Murcia). Desde el año 1977 es Jefe de Proyectos de Investigación en el CRIDA 07 INIA, Murcia. En el Área de la Docencia ha sido profesor de Entomología Agrícola en la Escuela de Ingenieros Agrónomos de Valencia, Fitopatología y Protección de Cultivos en la Universidad Politécnica de Cartagena, Murcia, además en numerosos Cursos y Jornadas Técnicas, tanto a escala nacional como internacional, habiendo dirigido siete tesis doctorales y 36 trabajos fin de carrera.

Pertenece a diferentes Sociedades Científicas de Entomología Aplicada, Fitopatología y Ciencias Hortícola, siendo consultor Experto en Protección de Cultivos de las Naciones Unidas (UNIDO) sobre alternativas a los fumigantes químicos que se vienen aplicando al suelo y también viene asesorado en temas de Producción Integrada, especialmente en los Países de Centro y Sur América. Se debe destacar que ha sido Miembro del Consejo Rector del Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias (INIA), Vocal del Consejo de Agricultura Ecológica de la Región de Murcia y Miembro del Grupo Técnico sobre las Virosis de las Hortalizas de la Región de Murcia. Su relación durante decenios con los agricultores del Campo de Cartagena le valió, por aclamación, que estos le otorgaran la "Semilla de Oro", en la primera concesión del galardón.

La actividad investigadora del profesor Alfredo LACASA, destaca sobre todo por haber logrado armonizar los fundamentos teóricos de las Ciencias Agrarias con los aspectos prácticos de la Agronomía para poder sentar las bases de una gestión de los sistemas agrarios con criterios agroecológicos, mediante el desarrollo de 55 proyectos y contratos

Alfredo Lacasa Plasencia.



con empresa en los que ha participado o dirigido, centrados principalmente en el manejo agronómico de plagas y enfermedades, no solo en hortalizas sino también en frutales y cítricos, que han sido desarrollados con criterios de Investigación Participativa, cuyos resultados se recogen en más de 255 artículos, así como 291 comunicaciones y ponencias en congresos nacionales e internacionales, destacando su aportación a la eliminación del bromuro de metilo, un fumigante del suelo con una utilización que ha superado las 60.000 toneladas anuales solo en los países que no tienen que cumplir el Artículo 5 del Protocolo de Montreal, y del cual se perdía el 87% elevándose a la atmósfera destruyendo la capa de ozono, que nos protege de los rayos ultravioleta de la luz solar, con lo que ello supone por su impacto en el cambio climático y desde el punto de vista socioeconómico para la producción agraria, así como la crisis económica, presentado como alternativa la biosolarización, término que el profesor Alfredo Lacasa propone para resaltar la importancia que la temperatura tiene en la descomposición de la materia orgánica cuando se aplica al suelo. La técnica se acoge al concepto de biodesinfección de suelos para regular las poblaciones de organismos parásitos de los cultivos, siendo por ello sus investigaciones y las de los demás componente de su equipo, un referente a escala Internacional. Proyección debida al desarrollo de un proyecto específico coordinado por el Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino (MARM), que propuso el modelo agrario en armonía con los recursos naturales y el medio ambiente.

Destaca su exactitud en el planteamiento de sus investigaciones, estudios exhaustivos para demostrar sus hipótesis de trabajo, trabajador incansable en el apoyo y resolución de los problemas que se plantean en el campo, principalmente en el amplia e importante área de la agricultura murciana. En su persona se puede encontrar un doble especialista, en enfermedades y sobre todo en plagas. Es uno de los mejores expertos españoles, o quizás el único, en tisanópteros, conocimiento que fue de indudable importancia con la entrada e instalación del trips de las flores, *Franckliniella occidentalis* y de la virosis asociada al mismo, el Bronceado del tomate, que tan graves pérdidas ocasionaron. Un hombre íntegro, noble como buen aragonés, sincero, trabajador, virtudes que hacen que sea un honor contar con él como un buen amigo y un gran compañero.

Antonio Bello Pérez

Placa de Honor 2010 concedida a GMV (Grupo Mecánica del Vuelo)

Hace más de 26 años, en el verano de 1984, el catedrático de la Escuela Técnica de Ingenieros Aeronáuticos, don Juan José Martínez García, vio la oportunidad de introducirse en la empresa del sector espacial y, en concreto, en el área de satélites espaciales. Así nació, a partir de un selecto grupo de

estudiantes, la empresa Grupo Mecánica de Vuelo, conocida por sus siglas GMV. Hoy día, GMV ha conseguido un importante volumen de negocio y, lo que a nuestros efectos más nos interesa, una excelente reputación internacional a base de ofrecer soluciones basadas en la innovación y en la tecnología desarrollada dentro de la propia empresa.

Pero, ya desde el principio, GMV ha basado la estrategia de empresa no sólo en el sector espacial de los satélites, sino en alcanzar nuevas áreas transfiriendo los conocimientos tecnológicos adquiridos en dicho sector espacial a otros sectores.

Así, en su faceta original, GMV es el principal proveedor de centros de Control de satélites en Europa y segundo en el mundo, contribuyendo a la exploración del espacio y a la observación de nuestro planeta, del clima y del medio ambiente, ya sea con satélites meteorológicos, científicos, militares o comerciales. Un primer contrato con la Agencia Espacial Europea fue el germen de lo que hoy es GMV.

Pero, en esa línea estratégica de diversificación aplicando tecnologías espaciales a otros sectores, GMV ha penetrado en otros ámbitos: en la aeronáutica, en sistemas de Mando y Control, en Seguridad y en Defensa, en Tecnologías de Información y Comunicaciones aplicadas a la Administración y la gran empresa, en aplicaciones de GPS al transporte, en Sistemas de Redes de Información, etc. Y no quiero dejar de citar el último sector en el que están creando tecnología propia: En Medicina, área emergente en GMV, han desarrollado un simulador de cirugía y otro de radiación intraoperativa, así como sistemas de teleasistencia y telemedicina.

Respecto al ámbito territorial, GMV apuesta por la internacionalización y ha evolucionado desde su primera sede, un pequeño piso alquilado, hasta la sede central en el Parque Tecnológico de Madrid, en Tres Cantos. Actualmente tiene delegaciones en Polonia, Rumanía, Corea y Malasia. Sus clientes proceden de los cinco continentes, manteniendo personal permanente en 11 países.

GMV es una empresa multinacional española de capital privado, con filiales en los Estados Unidos y en Portugal, además de siete instalaciones en España. Los datos que avalan la excelencia de GMV, por citar sólo algunos, son los siguientes: El 85% de sus empleados son titulados universitarios, es número uno en España en el sector espacio, número uno en Europa en Centros de Control de satélites –más de 200 misiones espaciales emplean tecnología GMV– teniendo como clientes a la NASA, a la Agencia Europea del Espacio, a EUMETSAT, a la Agencia Española de Meteorología, a EUTELSAT, al INTA y al Ministerio de Defensa con el que participa en muy importantes programas; es primera empresa española en el Programa Galileo; es la única empresa española contratada por la NASA, siendo la primera empresa española en número de contratos con la Agencia Europea de Defensa; es la

Miguel Ángel Martínez Olagüe. GMV.

única empresa española certificada por la ONU para el desminado humanitario, suministrador de referencia para EADS y EUROCOPTER, y suministrador principal en sistemas de navegación para aviación civil; es la número 1 en España en sistemas de telemática en transporte terrestre y aéreo, y es pionera en sistemas de gestión de bases de datos y de recursos de seguridad además de proveedor de confianza de los principales operadores de telecomunicaciones, y así podríamos seguir con un largo etcétera. GMV desarrolla productos de alto valor añadido y crea empleo altamente cualificado.

Toda su actividad está respaldada por un compromiso con la calidad para lo que GMV cuenta con certificaciones adecuadas a las áreas de actividad. GMV apuesta por la competitividad y por la inversión en I+D+i, destinando a ello un importante porcentaje de recursos propios.

En cuanto al aprovechamiento y fomento del conocimiento, GMV tiene firmado un convenio con la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Aeronáuticos de Madrid que se materializa en la "Cátedra GMV" para la formación de técnicos superiores expertos en sistemas aeroespaciales. La formación permanente del personal es otra de las claves del éxito de GMV. Una máquina puede hacer el trabajo de 50 hombres corrientes. Pero no existe ninguna máquina que pueda hacer el trabajo de un hombre extraordinario. Y lo que hay detrás de GMV son hombres extraordinarios, con alta capacitación tecnológica y con espíritu creativo, innovador.

GMV es, en fin, una sabia proporción de tecnología e innovación respaldadas por un espíritu empresarial emprendedor. En GMV se es consciente que la tecnología no es en sí el fin, sino el medio entre la sociedad del conocimiento y el desarrollo mundial. En tecnología, si se puede imaginar, se puede construir. O, como lo expresó en más bellas palabras aquel genio creativo e innovador que fue Walt Disney, "si puedes soñarlo, puedes hacerlo".

El secreto de GMV está en la misma base del conocimiento científico: la curiosidad por hacer cosas nuevas, por innovar, y en el talento y dedicación de sus empleados. A la empresa como tal y a sus más de mil empleados está dedicada la Placa de Honor 2010 concedida por la Asociación Española de Científicos



Placa de Honor 2010 concedida a Antonio Fernández-Rañada

Camilo Flammarion devoto de la heterodoxia y astrónomo francés del XIX, escribió entre otros, un libro sobre la atmósfera que tenía, como todo lo que hizo, un sello extremadamente personal. Como excursionista que era de lo insólito, dedicó un capítulo a las fechorías del rayo. Siendo yo todavía adolescente quedé atrapado en la descripción, acompañada de elocuente ilustración, del llamado rayo bola; esfera incandescente que descendía de los cielos tormentosos para irrumpir en las casas y pasearse incluso por los dormitorios.

Algún tiempo después llegué a la conclusión de que de existir configuraciones de este tipo del campo electromagnético, más valía prudentemente no intentar siquiera planteárselo como problema. Hoy precisamente premiamos al profesor Fernández Rañada y Menéndez de Luarca que más atrevido que yo, sí lo hizo y además con éxito.

Sus estudios sobre configuraciones topológicas del campo electromagnético, que pueden además arrojar luz sobre la cuantización de la carga eléctrica, son una contribución fundamental a la electrodinámica que además de acreditar una solidez científica poco común ponen de manifiesto una cualidad característica del profesor Fernández Rañada, la originalidad de un pensamiento que le lleva a situarse en las fronteras del conocimiento con una determinación que

Jesús M^a. Rincón López



Antonio Fernández-Rañada.

de libros que van desde la Dinámica o la Física Básica hasta el pensamiento e incluso la biografía. Obras, por cierto, que me permito recomendar a Vds., pues es un placer leer a don Antonio Fernández Rañada. “Los científicos y Dios”, un texto cuya provechosa lectura cabría recomendar a algún físico contemporáneo, analiza con indiscutible acierto la posición, siempre en debate, frente al problema de la trascendencia. Su reciente biografía de Heisenberg es además un excelente y lúcido análisis histórico de una de las épocas más dramáticas del pasado reciente.

Si me permitís que estando en noviembre fusile el Tenorio, a esto Antonio se atrevió pero escrito en este papel no está lo que conseguí pues dadas sus raíces astures hay todavía mucha sidra en el lagar. Pocas veces he tenido un placer mayor que presentar este premio para un colega cuya amistad me honra.

Alfredo Tiemblo Ramos

la verdad es que no abunda demasiado. Estamos pues ante una personalidad muy singular que ciertamente honra a este premio que hoy otorgamos.

Inevitable en la ocasión hacer una breve semblanza en la que, razones de economía de tiempo, me van a obligar a omitir más de lo que quisiera. Doctorado de Tercer ciclo por la Universidad de París, es así mismo doctor por la Complutense de Madrid. Ha ejercido la docencia y la investigación en las universidades de Barcelona y Zaragoza, además de en la Complutense de Madrid de la que es Catedrático de Mecánica y Electromagnetismo. Del mismo modo ha dirigido el Departamento de Física Teórica de la ya mencionada Complutense de la que ha sido Decano de su Facultad de Ciencias Físicas.

Premios y distinciones, pues, habrá que escoger. Fellow del Institute of Physics del Reino Unido. Miembro del Council de la Sociedad Europea de Física, Medalla de Plata del Principado de Asturias, Medalla de Oro de la Real Sociedad Española de Física, Becario March, Becario Joliot Curie, Miembro de la New York Academy of Sciences y un largo etc., del que voy a destacar dos cuestiones de la mayor importancia.

Premio Golondriz al humor inteligente en Física; o sea que la Física Teórica tiene gracia, yo siempre lo había presentado y en segundo lugar el premio internacional de ensayo Jovellanos por su obra, Los muchos rostros de la ciencia. Pero además de un centenar, más o menos, de publicaciones en las revistas internacionales del mayor prestigio, es autor

Placa de Honor 2010 en Investigación Agraria Participativa concedida a Laboratorio Gemasbe Analítica

Analizar la trayectoria del Laboratorio Agroalimentario Gemasbe Analítica (Cádiz) y la labor de coordinación de su director don José Manuel García Bernal, Licenciado en Ciencias Químicas, resulta sorprendente para los que hemos tratado de alcanzar como utopía que la Ciencia esté al servicio de la sociedad, mediante el desarrollo de modelos de investigación participativa y donde la diversidad como elemento armonizador sea el fundamento para desarrollar una actividad agraria con criterios ecológicos, que permite incrementar la calidad de vida.

La situación de fracaso del modelo agroambiental que hemos venido desarrollando en los últimos años es evidente y aceptado por los ciudadanos que tratan por todos los medios de presentar soluciones, unas veces con alternativas ecológicas (Agricultura Ecológica), otras biotecnológicas mediante el manejo de los genes de los seres vivos (organismos transgénicos) e incluso pensando que podemos continuar con el modelo actual mediante la obtención de nuevos agroquímicos (ioduro de metilo). Pero nos hemos olvidado que los problemas complejos como es la gestión de los sistemas agroambientales

sólo se logran resolver con ideas y creatividad, que deben ser apoyadas por los ciudadanos, puesto que los problemas de la agricultura y del campo son responsabilidad de todos.

El Laboratorio Gemasbe Agroalimentario Analítica (Cádiz), mediante la coordinación de su director don José Manuel García Bernal, representa un modelo de Investigación Participativa en nuestro país que ha servido para resolver uno de los problemas más graves que hemos tenido en los últimos 30 años en el campo agrario a escala mundial, para tratar de reducir la aplicación de los fumigantes químicos de los suelos en los sistemas agrarios, como es el caso del bromuro de metilo, un fumigante que aplicado al suelo para el control de organismos causantes de plagas y enfermedades, se pierde el 87% en la atmósfera, produciendo la destrucción de la capa de ozono estratosférica que nos protege de los rayos ultravioleta de la luz solar, con fuertes efectos negativos sobre el ambiente y la salud de los seres vivos, sin olvidar el alto coste económico y social, que puede suponer los 6.000 euros por hectárea y miles de millones de euros o dólares a escala mundial, puesto que se han venido utilizando más de 60.000 toneladas anuales, sólo en los países que no tienen que cumplir el Artículo 5 del Protocolo de Montreal, con lo que ello supone para la rentabilidad de los cultivos y en la crisis económica que hemos venido padeciendo en el campo agrario en los últimos 20 años con la generalización de la aplicación de fumigantes químicos de suelos en protección de cultivos.



El Laboratorio Gemasbe Agroalimentario Analítica (Cádiz) en un trabajo publicado por García Bernal y col. (2010) presentan un modelo para el manejo de plagas y enfermedades, que se fundamenta en un Programa de Investigación Participativa para la reducción de fumigantes químicos del suelo, tomando como referencia las investigaciones desarrolladas por la doctora Aurora García (García Ruiz y col. 2009) basadas en la utilización de la biodesinfección de suelos como alternativa al manejo de plagas y enfermedades, trabajo que ha sido dirigido por el profesor Javier Tello de la Universidad de Almería, y la participación de los profesores Manuel Avilés Guerrero y José Ordovás Ascaso de la Universidad de Sevilla, así como con la colaboración de los doctores Miguel Ángel Díez y José Antonio López del Centro Agrario de Marchamalo (Guadalajara), de la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha y la Sociedad Agraria de Transformación en Costa de Níjar (Almería) con el ingeniero agrónomo José Manuel Torres, la Empresa Barberet que suministró las plantas de clavel, la Empresa Mercado Rivera de Chipiona (Cádiz) por medio de Rafael Pacheco que aportó los campos experimentales y otros recursos, puesto que se trata de una de las empresas más importantes dentro del mercado del cultivo de flor cortada en la zona, que está en una perpetua crisis, y la participación de Miguel de Cara de la Empresa Biomip, Almería. Se confirmó que la biodesinfección de suelos es eficaz, da muy buenos resultados en el manejo de las enfermedades de las plantas y además se obtiene mayor calidad de la flor. Los resultados altamente positivos en el proyecto de reducción de fumigantes ha hecho que el Comité de Alternativas al Bromuro de Metilo (MBTOC) se reuniese este año entre el 12-16 de abril en Chipiona (Cádiz), con el fin de analizar las alternativas propuestas. El modelo de Investigación Participativa para la optimización de la biodesinfección de suelos se viene también aplicando en el sector hortofrutícola de Castilla-La Mancha, fundamentalmente en replantación de viñedos, pero sobre todo en cultivos hortícolas de Almería, Murcia y Valencia con resultados similares a los fumigantes químicos para el Manejo de organismos del suelo causante de enfermedades en los cultivos. Todo lo expuesto justifica la entrega por la Asociación Española de Científicos (AEC) de la Placa de Honor del año 2010 al Laboratorio Agroalimentario Gemasbe Analítica (Cádiz), por su contribución al desarrollo de un modelo de Investigación Agraria participativa que tenga en cuenta la calidad de los sistemas agrarios y sobre la calidad de vida de los agricultores.

Antonio Bello Pérez

José Manuel García Bernal.



Central Térmica GICC ELCOGAS, S.A. (Puertollano)

Utilización limpia del carbón autóctono para la producción de energía eléctrica



El futuro del carbón sostenible



Recientemente, ELCOGAS ha puesto en marcha una Planta Piloto de Captura de CO₂ que es la primera a escala industrial (14 MegaWattios) que se pone en servicio en España y la primera, también, a nivel mundial integrada en una Central de GICC dedicada a la producción de electricidad.

Sala de Control de la Planta piloto de captura de CO₂

