

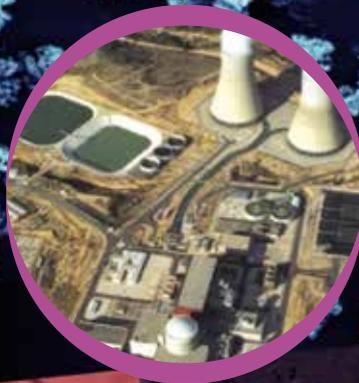
SEM@foro

Revista de la Sociedad Española de Microbiología

DICIEMBRE 2013

N.º 56

Especial Biodegradación, Biodeterioro y Biorremediación



Sociedades hermanas
Colombia

Pág. 22

Microbiología en la web
I. López Goñi y M. Sánchez Angulo

Pág. 38

¡Nuevo! Para muestras hasta 5,0 mL



El Eslabón Perdido

Eppendorf Tubes® 5.0 mL

Ahora también contará con la opción perfecta para el procesamiento seguro y cómodo de muestras con un volumen de hasta 5,0 mL.

Con su diseño cónico y su sistema de adaptadores y accesorios, los nuevos tubos Eppendorf Tubes 5,0 mL se adaptan a todos los protocolos habituales del laboratorio.

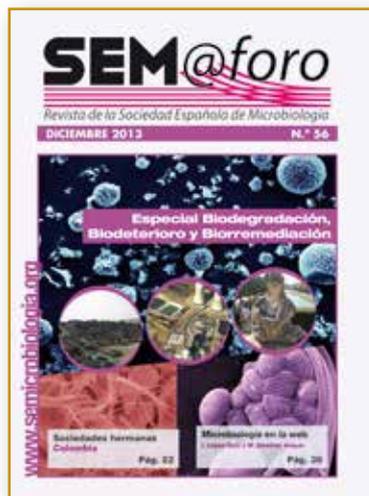
- > Gama completa de accesorios para centrifugar, incubar, mezclar y almacenar sus muestras
- > Diseño ergonómico para manejo con una sola mano
- > Centrifugación segura hasta 25.000 × g
- > Control de calidad por lote para máxima fiabilidad



www.eppendorf.com/5ml

SUMARIO

SEM@foro



Visite la página web
de la SEM:

www.sem microbiologia.org

Encontrará información
actualizada sobre
congresos, reuniones,
cursos y becas

**Socios protectores
de la SEM:**

Francisco Soria Melguizo, S.A.



Fundación Medina



Para solicitar más información,
inscripciones o publicidad,
dirijase a la Secretaría de la

**Sociedad Española
de Microbiología**

C/ Rodríguez San Pedro, 2
Planta 2ª – despacho 210
28015 Madrid

secretaria.sem@sem microbiologia.org

Editorial

Microbiología y los Cisnes Negros 3
Ricardo Guerrero

Microbiología, femenino singular

Esther Lederberg, pionera de la genética bacteriana 5
Mercè Piqueras

Nuestros Grupos

Informe de los grupos especializados 9

Premio Jaime Ferrán 2013

Semblanza de David Rodríguez Lázaro 14
Francisco Javier Carballo

Obituarios

A la memoria de Gonzalo Cuesta Amat 15
Miguel Rubio Huertos (1920-2013) 16

Microrreportajes

Las *Arcellinida*, un bioindicador efectivo de cambios paleoclimáticos
y paleoambientales 18
Crítica de libros «Microbiología basada en la Experimentación» 19
Levaduras y Bioeconomía 20

Sociedades hermanas

Asociación Colombiana de Microbiología 22
La SEM ya es miembro de FEMS 26

Congresos

XXIV Congreso SEM 10-13 de julio del 2013 L'Hospitalet de Llobregat Barcelona 28

Curso de iniciación a la microbiología

La SEM continua apostando por estimular la vocación de los jóvenes universitarios 31

Artículo

El Centro de Investigación en Sanidad Animal (CISA-INIA) 33

Especial microbiología en la web

Un paseo microbiano por la web 38
Los blogs y las redes sociales en la universidad 40

Premio microbiocarnaval

MICROBIOCARNIVAL: Microorganismos en la Blogosfera 41

Artículo destacado

Microbiología Tisular 43

Biodegradación, biodeterioro y biorremediación

Grupo de Biodeterioro, Biodegradación y Biorremediación de la SEM. 25 años
de actividad 48
Grupo de Biodegradación medioambiental de polímeros y contaminantes 50
Grupo de Microbiología Ambiental y Patrimonio Cultural 52
Bioingeniería y Materiales (BIO-MAT) 54
Grupo de Ecología Microbiana de la Universidad Autónoma de Barcelona 57
Grupo de Microbiología y Tecnología Ambiental 60
Biom mineralización bacteriana y Biorremediación de ambientes contaminados
por metales pesados y radionucleidos 63
Reducción del impacto medioambiental mediante el uso de biocidas Thor AMME™ 65
Grupo de Biorremediación, Biología e Ingeniería química al servicio de la
descontaminación 68
Aplicación de bacterias asociadas a plantas para la mejora de estrategias de
Fitocorrección de suelos 71
Grupo de Ecología Microbiana y Geomicrobiología del sustrato lítico 73
Estudio de los microorganismos que afectan el Patrimonio Cultural 76

Tesis doctorales

Resúmenes de tesis doctorales 79

Nuestra ciencia

Reseña de artículos científicos de nuestros socios 80

Carta al presidente

Genoveva F. Esteban 82

www.sem microbiologia.org

Junta Directiva de la SEM

Presidente

Ricardo Guerrero Moreno

Dpto. Microbiología. Facultad de Biología.
Universidad de Barcelona.
Avda. Diagonal, 645. 08028 Barcelona.
rguerrero@iec.cat

Presidente Electro

Antonio Ventosa Ucero

Dpto. Microbiología. Facultad de Farmacia.
Universidad de Sevilla.
C/ Prof. García González, s/n. 41012 Sevilla.
ventosa@us.es

Vice-Presidente

Francisco García del Portillo

Centro Nacional de Biotecnología. CSIC.
C/Darwin, 3. Campus Universidad Autónoma.
28049 Madrid. fgportillo@cnb.csic.es

Secretario

Juan Alfonso Ayala Serrano

Centro Biología Molecular Severo Ochoa. CSIC.
C/ Nicolás Cabrera, 1.
Campus Universidad Autónoma. 28049 Madrid.
jayala@cbm.uam.es

Tesorerera

Irma Marín Palma

Departamento de Biología Molecular
Universidad Autónoma de Madrid
Cantoblanco, 28049 Madrid.
imarín@cbm.uam.es

Editores de publicaciones

International Microbiology

José Berenguer

Centro de Biología Molecular Severo Ochoa.
Departamento de Biología Molecular. Universidad
Autónoma de Madrid. C/ Nicolás Cabrera, 1. Madrid.

SEM@foro

Víctor Jiménez Cid

Dpto. Microbiología II. Facultad de Farmacia. Universidad
Complutense. 28040 Madrid. vicjid@ucm.es

NoticiaSEM

Emilia Quesada Arroquia

Departamento de Microbiología.
Facultad de Farmacia. Campus de Cartuja,
18071 Granada.
equesada@ugr.es

Directora de la Colección Española de Cultivos Tipo

Rosa Aznar Novella

Dpto. Microbiología y Ecología.
Facultat de Ciències Biològiques. C/ Dr. Moliner 50
46100 Burjassot, València. rosa.aznar@uv.es

Responsable Cursos de Formación Continua on-line

Diego Alejandro Moreno Gómez

Dpto. de Ingeniería y Ciencia de los Materiales.
ETS Ingenieros Industriales.
Universidad Politécnica de Madrid.
José Gutiérrez Abascal, 2. E-28006 Madrid.

Vocales

M^a José Figueras Salvat

Unitat de Biologia i Microbiologia. Facultat de Medicina i
Ciències de la Salut. Universitat Rovira i Virgili.
C/ Sant Llorenç, 21. E-43201 Reus
mariajose.figueras@urv.cat

Jesús López Romalde

Dpto. Microbiología y Parasitología.
Facultad de Farmacia. 15706 Santiago de Compostela.
(A Coruña). mpromald@usc.es

Emilia Quesada Arroquia

Departamento de Microbiología.
Facultad de Farmacia. Campus de Cartuja,
18071 Granada.
equesada@ugr.es

Joaquín Moreno Casco

Dpto. Biología Aplicada. E.P.S.
Universidad de Almería.
04120 La Cañada de San Urbano. Almería.
jcasco@ual.es

Diego A. Moreno Gómez

Dpto. Ing. CC. Materiales. E.T.S.
Ingenieros Industriales. UPM.
C/ José Gutiérrez Abascal, 2. 28006 Madrid.
diego.moreno@upm.es

David Rodríguez Lázaro

Grupo Tecnología y Seguridad Alimentaria.
ITACyL. Carretera de Burgos, Km.119
47071 Valladolid.
ita-rodla@itacyl.es

Presidentes de Grupos

Biodeterioro y Biodegradación

Asunción de los Ríos Murillo

Instituto de Recursos Naturales.
Centro de Ciencias Medioambientales, CSIC.
Serrano 115 dpdo. 28006 Madrid.
arios@ccma.csic.es

Hongos Filamentosos y Levaduras (Micología)

Humberto Martín Brieva

Dpto. Microbiología II. Facultad de Farmacia.
Universidad Complutense.
28040 Madrid.
humberto@ucm.es

Biología de Microorganismos Patógenos

Ángel Domínguez Olavarrí

Departamento de Microbiología y Genética.
Universidad de Salamanca. 37007 Salamanca.
ado@usal.es

Microbiología Industrial y Biotecnología Microbiana

Javier Pastor Blanco

Dpto. Microbiología.
Facultad de Biología.
Avda. Diagonal 645. 08028 Barcelona.
fpastor@ub.edu

Microbiología de los Alimentos

Francisco Javier Carballo García

Área de Tecnología de los Alimentos.
Facultad de Ciencias de Ourense.
Campus Universitario, s/n. Universidad de Vigo.
32004 Vigo.
carbatec@uvigo.es

Microbiología Molecular

Bruno González Zorn

Centro de Vigilancia Sanitaria Veterinaria (VISAVET)
Universidad Complutense
Av. Puerta de Hierro s/n. 28040 Madrid.
bgzorn@ucm.es

Microbiología del Medio Acuático

Juan José Borrego García

Dpto. Microbiología. Facultad de Ciencias.
Campus Universitario Teatinos.
29071 Málaga.
jjborrego@uma.es

Microbiología de Plantas

Antonio de Vicente Moreno

Dpto. de Microbiología. Facultad de Ciencias. IHSM-UMA-CSIC.
Campus de Teatinos. Universidad de Málaga.
29071 Málaga.
adevicente@uma.es

Protistología

Ana Martín-González

Dpto. Microbiología-III, Facultad de Biología.
Universidad Complutense (UCM).
C/ José Antonio Novais, 2. 28040 Madrid.
anamarti@bio.ucm.es

Taxonomía, Filogenia y Biodiversidad

Antonio Ventosa Ucero

Dpto. Microbiología. Facultad de Farmacia.
Universidad de Sevilla.
C/ Prof. García González, s/n
41012 Sevilla.
ventosa@us.es

Docencia y Difusión de la Microbiología

Montserrat Llagostera Casas

Dpto. de Genética i de Microbiologia.
Universitat Autònoma de Barcelona. E-08193
Cerdanyola del Vallès (Barcelona).
Montserrat.llagostera@uab.cat

Grupo de divulgación D+D

Guillermo Quindós, Universidad del País Vasco.
Ignacio López Goñi, Universidad de Navarra.
Alfonso V. Carrascosa, CSIC.
Hortensia Rico, Universidad de Valencia.
Manuel Sánchez Angulo, Universidad Miguel Hernández.
María del Rosario Espuny Gómez, Universidad de Sevilla
María Teresa Tejedor Junco, Universidad de Las Palmas de
Gran Canaria

SEM@foro es una publicación semestral de la **Sociedad Española de Microbiología (SEM)**

Director: **Victor Jiménez Cid**. E-mail: **vicjid@ucm.es**.

Editoras de la sección especial Biodegradación, Biodeterioro y Biorremediación: **Ana M^a García** y **Asunción de los Ríos**

Webmaster de la SEM: **Jordi Urmeneta Masó**. E-mail: **jurmeneta@ub.edu**

Departamento de Microbiología. Facultad de Biología. Universidad de Barcelona. Avda. Diagonal, 645. E-08028 Barcelona.

La SEM y el Director no comparten necesariamente las opiniones que puedan aparecer en artículos, informaciones o cartas enviados por los socios, ni se responsabilizan de su veracidad.

ISSN: 2254-4399

Depósito Legal: M-12838-2013

Maquetación e Impresión: **Diseño y Control Gráfico, S.L.** Tel.: 91 731 05 13.

E-mail: **info.dcg@design2aa.com** · **www.design-2aa.com**

www.semicrobiologia.org/sec/SEMaFORO

Microbiología y los Cisnes Negros

Ricardo Guerrero
Presidente de la SEM

No es frecuente ver un cisne negro. Y mucho menos observar una bandada de ellos surcando el cielo en pos del norte. No obstante, el siglo XXI nos está ofreciendo un numeroso grupo de Cisnes Negros, que están cambiando las maneras tradicionales de hacer ciencia y profesar docencia. Evidentemente, se trata de otro tipo de cisne negro. La teoría del Cisne Negro es una metáfora que desarrolla la idea de que hay sucesos que ocurren de manera inesperada, o acontecimientos que no tienen precedentes ni sería lógico que sucedieran, pero que tienen un gran impacto social, económico y tecnológico, y son fuente de desarrollos inmediatos y trascendentes. La teoría ha sido propuesta por Nassim N. Taleb, ensayista, investigador y financiero estadounidense, nacido en Líbano en 1960. La teoría pretende explicar: (1) El desproporcionado alto impacto, difícil de predecir, de los eventos extraños que están fuera del ámbito de las expectativas normales de la historia, la ciencia, las finanzas y la tecnología. (2) La imposibilidad de calcular la probabilidad de los eventos raros utilizando métodos científicos (debido a la naturaleza misma de las probabilidades pequeñas). Y (3) los sesgos psicológicos que hacen a las personas individual y colectivamente ciegas a la incertidumbre e inconscientes del rol masivo del evento extraño en los asuntos históricos.

Los sucesos tipo Cisne Negro fueron descritos por Taleb en su libro de 2007 *The Black Swan*. Taleb califica de «cisnes negros» casi todos los grandes descubrimientos científicos (lo que para Thomas Kuhn serían «los cambios de paradigma»), los hechos históricos, y los logros artísticos rompedores, que no tienen dirección inicial y que eran inesperados. Señala como ejemplos de Cisnes Negros: Internet, la computadora personal, la Primera Guerra Mundial, los ataques del 11 de septiembre... Aun poniendo en duda que todos los sucesos citados no tuvieran precedentes, o no pudieran preverse de alguna manera en vista de sus antecedentes, se ha hecho patente que esos sucesos inesperados tienen unos efectos universales y cambian la sociedad de manera irreversible.

El término «cisne negro» fue una expresión del poeta latino Juvenal, que escribió: «*rara avis in terris nigro que simillima cygno*». Es decir, «un ave rara en la tierra, y muy parecida a un cisne negro». Cuando la frase fue acuñada, se suponía que los cisnes negros no existían. La importancia



del símil radica en su analogía con la fragilidad de cualquier sistema de pensamiento canónico, que puede ser alterado por un hecho inesperado.

Según declaró Taleb al *New York Times*: «Lo que aquí llamamos un Cisne Negro (y con mayúscula) es un evento con los tres atributos siguientes: En primer lugar, es un caso atípico, ya que se encuentra fuera del ámbito de las expectativas regulares, porque no hay nada en el pasado que puede apuntar de manera convincente a su posibilidad.

En segundo lugar, produce un impacto extremo. En tercer lugar, a pesar de su condición de rareza, la naturaleza humana nos hace inventar explicaciones de su presencia después de los hechos, por lo que llega a ser explicable y predecible. Me detengo y resumo el triplete: rareza, impacto extremo y retrospectiva (aunque no prospectiva) previsibilidad. Una pequeña cantidad de Cisnes Negros explica casi todo en

Cualquier sistema de pensamiento canónico puede ser alterado por un hecho inesperado

nuestro mundo, desde el éxito de las ideas y las religiones, a la dinámica de los acontecimientos históricos, hasta los elementos de nuestra vida personal.»

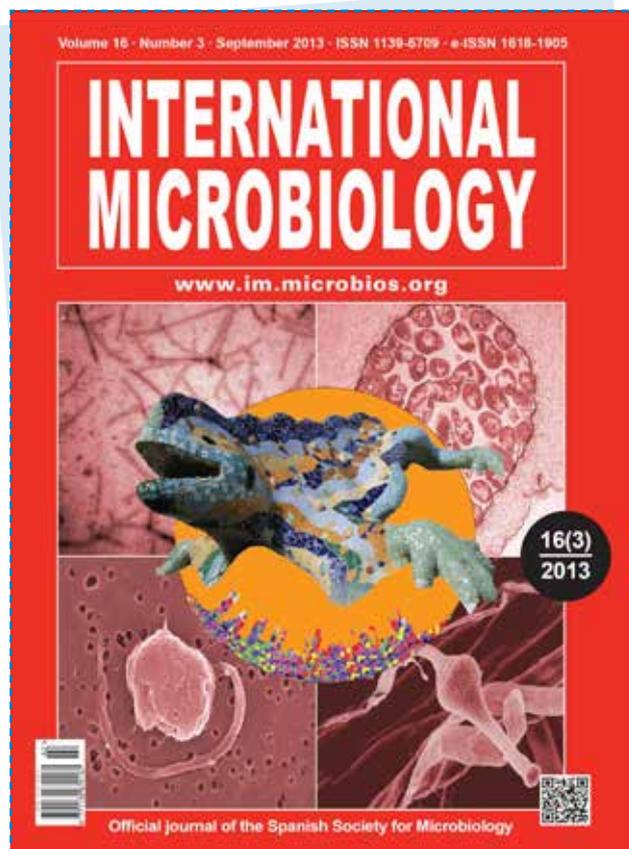
La ciencia y los científicos del siglo XXI tenemos un escenario radicalmente distinto del que existía en la primera mitad del siglo XX. Y muy diferente del que era habitual hace solo veinte años, y por tanto dentro del lapso vital y profesional de muchos de los lectores de este editorial. Hechos o conceptos inopinados como Internet, correo electrónico, factor de impacto, acceso abierto, datos en la Nube, Google, Facebook o Twitter y los que sin duda seguirán, han modificado, y a veces alterado por completo, la manera de adquirir y transmitir información, los objetivos y enfoques metodológicos de la investigación y la manera de actuar de los científicos.

«Open Access» (OA) es el término utilizado para describir la disponibilidad de los textos que están accesibles para cualquier lector a través de Internet y de manera gratuita. Aunque OA es un concepto que se restringe a menudo a la publicación en línea, es también aplicable a muchas revistas que tienen versión en papel. *International Microbiology*, la revista oficial de la SEM, muestra un decidido apoyo a la iniciativa OA, y ya en 2004 publicó un editorial manifestando esa postura rompedora [Guerrero R, Piqueras M (2004) *Int. Microbiol.* 7(3):157-161]. El informe más completo hasta el momento sobre las ventajas, aplicabilidad y «hoja de ruta» del OA total, ha sido el impresionante informe de 140 páginas preparado por diversos investigadores, editores y ejecutivos de revistas científicas bajo la dirección de Janet Finch. Un resumen (6 páginas) de este informe puede bajarse (por supuesto, de manera gratuita) del número de junio de 2013 de nuestra revista [Finch J, et al. (2013) *Int. Microbiol.* 16(2):125-132].

En la actualidad, la manera habitual de discernir la calidad de una línea de investigación, de un grupo o centro, de un investigador en concreto es a través de sus «artículos» en «revistas de impacto». La publicación de artículos individuales, y por ende la preparación y criterios de calidad de las revistas donde se publican, ha adquirido una enorme importancia estratégica, económica y evaluadora. Las dos revistas generalistas más importantes del mundo, *Nature* y *Science*, le están dedicando una gran atención, como viene indicado por los siguientes números especiales de los últimos meses:

- *Nature* 495: 28 March 2013. Portada: «The transformation of scientific publishing. A New Page.» Editorial (pp. 409-410). Artículos sobre distintos aspectos de la publicación científica (pp. 421, 425-443 y 539-540).
- *Science* 342: 4 October 2013. Portada: «Communication in Science. Pressures and Predators.» Editorial (p. 13). Artículos sobre Open Access, *peer review*, etc. (pp. 56-82).
- *Nature* 502: 17 October 2013. Portada: «Impact. The search for science that matters.» Editorial (pp. 271-272). Artículos (pp. 287-298 y 397-398).

El movimiento OA empezó con una reunión en Budapest, en diciembre de 2001, de diversas personas que eran parti-



darias de la difusión sin restricciones del conocimiento científico, especialmente mediante la distribución gratuita de los artículos de investigación publicados en las revistas científicas. El resultado de aquella reunión fue la «Iniciativa del Acceso Abierto de Budapest» (*Budapest Open Access Initiative*), que se hizo pública en febrero de 2002 y que empieza así:

«La convergencia de una antigua tradición y de una nueva tecnología han hecho posible la aparición de un bien público sin precedentes. La antigua tradición es la voluntad de los científicos y eruditos de publicar el fruto de su trabajo en revistas científicas sin recibir ninguna compensación económica, solamente por amor de la investigación y del conocimiento. La nueva tecnología es Internet. El beneficio público que hacen posible la tradición y la tecnología es la distribución electrónica por todo el mundo de los artículos publicados en revistas científicas que cuentan con revisión por expertos (*peer review*), de manera gratuita y sin restricciones para científicos, eruditos, estudiantes y otras mentes curiosas.»

Y eso se publicaba en 2002, cuando todavía no habían aparecido algunos de los cambios tecnológicos y sociales que ahora conocemos. La curiosidad, innata a la especie humana, nos lleva al progreso intelectual. Nuevos cisnes negros impensados, pero imaginables, vuelan todavía lejos por los cielos, pero se acercan ineluctablemente para posarse a nuestra vista. Debemos estar atentos y prepararnos para los cambios que traerán bajo sus alas.



Mercè Piqueras
Associate Editor, *International Microbiology*

Esther Lederberg, pionera de la genética bacteriana

TAMBIÉN HUBO UNA LEDERBERG

«El trabajo de Esther Lederberg fue pionero en el campo de la genética, pero fue su marido quien recibió el premio Nobel.» Así decía la entrada de la necrológica que el 13 de diciembre de 2006 el diario británico *The Guardian* dedicó a Esther Lederberg (1922-2006), microbióloga norteamericana que estuvo casada con Joshua Lederberg (1925-2008) de 1946 a 1966 [8]. Estar casada y trabajar con un científico que desde la época de estudiante ya destacó en su campo y vio luego culminada su carrera con el premio Nobel debió de ser para Esther muy estimulante. Sin embargo, fue también un gran inconveniente porque, mientras ella fue *Mrs. Lederberg*, el mérito del trabajo que realizaron juntos siempre fue atribuido a su marido. Cuando, en 1956, una sociedad científica de Illinois les concedió un premio conjunto, el diario *The Milwaukee* dedicó una página entera a la pareja. Entonces Joshua, con 31 años, era ya catedrático de universidad, mientras que Esther, dos años mayor, era investigadora asociada. No era el primer premio que él recibía, y en la entrevista que le hicieron declaró que el Premio Lilly de Bacteriología, que le fue concedido a él solo en 1953, debería haber sido compartido con su esposa. A pesar de esas declaraciones, cuando en 1958 recibió el Premio Nobel, ni en el discurso de recepción del premio ni en el parlamento durante la cena mencionó el papel fundamental de su mujer ni mucho menos afirmó, como hiciera dos años antes, que ella también merecía el premio.

Esther Miriam Zimmer (nombre de soltera de Esther Lederberg), nació el 18 de diciembre de 1922 en el Bronx, en Nueva York. Estudió en Hunter College, a donde fue pensando graduarse en francés o literatura, pero cambió de idea y optó por la bioquímica, desoyendo los consejos de sus profesores, que le decían que la ciencia era un ámbito que

ofrecía a las mujeres muy pocas oportunidades de realizar una carrera profesional. Al terminar sus estudios trabajó durante algún tiempo en la Institución Carnegie de Ciencia de Washington, hasta que fue a la Universidad de Stanford para realizar un máster en genética. Simultaneó aquellos estudios con un trabajo como ayudante de clase para poder mantenerse y pagar los estudios. Años más tarde contó que en aquella época tenía

Mientras ella fue *Mrs. Lederberg*, el mérito del trabajo que realizaron juntos siempre fue atribuido a su marido



Esther Lederberg en su casa de Wisconsin (1958, el mismo día que se anuncia el premio Nobel de Joshua Lederberg) ©The Esther M. Zimmer Lederberg Trust.



Joshua y Esther Lederberg en la ceremonia de entrega de los Premios Nobel de 1958.
© The Esther M. Zimmer Lederberg Trust.

Su afición por la música medieval, renacentista y barroca llevó a Esther a fundar, con otras personas, una orquesta de aficionados en la que ella tocaba la flauta dulce. Mantuvo esa afición hasta el final de sus días, yendo a ensayos y conciertos incluso cuando sus problemas de movilidad la obligaron usar unos andadores. En 1989 conoció a Matthew Simon, que compartía su pasión por la música, y se casaron en 1993. El 11 de noviembre de 2006 Esther falleció como consecuencia de una neumonía.

Entre los muchos méritos de Esther Lederberg se encuentran el descubrimiento del bacteriófago lambda, la invención del método de sembrado por réplica, y el plásmido F (*fertility factor* o *F factor*), que descubrió en colaboración con Luigi L. Cavalli-Sforza, trabajando él en Milán y ella en Wisconsin (pero el artículo en que lo describieron tiene como primer autor a Joshua Lederberg [4]).

EL BACTERIÓFAGO LAMBDA

Uno de los bacteriófagos mejor conocidos es el llamado bacteriófago o fago lambda (escrito normalmente con la letra griega λ) que infecta a *E. coli* y fue descubierto por Esther en 1950 (el mismo año que terminó su tesis doctoral) [1,2]. Aquel bacteriófago presentaba una particularidad que no tenían los virus conocidos hasta entonces: en vez de multiplicarse rápidamente en el interior de la célula que infecta y matarla, podía integrar su DNA en el DNA de la bacteria infectada y transmitirse de una generación a la siguiente sin perjudicar al microorganismo. En realidad, lo que se transmitía no era el virus sino las instrucciones para fabricar virus idénticos al original. En determinadas circunstancias, por ejemplo si la bacteria se encontraba en condiciones de estrés debido a una escasez de nutrientes en el medio, el DNA del virus se activaba de nuevo y la maquinaria celular de la bacteria se ponía a fabricar ejemplares del virus, que acababan matando la célula bacteriana. Es decir, el bacteriófago tenía un comportamiento dual, con dos tipos de ciclos vitales que luego se denominaron *lisogénico* (cuando mantiene una relación genética estable con la célula hospedadora) y *lítico* (cuando se reproduce y causa la lisis de la célula hospedadora). Los virus que se comportan así son los virus *temperados* (o *atemperados*).

Esther descubrió el bacteriófago λ al observar las colonias de una placa de cultivo mixto de *E. coli* K-12 y de una cepa de *E. coli* generada por acción de los rayos ultravioleta (la cepa W-518). Aquellas colonias eran irregulares y parecía como si les faltasen algunos trocitos. Ello se debía a la presencia de un virus que en *E. coli* K-12 pasaba desapercibido porque se encontraba en forma latente,

mientras que causaba la lisis de las células de la cepa mutante W-518. Al principio creyó que *lambda* se encontraba en el citoplasma de la célula y precisamente le llama-

mó *lambda* siguiendo el modelo de las llamadas partículas *kappa* presentes en *Paramecium* (luego se descubrió que dichas partículas eran bacterias endosimbiontes [7]). Pero

tan poco dinero, que se comía los muslos de las ranas que se utilizaban en las clases prácticas en las que se hacía la disección de estos animales. En 1946 terminó el master en genética y en diciembre del mismo año se casó con Joshua Lederberg quien, aunque era tres años más joven que ella, había conseguido ya una plaza de profesor en la Universidad de Wisconsin en Madison. Esther fue con su marido a Wisconsin, y allí trabajó como colaboradora suya mientras hacía el doctorado, que terminó en 1950, el mismo año que descubrió el bacteriófago lambda, uno de los principales hitos en su carrera como investigadora.

En 1958 Joshua recibió el Premio Nobel y aquel mismo año se trasladó a la Universidad de Stanford, donde fundó y dirigió el Departamento de Genética. Y de nuevo, Esther siguió a su marido a la universidad donde él iba a trabajar. Durante el resto de su carrera profesional Esther permaneció en Stanford, donde fundó el Centro de Referencia de Plásmidos, que dirigió hasta 1985, un año después de su jubilación oficial. Esther y Joshua Lederberg se divorciaron en 1966.

Esther examinó diferentes terciopelos en una tienda de telas para elegir uno cuyo grosor y «pelo» fuesen los más adecuados



Esther Lederberg en su laboratorio en la Universidad de Stanford. © The Esther M. Zimmer Lederberg Trust.

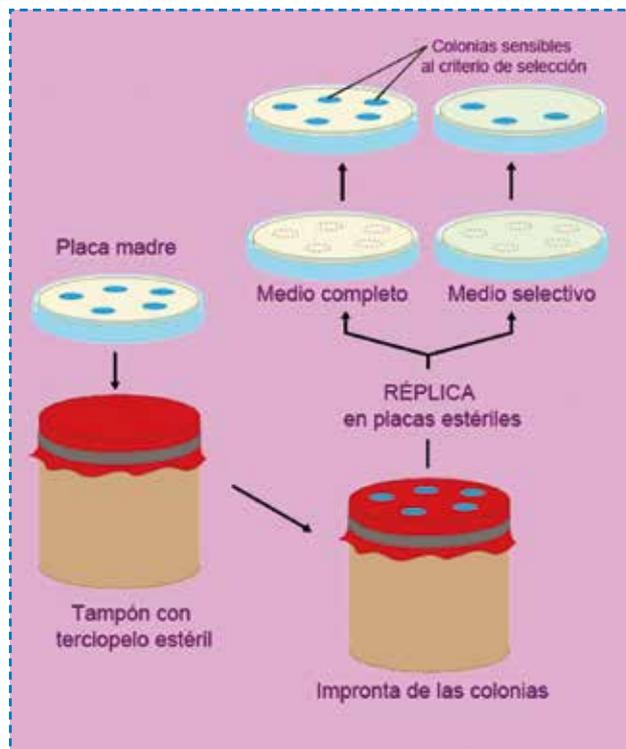
luego comprobó que su tesis era incorrecta; los datos que obtenía indicaban que *lambda* se localizaba en el cromosoma, donde existía un locus específico para la lisogenicidad (Lp), que estaba ligado a un marcador Gal (Gal4). En un relato autobiográfico, Esther cuenta que fue un trabajo que al principio realizó ella sola, pero le ayudaron los comentarios de Joshua y otros miembros del laboratorio [10].

La facilidad de crecimiento del bacteriófago λ en *E. coli*, su condición de virus no patógeno (excepto para la bacteria) y la fácil manipulación y el gran conocimiento que ya se tenía de *E. coli* convirtieron a este fago muy pronto en un modelo para estudiar otros virus que se comportan de la misma manera, como el virus del herpes. Las personas que padecen herpes labial después de la primera infección tienen el virus integrado en el DNA de células de su cuerpo y en situaciones de estrés o cuando están bajas de defensas, el virus se manifiesta desarrollando de nuevo el herpes. El trabajo de Esther Lederberg con el fago λ permitió demostrar la transmisión de material genético entre bacterias (transferencia horizontal), fenómenos como la transducción (generalizada o especializada) y muchos mecanismos de regulación génica que se conocen actualmente fueron descubiertos también en el fago λ . Además, se le han hallado múltiples aplicaciones en biología molecular. Entre otras, como marcador de pesos moleculares, para construir vectores de clonación y en ingeniería de recombinación (*recombineering*) [6]. Una aplicación que en los últimos años se está considerando de nuevo es la terapia fágica, que no es nueva, puesto que se desarrolló en la década de 1920. El aumento cada vez mayor de la resistencia a los antibióticos y las dificultades para hallar otros que sustituyan a los que pierden eficacia ha colocado de nuevo en el punto de mira de la investigación antimicrobiana a los bacteriófagos, siendo los del tipo T y los del tipo λ los más estudiados con esa finalidad [8].

MÉTODO DE RÉPLICA EN PLACA

A diferencia de otros campos de la biología, en microbiología normalmente la unidad de estudio no es un individuo aislado, sino una población, una colonia y se trabaja con cultivos en placas de Petri. A veces conviene disponer de cultivos bacterianos idénticos para comparar cómo reacciona un microorganismo a sustancias diferentes que se incorporan a los cultivos o a cambios ambientales, como un aumento o una disminución de la temperatura. Pero, ¿cómo disponer de placas de cultivo idénticas, en las que las colonias de una misma especie bacteriana estén distribuidas de la misma manera que en la placa de la que se parte? Es como disponer de la copia de un dibujo o de la firma de alguien mediante un sello de goma que se unta en un tampón empapado en tinta. Varios investigadores habían hecho pruebas usando papel secante y púas de cepillos metálicos esterilizados. En 1946, el propio Joshua Lederberg aprendió de E. Tatum a replicar colonias con mondadientes esterilizados.

Sin embargo, la solución más sencilla y eficaz se le ocurrió a Esther. Halló la manera de obtener réplicas idénticas de una placa de Petri copiando la original en un «sello» que no era de goma, sino de terciopelo de algodón esterilizado y de la misma medida que las placas de Petri. Al presionar la placa original sobre el terciopelo, las pequeñas fibras de la superficie de la tela actuaban como minúsculas agujas sobre las que quedaban bacterias de cada colonia



Esquema del método de replicación en placa. (Wikimedia Commons).

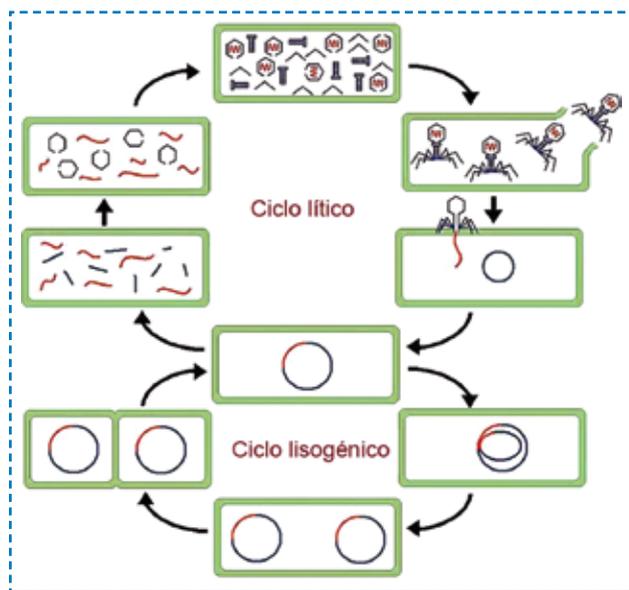
en la misma posición que en la placa de la que procedían. Luego utilizaba el tampón de terciopelo para inocular de una placa a otra en la que las colonias crecían ocupando la misma posición que en la placa original. Esther examinó diferentes terciopelos en una tienda de telas para elegir uno cuyo grosor y «pelo» fuesen los más adecuados para obtener una copia más nítida. Además probó diferentes detergentes hasta encontrar el mejor para lavar sus taponnes. El artículo que describe esta técnica tan sencilla pero innovadora fue publicado en 1952 y lo firmaron Joshua y Esther Lederberg, él como primer autor [3].

LA INVISIBILIDAD DE ESTHER

En 1958, Joshua Lederberg recibió la mitad del premio Nobel de Fisiología o Medicina «por sus descubrimientos relacionados con la recombinación genética y la organización del material genético de las bacterias» (la otra mitad fue compartida por George Wells y Edward Lawrie

Tatum). En la conferencia que pronunció como receptor del premio [5] contó que en sus estudios de genética había gozado de la compañía de muchos colegas, sobre todo de la de su esposa. En el texto se refiere al método de réplica en placa y al factor F, pero sin mencionar el papel de Esther en ambos descubrimientos. Del trabajo de ella habló solo en relación al bacteriófago λ , que ella describió en 1950 como única autora. Luigi L. Cavalli-Sforza dijo sobre Esther en 1974 que la larga colaboración con su marido le impidió hasta entonces el privilegio de un puesto de trabajo estable e independiente. Algo que se merecía por lo que había hecho y por lo que podía hacer todavía [11].

Cuando Esther falleció, la página web de su exmarido, Joshua Lederberg (fallecido posteriormente, el 2 de febrero de 2008), localizada en la web *Profiles of Science* de la Biblioteca Nacional de Medicina de los Estados Unidos, no tuvo unas palabras de recuerdo para Esther y ni siquiera mencionó su muerte.



Ciclos lítico y lisogénico del fago lambda. (Wikimedia Commons).

REFERENCIAS

1. Lederberg, E (1950). Lysogenicity in *Escherichia coli* strain K-12. *Microbial Genet Bull* 1: 5-8.
2. Lederberg, E (1951). Lysogenicity in *E. coli* K-12. *Genetics* 36:560.
3. Lederberg J, Lederberg EM (1952) Replica plating and indirect selection of bacterial mutants. *J Bacteriol* 63:39-406.
4. Lederberg J, Cavalli LL, Lederberg EM (1952) Sex compatibility in *Escherichia coli*. *Genetics* 37:720-730.
5. Lederberg J (1959) A view of genetics. Disponible en el web de la Fundación Nobel http://www.esthermlederberg.com/Clark_MemorialVita/HISTORY52.html (fecha de consulta: 25.10.2013).
6. Muniesa, M (2011). El bacteriófago lambda, un model de decisió genètica. En: Corominas M, Valls M (eds) *Organismes models en biologia*. Treballs SCB, 62:19-30.
7. Raymann K, Bobay LM, Doak TG, Lynch M, Gribaldo S (2013) A genomic survey of Reb homologs suggests widespread occurrence of R-bodies in proteobacteria. *G3 Genes Genomes Genetics* 3:505-516.
8. Richmond C (2006) Esther Lederberg. Obituary. *The Guardian* <http://www.theguardian.com/science/2006/dec/13/obituaries.guardiano-bituaries> (fecha de consulta: 25.10.2013).
9. Vandamme EJ, Miedzybrodzki R (2013) Phage therapy and phage control: ...to be revisited urgently! *J Chemical Technol Biotechnol* (published online before printing) DOI: 10.1002/jctb.4245.
10. http://www.esthermlederberg.com/Clark_MemorialVita/HISTORY52.html.
11. <http://www.esthermlederberg.com/LLCS%20Cavalli%20testimonials.html>.

SEM@foro y NoticiaSEM publican artículos de opinión y divulgación sobre Microbiología, así como todo tipo de reseñas e información sobre la actividad de los Grupos Especializados de la SEM, congresos, simposios, seminarios, etc.

Además, SEM@foro y NoticiaSEM admiten PUBLICIDAD de las actividades, servicios o productos de tu empresa o institución.

Solicita los precios de publicidad a los directores de las publicaciones o a secretaria.sem@semicrobiologia.org.

MICROBIOLOGÍA DEL MEDIO ACUÁTICO



Juan José Borrego
Presidente del Grupo

Resultados de la elección a cargos de la Junta Directiva

Del 5 de Marzo al 11 de Abril de 2013 se realizó la votación on-line de cargos para la renovación parcial de la Junta Directiva del Grupo, en sus categorías de presidencia, tesorería y dos vocales. Los candidatos elegidos, proclamados en la Asamblea del Grupo celebrada en el XXIV Congreso de la SEM el 13 de Julio de 2013, han sido los siguientes:

- Presidencia: Juan José Borrego García. Universidad de Málaga.
- Tesorería: M^a Carmen Macián Rovira, CECT. Universidad de Valencia.
- Vocales: M^a José Figueras Salvat, Universidad de Rovira i Virgili; y José Agustín Guijarro, Universidad de Oviedo.

Mesa Redonda/Simposium del Grupo en el XXIV Congreso de la SEM

En el XXIV Congreso de la SEM (L'Hospitalet de Llobregat, 2013) se celebró el Simposio organizado por el Grupo, moderado por la Dra. Dolors Furones (IRTA) y el Dr. Carles Borrego (Universidad de Girona), con las siguientes ponencias:

- «Estudio de la estructura poblacional, historia demográfica y filogeografía de bacterias: el modelo *Yersinia ruckeri*» impartida por el Dr. Jesús L. Romalde de la Universidad de Santiago de Compostela.
- «Uso del MALDI-TOF MS en estudios de diversidad de microorganismos cultivables en ambientes naturales» impartida por el Dr. Ramón Roselló del Institut Mediterrani D'estudis Avançants de las Illes Balears.
- «Los macrófitos emergentes de humedales construidos ejercen una selección compleja en los microorganismos relevantes en el ciclo del nitrógeno» impartida por el Dr. Lluís Bañeras de la Universitat de Girona.
- «Sulphate-reducing bacteria: potencial players in metal remediation processes and their dark side regarding Mercury» impartida por el Dr. Rémy Guyoneaud de la CNRS-Université de Pau et des Pays de l'Adour (Francia).

En esta misma sesión y como quinto ponente participó el galardonado con el Premio a la Mejor Tesis Doctoral (2010/11), Dr. Unai Pérez con el título: «Epidemiología

molecular de virus causantes de gastroenteritis y hepatitis en Cataluña», que fue dirigido por los Dres. A. Bosch y R. Pintó de la Universitat de Barcelona.

La Asamblea del Grupo, celebrada el 13/7/2013 en la sede del Congreso Nacional y presidida por la Dra. Alicia E. Toranzo, Vicepresidenta del Grupo, acordó otorgar 2 premios a las mejores comunicaciones del Grupo, que recayeron en Benedito Eduardo Correia (Universidad Autónoma de Madrid) y Esther Gómez López (Universidad de Oviedo). A los premiados y a sus equipos les queremos manifestar nuestra enhorabuena y felicidades por sendo premios.

X Congreso de Microbiología del Medio Acuático de la SEM

El próximo Congreso del Grupo se celebrará del 7 al 9 de Septiembre de 2014 en Elche y Orihuela, organizado por el Dr. Antonio Martínez Murcia de la Universidad Miguel Hernández. Desde la Secretaría del grupo se irá oportunamente informando de este congreso a medida que se vayan recibiendo información del Comité Organizador. Os animamos a todos a participar en este evento tan importante para nuestro Grupo Especializado.

DOCENCIA Y DIFUSIÓN DE LA MICROBIOLOGÍA



Montserrat Llagostera
Presidenta del Grupo D+D SEM

XXIV Congreso de la Sociedad Española de Microbiología

Nuestro grupo ha participado muy activamente en el Congreso de nuestra sociedad a través de los eventos que seguidamente os comento. Organizó el primer simposio destinado a tratar de la problemática asociada a la comunicación científica bajo el título «**Microbiología y periodismo: una relación simbiótica**» que fue moderado con maestría por Manuel Sánchez Angulo e Ignacio López Goñi.

El simposio contó con la participación de ponencias impartidas por comunicadores de contrastada calidad como son Cristina Ribas (presidenta de la Asociación Catalana de Comunicación Científica), José Antonio López Guerrero (de sobrenombre JAL y asiduo de diferentes programas de cultura científica en radio, prensa y televisión), Mercè Piqueras (también de la Asociación Catalana de Comunicación Científica (conocida por todos por su inestimable papel en *International Microbiology* y por sus aportaciones a nuestras revistas) y Manuel Sánchez Angulo (miembro de nuestro grupo y también conocido por todos por su gran actividad en blogs, radio y por su entrañable espacio *El*

Biofilm del Mes en **NoticiaSEM**). Como podéis suponer sus ponencias fueron críticas, en algunos momentos punzantes y, por supuesto, dieron lugar a una animada e interesante discusión entre el público asistente y los ponentes. Como siempre en estos casos, por falta de tiempo no pudimos disfrutar tanto como hubiéramos querido de un tema tan candente y polémico como el planteado.

La sesión de **pósteres y comunicaciones orales** del grupo fue ciertamente exitosa, ya que contó con la presentación de 16 pósteres y 8 comunicaciones orales, destacando los trabajos centrados en docencia en niveles educativos preuniversitarios como una grata novedad. El premio de nuestro grupo a la mejor aportación fue para Inés Arana de la UPV por «¿Qué nos aportan los microorganismos? Acercamiento a la microbiología en la XII edición de la *Zientziastea: Semana de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación*».

Durante el Congreso, nuestro grupo presentó en sociedad al grupo de trabajo de **Jóvenes Investigadores de la SEM** (JISEM), encabezado por Ignacio Belda de la UCM. Los que asististeis al Congreso pudisteis acercaros a la mesa de los JISEM y constatar su entusiasmo para poder agrupar a nuestros jóvenes microbiólogos y trabajar para ellos. La acogida de esta iniciativa fue excelente y estamos seguros que en breve comenzareis a ver plasmado su esfuerzo.

Finalizamos nuestra participación en el Congreso con la **asamblea de nuestro grupo** a la que asistieron 20 miembros. En dicha asamblea se realizaron un montón de propuestas que no os adelantamos, pero que esperamos ir las concretando a lo largo de los próximos meses. En la asamblea se acordó definitivamente que la **próxima Reunión de nuestro grupo** tendrá lugar en **Alicante en el otoño del 2014**. Asimismo se perfiló una propuesta sobre la **sede del próximo Curso de Iniciación a la Investigación en Microbiología**. En estos momentos tenemos ya una propuesta en firme que ha sido comunicada al presidente de la SEM y que deberá ser ratificada por la Junta Directiva de nuestra sociedad. Os mantendremos informados de todo ello. Por favor estad atentos a los mensajes.

5th Congress of European Microbiologists (FEMS)

Como ya os anuncié, nuestro grupo participó en la **sesión «Microbiology Education»** del Congreso FEMS 2013 con la conferencia titulada «*The education & communication group of the Spanish Society for Microbiology (D+D SEM): a meeting point for academic microbiologists, students and the general public*» presentada por el Presidente electo de la SEM, Antonio Ventosa. Además, tuvo lugar **una reunión de representantes** de las sociedades de Microbiología de Armenia, España, Holanda, Italia, Repúblicas Checa y Eslovaca, Suecia, y UK en la que se acordaron una serie de objetivos hasta el 2015 para tratar de dinamizar las cuestiones relativas a la enseñanza de la Microbiología en la Unión Europea. Relacionado con ello, invitamos a Joanna Verran, que fue la organizadora de la sesión de educación en el congreso FEMS, a asistir a nuestro Congreso SEM, pero, aunque estaba muy ilusionada e inicialmente aceptó, finalmente por razones de agenda no

pudo asistir. Estamos convencidos que la iniciativa europea sobre educación en Microbiología en el marco de la FEMS fructificará y, por parte de nuestro grupo, haremos todos los esfuerzos que sean necesarios.

Concurso «Relatos Microbiológicos»

Finalizó con mucho éxito el concurso Relatos Microbiológicos que, como bien sabéis, es una iniciativa de nuestro grupo que ha sido gestionada por la Editorial Hélice. En el acto de clausura del XXIV Congreso de Microbiología SEM se proclamaron a los ganadores y se entregaron los premios. El primero de ellos fue para Emilia Quesada Arroquia y Jon Trout por *La Gran Historia del Pequeño Mouldy*. El segundo para Esperanza Gómez-Lucía Duato por *Una Batalla Perdida* y el tercero para *Mª del Carmen de la Rosa Jorge* por *La Vida Invisible de un Manantial*. Agradecemos la participación de todos los autores y también la desinteresada colaboración de los miembros del jurado formado por Inmaculada Mesequer Soria, Rubén López García y Rafael Nájera Morro. Dada la buena acogida de esta actividad, creemos que es interesante organizar futuras ediciones. Asimismo, estamos estudiando las diferentes posibilidades de editar de alguna forma los mejores relatos. Tendréis noticias nuestras al respecto.

Como habréis visto, en este resumen de la actividad del grupo D+D SEM solo os he comentado tres eventos en los que se ha centrado el grupo en los últimos meses. No obstante, son muchas las actividades que se están realizando o que se pondrán en marcha en breve y para las cuales os pediremos vuestra colaboración. Por ello, os pido que estéis atentos a los mensajes que recibáis desde la secretaría de la SEM al respecto, ya que las propuestas que tenemos son muchas pero necesitamos vuestra ayuda. Sin ella, este grupo sería inviable.

De nuevo os animo a que colaboréis con nosotros y a que nos comunicéis cualquier propuesta.

Nos encontrareis en <http://www.semicrobiologia.org/ddm/index.php>

HONGOS FILAMENTOSOS Y LEVADURAS



Humberto Martín
Presidente del Grupo

Os informamos que nuestro próximo congreso, el XII Congreso Nacional de Micología, se celebrará en Bilbao del 18 al 20 de junio de 2014. La sede estará en el Paraninfo

Bizkaia de la Universidad del País Vasco. Como es habitual, en el congreso participa tanto nuestro grupo como la Asociación Española de Micología (AEM), recayendo en esta ocasión la organización en la AEM. Guillermo Quindós, de la Universidad del País Vasco, es el Presidente del Comité Organizador. Si bien el esquema del congreso será el clásico, con sesiones tanto plenarias como paralelas, en esta ocasión contaremos también con diversos talleres. Podéis encontrar toda la información en: <http://aemicol.org/CNM2014/>. En breve se convocará el premio Fleming 2014, galardonado con la charla de clausura del Congreso.

Continuando con el capítulo de congresos, en el pasado XXIV Congreso de Microbiología de la SEM, celebrado en Hospitalet de Llobregat, el grupo organizó el simposio «Señalización, morfogénesis y virulencia en hongos» que fue moderado por Antonio Di Pietro y José Cansado Vizoso. Las ponencias corrieron a cargo de Oscar Zaragoza, del Instituto de Salud Carlos III de Madrid, Pilar Pérez, del Instituto de Biología Funcional y Genómica/Universidad de Salamanca, de José Ignacio Ibeas del Centro Andaluz de Biología del Desarrollo de Sevilla y de Eulàlia de Nadal, de la Universitat Pompeu Fabra, Barcelona. En dicho congreso, el premio a la mejor presentación del grupo se concedió a Cristina Rueda Hernández, del Servicio de Micología del Instituto de Salud Carlos III.

Finalmente os recordamos que el próximo número de esta publicación, el de junio de 2014 estará dedicado a nuestro grupo. Os seguiremos informando...

MICROBIOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS



Francisco Javier Carballo
Presidente del Grupo

XXIV Congreso de Microbiología SEM

El Grupo de Microbiología de los Alimentos tuvo, como ya es habitual, una presencia relevante en el XXIV Congreso Nacional de la Sociedad Española de Microbiología, celebrado en L'Hospitalet de Llobregat (Barcelona) entre los pasados días 10 y 13 de julio de 2013. Se presentaron, con esta temática, un total de 43 comunicaciones de las cuales 8 se expusieron oralmente y las 35 restantes en forma de póster. Fue destacable la elevada calidad científica de todas ellas y lo cuidado de sus presentaciones. La comunicación titulada «Tratamientos combinados de altas presiones y reuterina, lactoperoxidasa y lactoferrina en la inactivación de *Listeria monocytogenes* en jamón cocido» de los autores R. Montiel, I. Martín-Cabrejas, P. Gaya y M. Medina (Departamento de Tecnología de Alimentos, Instituto Nacional de

Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria -INIA) se hizo acreedora al premio a la mejor comunicación de Microbiología de los Alimentos.

El Grupo celebró su asamblea el día 13 de julio. El punto fundamental del orden del día se centró en el debate sobre la temática de las mesas redondas y las actividades a realizar en el próximo Congreso Nacional de Microbiología de los Alimentos que se celebrará, D.m., en Zaragoza.

El día 11 de julio se celebró el Simposio titulado «Técnicas ómicas en microbiología de los alimentos», moderado por el Dr. Baltasar Mayo Pérez, del IPLA-CISC (Villaviciosa, Asturias), donde se abordaron las técnicas individuales de proteómica, genómica y metagenómica, con especial énfasis en sus aplicaciones en el campo de la Microbiología de los Alimentos. El simposio contó con una audiencia muy numerosa (entorno a los 150 asistentes) y a su finalización tuvo lugar un interesante debate en el que se profundizó sobre el empleo de estas técnicas novedosas, sobre las ventajas e inconvenientes que estas técnicas presentan con respecto a otras más tradicionales, así como sobre el empleo de los programas informáticos especializados que estas técnicas requieren para el procesado de la información que proporcionan.

XIX Congreso Nacional de Microbiología de los Alimentos

El XIX Congreso Nacional de Microbiología de los Alimentos tendrá lugar, D.m., durante los días 24, 25, y 26 de septiembre de 2014 en Zaragoza (Paraninfo de la Universidad de Zaragoza, Plaza de Basilio Paraíso, 4, 50008 Zaragoza). Correrá la presidencia de la organización a cargo del Prof. Don Santiago Condón Usón, Catedrático de Tecnología de Alimentos de la Universidad de Zaragoza.

BIODETERIORO, BIODEGRADACIÓN Y BIORREMEDIACIÓN



Asunción de los Ríos
Presidenta del Grupo

El Grupo ha organizado durante el XXIV Congreso de Microbiología SEM, el miércoles 8 de Julio del 2013, un simposio de título «Uso sostenible de biocidas» organizado por Marta Urizal, con financiación de la empresa Thor Especialidades, S.A., que contó con un importante número de asistentes y permitió revisar y discutir diferentes aspectos sobre el uso de biocidas para frenar y eliminar procesos de biodeterioro en distintos sectores como el industrial, farmacéutico, conservación del Patrimonio, etc, así como conocer los últimos

avances en la producción de biocidas por industrias especializadas, encaminados a un uso sostenible de estos productos.

El Grupo ha actualizado recientemente su hoja web y solicita que se nos envíe cualquier información que consideren interesante incluir, de forma que sea una página activa y participativa.

PROTISTOLOGÍA



Ana Martín González
Presidenta del Grupo

Como estaba previsto, en el XXIV Congreso de Microbiología de la SEM, tuvo lugar el Symposium «Interacciones de los protistas con otros seres vivos», propuesto por nuestro Grupo Especializado. Se incluyeron cuatro ponencias, de temáticas muy diferentes, que abarcaron tanto aspectos sanitarios como ecológicos. Estas ponencias fueron «Interacciones entre escuticociliados y el sistema inmunitario de peces» (José M. Leiro Vidal, Universidad de Santiago de Compostela), «¿Predador o presa? El papel de los protistas en el modo de vida de *Legionella pneumophila*» (Francisco Amaro Torres, University of Chicago), «Amebas de vida libre vs patógenas: la clave son los factores de virulencia» (Jacob Lorenzo-Morales, Universidad de La Laguna) y «Neuropéptidos en la defensa de los organismos: ¿moléculas primitivas para el diseño de nuevos antimicrobianos?» (Elena Gonzalez-Rey, Instituto de Parasitología y Biomedicina «Lopez-Neyra». Granada).

Asimismo, se presentaron diversas comunicaciones orales y en panel, siendo concedido el premio a la comunicación «Efecto de la configuración del flujo de alimentación sobre la microbiocenosis de un proceso de fangos activos», presentado por Humbert Salvadó, de la Universidad de Barcelona.

Anteriormente os había anunciado que nuestro anterior Presidente, Aurelio Serrano, había sido nombrado Secretario General de la Federación Europea de Sociedades de Protistología (FEPS) y se iba a encargar, junto con otros socios, de la organización del VII European Congress of Protistology (ECOP), que tendrá lugar en Sevilla en el mes de septiembre de 2015. Recientemente, el Presidente de la International Society of Protozoologists (ISOP) le ha propuesto que este congreso se realice conjuntamente con el próximo congreso ISOP. Tras una consulta a los socios del Grupo, que tuvo una aceptación unánime, me es muy grato anunciar que es muy probable que ambos Congresos (ECOP + ISOP) se celebren conjuntamente en la bonita ciudad de Sevilla, lo que incrementará notablemente el número de participantes y la diversidad de sus países de origen, convirtiéndose en

un Congreso científico a nivel mundial, en el que esperamos unos 500 participantes. Es una oportunidad importante para el Grupo, que debemos aprovechar, ya que al producirse un aumento importante del número y diversidad de participantes en el Congreso ofrecería, entre otras ventajas, un potencial incremento del establecimiento de colaboraciones entre los grupos. A finales de este año creo que os podremos anunciar formalmente el Congreso conjunto entre ambas sociedades, FEPS e ISOP.

MICROBIOLOGÍA MOLECULAR



Bruno González Zorn
Presidente del Grupo

El Grupo de Microbiología Molecular celebrará su X Reunión en Segovia, los días 9-11 de Junio de 2014. Como viene siendo tradición desde la fundación del Grupo, la participación de los jóvenes investigadores será la gran protagonista del evento. En este sentido, se hará un esfuerzo máximo por parte de los Organizadores de la UAM y UCM para que las cuotas de inscripción sean accesibles a todos. Como en años anteriores, vamos a convocar a todos los socios del Grupo para el III Premio de Investigación BIOMEDAL al mejor trabajo publicado, cuyos autores clausurarán la Reunión en una conferencia invitada.

Durante estas últimas semanas hemos puesto en marcha el Tablón Micro Mol (tablonmicromol@semicrobiologia.org), a través del cual los socios intercambian anuncios y ofertas relacionadas con nuestra actividad.

El Grupo ha renovado su Junta Directiva recientemente, y aprovecha este espacio para agradecer a la Junta anterior, en especial a su Presidenta la Dra. María Molina, su impecable gestión a lo largo de esta legislatura, gracias a la cual el Grupo ha sido fortalecido y enriquecido en todos los aspectos posibles. La nueva Junta espera estar a la altura de la confianza que los socios han depositado en ella, y confía en recibir todas aquellas sugerencias y propuestas de todos los socios dirigidas a mejorar este Grupo que tantas alegrías nos viene dando. La Nueva Junta Directiva está formada por:

- Presidente: Bruno González Zorn (Univ. Complutense de Madrid).
- Vice-presidenta: Junkal Garmendia García (CSIC/UPNA/G. de Navarra: Instituto de Agrobiotecnología).
- Secretaria: Susana Campoy Sánchez (Univ. Autónoma de Barcelona).
- Tesorero: José Berenguer Carlos (Univ. Autónoma de Madrid).

- Vocales: M^a Ángeles de la Torre Ruiz (Univ. de Lleida).
- José Antonio Ainsa Claver (Univ. de Zaragoza).
- Félix Sangari García (Univ. de Cantabria).
- Josep Casadesús (Univ. de Sevilla).
- José Antonio Gil Santos (Univ. de León).
- Adela González de la Campa (Inst. de Salud Carlos III).
- Alejandro Mira Obrador (Centro Superior de Investigación en Salud Pública, Valencia).
- Víctor Jiménez Cid (Univ. Complutense de Madrid),
- Juan Alfonso Ayala Serrano (Univ. Autónoma de Madrid).
- José Antonio Bengoechea Alonso (Queen's University Belfast, UK).
- Daniel Thomas-Lopez (Univ. Complutense de Madrid).

fueron seleccionadas para su presentación oral en la sesión de Microbiología Aplicada y Ambiental I del jueves 11 de Julio. Finalmente resaltar que el premio a la mejor comunicación del grupo MIP fue otorgada a la comunicación presentada por Águila-Clares *et al.* del IVIA en Moncada-Valencia, sobre «Análisis transcriptómico de la bacteria *Erwinia amylovora* en respuesta al estrés por cobre». Asimismo otra comunicación de nuestro grupo especializado, presentada por Calderón *et al.* del IHSM-UMA-CSIC de Málaga sobre «El biocontrol de *Pseudomonas chlororaphis* PCL1606 es debido al compuesto antifúngico producto de los genes *dar*», recibió un premio SEM, como una de las mejores comunicaciones presentadas en el Congreso.

MICROBIOLOGÍA DE PLANTAS



Antonio de Vicente
Presidente del Grupo

Como se informó en el pasado número de SEM@foro, del 10 al 12 de abril se celebró en Girona la V Reunión del Grupo Especializado, donde también se concluyó el proceso de renovación parcial de la Junta Directiva, con la incorporación a la misma de Diego Romero (IHSM-UMA-CSIC, Málaga) como Secretario y Marta Martín Basanta (U.A. Madrid) como Vocal, en sustitución de Alejandro Pérez García y Ramón Penyalver Navarro, tras la eficiente y valiosísima contribución de ambos, en la Directiva del Grupo desde la creación del mismo, de nuevo gracias a los dos y la más cordial bienvenida a las dos recientes incorporaciones. La próxima reunión del Grupo ya se está planificando para su celebración en 2015, en los alrededores de Madrid, organizada por Rafael Rivilla y Marta Martín (UAM) y Emilia López y Pablo Rodríguez (CBGP-UPM-INIA).

Por otra parte, la participación de los miembros de nuestro grupo en el reciente XXIV Congreso Nacional de Microbiología de la SEM celebrado en Hospitalet fue muy relevante. El viernes 12 se celebró el Simposio «El microbioma del suelo y de la planta», organizado y moderado por el Dr. Pablo Rodríguez Palenzuela (CBGP, Madrid), quien también presentó una ponencia introductoria en el mismo. Participaron como ponentes, con brillantes e interesantes aportaciones, los Dres. Blanca Landa (IAS-CSIC, Córdoba), Iñigo Zabalgogezcoa (IRNA-CSIC, Salamanca) y Nuria Gaju (UAB, Barcelona). Asimismo miembros del grupo presentaron nueve comunicaciones de gran nivel, tres de las cuáles

TAXONOMÍA, FILOGENIA Y BIODIVERSIDAD



Antonio Ventosa
Presidente del Grupo

Durante el reciente XXIV Congreso de Microbiología de la SEM, celebrado en L'Hospitalet, Barcelona, el grupo especializado de Taxonomía, Filogenia y Biodiversidad organizó el simposio «Carl Woese: evolución de los procariontas», dedicado al Prof. C. Woese, fallecido en 2012. Dicho simposio estuvo organizado por nuestras compañeras las Dras. Victoria Béjar y Emilia Quesada, de la Universidad de Granada. Por otro lado, en el congreso de la SEM se organizaron una sesión de póster y otra de comunicaciones orales dedicadas a la Biodiversidad Microbiana; en este último caso me gustaría resaltar la excelente asistencia e interesantes debates de los temas tratados. El grupo concedió el premio a la mejor comunicación libre a Dña. M^a José León León, a la que felicitamos desde estas líneas. En la Asamblea anual del grupo se trató acerca de la renovación parcial de la Junta Directiva del grupo el próximo año 2014 y se eligió a Rafael Ruiz de la Haba como nuevo *webmaster* del grupo, sustituyendo a nuestra actual tesorera, la Dra. Maribel Farfán, a la que agradecemos su excelente trabajo a lo largo de los pasados 5 años.

La próxima reunión del grupo se realizará en Alcalá de Henares, Madrid y la organización correrá a cargo de José Luis Copa-Patiño y Juan Soliveri. La posible fecha de dicha reunión será abril-mayo de 2014 y se anunciará en breve a través de NoticiaSEM y de la página web de la sociedad. A pesar de los tiempos de crisis, animamos a todos los interesados y muy especialmente a nuestros jóvenes investigadores a participar en dicha reunión.

Semblanza de David Rodríguez Lázaro

Francisco Javier Carballo

Catedrático de Tecnología de los Alimentos de la Universidad de Vigo

David Rodríguez Lázaro, veterinario, microbiólogo de los alimentos y Premio Jaime Ferrán 2013 de la Sociedad Española de Microbiología. La asociación de las dos primeras condiciones de David con la tercera de ellas pudiera resultar *a priori* extraña, pero en modo alguno lo es para todo aquel que conozca la historia de la ciencia, y en particular de la microbiología. El propio Louis Pasteur, ya en el ocaso de su vida, escribía «*Si j'étais plus jeune, et même à mon âge si j'étais plus valide, j'irai me constituer élève à l'école d'Alfort; la lecture des ouvrages vétérinaires me mettent la tête en feu*», dejando patente la grandeza del Universo de las Ciencias Veterinarias, su riqueza, y la atracción y el embrujo que podían y pueden llegar a causar en la mente de un científico, incluso tratándose de una de las grandes eminencias en la historia de la humanidad. El mismo Pasteur aunaba en su persona el cultivo de todas estas actividades; con el mismo entusiasmo con el que investigaba el porqué de la acescencia de los vinos en su laboratorio de París, vacunaba experimentalmente de carbunco bacteridiano a las ovejas en los campos malditos de Pouilly-le-Fort.

Tampoco es casualidad que David completase sus estudios de Licenciatura en la Facultad de León, un centro en el que en las décadas de los años 70 y 80 del pasado siglo cada Cátedra estaba ocupada por un sabio, humanista, orador brillante y políglota, que compaginaba con total naturalidad la enseñanza de una disciplina que conocía, amaba y dominaba, con la inculcación a sus discípulos y alumnos de los valores de humildad, trabajo y respeto, imprescindibles para el establecimiento de unos cimientos sólidos en cualquier actividad humana. Esta semilla y ejemplo han prendido en los años posteriores en todos los profesionales que pasaron por esas aulas.

Finalizados sus estudios de Veterinaria, David emprende un camino difícil e incierto de búsqueda de la excelencia; estudios de doctorado en Gerona, una Universidad joven pero tremendamente abierta y cosmopolita, y largas, interminables diría yo, estancias posdoctorales en el Reino Unido. Es en las aulas y laboratorios de Bristol, y en los días cortos, oscuros y lluviosos de Inglaterra, donde David curte y acrecienta sus dones de reposo, paciencia y rigor.

Ya de regreso a España, desde su laboratorio del ITACYL de Valladolid desarrolla una actividad vertiginosa: ejecución de proyectos de investigación en el ámbito internacional en colaboración con los centros e investigadores más relevantes de Europa, dirección de Tesis Doctorales, participación como Editor Jefe y como miembro del Comité Editorial de varias de las revistas internacionales más prestigiosas en su campo de trabajo... David colabora con

idéntica solicitud, ilusión y dedicación con una Universidad de prestigio de Inglaterra o de Alemania, que con una cooperativa de ganaderos o un matadero de su entorno geográfico más próximo. Una labor amplia, brillante y reiteradamente reconocida por la comunidad científica y el mundo empresarial, pero que, desafortunadamente, en no pocas ocasiones no se ha visto debidamente alentada, respaldada o premiada por sus superiores jerárquicos inmediatos. Esta lucha y trabajo en un entorno dificultoso, y no siempre amable, añade mérito y engrandece la figura de David.

David es laborioso, creativo, paciente, riguroso, entusiasta, perfeccionista, pero es, a mi modo de ver, la intensidad con la que vive y trabaja la más destacable de sus cualidades. Esta intensidad es la mejor de las aptitudes con que honrar a la juventud a la que representa, porque, en mi opinión, un joven puede poseer en mayor o menor grado cualquiera de los atributos positivos que adornan a la naturaleza humana, pero nunca, nunca, ..., nunca puede dejar de ser intenso.

Vayan con estas letras mi admiración y felicitaciones.



Caricatura realizada por Jesús García-Gil, Universitat de Girona.

A la memoria de Gonzalo Cuesta Amat

El personal del Departamento de Biotecnología de la Universidad Politécnica de Valencia, el personal de la CECT y del IIAMA

Nos ha dejado demasiado pronto Gonzalo, Profesor de Microbiología en el Departamento de Biotecnología de la Universidad Politécnica de Valencia (UPV) desde 2008, muy querido por sus estudiantes y un excelente compañero.

Se enamoró de la Microbiología cuando aún era estudiante de Biología y se dedicó con entusiasmo a ella desde sus comienzos como becario en el mencionado departamento, donde realizó su Tesis Doctoral titulada: «Detección y caracterización por métodos fenotípicos y moleculares de *Mycolata* formadores de espumas en estaciones depuradoras de aguas residuales domésticas con sistemas de fangos activos» dirigida por los Drs. José Luis Alonso y Yolanda Moreno. Realizó varias estancias en el Reino Unido, en el laboratorio del Dr. M. Goodfellow, con quien mantuvo después una estrecha colaboración científica.

Se especializó en el área de la Microbiología Ambiental y la Biotecnología Microbiana. Su principal línea de investigación era el aislamiento y caracterización de actinomicetos aislados de suelos y agua, y la búsqueda de nuevos compuestos con actividad biológica producidos por los mismos, pero también investigó activamente en actinomicetos causantes de alteraciones en el proceso de depuración de aguas residuales y otros aspectos de la Microbiología Industrial y Ambiental. Apasionado por la taxonomía bacteriana, era miembro del Grupo Especializado de Taxonomía, Filogenia y Biodiversidad de la SEM y colaboró activamente con personal de la Colección Española de Cultivos Tipo de la Universidad de Valencia (CECT-UVEG). Hasta el momento actual era autor de 17 artículos científicos sobre su área de investigación y tenía varios más en preparación. Mantuvo también una estrecha colaboración con el Instituto Universitario de Ingeniería del Agua y Medio Ambiente (IIAMA) de la UPV.

Apasionado por la docencia, fue profesor de diversas asignaturas desde 2008, primero en Licenciaturas y luego en los Grados de Biotecnología, Tecnología de los Alimentos y Enología de la UPV. Colaboró en la elaboración de 14 publicaciones docentes, dirigió 32 Trabajos Final de Carrera y Tesis de Master, y dos Tesis Doctorales. En los últimos años impartió docencia en el Máster de Ingeniería Ambiental, de carácter interuniversitario UVEG/UPV.

Además de buen docente y apasionado investigador, era una persona tranquila y afable a la que no le dolían



las horas en el laboratorio y que estaba siempre dispuesto a ayudar en lo que hiciera falta. Reunió una importante colección de actinobacterias entre las que se encontraban varias candidatas a representar nuevas especies.

Su carrera se ha truncado a los 46 años, cuando estaba en su mejor momento. Aunque ha dejado un vacío imposible de rellenar y nos ha privado de su compañía, su recuerdo y su entusiasmo por la ciencia bien hecha quedarán para siempre presentes en todos los que tuvimos el placer de conocerlo y compartir con él horas en el laboratorio o en el aula.

Descanse en paz.

Miguel Rubio Huertos (1920-2013)

Un científico virólogo, pintor y bohemio

José Ramón Díaz-Ruiz Alba / Dionisio López Abella
Discípulos y Profesores de Investigación del CSIC

El pasado 17 de Agosto falleció el eminente virólogo Miguel Rubio Huertos, Doctor en Farmacia y Profesor de Investigación del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC).

Había nacido en Madrid el 1 de marzo de 1920, y realizó los estudios de educación primaria y secundaria en la entonces prestigiosa Institución Libre de Enseñanza, existente en Madrid por aquellos años. Posteriormente, cursó sus estudios universitarios en la Facultad de Farmacia de la Universidad de Madrid.

Empezó su carrera investigadora con una beca del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), organismo donde desarrolló toda su labor científica, para trabajar en Virología Vegetal con el Dr. Kenneth Manley Smith, en la *Virus Research Unit* de la Universidad de Cambridge (Inglaterra), en el año 1948. Kenneth Smith era el autor del famoso libro *Textbook of plant virus diseases*, que, en esa época, y durante mucho tiempo, todos los virólogos de plantas del mundo teníamos como libro imprescindible de referencia.

Antes, en los años 40, Miguel estuvo viviendo en París, practicando su otra gran pasión, la pintura, para la que estaba especialmente dotado, empapándose entonces del modo de vida bohemio de artistas e intelectuales del momento y abriéndose a la creación artística y al mundo de las ideas y del conocimiento. Ambas manifestaciones, la pintura y la forma de vida bohemia, le acompañaron el resto de su vida.

En sus primeras investigaciones, desarrolló técnicas innovadoras para el estudio, con el microscopio fotónico, de las inclusiones producidas por virus en las células, mediante la tinción de pequeños trozos de epidermis de hojas con una solución del colorante Floxina, que se hizo imprescindible en su laboratorio. De esta forma sencilla y elegante, y mucho antes de que se desarrollaran las técnicas de inclusión y cortes ultrafinos para visualización mediante microscopía electrónica, pudo Miguel detectar y describir diferentes tipos de inclusiones, llegando a identificar, al menos a nivel de grupo, gran cantidad de virus vegetales. Posteriormente, sus resultados fueron confirmados cuando se introdujeron las técnicas de microscopía electrónica.

A su regreso de Cambridge, estuvo adscrito a la Sección de Microbiología del Instituto de Edafología del CSIC, que posteriormente pasó a formar parte del antiguo Instituto Jaime Ferrán de Microbiología, integrado más tarde en el actual Centro de Investigaciones Biológicas (CIB) del CSIC, situado primero en la calle Velázquez esquina a Joaquín Costa y actualmente en el campus de la Ciudad Universita-



ria, en Moncloa. En el CIB de Velázquez creó, en 1961, el Servicio de Microscopía Electrónica, con uno de los primeros microscopios electrónicos llegados a España, y del que fue Jefe durante más de 10 años. Desde entonces, centró su actividad en el campo por el que sería internacionalmente conocido, el estudio mediante microscopía electrónica de la ultraestructura de células de plantas infectadas por virus, en el que ha sido pionero en nuestro país y con el que describió algunos virus nuevos.

Miguel perteneció al Consejo de Redacción de la revista Microbiología Española, actualmente renombrada *International Microbiology*, en sus primeros años de singladura, en los años 60, cuando era publicada por la Sociedad de Microbiólogos Españoles y el Instituto Jaime Ferrán de Microbiología, y de la que sería Director desde 1976 hasta 1980. Ha sido miembro de las Sociedades Españolas de Microbiología y Microscopía Electrónica, y miembro fundador de las de Fitopatología y Virología.

Entre 1959 y 1961 fue invitado y pensionado por el *Cancer Research Council* en Riverside (USA), por la *New York Academy of Sciences*, por la Universidad de California en Los Ángeles, por la *Sigma Xi Scientific Research Society* (USA), por el Consejo Nacional de Investigaciones de Argentina y por la Academia Pontificia de Roma, entre otras prestigiosas instituciones.

Andando el tiempo, trabajó como científico, durante largos periodos de tiempo, en numerosos centros de investigación de diferentes países: en la *Rothamsted Experiment Station*, Harpenden, Herts (Inglaterra); en el *Institut voor Bloembollenonderzoek*, Lisse (Holanda); en el *Institut für Biochemie des Bodens*, Braunschweig (Alemania); en la Universidad de California en Berkeley y en la Universidad de Nagoya (Japón).

Miguel tenía una personalidad singularmente excepcional. Por las noches dormía muy poco, tres o cuatro horas, no necesitaba más, decía él, por lo que dedicaba el resto del tiempo a leer, libros de todo tipo, poesía, ensayo, novela, historia, ciencia etc., libros que iba acumulando y guardaba en su casa de campo de La Fregeneda (Salamanca) y que sin duda enriquecieron su acervo cultural. Posiblemente por esto, entre sus rasgos destacaba su vasta cultura multidisciplinar, con un inmenso caudal de conocimientos que se hacía patente en las reuniones distendidas en compañía de sus discípulos y colaboradores, que tanto le gustaban, junto a unas cañas de cerveza bien fría, después de la jornada de trabajo en el laboratorio.

Como investigador tuvo prestigio internacional. Fue uno de los máximos expertos mundiales en el conocimiento de la ultraestructura de células de plantas infectadas por virus. Su actividad científica ha sido muy dilatada, siendo autor de más de 200 trabajos científicos publicados en las más prestigiosas revistas de su especialidad, nacionales, pero, sobre todo, internacionales, amén de varios libros y capítulos de libros de la especialidad.

Su ingente labor científica ha recibido numerosas distinciones honoríficas y premios. Fue Consejero de Número del CSIC, Director del Instituto Jaime Ferrán de Microbiología y Jefe del Departamento de Virología del mismo, Secretario de la Sociedad de Microbiólogos Españoles (1967-1969) y Académico de Número de la Real Academia Nacional de Farmacia en 1976. Fue galardonado con el Premio Ramón y Cajal del CSIC en 1954 y dos veces con el Premio Francisco Franco de Ciencias, en equipo en 1957 e individual en 1959.

Queremos expresar aquí nuestro más sentido pésame a su familia y muy especialmente a sus hijos. Descanse en paz el profesor Don Miguel Rubio.

NUEVOS SOCIOS DE LA SEM

- Amaro Torres, Francisco
- Aranda Rodríguez, Jesús
- Armijos Jaramillo, Vinicio
- Barriuso, Jorge
- Bravo del Hoyo, Zaloa
- Broset Blasco, Esther
- Brunet-Galmés, Isabel
- Bueno, Dolores
- Cabanas López de Vergara, Ana
- Caminero Fernández, Alberto
- Carrasco Díaz, María Gema
- Casado Muñoz, M^a Carmen
- Cepas López, Virginio
- Cepeda Molero, Massiel
- Cerda Mejía, Liliana
- Clotet Erra, Josep
- Colom Comas, Joan
- Echeverz, Maite
- Elsayed, Mohamed
- García Menéndez, Vanesa
- García Ríos, Estéfania
- García Rubio, Rocio
- Garrido Godino, Ana Isabel
- Iniesta Martínez, Antonio Ángel
- Irazoki Sanchez, Oihane
- Latif Eugenin, Fadua Leila
- López García, María Teresa
- Martín Díaz, Julia
- Martín Martín, Seomara
- Martínez Alberola, Fernando
- Mayola Coromina, Albert
- Mesa Marín, Jennifer
- Millán Zambrano, Gonzalo
- Niño Sánchez, Jonatan
- Parada Morais, Claudia Bruna
- Peregrina, Alexandra
- Peris Navarro, David
- Puig Pitarch, Carmen
- Quinquer Guasch, Lluís
- Ramos Marquès, Estel
- Revilla Guarinos, Ainhoa
- Rodríguez Calvo, Alfonso
- Rodríguez González, Miriam
- Romero Jiménez, Lorena
- Rueda Hernández, Cristina
- Salas Massó, Nuria
- Sánchez Herrero, Sergio
- Sánchez Quesada, Miguel Sebastián
- Sans Serramitjana, Eulàlia
- Santander Gordón, Daniela
- Sanz Martín, José María
- Valenzuela Mayorga, Susana
- Valero Fernández, Clara Isabel
- Vizcaíno Santiso, Nieves

Altas desde el 22/04/2013 hasta 22/11/2013

Las *Arcellinida*, un bioindicador efectivo de cambios paleoclimáticos y paleobioambientales

Xavier Panadés i Blas

Departamento de Ecología, Genética y Microbiología. Área de Ecología.
Facultad de Biología 24071 León

Presentamos en estas líneas el orden *Arcellinida* (amebas lobosas), un grupo polifilético unicelular de rizópodos (protistas) y comúnmente conocidas como tecamebas. Las arcellinidas son un bioindicador paleoclimático y paleobioambiental usual en hábitats de agua dulce y salobre, frecuentemente utilizados por microbiólogos internacionales, pero casi desconocido en nuestro país. De hecho, el grupo no ha sido estudiado en la península desde los años 60 y 70 del siglo pasado, cuando María del Pilar Gracia Royo desarrolló excelentes estudios peninsulares, sudamericanos y africanos de arcellinidas que habitaban turberas y subsuelos de bosque.

¿Por qué las arcellinidas son consideradas un buen bioindicador por la microbiología internacional?

Las tres características fundamentales que definen al grupo como un buen paleobioindicador son su poca variación genética a través del tiempo, sus cáscaras y su rápido ciclo reproductor.

El grupo es fácilmente identificable en el registro fósil, debido a que se ha conservado genéticamente y ha experi-

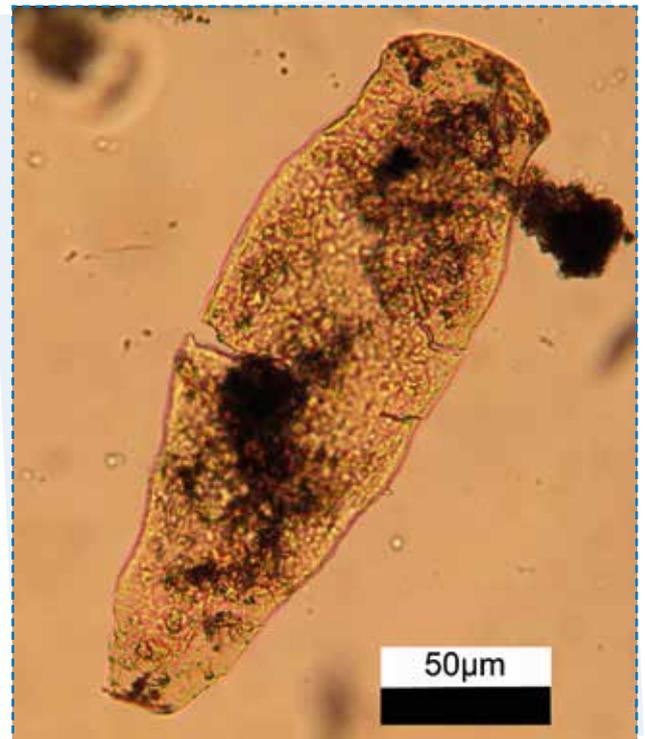
mentado mínimos cambios morfológicos desde el Neoproterozoico, cuando se cree que probablemente evolucionó de un grupo de microorganismos marinos.

Las cáscaras de las arcellinidas se preservan óptimamente en sedimentos en una amplia gama de condiciones tafonómicas, son ubicuas y presentan una gran variedad de geometrías fácilmente identificables. También, el tiempo de preparación de las cáscaras de las arcellinidas en el laboratorio es corto, no requiere ningún tratamiento químico, y consiguientemente es mucho más económico que uso de otros paleoindicadores ambientales, tales como las diatomeas.

El rápido ciclo reproductor de las arcellinidas transcurre desde unos pocos días a semanas, y sensibiliza el grupo a



Arcella vulgaris identificada en la laguna del Llao d'Abajo en el Val de San Román (León).



Loxophyllum elegans identificada en la laguna del Llao d'Abajo en el Val de San Román (León).

los cambios físico-biogeoquímicos en hábitats. Consecuentemente, estas registran con bastante precisión los cambios climático-ambientales. De hecho, estudios sistemáticos del grupo han asociado gradientes ambientales específicos, tales como contaminación, acidificación y temperatura a determinadas especies de arcellinidas. Estos estudios, por ejemplo, han corroborado que el nivel de nutrientes, especialmente de fósforo y nitrógeno, son los controles principales de la distribución de arcellinidas en lagos.

El ciclo de reproducción de las arcellinidas y su facultad de enquistarse explican su cosmopolitismo. Una vez enquistadas, son transportadas aéreamente por el viento, o en las zancas y excrementos de aves, donde su rápido ciclo reproductivo garantiza la rápida colonización del nuevo hábitat. Estas capacidades biológicas explican su amplia distribución global y localización en multitud de hábitats artificiales y naturales como ríos, estuarios, pantanos, lagos, turberas, musgo, debajo de cortezas de árboles, subsuelos del bosque, etc.

En conclusión, se ha demostrado que las arcellinidas son un paleobioindicador efectivo de cambios climáticos y medioambientales a tener en cuenta. Sin ninguna duda, se trata de un grupo que definitivamente fortalecería el actual enfoque/método multi-proxy aplicado en estudios paleoclimáticos y paleoambientales.

BIBLIOGRAFÍA SOBRE TECAMEBAS

1. **Gracia Royo MP.** (1965) Tecamebas muscícolas de Gran Canaria. *Publ. Inst. de Bio. Apli. Barc.* 38: 93-96.
2. **Gracia Royo MP.** (1967) Tecamebas Muscícolas de Vallvidrera (Barcelona) (2). *Misc Zool IV 2:* 3-6.
3. **Gracia Royo MP.** (1974) Contribución al estudio de las Tecamebas *Protozoa, Thecamoebioidea*. Tecamebas esfagnícolas de la Península Ibérica. *Publ. Inst. de Bio. Apli. Barc. (Zool.)* 52: 5-42.
4. **Gracia Royo MP.** (1976) Ecología de las Tecamebas en las turberas pirenaicas: *Misc. Zool.* (Barcelona) 3: 3-8.
5. **Gracia Royo MP.** (1978) Tecamebocenosis de musgos aéreos de la isla de Mallorca: *Publ. Depart. de Zool. Univer. de Barc* 3: 5-10.
6. **Gracia Royo MP.** (1978b) Distribución de las tecamebas en la zona del bosque Mediterráneo del Montseny (2). *Misc Zool IV 2:* 3-9.
7. **Ogden CG, Hedley R.** (1980) *An Atlas of Freshwater Testate Amoebae.* Oxford University Press, New York.
8. **Patterson RT, Kumar A.** (2002) A review of current testate rhizopod (thecamoebian) research in Canada. *Palaeogeol., Palaeoclim., Palaeoecol.* 180: 225-251.
9. **Patterson RT, Roe HM, Swindles GT.** (2012) Development of an Arcellacea (testate lobose amoebae) based transfer function for sedimentary Phosphorus in lakes. *Palaeogeol., Palaeoclim., Palaeoecol.* 348: 32-44.
10. **Reinhardt EG, Dalby AP, Kumar A, Patterson RT.** (1998) Arcellaceans as pollution indicators in mine tailing contaminated lakes near Cobalt, Ontario, Canada. *Micro paleontol.* 44: 131-148.

Crítica de libros

«Microbiología basada en la Experimentación»

Autores: Carlos Gamazo, Susana Sánchez y Ana Isabel Camacho
Departamento de Microbiología de la Universidad de Navarra

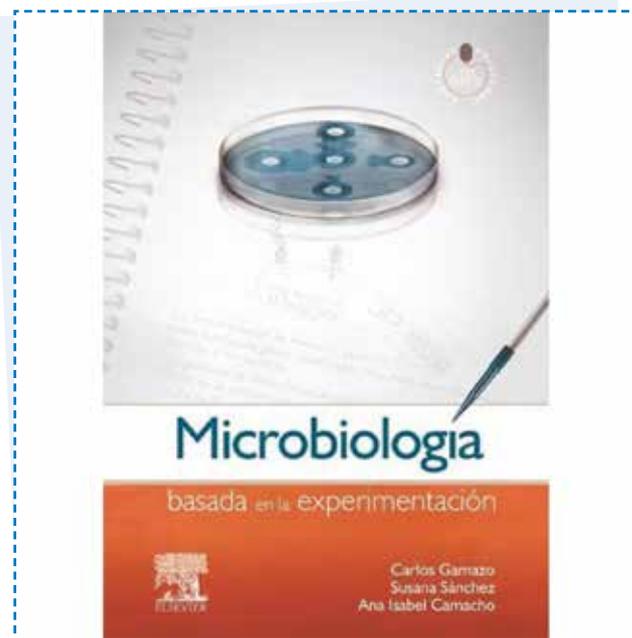
Estamos ante una obra lo suficientemente breve como para no desalentar al posible lector, pero cuya puesta en práctica debe satisfacer a los más exigentes. Siguiendo el precedente del «Manual Práctico de Microbiología» (del que también es autor Carlos Gamazo), los autores han desarrollado un texto que contempla la mayoría de los aspectos básicos y aplicados de una formación universitaria en Microbiología General, fundamentándolos en la experimentación llevada a cabo por los propios estudiantes. Es un perfecto ejemplo de cómo diseñar la enseñanza de una ciencia, siempre que las circunstancias de la Universidad (número de alumnos, horarios de clase y financiación) lo permitan. En efecto, parece muy difícil que en las condiciones actuales un Departamento de Microbiología pueda organizar de este modo sus enseñanzas, pero evidentemente esto no es una crítica a los contenidos del libro, de los que cada uno puede escoger los que sean aplicables.

La base de este libro es por tanto el diseño, descripción y análisis de una serie de prácticas de laboratorio, que ilustran los contenidos teóricos de cada capítulo. Pero no es el típico manual de prácticas, sino que el desarrollo teórico es suficientemente completo. Incluye los experimentos habituales en las prácticas de Microbiología, pero también otros mucho menos comunes: se pueden destacar la formación de *biofilm*, el estudio del *swarming* (¿debemos buscar una traducción?), la prueba del *Limulus* o el test de Ames. En lo referente a la Microbiología Clínica, propone la detección de una toxina de *Staphylococcus*, la identificación de carbapenemasas y β -lactamasas de espectro extendido mediante la inhibición con EDTA o ácido clavulánico y, ante la dificultad de aplicar los postulados de Koch, recurre a un símil de aislamiento e inoculación de bacterias productoras de yogur (se podría haber diseñado también un experimento con cebollas). El aislamiento de probióticos (y detección

de bacteriocinas), el de *Rhizobium* a partir de un nódulo de leguminosa, un ensayo de biodegradación y la producción de cerveza completan otros aspectos aplicados. Se echa en falta algo sobre hongos (aparte de la levadura); un aislamiento y observación de hongos procedentes del aire o del pan completaría el panorama. Lógicamente, la parte de virología se limita a la experimentación con fagos; pero en un laboratorio con facilidades para el cultivo celular se podría incluir una práctica con virus de peces, que no plantean problemas de manejo.

Pero no hay que limitarse a enumerar los temas tratados, porque una de las bondades de este libro es cómo los conceptos y la experimentación vienen enriquecidos con otros detalles no menos importantes. Ya en el mismo prefacio, una tabla nos informa de fechas y magnitudes, a menudo desconocidas u olvidadas, esenciales para situar a los microorganismos en el contexto correcto. A lo largo del texto, abundan las citas, de científicos, escritores, e incluso de políticos, y numerosos recuadros aclaran conceptos importantes o suministran información complementaria; otros contienen «microhistorias» que ilustran sobre cómo se ha llegado al conocimiento actual, del contexto en el que se realizaron algunos descubrimientos o de algunas curiosidades poco conocidas. Y cada capítulo finaliza con la etimología de los términos empleados y con direcciones de internet para completar la información.

La presentación de la editorial Elsevier es muy cuidada, con buenas y abundantes ilustraciones, y se complementa con el acceso a través de internet a una serie de autoevaluaciones y a 23 vídeos (por cierto; el libro incluye también un capítulo sobre cómo realizar vídeos científicos con el teléfono).



Aún cuando no queramos, o no podamos, modificar las clases prácticas, la lectura de este libro es importante para reflexionar sobre la forma de enseñar la Microbiología en nuestra Universidad.

Rafael Rotger,

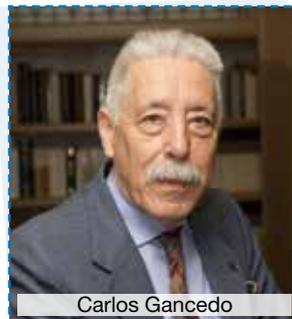
Catedrático de Microbiología. Universidad Complutense de Madrid.

Levaduras y Bioeconomía

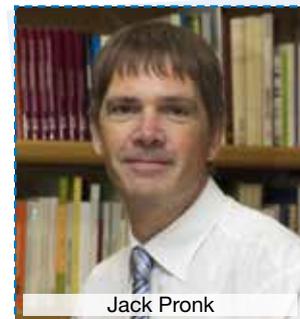
Un Simposio internacional en la Fundación Ramón Areces organizado por Carlos Gancedo y Jack Pronk

Víctor J. Cid
SEM@foro

Los días 7 y 8 de noviembre tuvo lugar en la sede de la Fundación Ramón Areces en Madrid un simposio notable por la originalidad y actualidad de su planteamiento. El enfoque, con un margen lógicamente muy abierto, proponía un análisis del papel que las levaduras desempeñan, han desempeñado, desempeñan y desempeñarán en **Bioeconomía**. Muchos de los presentes no teníamos muy claro al principio qué engloba este joven concepto, vigente apenas dos décadas, pero la explicación de los organizadores despejó cualquier duda: se trata de, en palabras del propio Barack Obama (*yes, we can*), de *la actividad económica impulsada por*



Carlos Gancedo



Jack Pronk

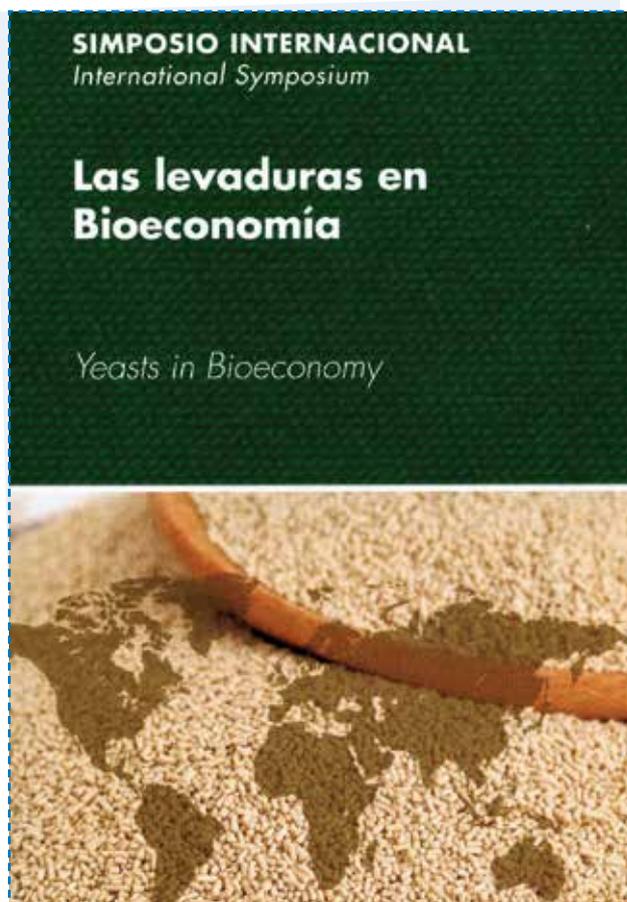
la investigación e innovación en las Ciencias Biológicas. La Bioeconomía aparece asiduamente en las líneas estratégicas de investigación aplicada en el s. XXI y, previsiblemente, va a regir los destinos de la Biotecnología en las próximas décadas. ¿Dónde entran las levaduras en un enfoque tan amplio? Hay algunos pilares en los cimientos bioeconómicos en los que son protagonistas indiscutibles: modelo en Biomedicina, expresión de proteínas heterólogas para diversos fines y, ante todo, tecnología de la fermentación, tanto en la industria alimentaria como en retos para el desarrollo de biocombustibles, por citar dos ejemplos bandera.

La propuesta de esta temática no pudo salir de otro lugar que de los laboratorios de **Carlos Gancedo** y su esposa **Juana María**, *tanto monta monta tanto*, en el Instituto de Investigaciones Biomédicas «Alberto Sols» (CSIC-UAM, Madrid), decanos del estudio del metabolismo en levaduras en España y referencia internacional en este campo. Si a alguien le quedase a estas alturas duda sobre su autoridad, los invitados internacionales se ocuparon de reconocer y elogiar la generosa aportación de conocimiento seminal de los Gancedo en este campo durante décadas. Especialmente emotivos fueron los elogios de **Jack Pronk** cuando relató que, de acuerdo con su experiencia, en una jerarquía de «utilidad» de fuentes de conocimiento científico los consejos y amistad de Carlos estaban muy por encima de la aplicación simultánea de varias técnicas ómicas. El Dr. Pronk fue co-organizador del simposio, contando también con la colaboración de Carmen-Lisset Flores, colega y discípula de los Gancedo.

Sería imposible en unas líneas reseñar las dieciséis ponencias del simposio, todas ellas de gran interés. No obstante, aun pecando de subjetividad, merece la pena al menos citar algunos *highlights*. El propio Carlos Gancedo, además de situar a la levadura en un ángulo clave de la perspectiva bioeconómica con un excelente análisis histórico, trajo a colación puntos éticos de reflexión: ¿podría una gestión no sostenible de la explotación agroforestal dirigida a alimentar una hipotética producción global de biocombustibles tener consecuencias para el deterioro del planeta incluso peores que la explotación petrolífera? Ahí queda eso. Carlos apuntó que los científicos pensamos con la cabeza, pero debemos contribuir a que la sociedad NO SOLO piense con el corazón. En cualquier caso John McBride, de Mascoma Inc. (EEUU), nos trajo el «estado del arte», valga el anglicismo, de la tecnología para producción de biocombustibles. En lo estrictamente científico, Sebastián Chavez, Universidad de Sevilla, presentó resultados muy prometedores sobre microencapsulación de colonias fúngicas. ¡Gracias a su tecnología se puede hacer análisis clonal de hongos filamentosos por citometría! El poder de las ómicas en *Saccharomyces*, el modelo más explotado en la era post-genoma, quedó patente en las presentaciones de Ed Louis (Universidad de Leicester) y del propio Jack Pronk (Delft University of Technology). Este último explota la evolución controlada en laboratorio para obtener levaduras con propiedades optimizadas, como la «zero-etanol», evolucionada a partir de mutantes en la piruvato descarboxilasa. Los fascinantes y dispares mundos de las levaduras de interés enológico y las levaduras «huma-

nizadas» para el estudio genético y molecular de enfermedades humanas estuvieron representados respectivamente por nuestras compañeras de la SEM, Amparo Querol (IATA-CSIC, Valencia) y María Molina (Universidad Complutense de Madrid). Este último punto, centrado en el uso del modelo de la levadura para el estudio de enfermedades neurodegenerativas, fue ampliado por Joris Winderickx (Universidad Católica de Leuven). Especialmente brillante desde el punto de vista conceptual fue la intervención de Francesc Posas (Universitat Pompeu Fabra, Barcelona) sobre la ingeniería de circuitos de comportamiento predecible mediante la utilización de células de levadura a modo de «chips» a imagen y semejanza de los circuitos electrónicos complejos. Estos «microchips celulares» son capaces de desarrollar circuitos que responden a estímulos químicos de la misma manera que los elementos electrónicos responden a la corriente eléctrica. La Biología Sintética ha llegado y anda en busca de aplicaciones.

En definitiva, de lo más aparatoso (plantas industriales de producción de bioalcohol) a lo más fino (microchips vivos), las levaduras siguen al servicio de la humanidad. Confiábamos en ellas... Como Carlos y Jack nos recordaron, la arqueología demuestra que han estado influyendo en nuestra Bioeconomía desde que somos tecnólogos, miles de años antes de que se acuñara el término.



Asociación Colombiana de Microbiología

Howard Junca
Presidente

www.microbiologialatinoamericana.org

www.microbiologia.co



Agradecemos la invitación y posibilidad concedida para difundir información sobre la Asociación Colombiana de Microbiología – ACM, su contexto y proyección, por medio del boletín SEM@foro a todos los miembros de la Sociedad Española de Microbiología – SEM, y por su intermedio a toda la comunidad de microbiólogos de habla hispana.

Quisiéramos empezar por extenderles nuestra cordial invitación para asistir al XXII Congreso Latinoamericano de Microbiología – ALAM 2014 y al IV Congreso Colombiano de Microbiología – 4CCM 2014, eventos integrados que se realizarán simultáneamente en el centro de convenciones de mayor capacidad y con infraestructura más moderna de Colombia, Las Américas, del 5 al 8 de Noviembre de 2014, en Cartagena de Indias, Colombia, hermosa e histórica ciudad situada a orillas del mar Caribe, Patrimonio de la Humanidad UNESCO. La organización la estamos realizando en colaboración con las sociedades y asociaciones filiales de cada país miembro de la Asociación Latinoamericana de Microbiología – ALAM, y está siendo coordinada conjunta y localmente por la Asociación Colombiana de Microbiología – ACM y la Escuela de Microbiología de la Universidad de Antioquia.

La información del programa completo y cursos pre-congreso será divulgada en la página ALAM del evento www.microbiologialatinoamericana.org y en la página web de ACM www.microbiologia.co, así como en redes sociales y en listados de correos a partir de abril de 2014. De acuerdo al programa preliminar que hemos venimos diseñando y desarrollando, y con las confirmaciones que tenemos hasta el momento, será sin duda el evento internacional de microbiología de mayor nivel que se haya organizado hasta el momento en Colombia. Con una amplia asistencia de público especializado local e internacional, confirmada la de todos los presidentes, representantes o expresidentes de las sociedades de microbiología de Latinoamérica y de varios países europeos, además de representantes de autoridades políticas nacionales, con un número estimado total simultaneo de asistentes de 1600 personas; 50 conferencistas internacionales invitados y 5 simposios simultáneos en temas de microbiología clínica, ambiental e industrial. Tendremos dos cursos precongreso coorganizados con asociaciones supranacionales en temas de biotecnología ambiental, colecciones de cultivos tipo y de resistencia a antimicrobianos. El costo aproximado de inscripción al congreso será cercano a un equivalente a 200 euros para los tres días y medio del evento, incluyendo memorias, alimentaciones al mediodía y coctel de bienvenida ¡Están todos ustedes cordialmente invitados!

COLOMBIA, MICROBIOLOGÍA Y LA ACM

Contexto nacional: Colombia ha tenido un rápido crecimiento poblacional y económico en los últimos 25 años. Esto ha significado cambios y adaptaciones acelerados a nivel productivo y educativo para intentar suplir las necesidades de una población que en 1975 era de 25 millones y que en 2011 se estima ya superó los 46 millones de habitantes. Colombia es considerado uno de los diecise-





te países megadiversos del planeta, y alberga dos de los veinticinco *hotspots* de biodiversidad mundial. Con esta riqueza, la potencialidad de la investigación biológica es muy amplia e inexplorada.

Ciencia y educación: Aunque la destinación de fondos para investigación en el país es de menos del 0.4 del PIB, su producción científica está dominada por temas relacionados con ciencias biológicas: agricultura, ecología y clínica. La educación universitaria en microbiología en Colombia, como un componente esencial para poder ampliar el conocimiento y las aplicaciones de ese potencial humano y ambiental, se ha venido desarrollando con antecedentes importantes en el siglo XIX con la creación de las primeras escuelas de medicina dando así lugar a las facultades de medicina, veterinaria y agronomía en universidades del sistema público tales como la Universidad

Nacional y la Universidad de Antioquia, también surgiendo en universidades privadas. Allí se inician laboratorios de Microbiología como un soporte al diagnóstico de enfermedades. También se crean instituciones de investigación pública independientes de las universidades, como los institutos nacionales de salud y agropecuarios. La formalización de la actividad profesional aplicando técnicas de microbiología se da, de manera análoga a otros países, inicialmente en los laboratorios clínicos, resultando en denominaciones muy propias del país, como es la creación del título profesional de Bacteriología en Universidad Nacional y Universidad de Antioquia, que es un equivalente al Laboratorista o Bioquímico Clínico de otros países, y que obviamente no se limita al diagnóstico bacteriano, sino incluye entre otros, diagnósticos básicos de hematología y parasitología. Posteriormente, en los años 70 se origina una denominación diferente con la creación y aprobación por parte del Ministerio de Educación Nacional de la carrera de Microbiología en la Universidad de los Andes, teniendo un énfasis en investigación básica, ambiental y de control de calidad, y por tanto, diferenciando las competencias del entrenamiento para diagnóstico clínico (bacteriólogo), con el entrenamiento para investigación en ramas más diversas (microbiólogo), siendo en todo caso, nombres algo confusos para las titulaciones profesionales y capacidades. Una titulación profesional en Colombia se llama pregrado y consiste en aprobar un programa de estudios de 10 semestres, incluyendo una práctica empresarial, una pasantía de entrenamiento en investigación o la realización de una tesis de investigación para este nivel. La bacteriología fue regulada con una ley específica para la profesión debido a su directa injerencia en temas de salud humana. Para la microbiología como título profesional, existe actualmente un proyecto de ley en trámite



Instalaciones del Centro de Convenciones de Cartagena de Indias, donde se celebrará en 2014 el XXII Congreso ALAM, en conjunción con el IV Congreso Colombiano de Microbiología.

para lograr esa definición formal de sus funciones mucho más amplia en cargos públicos o profesionales, teniendo en cuenta que varios programas de pregrado de «Bacteriología» fueron renombrados en tiempos recientes por sugerencia del Ministerio de Educación como «Microbiología Clínica». También hay varios títulos específicos que han sido registrados y aprobados como «Microbiología Industrial». En Colombia hay registradas actualmente 284 universidades (públicas y privadas), de las cuales hay 6 en 11 diferentes departamentos (regiones del país) que cuentan con un programa de pregrado o posgrado que contenga en el título otorgado la palabra «Microbiología» Por lo tanto en Colombia existen desde hace varias décadas personas graduadas oficialmente con el título de microbiólogo.

Comunidad: Según cálculos oficiales, el número aproximado de investigadores activos en ámbitos académicos trabajando en temas de microbiología es cercano a 2600 personas. No hay un número estimado de personas tituladas como microbiólogos que estén en industria, pero es posible que este número sea bastante considerable, pues el mercado laboral de aseguramiento de calidad para nuestra profesión es bastante frecuente e importante.

Prioridades y temáticas: Dentro de las necesidades y actividades más apremiantes de aplicaciones de microbiología en Colombia, estas se relacionan con sectores como agricultura (fitopatógenos y calidad de suelos); salud pública (enfermedades infecciosas); estudio de biodiversidad (aspectos fundamentales o búsqueda de nuevos productos) y en temas de contaminación ambiental (en industria de petróleos y minería), así como el aseguramiento de calidad (en servicios públicos y de productos industriales).

La Asociación Colombiana de Microbiología —ACM: es una institución privada sin ánimo de lucro. La asociación ha sido fundada en tres ocasiones en los últimos 60 años, existiendo por breves periodos de tiempo, con creaciones registradas en 1961 y en 2000, pasando por periodos de inactividad y posterior disolución. La actual conformación ha sido establecida en el año 2010, con la participación de reconocidos investigadores nacionales y teniendo como miembros institucionales a 8 universidades que ofrecen un programa de titulación en microbiología. Por tanto, su existencia actual es el resultado y representación de múltiples intereses, capacidades y esfuerzos seriadados que a través de los últimos 60 años logra consolidar una comunidad de personas interesadas específicamente en promover la microbiología en aspectos académicos (educativos y de investigación fundamental), industriales, agrícolas, ambientales y clínicos. Colombia cuenta con varias asociaciones científicas y sociedades profesionales que están estrechamente relacionadas con la microbiología y que tienen una trayectoria significativa tanto en tiempo como en su contribución a la academia y a la creación de comunidad investigadora. Como ejemplos están la Asociación Colombiana de Parasitología y Medicina Tropical, la Asociación Colombiana de Fitopatología, La Asociación Colombiana de Infectología y la Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas, que existen en todos los casos hace más de 10 años, y vienen organizando congresos nacionales y en

varias ocasiones congresos latinoamericanos. Todas agrupan profesionales en diversas áreas relacionadas con las ciencias biológicas y que trabajan en investigaciones o aplicaciones de microbiología en áreas de la industria, la academia y la investigación.

Citando los estatutos actuales de la ACM se puede conocer mejor su naturaleza, teniendo como visión y objetivos ser el principal referente científico y tecnológico de la microbiología en Colombia, con amplia participación, prestigio e impacto a nivel nacional e internacional.

Para lograr su visión, la ACM:

- Propende por la difusión y el diálogo sobre los temas referentes a la microbiología, para informar o asesorar a entidades públicas, privadas y particulares como respuesta a sus necesidades, ayudando a la definición de estándares científicos, técnicos y éticos de la más alta calidad.
- Aglutina y organiza los intereses de los investigadores en temas microbiológicos, y en lograr la expresión sobre temas de diversa opinión e interpretación, ajustados al método científico, de una forma coordinada ante la sociedad y el estado.
- Trabaja por la apropiación social de los descubrimientos destacados en el campo de la microbiología, contribuyendo al pensamiento crítico, propendiendo por una cultura científica, para el bienestar de la sociedad.
- Interactúa con otras sociedades profesionales nacionales e internacionales relacionadas.
- Fomenta el desarrollo de la microbiología en el territorio nacional por medio de actividades científicas y educativas.
- Asesora centros educativos de diferentes niveles en la formación en el área de la microbiología.
- Crea y promueve las mejores condiciones de solidaridad, interrelación humana y académica entre sus miembros y con otras sociedades científicas.
- Difunde los conocimientos en microbiología por medio de publicaciones, conferencias, reuniones académicas y otros, y ofrecer servicios de capacitación.
- Asesora, ofrece servicios, informa o solicita información a instituciones públicas y privadas ya sea por solicitudes dirigidas a la asociación, o motivados por situaciones en que la asociación considera que es urgente o necesario hacerlo.

La ACM tiene definidos como órganos administrativos la asamblea, la junta directiva, el presidente y tiene prevista la creación de comisiones (de conformación y consulta en temáticas legislativa, académica-científica, de relaciones públicas, y cultural y social), capítulos (un grupo de veinte o más miembros activos como una representación regional) y divisiones (un grupo de al menos 4 miembros de la ACM que estén interesados en profundizar el conocimiento y la especialización en un área específica de la microbiología). Esta estructuración es flexible y está en permanente

proceso de constitución y cambio. El actual número de miembros registrados: 341. La inscripción es gratuita. No tiene publicación indexada propia y no se prevé crear una, pues ya hay publicaciones establecidas de miembros fundadores institucionales a los cuales asociarse y que tienen soporte de publicación y editora universitaria, i.e. Hechos Microbiológicos, producida por Escuela de Microbiología de la Universidad de Antioquia. De la misma manera, la ACM contribuyó a la convocatoria para el III Congreso Colombiano de Microbiología realizado en Abril de 2012 en Medellín y que tuvo 870 participantes.

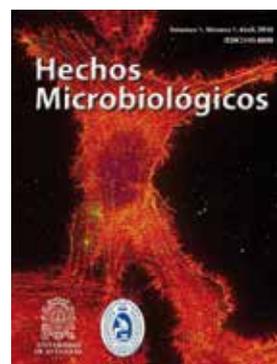
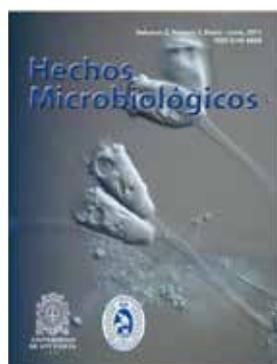
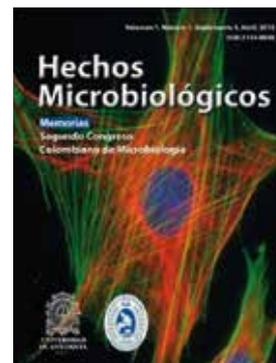
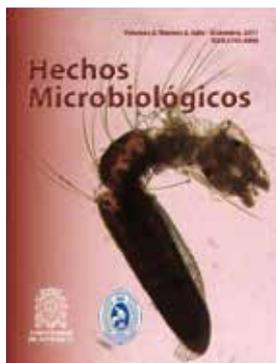
RELACIONES CON ALAM Y CONGRESO LATINOAMERICANO

Ante la asamblea ALAM llevada a cabo en el XX Congreso Latinoamericano de Microbiología ALAM 2010 en Montevideo, magníficamente organizado por la Sociedad Uruguaya de Microbiología, la ACM hizo su presentación formal y solicitó su aceptación como la filial para Colombia de ALAM, lo cual fue aprobado. Posteriormente presentó su candidatura para organizar el congreso ALAM 2014, refrendando ese compromiso en la pasada asamblea ALAM del XXI Congreso Latinoamericano de Microbiología ALAM 2012, evento por-

tentoso con asistencia superior a 3500 personas organizado por la Sociedad Brasileira de Microbiología en Santos, Brasil. Desde el 2012 la Asociación Colombiana de Microbiología – ACM ha contado también con el decidido apoyo de la Escuela de Microbiología de la Universidad de Antioquia, ahora socio miembro coorganizador de ALAM 2014. La Escuela de Microbiología de la Universidad de Antioquia venía realizando el Congreso Colombiano de Microbiología bianualmente en Medellín y hemos acordado para que este se lleve a cabo en su próxima cuarta edición integrado al evento latinoamericano, lo cual es una muestra de la creciente solidez y madurez de nuestras iniciativas independientes que pueden trabajar unidas y coordinadas para el interés de nuestra comunidad común.

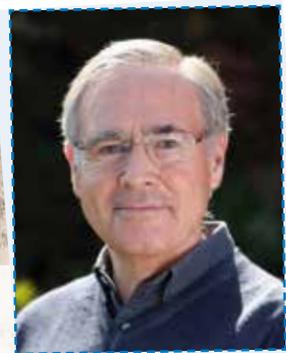
Reitero nuestra invitación a hacer parte de este congreso que nos permitirá converger y unir fuerzas e intereses en un mundo cada vez más conectado e interdependiente y donde todos tenemos para ofrecer y compartir nuestras experiencias y peculiaridades; en nuestro caso particular, nuestra hospitalidad, convicción y entusiasmo para ofrecerles un evento de la mejor calidad.

Reciban un fuerte abrazo de la Asociación Colombiana de Microbiología – ACM.



<http://aprendeonline.udea.edu.co/revistas/index.php/hm/issue/archive>

La SEV ya es miembro de FEMS



Albert Bosch

Presidente de la Sociedad Española de Virología (SEV)



SOCIEDAD ESPAÑOLA DE VIROLOGIA

La Sociedad Española de Virología (SEV) fundada en 1987, es una sociedad científica sin ánimo de lucro, que desarrolla su actividad profesional sobre aspectos básicos y aplicados de la Virología. Su fin primordial es el estudio y mejora del conocimiento de los virus y la defensa de la dignidad del ejercicio profesional de la Virología en sus vertientes bacteriana, humana, animal y vegetal, con el fin de contribuir a la promoción de la enseñanza e investigación en Virología en España y asesorar en esta rama de la Ciencia a todas aquellas instituciones, tanto públicas como privadas, que lo requieran. La Sociedad organiza Congresos Nacionales de frecuencia bianual y patrocina publicaciones y la organización de cursos especializados. Destaca desde el punto de vista docente la organización, por primera vez en nuestro país, del Máster de Virología, un Máster interfacultativo (con la participación de las Facultades de Ciencias Biológicas, Farmacia, Medicina y Veterinaria de la Universidad Complutense de Madrid) e interuniversitario (apoyado por las Universidades Complutense y Politécnica). En la actualidad se imparte la cuarta edición de dicho Máster destinado a la formación de estudiantes que quieran proseguir hacia el doctorado en aspectos relacionados con nuestra disciplina o de especialistas en Virología para hospitales, empresas farmacéuticas, etc.

La Virología es una disciplina relativamente reciente que apareció como ciencia en forma de una rama de la Patología a finales del siglo XIX. Se conocían una serie de enfermedades infecciosas que estaban causadas por agen-

tes que no eran ni bacterias ni protozoos. Estos agentes retenían la capacidad de inducir una patogénesis después de pasar por filtros capaces de retener bacterias. Esta «filtrabilidad» daba una indicación del diminuto tamaño de los virus, lo cual constituye una de sus características diferenciales, aunque no debe olvidarse que los virus de mayor tamaño son mayores que las bacterias más pequeñas. En la actualidad, la Virología es una ciencia ya consolidada, que en los albores de la terapia génica presenta, dada la simplicidad estructural de los virus, grandes perspectivas para la vehiculización y correcta expresión de genes en este tipo de estrategias terapéuticas. Justamente es a este tema al que se ha dedicado el último número de nuestra revista VIROLOGIA, otra de las puntas de lanza por las que ha apostado la SEV y de la que hablaremos más adelante.

La Virología es claramente una ciencia multidisciplinar con un marcado carácter integrador y cuya enseñanza requiere el esfuerzo combinado de profesionales de distintas procedencias académicas. En España hay un elevado número de científicos especializados en Virología que desarrollan una investigación de excelencia muy competitiva, en cuyos laboratorios se forma un gran número de doctores que constituyen la semilla del futuro. Asimismo, los hospitales requieren los conocimientos en Virología para poder diagnosticar y, en su caso, paliar, las muchas enfermedades víricas que aquejan al hombre. En rela-

ción con la salud humana, en España existen multitud de empresas farmacéuticas especializadas en desarrollar medicamentos antivirales o vacunas destinadas a controlar las infecciones víricas. Por último, los virus provocan grandes pérdidas económicas en agricultura y ganadería que requieren la intervención inmediata por parte de especialistas en el campo.

En el 40th FEMS Council meeting (20-21 de septiembre de 2013, Lviv, Ucrania) se debatieron varias candidaturas presentadas por sociedades europeas relacionadas con Microbiología y se aceptó en esta sesión como nuevo miembro de FEMS a la Sociedad Española de Virología. Enhorabuena a los miembros de la SEV.

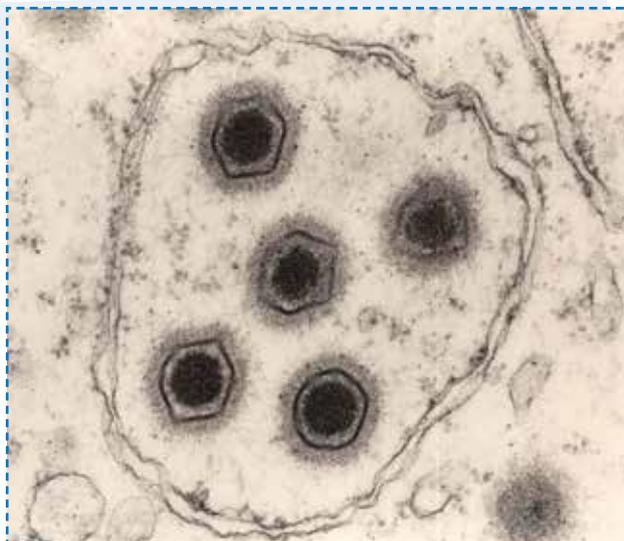
Resulta sumamente difícil tratar de definir a los virus utilizando los mismos criterios que se aplican a animales o vegetales. Tampoco es posible dar una definición satisfactoria de virus en una simple frase, o incluso párrafo. No obstante sí podemos resaltar algunas de sus características diferenciales. Así, podemos afirmar que un virus es una entidad parásita intracelular obligada, constituida en los casos de mayor simplicidad por un ácido nucleico y una cubierta proteica. De forma adicional, algunas familias de virus poseen una envoltura más externa formada por glicoproteínas insertadas en una bicapa lipídica sobre una matriz proteica.

Las anteriormente mencionadas propiedades de los virus justifican por sí mismas su estudio como disciplina independiente del resto de la Microbiología aunque resulta imprescindible potenciar las sinergias entre ambas disciplinas. Su absoluta dependencia de una célula viva condiciona totalmente la estrategia de lucha contra ellos. Así, para su erradicación de un organismo vivo, en la mayoría de los casos no es suficiente con desarrollar estrategias capaces de neutralizar los virus presentes en fluidos corporales, sino que se requiere además eliminarlos de las células que parasitan y así evitar su persistencia o latencia y su posterior rebrote.

Los virus han tenido un impacto enorme sobre la Humanidad aunque hasta no hace mucho se sabía muy poco acerca de su naturaleza. A pesar de su simplicidad en comparación con otros microorganismos, la Historia demuestra que las epidemias de enfermedades producidas por virus han matado más gente que las guerras mundiales. Además, los virus por su parte han incidido de forma decisiva en la Historia de la humanidad. Ha habido guerras que se han ganado o perdido porque un virus ha infectado

un ejército contendiente, mientras que ha respetado al otro adversario.

La SEV tiene en la actualidad unos 450 socios y publica su revista «Virología» en formato digital (<http://www.cbm.uam.es/sev/revista.html>) que constituye un vehículo dinámico de transmisión de los últimos avances en nuestra disciplina, así como un ágil foro de comunicación para nuestros socios.



Microscopía electrónica del virus de la limfocistis de los peces (fam. Iridoviridae).

Sigue a la  SEM

www.semicrobiologia.org

XXIV Congreso SEM 10-13 de julio del 2013 L'Hospitalet de Llobregat Barcelona

Miguel Viñas
Presidente del Comité Organizador

El XXIV Congreso de la Sociedad Española de Microbiología se celebró del 10 al 13 de julio de 2013 en el Campus de Bellvitge de la Universidad de Barcelona (UB), en el Hospitalet de Llobregat. Demográficamente, L'Hospitalet es la decimosexta ciudad española, con una población formada en gran parte por gentes venidas en los años 60 del pasado siglo de muchas otras regiones españolas, principalmente Andalucía, Extremadura y Murcia. Es una ciudad hospitalaria, acogedora, agradecida con los que aquí trabajamos y que ama a la Universitat de Barcelona y agradece su presencia aquí. Nosotros quisimos que el Congreso fuera en L'Hospitalet, porque esta ciudad siempre queda oculta tras el enorme peso específico de Barcelona. Y queríamos que en este caso y, en la medida de lo posible, no fuera así.

A dicho Congreso acudimos más de 600 microbiólogos, algunos procedentes de prestigiosas universidades y centros de investigación de diferentes países como Estados Unidos, Inglaterra, Alemania, Australia, Canadá, Francia, Italia, Bélgica, México, Brasil, Australia, Chile, China, Dinamarca, Eslovenia, Holanda, Perú, Suiza, Escocia, Turquía, Uruguay y Venezuela. Pero, como es obvio, la mayoría españoles.



El marco incomparable del Paraninfo del edificio histórico de la Universidad de Barcelona, donde tuvo lugar el acto de la ceremonia inaugural. Además de la charla inaugural de Andrés Moya, incluyó un homenaje a la nuestra Secretaria Administrativa, Isabel Perdiguero, por su dilatada carrera al servicio de la SEM.



Miembros del Comité Organizador del congreso en compañía de sus colaboradores voluntarios. Las «camisetas azules» siempre estaban ahí resolviendo cualquier imprevisto y orientando a los congresistas para que nos sintiéramos como en casa.

Dos aspectos de las instalaciones del Campus de Bellvitge donde se desarrollaron las actividades del congreso: la exposición comercial y una de las aulas donde se desarrollaron los simposios.



Hubo un total de 17 simposios y alrededor de 300 comunicaciones libres. Más de 1000 autores aportaron su contribución a los distintos temas científicos. Uno de los principales objetivos del congreso fue estimular a los jóvenes científicos brindándoles una oportunidad para presentar sus trabajos. La conferencia inaugural fue impartida por Andrés Moya, profesor de la Universidad de Salamanca, con la conferencia «*From minimal cells to microbiome*». Dicho acto tuvo lugar en el paraninfo del Edificio Histórico de la Universidad de Barcelona. El Dr. David Rodríguez Lázaro, de la Universidad de Burgos, impartió la conferencia de clausura «*Molecular approaches to food security*» en el Institut d'Estudis Catalans (IEC).

Los distintos grupos especializados de la SEM organizaron sesiones que versaron sobre distintos temas actuales de microbiología, como las nuevas fronteras en la investigación de bases moleculares de la patogenicidad y resistencias bacterianas, el ámbito de la virulencia fúngica, los agentes antimicrobianos en la biodegradación y bioremediación, técnicas ómicas en microbiología industrial, innovación docente, etc.

En el transcurso del congreso tuvieron lugar dos sesiones especiales, *in memoriam* de Lynn Margulis, la científica que propuso por primera vez en la historia la teoría de la endosimbiosis, e *in memoriam* de Miguel Regué, catedrático de la Facultad de Farmacia en la UB. Miquel Viñas, Antonio Juárez y Juan Tomás hablaron sobre su vida personal y profesional precediendo a la conferencia impartida por Roland Benz de la Jacobs University de Bremen. El Prof. Benz es *Doctor Honoris Causa* por la Universidad de Barcelona y la Universidad de Umeå (Suecia) y una de las mayores autoridades en el estudio de la membrana externa, la conferencia versó sobre la estructura y el papel de las porinas en bacterias Grampositivas.



En el acto de clausura, celebrado en el salón de actos del Institut d'Estudis Catalans, además de presentarse el video institucional de la SEM y entregarse los premios a las mejores ponencias y posters, así como los premios del concurso científico-literario «Relatos Microscópicos», se hizo entrega del Premio Jaime Ferrán a David Rodríguez Lázaro, cuya conferencia cerró el congreso. Gracias a las gestiones del anterior premiado, Bruno González-Zorn, quien entregó el prestigioso premio no fue otro que el mismísimo Jaime Ferrán (el nieto de nuestro insigne microbiólogo, obviamente) quien, emocionado, agradeció que mantuviéramos viva la memoria de su abuelo.



Durante la presentación de comunicaciones libres, los jóvenes investigadores defendieron públicamente sus trabajos dando lugar a interesantes discusiones y ofreciéndoles la oportunidad de establecer relaciones con otros grupos de investigación españoles o extranjeros. Además, se premiaron varias comunicaciones en cada una de las sesiones celebradas.

Se celebraron las asambleas de los grupos especializados y la Asamblea General de la SEM en la sede del Institut d'Estudis Catalans.

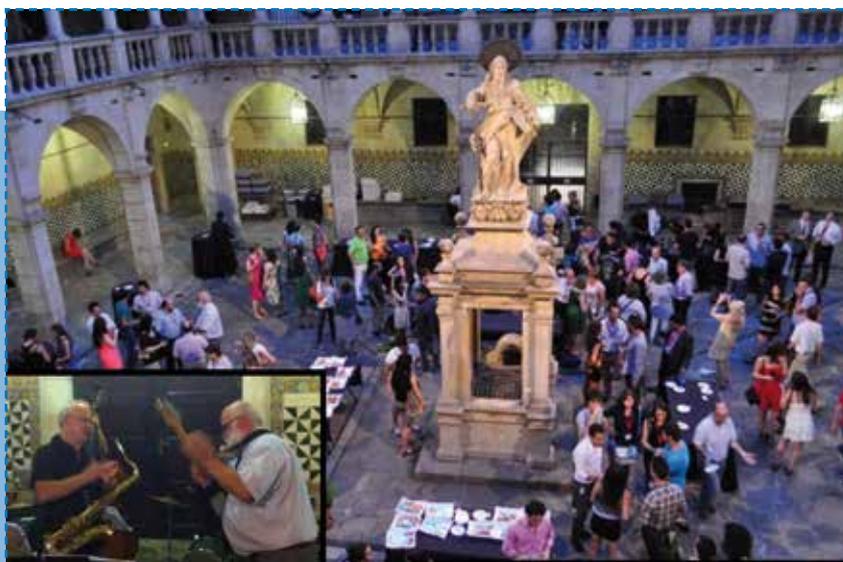
Los congresistas tuvieron la posibilidad de asistir a varios actos sociales que incluyeron el vino de bienvenida en el bellissimo Edificio Histórico de la UB, una visita al Síncrotrón Alba en Cerdanyola del Vallés (restringida a un grupo de inscritos prematuros por exigencia de quienes mandan en esa instalación), un concierto de guitarra española del guitarrista malagueño Javier García Moreno que deleitó a los que asistimos con un excepcional repertorio de piezas para guitarra española y una cena informal de clausura en el patio del IEC durante la cual el grupo de jazz de Rubí hizo las delicias de los aficionados a la música de jazz.

Los congresistas pudisteis ver que no había azafatas con vestidos convencionales sino estudiantes con la camiseta del congreso, que la cena fue de pie, que las pausas para café contenían una buena selección de montaditos obra del excelente catering Xalana food solutions de nuestro amigo José Simoes, que tan bien nos trató. Fue pues un congreso austero, por exigencias del guión, pero los que hemos trabajado duro en la organización del congreso estamos razonablemente satisfechos de nuestros resultados. Pedimos excusas por las deficiencias. Nos dolió un poquito que unos pocos no entendieran las situaciones difíciles y por tanto la incapacidad para hacer frente a ciertos privilegios adquiridos, pero también es de justicia reconocer que fueron casos esporádicos.

En resumen, destacar que fue un Congreso provechoso tanto científica como socialmente, o eso nos parece; que estamos orgullosos de que nuestra Sociedad Española de Microbiología nos encargara la organización del Congreso, y que quedan en nuestro archivo mental muchos momentos buenos y tantos comportamientos más que agradables y cariñosos de la inmensa mayoría de los que vinisteis. A todos ¡muchas gracias!

Algunos momentos de la entrega de los premios a las mejores ponencias y pósters a cargo de los Presidentes de los grupos durante la ceremonia de clausura.

El patio del Institut d'Estudis Catalans albergó el agradable cóctel de despedida amenizado por un excelente cuarteto de jazz. Superados los apuros de la organización en tales tiempos de crisis, nuestro anfitrión Miguel Viñas, presidente del Comité Organizador, se unió a los músicos y, como colofón de un congreso muy personal, dedicó un tema de Lennon y McCartney a la entregada audiencia.



CURSO DE INICIACIÓN A LA MICROBIOLOGÍA

La SEM continua apostando por estimular la vocación de los jóvenes universitarios

Montserrat Llagostera y Jordi Barbé

Organizadores del Curso. Universitat Autònoma de Barcelona



En el incomparable marco de la Casa de Convalescència, edificio del siglo XVII y sede del Institut d'Estudis Catalans (IEC), se realizó el XVII Curso de Iniciación a la Investigación en Microbiología durante los días 9 y 10 de Julio de este año.

El curso fue organizado por la Universitat Autònoma de Barcelona, contó con el apoyo del propio IEC quien nos cedió sus espacios y con el patrocinio de la Fundación

Ramón Areces. Agradecemos profundamente a estas instituciones su ayuda, ya que sin ella no hubiera sido posible celebrar este evento.

En esta edición se inauguró un nuevo formato, ya que los alumnos asistentes al curso podían disfrutar de la inscripción gratuita al XXIV Congreso Nacional de Microbiología que se celebró justamente del 10 al 13 de Julio. Ello sin duda ha significado un estímulo positivo ya que se registró un elevado número de solicitudes. Concretamente, se recibieron 117 solicitudes de estudiantes repartidos a lo largo de la geografía española. En la figura 1 se muestra el porcentaje de solicitudes recibidas según la universidad.

Asimismo, la diversidad de los estudios que cursaban los solicitantes fue también elevada. No obstante, como se muestra en la figura 2, el mayor porcentaje de los solicitantes procedían de licenciaturas o grados de Biología y de primer curso de másteres.

El Centro de Investigación en Sanidad Animal (CISA-INIA)

Víctor Briones Dieste

Director del centro. Valdeolmos, 28130 Madrid

ORGANIZACIÓN Y SERVICIOS

El Centro de Investigación en Sanidad Animal (CISA-INIA) situado en Valdeolmos (Madrid), depende del Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria, Ministerio de Economía y Competitividad y está dedicado a la investigación sobre prevención, diagnóstico y control de las principales enfermedades transmisibles animales. Presta especial atención a aquellas enfermedades emergentes, re-emergentes y transfronterizas de gran impacto económico y sanitario y que pueden causar restricciones en el comercio ganadero, así como a las zoonosis, enfermedades con repercusión potencial en la salud pública y la seguridad alimentaria. Su misión principal es promover la investigación, el desarrollo tecnológico más avanzado, la cooperación y la transferencia de tecnología en el área de la sanidad animal, siguiendo las prioridades estratégicas marcadas por organizaciones y foros nacionales e internacionales relevantes en su área.

Entre sus actividades destacan las importantes relaciones que mantiene con el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, dando apoyo en ciertas actividades a sus Laboratorios Nacionales de Referencia. El CISA-INIA es Laboratorio de Referencia para la Peste

Porcina Africana de la UE y de la FAO, lo que requiere de una pronta capacidad de respuesta ante brotes asociados a esta y otras enfermedades. También forma parte de la Red de Laboratorios de Alerta Biológica (RELAB), dependiente de Presidencia del Gobierno, creada por la Orden PRE/305/2009 de 10 de Febrero, y dedicada a hacer frente a amenazas producidas por agentes biológicos peligrosos. Por todo ello, el CISA-INIA acredita una incuestionable experiencia en materia de respuesta a alertas sanitarias, en razón de tratarse de un centro que participa desde los atentados del 11 de Septiembre de 2001 no solo en simulacros de alerta biológica, sino en la resolución real de crisis sanitarias, tanto las asociadas a Salud Pública [crisis del «ántrax», encefalopatía espongiforme bovina (EEB), síndrome agudo respiratorio severo (SARS), *influenza* aviar...] como, mayoritariamente, a Sanidad Animal (fiebre aftosa, lengua azul, enfermedad vesicular porcina...), razón específica de su creación en 1992.

El CISA-INIA es una Infraestructura Científico-Técnica Singular (ICTS; <http://www.idi.mineco.gob.es/>) única en su género a nivel nacional, dotada de una instalación de Alta Seguridad Biológica de 10.824 m², que incluye 40 laboratorios, un animalario de nivel de contención biológica (NCB) 3 y 2 laboratorios NCB 4 (OIE). Las características



arquitectónicas funcionales de los edificios que la albergan crean una presión de aire sub-atmosférica que asegura un flujo continuo de aire hacia el interior, lo que se combina con un complejo y completo sistema de filtración del aire expelido, a través de 92 filtros absolutos HEPA tipo H 14 (99,995% de eficiencia para partículas entre 0,1 y 0,15 micrómetros MPPS) capaz de retener prácticamente cualquier partícula infecciosa en aerosol, incluidos los virus más pequeños conocidos. A ello se añade un sistema de gestión de residuos y efluentes que incluye, según los casos, incineración o descontaminación química y térmica. Por último, un sistema de dobles puertas neumáticas garantiza el aislamiento entre distintos compartimentos. El acceso al NCB está totalmente restringido a personal autorizado, que debe seguir estrictas normas tanto a la entrada como a la salida, incluyendo un cambio completo de ropa y una ducha a la salida.

El animalario, el área más compleja y exigente, está constituido por 19 estancias separadas y polivalentes diseñadas para albergar distintas especies, desde peces hasta grandes animales, con medidas de bioseguridad que garantizan el trabajo *in vivo* incluso con patógenos transmisibles por vía aerógena (lo que requiere sistemas específicos adi-



cionales de filtración y conducción del aire). A este respecto, el CISA-INIA es una de las dos únicas instalaciones españolas capaces de manipular virus vivo de la fiebre aftosa (RD 402/2013 de 7 de junio). El tamaño de CISA-INIA, que excede en mucho a cualquiera otra instalación similar existente en territorio nacional, le faculta para llevar a cabo simultáneamente experimentos que implican un elevado número de patógenos. Durante el último año, a través de proyectos de I+D+i, convenios y contratos de colaboración, se han realizado con éxito casi 70 experimentos *in vivo* en especies animales terrestres como cerdos, roedores, terneros, ovejas, perdices, y acuáticas, como pez cebra y trucha. El objetivo de estos experimentos ha sido ampliar el conocimiento acerca de distintas enfermedades infecciosas animales, entre ellas, la ya citada fiebre aftosa, peste porcina africana, lengua azul, enfermedad vesicular porcina, enfermedad de Teschen-Talfan, peste de los pequeños rumiantes, septicemia hemorrágica viral o necrosis pancreática infecciosa. También se han llevado a cabo experimentos relacionados con diversas zoonosis, como la fiebre del Valle del Rift, SARS, *influenza*, fiebre/encefalitis del Nilo Occidental y otros flavivirus, etc. Mención aparte merece el hecho de que se trabaja también en infecciones experimentales con priones, los agentes causales de las encefalopatías espongiformes transmisibles animales (EETs: EEB y *Scrapie*), lo que exige un sistema de tratamiento de efluentes especialmente riguroso. Los diversos estudios realizados en estas enfermedades han estado dirigidos a mejorar el conocimiento en las áreas de clínica, patología, patogenia, transmisión y control, evaluando nuevos diseños experimentales, sistemas de diagnóstico, estrategias vacunales o adyuvantes entre otros abordajes.

Debido a la singularidad de esta instalación, el CISA-INIA es un referente en España para trabajar en la experimentación *in vivo* con agentes de alto riesgo biológico. Investigadores de otros centros públicos de investigación (CSIC, Universidades...) y empresas biotecnológicas y



farmacéuticas solicitan de forma continua hacer uso del animalario para desarrollar experimentos que necesitan de esta gran instalación de alta seguridad biológica para su desarrollo, una actividad creciente y de la que ambas partes obtienen excelentes resultados. Por último, el CISA-INIA cuenta con un servicio interno y externo de secuenciación, así como con una sección de histopatología.

Para llevar a cabo las actuaciones e investigaciones propias, el CISA-INIA se organiza en siete grupos de investigación, con dos áreas principales de trabajo: la epidemiología y diagnóstico por una parte y, por otra, la patología, inmunología y control de enfermedades, con evidentes solapamientos. Los grupos de investigación establecidos en el centro actualmente son los siguientes:

- **Epidemiología y sanidad ambiental:** dedicado principalmente al estudio de la epidemiología de las enfermedades infecciosas animales, con especial atención a las variables ambientales como factores de riesgo y a la fauna silvestre como reservorio.
- **Enfermedades emergentes y transfronterizas:** se ocupa de dichas enfermedades con graves repercusiones para la sanidad animal.
- **Biología Molecular y celular de priones:** trabaja en el conocimiento de las EETs y sus agentes causantes.
- **Inmunoprofilaxis de enfermedades víricas transmitidas por vectores:** su principal objetivo es conocer los virus transmitidos por vectores, principalmente *Bunyavirus* y *Orbivirus*, trabajando principalmente en diagnóstico, nuevas vacunas y estudios de patogenia.
- **Parasitología animal:** especializado en estudios epidemiológicos de las enfermedades parasitarias que sirvan de soporte para el desarrollo de nuevas técnicas de diagnóstico, así como en la evaluación

de los sistemas actuales de control antiparasitario. Está prevista, sobre esta base, la creación de una unidad dedicada al estudio de vectores.

- **Estrategias de control de patógenos relevantes en Sanidad Animal:** dedicado al desarrollo de sistemas de control de patógenos a través de la formulación de nuevas vacunas y estrategias vacunales, métodos de diagnóstico, identificación de los mecanismos de respuesta inmune relevantes o la caracterización biológica y molecular de aislados víricos.
- **Inmunología y patología de peces:** que tiene como objetivo general determinar qué factores inmunes responden a una infección vírica en peces, estableciendo cuáles son responsables de conferir protección.

Y lo más importante, en el CISA-INIA trabajan a diario unas 130 personas. De ellas, aproximadamente 25 son personal investigador, incluyendo personal en formación y tecnólogos responsables de investigación, 55 son personal técnico (superiores y de otras categorías) y el resto lo conforman quienes prestan labores de apoyo desde diversos servicios, entre los que destaca la Oficina de Seguridad Biológica o el servicio de cultivos celulares, así como personal de administración, mantenimiento, limpieza, informática, vigilancia, etc. A ello deben sumarse otros investigadores externos al CISA-INIA que realizan sus investigaciones en nuestras instalaciones a través de estancias de semanas o meses de duración y que oscilan de forma casi regular en torno a las 25 personas cada año.

PRODUCCIÓN CIENTÍFICA Y TÉCNICA

Cada año se publican aproximadamente sesenta artículos (cincuenta y siete en 2012) en revistas recogidas en el *Scientific Citation Index*, de las que un alto porcen-

taje corresponden al primer cuartil de su categoría, en las áreas de ciencias veterinarias, epidemiología, enfermedades emergentes y transfronterizas, virología, inmunología, microbiología y sanidad ambiental. Asimismo, se editan anualmente diversos artículos técnicos y se emiten multitud de informes de carácter científico-técnico, principalmente a Organismos e Instituciones Nacionales e Internacionales como la UE y la FAO, así como varios capítulos de libros (dos en 2012).

El personal del CISA-INIA lleva a cabo una importante participación en múltiples congresos y reuniones científicas nacionales y —especialmente— internacionales, con cifras que rondan anualmente la centena, entre ponencias invitadas y comunicaciones.

Cada año se defienden varias tesis doctorales (tres en 2012), y se presentan patentes y modelos de utilidad (tres en 2012). En este sentido, deben destacarse los constantes vínculos de los investigadores del CISA-INIA con empresas biotecnológicas, favoreciendo la transferencia de conocimiento y el establecimiento de colaboraciones con un marcado carácter aplicativo.

PROYECTOS, COLABORACIONES EN REDES

A modo de ejemplo, durante 2012 el CISA-INIA ha trabajado en la ejecución de 41 actividades correspondientes a proyectos de convocatorias competitivas, convenios de colaboración y contratos por un importe total de aproximadamente tres millones de euros. Son de destacar las aportaciones recibidas de la UE a través de ocho Proyectos del Séptimo Programa Marco y un contrato como Laboratorio de Referencia que en total han ascendido a 1,4 millones de euros. También merecen detallarse los 17 proyectos del Plan Nacional de I+D+i, tanto del subprograma de Proyectos de Investigación Fundamental no Orientada (11) como del subprograma de Proyectos de Investigación Fundamental Ori-

tada a los Recursos y Tecnologías Agrarias en Coordinación con las CCAA (seis), siendo la aportación total de aproximadamente 900 mil euros. Otra parte importante de los fondos recibidos provienen de los trabajos realizados a través de Encomiendas de Gestión con el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Por último, otras fuentes de financiación provienen de la Comunidad de Madrid, las acciones complementarias del INIA, los convenios con empresas, estudios específicos y servicios por facturación comercial, en un total de 17 actividades principales.

Además de las colaboraciones activas que mantiene el CISA-INIA a través de proyectos de investigación con multitud de Institutos europeos y de otros continentes, el CISA-INIA participa en un número importante de redes de excelencia, destacando la red de excelencia EPIZONE para enfermedades epizooticas, su diagnóstico y control; las ya concluidas ARBO-ZOONET para la construcción de capacidades para el control de enfermedades zoonóticas emergentes vectoriales y NADIR, red de instalaciones de investigación de enfermedades infecciosas animales. También interviene activamente en la ERA-Net APHAEA.EMIDA sobre sanidad animal y ecología de especies silvestres.

FORMACIÓN, ASISTENCIA TÉCNICA Y ASESORÍA

Investigadores del CISA-INIA participan muy activamente en la impartición de distintos Másteres de post-gradó entre ellos los de Virología, Práctica clínica, Biotecnología de virus, Toxicología y Gestión de Crisis y Amenazas Emergentes en un Mundo Globalizado, así como en la impartición de un importante número de jornadas, seminarios y conferencias en algunas asignaturas, todo ello para diversas facultades pertenecientes a la UCM, UAM, Universidad San Pablo CEU y UAX.

A través de la UE y la FAO se han mantenido actividades de asistencia y colaboración técnica con más de 50 países de todos los continentes sobre procedimientos, nuevas tecno-



logías, protocolos y envío de material de referencia a través de los trabajos como Laboratorio de Referencia para Peste Porcina Africana, los trabajos con el *International Livestock Research Institute* (ILRI, Kenia) y las asesorías en materia de bioseguridad. Destacan también las colaboraciones científicas que se mantienen regularmente con el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria de Argentina (Convenio INIA-INIA). Durante el último año el CISA-INIA ha participado en 3 ensayos interlaboratoriales internacionales.

Los investigadores del centro participan como miembros expertos en distintos comités científicos y grupos de trabajo nacionales e internacionales. Entre ellos, el comité especial de investigación EuFMD de la FAO para la identificación de necesidades y el control de la fiebre aftosa; los impulsados por la DG SANCO y la FAO para peste porcina africana, principalmente en los temas de epidemiología, diagnóstico y control; y los grupos de trabajo promovidos por la DG SANCO sobre planes de control de peste porcina clásica en países europeos. Otras asesorías realizadas han estado relacionadas con temas de medicina zoológica para el Ministerio de Agricultura de Chile, o de patología clínica en animales silvestres para la Asociación Peruana de Veterinarios en Fauna Salvaje (APEVEFAS), de Perú.

A nivel nacional cabe destacar la participación de un número importante de los investigadores del CISA-INIA como expertos evaluadores de proyectos del Plan Nacional de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica, la participación en comités y grupos de trabajo de la Agencia Española del Medicamento y Productos Sanitarios y del Fondo de Investigaciones Sanitarias, (Ministerio de Sanidad y Consumo), de la Asociación Española de Toxicología, de la Plataforma Tecnológica Vet+i, y la participación en los comités de ANAPORC. El CISA-INIA participa en el Campus de Excelencia Internacional de Moncloa. A nivel internacional, destacan la asesorías externas en proyectos de la *Wellcome-Trust Foundation*, del PICT, FONCYT y ANP-CYT de Argentina y del Plan de I+D+i en Hong-Kong, China. Otros trabajos de asesoramiento están relacionados con la evaluación de riesgo ambiental de medicamentos veterinarios para laboratorios farmacéuticos de sanidad animal. También participan como revisores en la evaluación de proyectos de la *Royal Society* del Reino Unido.

Una mayoría de los investigadores realizan actividades de revisión de artículos de revistas SCI, destacando las realizadas para las revistas *Environmental Science & Technology*, *Veterinary Microbiology*, *Transboundary and Emerging Diseases*, *Clinical Microbiology & Infection*, *Journal of Experimental Medicine*, *Journal of Virology*, *Development and Comparative Immunology*, *Journal of Virological Methods*, *Journal of Immunology*, *Virus Research*, *Molecular Immunology*, *Fish and Shellfish Immunology*, *Journal of Hazardous Materials*, *Acta Veterinaria Scandinavica*, *Infect Genet Evol*, *Epidemiology & Infection*, *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux*, *Eurosurveillance*, *Analytical Biochemistry*, *Rev Esp Salud Pública*, *J Vet Diagn Invest*, *BMC Microbiol*, *Rev Sci Tech OIE*, *Vaccine*, *Vector Borne Zoon Dis*, *Zoonoses Public Health*.

ACTIVIDADES DE DIVULGACIÓN

Investigadores del CISA-INIA han obtenido varios premios a la investigación y a la divulgación científica, incluyendo el I Premio Isabel Mínguez Tudela a la Innovación en Sanidad Animal 2012, concedido por la Plataforma Tecnológica Vet+i, el otorgado por la Sociedad Española de Epidemiología al Mejor Artículo Científico Original en Epidemiología y recientemente el premio de Divulgación Científica concedido por Madri+d. CISA-INIA participa activamente en la Semana de la Ciencia, impartiendo charlas sobre sus actividades y manteniendo dos días de puertas abiertas. Debe destacarse finalmente la creciente participación en tareas de divulgación científica a través de entrevistas en medios de comunicación, blogs especializados, artículos en revistas profesionales y sectoriales, etc.

En resumen, presentamos un centro de investigación dedicado íntegramente a trabajar con patógenos de origen animal y en el que se lleva a cabo una intensa actividad no todo lo bien conocida que sin duda merece. El CISA-INIA abre sus puertas para ofrecer a toda la comunidad que se ocupa de la Sanidad Animal, la Salud Pública y la Seguridad Alimentaria unas instalaciones y un personal capaces de llevar a cabo tareas de investigación y de experimentación animal con los más altos estándares de excelencia y de bioseguridad disponibles en España.



Un paseo microbiano por la web

Ignacio López-Goñil¹ y Manuel Sánchez Angulo²

¹Universidad de Navarra (ilgoni@unav.es),

²Universidad Miguel Hernández (m.sanchez@umh.es)

A principios de año la revista *Science* publicó un interesante y breve artículo titulado «*Science, New Media and the Public*» (Brossard y Scheufele, 2013; DOI:10.1126/science.1232329). En su párrafo final concluye con la siguiente advertencia. Si no se investiga la forma de comunicar ciencia *online* de la mejor manera posible, corremos el riesgo de crear un futuro donde la dinámica de los sistemas de comunicación *online* tengan un mayor impacto en la visión de la ciencia por el público, que la que nosotros como científicos estamos intentando comunicar.

A estas alturas está claro para todo el mundo que internet ha cambiado drásticamente la forma en la que cualquier persona accede a la información científica. No importa que sea lego o especialista. Los medios tradicionales —prensa y revistas, televisión, radio— pierden audiencia continuamente, algunos a pasos agigantados. Muchos de ellos están intentando adaptarse y buscar sinergias con la web. Y si esto sucede con los negocios que llevan años dedicados al entretenimiento, también sucede con los medios de información científica. En el año 2010 se publicó el último informe sobre la percepción de la ciencia y la tecnología en España (www.fecyt.es). En dicho informe se reconocía que internet era el segundo medio preferido por los españoles para informarse de cuestiones científicas. No sería raro que en la encuesta del 2014 aparezca como el primero. Eso ya es lo que sucede en los Estados Unidos, donde un 60% utiliza internet como fuente primaria de información cuando a temas científicos se refiere (Brossard 2013; DOI:10.1073/pnas.1212744110). Es evidente que los científicos debemos de prestar atención a dicha tendencia si queremos mantener o incrementar nuestra comunicación con la sociedad.

Pero también es cierto que nadie sabe con certeza hacia donde nos dirigimos. Internet es un mundo en constante cambio. Lo que era un filón y el último grito de la modernidad es ahora algo totalmente desfasado y abandonado (¿alguien se acuerda de «*Second Life*»?). Así que sería pretencioso suponer que este artículo es una especie de guía de la Microbiología en internet. Más bien es una especie de foto fija en la que hemos intentado destacar aquellos sitios escritos en español que tratan de divulgar la ciencia de la Microbiología.

¿Por qué solo en español y no en inglés? Pues por un lado porque seguramente todos conocemos las diversas webs anglosajonas como la de la ASM (<http://www.asm.org/>) o MicrobeWorld (<http://www.microbeworld.org/>) por poner un par de ejemplos. También nos serán familiares los blogs *Small Thing considered*, (<http://schaechter.asmblog.org>), *Microbiology Bytes* (<http://www.microbiologybytes.com>) y *Virology Blog* (<http://www.virology.ws>). Pero resulta que muchos de nuestros alumnos de los primeros cursos no se sienten cómodos con el inglés y sí con la lengua de Cervantes, Ruben Dario y Vargas Llosa. No digamos ya si lo que queremos es dirigirnos al gran público donde el dominio del inglés no es precisamente una cualidad. Así que los sitios webs que vamos a nombrar pueden ser unos buenos lugares para explorar las fronteras de la microbiología, o de otras ciencias, sin tener que sufrir la barrera del idioma.

Nuestro tour empieza con la página web de la SEM (<http://www.sem microbiologia.org/>). Allí encontramos diversos enlaces a herramientas docentes, publicaciones o blogs. Información similar se puede encontrar en las webs de otras sociedades científicas como la SEBIOT, la AEM o la SEBBM, o departamentos universitarios (por poner dos ejemplos: <http://microbiologia.ugr.es/> y <http://www.ucm.es/microbiologia2>). Sin embargo este tipo de webs están dirigidas a los miembros, con lo que se supone que aquellos que las consultan tienen al menos unos buenos conocimientos de la materia. Para intentar acercarse más al público casi todas las sociedades científicas han creado una página en Facebook (<https://www.facebook.com/SEM microbiologia>) o una cuenta twitter (@SEM microbiologia). Esto es totalmente lógico si tenemos en cuenta que una de cada siete personas del planeta usa Facebook y que cada día se generan 340 millones de *tweets*. Este tipo de plataformas permiten una interacción directa y en tiempo real con cualquier persona, aunque tienen el inconveniente de que se necesita que haya al menos unos cuantos «*community managers*» encargados de responder a esas preguntas. Sin esas personas esos sitios corren el riesgo de acabar convirtiéndose en unos tableros de anuncios muy útiles por su constante actualización, pero sin dinamismo.

Pero si cualquier persona del gran público se pone a buscar algo en la internet sobre microbiología lo más probable

es que Google le mande a la Wikipedia o a algún blog. El por qué hace esa búsqueda parece entrar en una de estas tres categorías: a) es una actividad educacional como hacer un trabajo para clase, b) es algo que ha visto en las noticias y quiere ampliar información, c) es algo que necesita para argumentar en un debate. Curiosamente se ha descrito que en la tercera de las opciones no tiene por qué haber un aprendizaje activo, ya que el objetivo es preparar una discusión (Brossard 2013; DOI:10.1073/pnas.1212744110). También hay que hacer notar que cuando se realiza una búsqueda se pone en marcha lo que se conoce como una «espiral de información auto-reforzada» (Ladwig *et al.* 2010; DOI 10.1016/s1369-7021(10)70084-5) en la cual los algoritmos de búsqueda de Google consideran en primer lugar todos los resultados más relevantes a los términos utilizados (ejemplo: las veces que una noticia ha sido marcada con un «me gusta» o «tuiteada») aunque esos resultados no tengan mucho que ver con la búsqueda en sí. Es decir, el «ruido de fondo» altera por completo el resultado.

Si la persona acaba en la Wikipedia allí se puede encontrar con dos problemas. Por un lado la fiabilidad de la información. La versión en inglés de la Wikipedia suele estar bastante vigilada, pero desgraciadamente la versión en español no. Aunque la mayor parte de los artículos de carácter científico tiene un contenido que podría considerarse correcto, muchos tienen contenidos superficiales o lo que es peor, son simplemente una mala traducción del artículo de la versión inglesa (ver por ejemplo la entrada de *Ureaplasma*). Pero además hay otro problema añadido. La gran cantidad de información inútil que hay en la Wikipedia, tanta que puede confundir al que realiza la búsqueda (<http://bit.ly/1a06H6v>).

También es probable que esa persona acabe buscando la información en uno de los muchos blogs divulgación científica, pero puede que no. Aquí el principal problema es el de la «democracia de la internet» que permite que la página web de un charlatán pueda tener el mismo peso, o incluso mayor, que la página web de un científico especialista en su campo (un ejemplo, busque: «Vacuna VPH segura»). Somos muchos los que pensamos que una de las habilidades más importantes que vamos a tener que enseñar a nuestros futuros alumnos es como juzgar e integrar la información proveniente de las numerosas fuentes a las que se tiene acceso para formar nuevas ideas (Vale, 2013; DOI: 10.1091/mbc.E12-09-0660). Afortunadamente la blogosfera hispana tiene una gran cantidad de estupendos blogueros. En los listados de plataformas como *eBuzzing* o *Bitacorras.com* uno puede encontrar blogs personales sobre cualquier disciplina como es el caso de La ciencia de la mula Francis (<http://francis.naukas.com/>) o Experiencia Docet (<http://edocet.naukas.com/>) por poner un par de ejemplos.

También puede encontrar plataformas que engloban a varios blogueros en un esfuerzo común como es el caso de *Naukas* (<http://naukas.com/>) o revistas *online* como *Journal of Feelsynapsis* (<http://feelsynapsis.com/jof/>). Pero aunque en la blogosfera hay multitud de blogs dedicados a diversos aspectos de la Ciencia, solo unos cuantos tratan en concreto (o bastante a menudo) sobre temas microbio-

lógicos. En esta micro-lista se han incluido aquellos blogs personales que publican al menos una nueva entrada al mes y que han tenido una existencia superior a un año. No se han incluido blogs pertenecientes a instituciones como universidades o centros de investigación.

Microbichitos (<http://blogs.elpais.com/microbichitos/>) probablemente el blog de microbiología más conocido del país. Escrito por Miguel Vicente, investigador del CNB. En sus interesantes artículos no es raro encontrar la relación de la microbiología con otros aspectos sociales o artísticos.

MicroGaia. (<http://www.microgaia.net/>) escrito por J.J. Gallego, uno de los más jóvenes colaboradores del grupo D+DM de la SEM y responsable de la existencia del Biocarnaval en la blogosfera.

Bacterias ActuaCiencia (<http://bacteriasactuaciencia.blogspot.com.es/>). Esteban Fernández Moreira es el encargado de dar vida a uno de los blogs más activos de la blogosfera. No solo eso, también realiza un programa de radio e incluso ha sido el protagonista en tres obras de teatro infantil destinadas a explicar el mundo de lo pequeño a los más pequeños.

BIO (Ciencia + Tecnología) (<http://www.madrimasd.org/blogs/biocienciatecnologia>). Aunque no está dedicado exclusivamente a la virología o a la microbiología, el blog dirigido por José Antonio López (JAL) es un referente en el campo de la divulgación científica.

La ciencia y sus demonios (<http://lacienciaysusdemonios.com/>) Este es un blog resultado de la colaboración entre varias personas. Como el anterior aborda diversos aspectos científicos, pero la microbiología ocupa un lugar especial y son numerosos los artículos sobre el tema.

Biounalm (<http://www.biounalm.com/>) En este blog el peruano David Castro también nos habla de varios temas de interés en el campo de la Biología, pero una gran parte de sus entradas suelen tener que ver con el mundo microbiano.

La ciencia de Amara (<http://lacienciadeamara.blogspot.com.es/>) Aunque el blog de la granadina Amara también toca diversos temas biológicos, el hecho de que trabaje en la tolerancia de las plantas a la sequía y a la salinidad significa que una gran parte de sus entradas estén dedicadas al fascinante mundo de las micorrizas y de las interacciones entre plantas y microorganismos.

Y evidentemente no podemos dejar de nombrar a los blogs de los dos autores de este artículo. **MicroBIO** (<http://microbioun.blogspot.com.es/>) de Ignacio López Goñi y **Curiosidades de la Microbiología** (<http://curiosidadesdelamicrobiologia.blogspot.com.es/>) de Manuel Sánchez. No es que ahora sean muchos, pero como ya hemos dicho antes, la web es muy cambiante y quizás su número aumente en un futuro no muy lejano.

REFERENCIAS

- Brossard D.** 2013. New media landscapes and the science information consumer. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 110 Suppl 3:14096-14101.
- Brossard D, Scheufele DA.** 2013. Social science. Science, new media, and the public. *Science.* 339:40-41.
- Ladwig P, Anderson A, Brossard D, Scheufele DA, Shaw B.** 2010. Narrowing the nano discourse? *Materials Today* 13:52-54.
- Vale RD.** 2013. The value of asking questions. *Mol Biol Cell.* 4:680-2.

Los blogs y las redes sociales en la universidad

¿Una pérdida de tiempo?



Ignacio López-Goñil¹ y Manuel Sánchez Angulo²
¹Universidad de Navarra (ilgoni@unav.es),
²Universidad Miguel Hernández (m.sanchez@umh.es)

Mantener un blog es un hobby al que uno debe dedicarse en su casa o en sus ratos libres. Que un profesor o investigador universitario se dedique a jugar con el ordenador en Facebook o Twitter, es señal de que le sobra tiempo. Esta es la opinión de muchos de nuestros colegas.

Sin embargo, desde hace unos pocos años nos dedicamos a divulgar temas de microbiología y ciencia en general a través de blogs. A pesar del esfuerzo personal y profesional que esto supone, se ha convertido en una de las mayores satisfacciones de nuestra carrera profesional. Y es que no le vemos más que ventajas. La ciencia y el mundo académico cada vez está más en internet y si queremos contar lo que hacemos tenemos que ser parte del ciberespacio. A la gente le interesa lo que hacemos en la universidad y en los laboratorios, pero muchas veces no lo entienden porque no lo explicamos bien. El desconocimiento genera desconfianza. La divulgación científica es una manera concreta de devolver y agradecer a la sociedad su apoyo. La divulgación de nuestro trabajo debe ser considerada parte de la labor profesional de un profesor universitario o investigador. Estas tareas divulgativas deberían tener algún tipo de reconocimiento académico, al igual que se hace con otras labores como la gestión universitaria.

Pero además, la docencia y la investigación pueden nutrirse de estas tareas de divulgación científica. Un blog te permite, con un estilo personal e informal y de una forma comprensible y amena, contar historias que a otros interesan y entrar en contacto con gente interesada e inteligente

de todo el planeta. Impulsa la curiosidad y el pensamiento crítico, evita el aislamiento y nos enriquece personal y profesionalmente. Mantener un blog sobre microbiología te ayuda a aprender, a leer y estudiar más y escribir sobre microbiología en un lenguaje asequible para el público en general te ayuda a repensar e interiorizar mejor las ideas. Despierta además la curiosidad por nuestra disciplina y anima jóvenes vocaciones de científicos. Te hace en definitiva mejor docente. Además, los blogs pueden aumentar la visibilidad de nuestro trabajo científico: puedes lograr que un artículo científico publicado en una revista de alto índice de impacto y que solamente ha sido leído por un grupo muy reducido de especialistas, llegue a miles de personas en muy pocos días.

Las redes sociales no son cosas de adolescentes. Facebook, Twitter, Scoop.it ... tiene también una utilidad docente: llegas a más gente, motivas e ilusionas a tus alumnos, compartes y almacenas otras webs y recursos, reciclas noticias y entradas del blog ... Resumir (y compartir) la idea más importante de la clase de hoy en 140 caracteres es todo un reto también para el profesor. Pero también hay una razón más para dedicar nuestro tiempo a esto de los blogs sobre microbios: ¡disfrutamos y nos lo pasamos muy bien!





MICROBIOCARNAVAL: Microorganismos en la Blogosfera

Dentro de las iniciativas que se proponen en el seno del Grupo D+D SEM (Grupo Especializado en Docencia y Difusión de la Microbiología), una de las más interesantes fue gestionada por Manuel Sánchez Angulo, de la Universidad Miguel Hernández. Se trata de nuestra primera incursión en la iniciativa, previamente existente en la web, de los Biocarnavales.

Durante el periodo que fue desde el **1 de abril** al 31 de mayo, estuvo abierta la participación en los blogs anfitriones **Micro Gaia** (1 al 20 de abril), **microBIO** (21 de abril al 10 de mayo) y **Curiosidades de la Microbiología** (11 al 31 de mayo). La participación no fue alta, pero la calidad sí. Hubo cuatro categorías de premios:

- Categoría A. Mejor entrada publicada por un **estudiante de colegio o instituto**, premiada con un ejemplar del libro «Ni contigo, ni sin ti» escrito por Miguel Vicente, Marta García-Ovalle y Javier Medina.
- Categoría B. Mejor entrada publicada por un **estudiante de grado o máster** universitario, premiada con un ejemplar del libro «Cuentos de microbios» de Arthur Kornberg. Desgraciadamente, las categorías A y B quedaron desiertas por falta de participación.
- Categoría C. Mejor entrada publicada por un **estudiante de doctorado** que será premiada con una suscripción de un año a la SEM, que ganó la entrada de Dolores Bueno (@Ununcuadio) «Propuesta fiestera» en su blog **Pero esa es otra historia y debe ser contada en otra ocasión**.
- Categoría D. Mejor entrada dedicada a la ciencia de la Microbiología y que no participa en las anteriores categorías. En esta la participación ha sido amplia y de mucha calidad... El premio consiste en la publicación de la entrada en SEM@foro, de modo que el artículo de César Tomé, publicado originalmente en su interesantísimo blog **Experiencia Docet** sigue a estas líneas. Que lo disfruten.

L-CARNITINA, MICROBIOMA Y CARDIOPATÍAS

César Tomé López. Blog *Experiencia Docet*

César Tomé López (Málaga, 1967) se licenció en química industrial en la Universidad de Granada. Durante 20 años ha trabajado en puestos de desarrollo de productos, procesos y mercados en distintas empresas multinacionales de diferentes sectores (metalurgia, packaging, alimentación), alcanzando niveles directivos. En 2006 inició un cambio en su carrera que pasó por obtener un máster en neurociencia y biología del comportamiento por la Universidad Pablo de Olavide y la inauguración de su blog *Experiencia docet*. Desde 2011 se dedica exclusivamente a la comunicación científica. Es editor jefe de *Mapping Ignorance* y coeditor del *Cuaderno de Cultura Científica*, ambos medios pertenecientes a la Cátedra de Cultura Científica de la UPV/EHU, es *Senior Editor/Spanish Language* de *Researchblogging.org* y colaborador de *Naukas.com*.

En lo que sigue vamos a hablar de la relación que parece existir entre una molécula y la arterioesclerosis. Pero antes de entrar en materia me gustaría dejar clara una cosa que solemos olvidar en nuestro afán por reducir las informaciones a titulares, si no a eslóganes: *Las personas consumimos alimentos, no nutrientes, y los ingerimos dentro de un patrón dietético, en el marco de un estilo de vida y unos condicionantes genéticos. Centrarse solo en un nutriente aislado no dice nada sobre el riesgo que una persona en concreto pueda tener de sufrir una enfermedad cardiovascular.*

Un equipo de investigadores encabezado por Robert Koeth, de la Clínica Cleveland (EE.UU.), ha encontrado que la L-carnitina favorecería la aparición de arterioesclerosis (el endurecimiento y la obstrucción de las arterias). La L-carnitina es un compuesto abundante en las carnes rojas y que se sintetiza en el hígado, riñones y encéfalo, además de ingerirse como suplemento alimenticio y aparecer en la composición de algunas populares «bebidas energéticas». El metabolismo de la L-carnitina que provocaría el problema tiene lugar por parte de la flora bacteriana característica del individuo. Los resultados se publican [1] en *Nature Medicine*.

Las bacterias que viven en el tracto digestivo humano metabolizarían la L-carnitina convirtiéndola en N-óxido de trimetilamina (TMAO, por sus siglas en inglés), un metabolito que estos mismos investigadores ya describieron en 2011 [2] como ligado al desarrollo de arteriosclerosis en humanos. No solo eso, sino que la ingesta de L-carnitina en grandes cantidades podría estar poniendo en marcha un círculo vicioso promoviendo la proliferación de las bacterias que metabolizan la L-carnitina, lo que conlleva una mayor producción de TMAO.

Los investigadores examinaron los efectos cardíacos de una dieta rica en L-carnitina en ratones normales comparándolos con ratones con la flora intestinal suprimida. De estos ensayos se extrajo la conclusión de que TMAO altera el metabolismo del colesterol a múltiples niveles, lo que explicaría cómo favorece la arteriosclerosis.

Durante la investigación se comprobaron los niveles de L-carnitina y TMAO en personas omnívoras (comen de todo), vegetarianos (se abstienen de comer carne pero admiten leche y derivados, huevos o miel) y veganos (o vegetarianos estrictos, que no ingieren nada de origen animal) y se examinaron los datos clínicos de 2595 pacientes sometidos a exámenes cardíacos.

Del análisis de estos datos los investigadores encontraron que los niveles altos de L-carnitina en los pacientes predecían los riesgos de enfermedad cardiovascular y episodios cardíacos graves (ataque al corazón, etc.) pero *solo* en aquellos sujetos que a la vez tenían altos niveles de TMAO.

Además pudieron determinar qué tipos de microbios digestivos concretos (determinados por análisis taxonómicos de muestras de heces) estaban asociados tanto a los niveles de TMAO en plasma como a los patrones dietéticos,

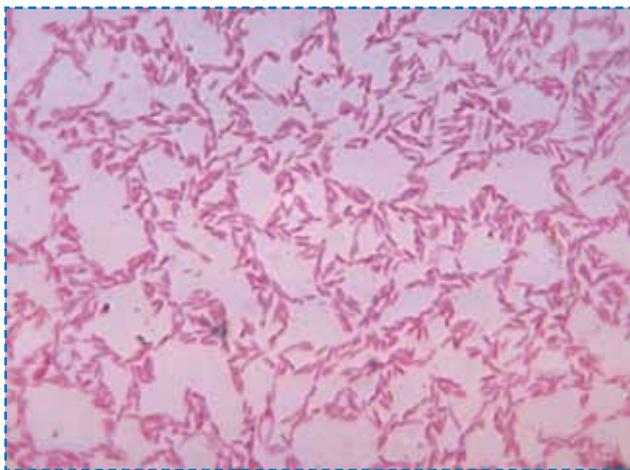
y que los niveles base de TMAO eran significativamente menores entre veganos y vegetarianos que en omnívoros. Un dato adicional tremendamente significativo es que los veganos y vegetarianos tras consumir grandes cantidades de L-carnitina no produjeron cantidades significativas del metabolito microbiológico TMAO, mientras que los omnívoros que consumieron la misma cantidad sí lo hicieron.

Las bacterias que viven en nuestro sistema digestivo dependen de qué comemos, las que mejor alimentemos más proliferarán. Una dieta rica en L-carnitina cambia nuestro microbioma digestivo de manera que las bacterias que usan L-carnitina son más abundantes. De aquí se deduce que las personas que suelen comer carnes rojas, suplementos de L-carnitina o bebidas energéticas enriquecidas en este compuesto, son más susceptibles de estar produciendo TMAO y, por consiguiente, de estar favoreciendo la aparición de la arterioesclerosis y cardiopatías asociadas. Por otra parte las personas que no consumen esos productos en general, veganos y vegetarianos en particular, habrían reducido la capacidad de su microbioma de sintetizar TMAO a partir de L-carnitina, lo que podría estar en el origen de los beneficios cardiovasculares de estas dietas (y no en la ausencia de grasas saturadas y colesterol como suele creerse).

Finalmente una nota al consumidor de suplementos alimenticios de y bebidas energéticas enriquecida en L-carnitina: La L-carnitina no es un nutriente esencial. Esto quiere decir que no nos hace falta ingerirlo. Nuestro cuerpo sintetiza todo el que nos hace falta. Con ello en mente y teniendo en cuenta lo que hemos visto más arriba, y aún a sabiendas que hace falta más investigación para confirmar la salubridad del consumo crónico de suplementos de L-carnitina, ¿aún te quedan ganas de tentar la suerte?

Nota: Jorge Ruiz, de la Universidad de Extremadura, pone en nuestro conocimiento este texto de Chris Masterjohn: *Does carnitine from red meat contribute to heart disease through intestinal bacterial metabolism to TMAO?* En él se critica la metodología empleada en los estudios aquí expuestos, centrándose especialmente en la singularización (injustificada) de la carne roja como fuente de L-carnitina. Si bien nosotros hemos intentado centrarnos en el proceso metabólico, obviando en lo posible el tema de las fuentes de L-carnitina, dejamos constancia de este texto para los interesados en profundizar en el tema.

Esta entrada es una participación de Experiencia docet en el XXIII Carnaval de Biología, edición especial micro-Bio-Carnaval que patrocina la SEM (categoría d), que organiza Micro Gaia; y en la III Edición del Carnaval de la Nutrición que organiza Scientia.



Los Bacteroides predominan en los microbiomas digestivos de personas con dietas ricas en grasas y proteínas animales. | Fuente: Wu et al (2011) «Linking long-term dietary patterns with gut microbial enterotypes» Science doi:10.1126/science.1208344 | Imagen: Bacteroides biacutis (Wikimedia Commons).

REFERENCIAS

1. Koeth RA, Wang Z, Levison BS, Buffa JA, Org E, Sheehy BT, Britt EB, Fu X, Wu Y, Li L. (2013). Intestinal microbiota metabolism of L-carnitine, a nutrient in red meat, promotes atherosclerosis, *Nature Medicine*, DOI: 10.1038/nm.3145
2. Wang Z, Klipfell E, Bennett BJ, Koeth R, Levison BS, DuGar B, Feldstein AE, Britt EB, Fu X, Chung YM. (2011). Gut flora metabolism of phosphatidylcholine promotes cardiovascular disease, *Nature*, 472 (7341) 57-63. DOI: 10.1038/nature09922

Microbiología Tisular

El modelo de cultivo cerebral para el estudio de patógenos que afectan al sistema nervioso central

Sara Remuzgo Martínez¹⁻², Elsa Valdizán³⁻⁵,
José Manuel Icardo⁶ y José Ramos-Vivas^{1,2,7*}

¹Servicio de Microbiología, Hospital Universitario Marqués de Valdecilla, ²Instituto IFIMAV, Santander, ³Departamento de Fisiología y Farmacología, Universidad de Cantabria, ⁴Instituto de Biomedicina y Biotecnología de Cantabria (UC-CSIC-SODERCAN), Santander, ⁵Centro de Investigación Biomédica en Red de Salud Mental (CIBERSAM), Instituto de Salud Carlos III, ⁶Departamento de Anatomía y Biología Celular, Universidad de Cantabria, Santander. ⁷Red Española de Investigación en Patología Infecciosa (REIPI), Instituto de Salud Carlos III, Madrid.

En la era de los vuelos *low cost*, publicar o morir, el *net-working*, y también un indeseable ambiente de lucha darwiniana por los recursos, la cooperación entre investigadores de diferentes áreas ha hecho —y hará— emerger nuevas disciplinas científicas. Hace ya casi veinte años, apareció una nueva forma de entender las interacciones entre el hospedador y sus potenciales patógenos. Desde entonces, los investigadores que trabajan en «Microbiología Celular» han identificado y caracterizado numerosas estructuras bacterianas que interactúan directamente con la superficie de las células eucariotas. De manera similar, se han identificado muchos receptores para patógenos, presentes en los diferentes tipos celulares de mamíferos, que desencadenan importantes respuestas para controlar la infección. También se han evidenciado increíbles herramientas que utilizan las bacterias, virus y parásitos para sabotear en su beneficio las maquinarias moleculares y las rutas de señalización de las células eucariotas. Todo esto y mucho más, se ha conseguido gracias al pleno dominio que han adquirido los microbiólogos de las herramientas de cultivo celular y de microscopía avanzada. En este contexto, algunos microbiólogos que estudian las interacciones bacteria-célula y la biología de la infección se han dado cuenta de que hay que dar un paso más, y transitar desde los modelos celulares a los tisulares (15). Por tanto, la colaboración de microbiólogos con investigadores de otros campos como la Inmunología, la Neurobiología, la Farmacología, la Histología, o incluso la Física y la Química, se presume fundamental a la hora de utilizar de forma óptima los modelos bacteria-tejido. Estos modelos, también denominados organotípicos, son muy útiles a la hora de estudiar una infección en su verdadero contexto tisular, a medio camino

entre el modelo celular y el animal. Casi todos conocemos la facilidad de cultivar líneas celulares, y también los grandes problemas que presenta el manejo de animales vivos. Por ello, un nivel intermedio de complejidad puede poseer más ventajas que el modelo celular, y menos inconvenientes que el modelo *in vivo*. Además, en términos de número de animales de experimentación, es muy deseable el establecimiento de modelos que reemplacen, al menos parcialmente, a los estudios *in vivo*. Esta sustitución podría ser muy beneficiosa sobre todo en etapas tempranas de una investigación, como por ejemplo en una fase de cribado inicial de algún microorganismo mutante, o de algún fármaco o compuesto. De hecho, algunos estudios ya han demostrado la eficacia de los modelos tridimensionales de agregados celulares, para el estudio de distintos aspectos de las infecciones con patógenos bacterianos y víricos (1, 8, 13). Aunque estos modelos han resultado muy útiles, al estar formados casi en su totalidad por un solo tipo celular, fallan a la hora de intentar reproducir la heterogeneidad tisular.

EL MODELO ORGANOTÍPICO DE SISTEMA NERVIOSO CENTRAL (SNC)

Las enfermedades infecciosas que afectan al SNC son una causa importante de morbilidad y mortalidad en todo el mundo. ¿Quién no ha oído hablar de la meningitis? Otras patologías graves, y de nombres tremendamente extraños (casi todas terminadas en -itis) pueden encontrarse fácilmente en la literatura, y son producidas por bacterias, virus, hongos y parásitos. Aquí los microbiólogos tenemos mucho que decir.

Por SNC nos referiremos principalmente al cerebro, ese órgano inmunológicamente privilegiado y aislado del resto del cuerpo por la barrera hematoencefálica (BH), una riquísima red de capilares que lo protege de toxinas y microorganismos que circulan en la sangre. Pero la evolución ha bendecido a numerosos patógenos —la lista es bastante larga para ocuparnos de ella aquí— con la capacidad para alcanzar esta barrera, e incluso atravesarla para causar daño no solo en las meninges, sino también en el propio tejido cerebral. La Figura 1 representa las rutas principales por las que los patógenos atraviesan la BH.

En este punto, se han utilizado a menudo los cultivos de células eucariotas de tipo endotelial, para estudiar sus interacciones con los patógenos que causan daños en el SNC (sobre todo bacterias, y más recientemente hongos y parásitos). Todo ello, con vistas a comprender mejor cómo estos patógenos son capaces de atravesar la barrera formada por dichas células, y alcanzar la masa cerebral (10-12, 16, 17). Una vez dentro del cerebro, los patógenos interactúan con las células autóctonas, principalmente neuronas, astrocitos, y microglía. Microglía es el nombre que reciben las células fagocíticas profesionales del cerebro, y que tienen su analogía en los macrófagos del resto del cuerpo.

Gracias principalmente a los neurobiólogos y farmacólogos, hace ya bastantes años se establecieron varios modelos tisulares como herramienta para estudios de

electrofisiología, radiología e histología. La extraordinaria peculiaridad de estos modelos es que mantienen viva —incluso durante muchos meses— una porción relativamente extensa de cerebro. Es esta viabilidad tisular la que los hace tremendamente atractivos para estudiar fenómenos fisiológicos, bioquímicos, anatómicos o incluso de desarrollo y regeneración neuronal. Muy pronto, se comprendió que estos «pedazos» de cerebro conservaban prácticamente intacta su estructura original, por lo que eran también buenos candidatos para estudiar infecciones causadas por microorganismos.

Existen varias alternativas para la realización de los cultivos organotípicos, como son el *tubo rotatorio* y el método de *interfase*. Fueron Hogue en 1947 y posteriormente Gähwiler en 1981, los que introdujeron y popularizaron la primera de ellas (5, 7). Años más tarde, investigadores del Departamento de Farmacología del Centro Médico Universitario de Ginebra implementaron un método simple para el cultivo y mantenimiento de tejido cerebral con un espesor considerable, sobre una membrana, en el denominado *método de interfase* (19). Posteriormente, investigadores suizos, de grupos de Microbiología General, Farmacología, y Medicina Tropical, utilizaron este método de cultivo de cerebro para el estudio de infecciones experimentales. Publicaron las primeras infecciones con esta técnica en el *International Journal of Medical Microbiology*, utilizando el parásito protista *Trypanosoma brucei* (18). Desde entonces, numerosos equipos de todo el mundo han utilizado esta técnica de cultivo de tejido cerebral para realizar infecciones con otros patógenos. Por citar algunos: virus: VIH, virus herpes, citomegalovirus; parásitos: *Trypanosoma*, *Toxoplasma*, *Neospora*, y bacterias: *Streptococcus pneumoniae* y *Listeria monocytogenes*. Las referencias que citamos a continuación ofrecen una completa información sobre cómo realizar el protocolo más actual de esta técnica de cultivo de cerebro (2, 6).

Las características y ventajas que presenta este modelo son numerosas: puede realizarse en distintas especies de roedores, e incluso en rumiantes, seleccionando la estructura anatómica cerebral más interesante para cada microorganismo. Los tejidos poseen una estructura tridimensional organizada que preserva el microambiente cerebral, donde están presentes todos los tipos celulares representativos del cerebro. El mantenimiento en el laboratorio no supone un gran coste, lo que permite estudiar fenómenos de infección a largo plazo. Requieren escasa manipulación, ya que se nutren como las monocapas de células, con un medio de cultivo fácil de preparar, y cuyo reemplazo se realiza rápidamente sin distorsionar el tejido. Si se pretende por ejemplo, realizar recuentos bacterianos durante las infecciones, se puede lisar el tejido completo para obtener las bacterias intra- y extracelulares. A partir de los lisados (que se realizan de forma sencilla, al tratarse de tejido blando), pueden obtenerse ácidos nucleicos o proteínas —del patógeno o del tejido— para la realización de técnicas moleculares o de proteómica, como la PCR en tiempo real o *Western Blot*.

Además, el tejido se enraíza y se ancla firmemente en la membrana que lo soporta, a través de proyecciones celulares

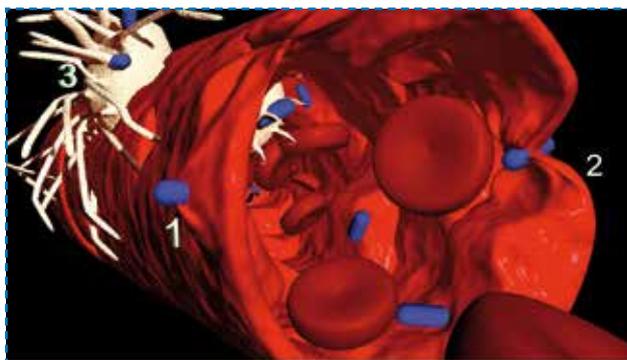


Fig. 1. Principales mecanismos implicados en el cruce de la BH por patógenos.

- 1. Ruta transcelular.** El patógeno cruza la BH atravesando las propias células endoteliales. Un ejemplo de patógeno que utiliza esta ruta es la levadura encapsulada *Cryptococcus neoformans*.
- 2. Ruta paracelular.** El patógeno atraviesa la BH utilizando las uniones intercelulares. Un ejemplo de patógeno que utiliza esta ruta es el parásito *Trypanosoma brucei*.
- 3. Caballo de Troya.** El patógeno atraviesa la BH utilizando la trans migración de fagocitos previamente infectados. Un ejemplo de patógeno que utiliza esta ruta es la bacteria *Listeria monocytogenes*.

res, hasta alcanzar la proximidad del medio de cultivo en la zona basal (Figura 2), lo que permite que esta sirva como barrera permeable a los nutrientes y a los compuestos que queramos probar, como drogas o inmunosupresores, pero impermeable a bacterias, virus o parásitos (el tamaño de poro de la membrana puede variar).

Al descansar el tejido sobre una membrana transparente, pueden realizarse además, experimentos de transfección y estudios con microscopía de fluorescencia. También, tras una fijación química, pueden estudiarse los fenómenos relevantes mediante microscopía convencional, electrónica de transmisión (TEM), de barrido (SEM) o de dos fotones.

Para estudios de interacciones con patógenos, este sistema permite la realización de tres tipos de infecciones diferentes. La primera, para patógenos que atraviesan fácilmente la BH, la infección se realiza de forma sencilla y directa en la parte superior del tejido. Por otro lado, para patógenos que no atraviesan la BH, pero cuyos productos extracelulares inducen daño cerebral por estimulación de mediadores proinflamatorios, la infección se realiza inoculando el propio medio de cultivo del tejido, en la parte basal de la membrana sobre la que descansa este. Con lo

cual, el patógeno no entra en contacto directo con el tejido —ya que el filtro actúa haciendo las veces de BH— pero sus productos extracelulares sí. Estos productos extracelulares como el LPS o toxinas, son los causantes *in vivo* de inflamación en la BH o en las meninges. Para incrementar la complejidad, pueden introducirse en el sistema células endoteliales que se anclan perfectamente a la membrana sobre la que descansa el tejido cerebral, emulando su sistema fisiológico de microdiálisis (3). Además, se pueden utilizar animales transgénicos para obtener los cultivos, realizar estudios de co-infección con cepas bacterianas salvajes y mutantes, o realizar estudios de farmacocinética con antibióticos, drogas u otros compuestos, con vistas a determinar su rol durante las infecciones. Estos compuestos se añaden de manera fácil y directa al medio de cultivo tisular, haciendo muy versátil a este modelo.

Un tercer tipo de infección que se puede realizar en estos cultivos, es la denominada caballo de Troya, en la cual, fagocitos infectados en otras zonas del cuerpo, son transportados por el torrente sanguíneo hasta la BH, que cruzan fácilmente para realizar sus funciones, pero también liberando a los patógenos que transpor-

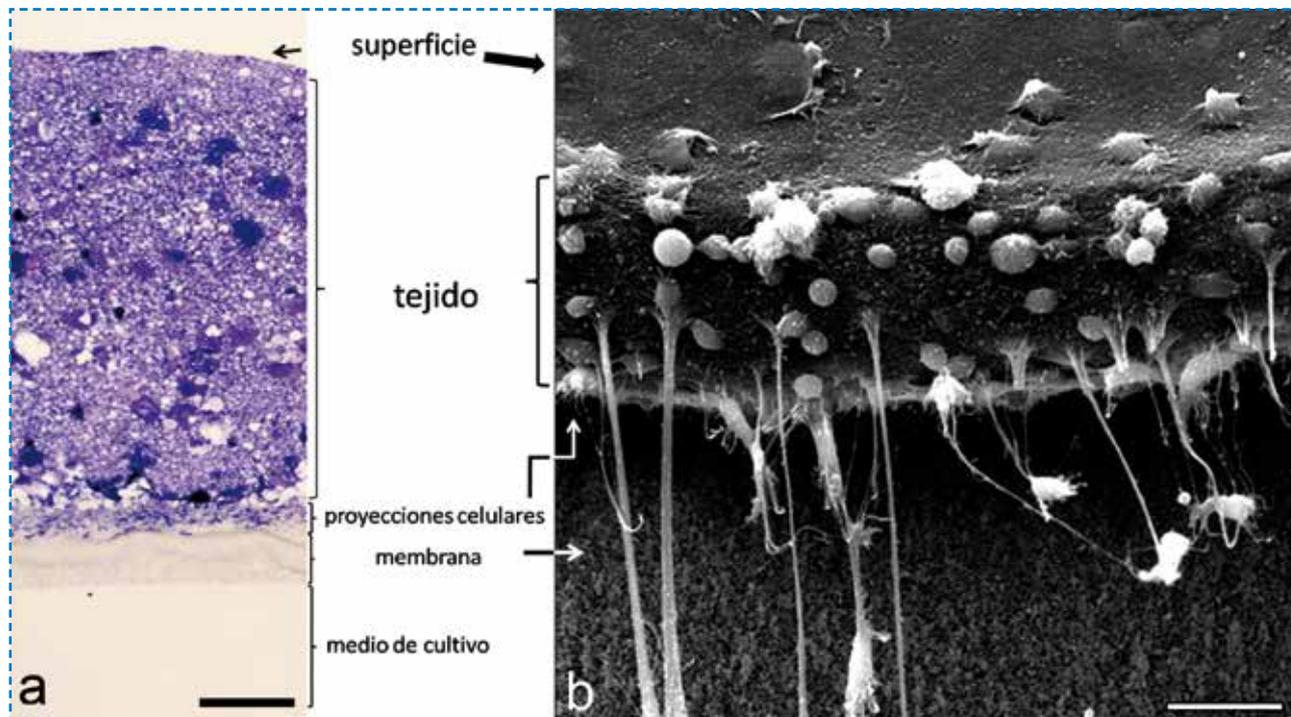


Fig. 2. Estructura del tejido organotípico de cerebro. Microfotografías de un corte semifino (izquierda) y de SEM (derecha) de un cultivo organotípico de cerebro de rata, utilizado para realizar infecciones experimentales con *L. monocytogenes*. En el corte semifino (teñido con azul de toluidina) podemos apreciar las diferentes partes del cultivo. En la microfotografía de SEM, podemos observar un borde del tejido, que se ha despegado parcialmente de la membrana que lo sustenta. La superficie del tejido está formada por células planas, que dan un aspecto liso a su parte superior, en donde se realizan las infecciones. Podemos también apreciar como algunas células intentan alcanzar el sustrato para adquirir nutrientes. Magnificación original: a $\times 400$; b $\times 900$. Barras de escala, a, 50 μm , b, 15 μm .

tan, directamente en el tejido cerebral. Para imitarlo, se puede disgregar previamente el tejido cerebral de un cultivo no infectado, y obtener células aisladas de microglía (fagocitos). Estas células son infectadas *in vitro* (Figura 3a-b), y pueden ser puestas en contacto otra vez con la superficie de un nuevo cultivo organotípico.

A partir de ahí, los patógenos que utilizan este método de infección escapan de las células infectadas para colonizar el tejido cerebral (Figura 3c-d). Utilizando cultivos organotípicos de cerebro de rata, nuestro grupo ha realizado «quizás» la primera foto *in situ* de la fagocitosis por células de microglía de un patógeno neurotrópico,

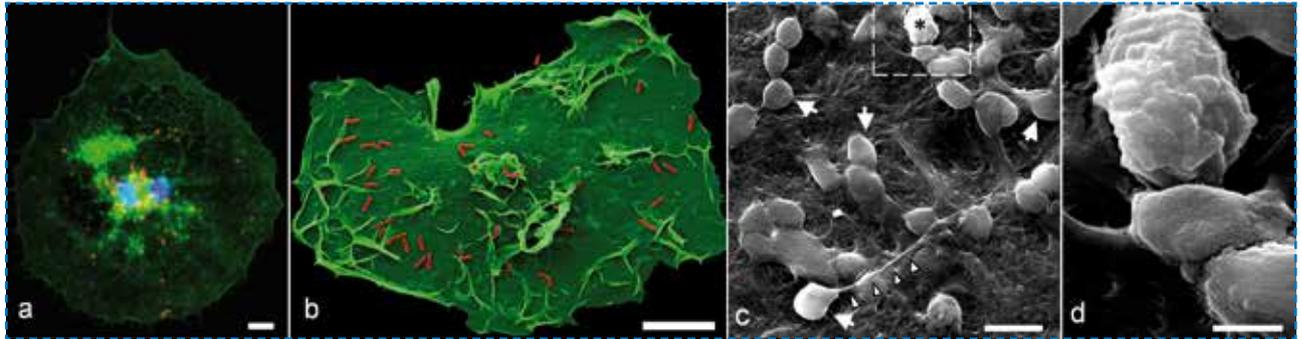


Fig. 3. Mecanismo del caballo de Troya utilizado por *L. monocytogenes* en el tejido cerebral. Microfotografías: a) Célula de microglía cerebral aislada de tejido *ex vivo*, que ha sido cultivada *in vitro* durante varios días, e infectada experimentalmente con el patógeno. En la imagen, tomada con un microscopio de epifluorescencia, podemos observar las bacterias en rojo, el núcleo celular en azul, y el citoesqueleto celular en verde; b) Se muestra la misma escena que en a), pero la microfotografía está tomada con un microscopio de barrido, y en ella se pueden observar solo las bacterias adheridas a la superficie del fagocito cerebral. En c) observamos un fagocito (*) que ha capturado bacterias, se está desplazando sobre el cultivo organotípico, y se dispone a penetrar en el interior del tejido. En la imagen se muestran numerosos cuerpos neuronales (flechas) y un axón de gran tamaño (cabezas de flecha), sobre un entramado de extensas conexiones nerviosas. En d), se muestra una magnificación del recuadro señalado en c). Magnificación original: a, x200; b, x5000; c, x4000; d, x19.627. Barras de escala, a, b, 10 μ m, c, 10 μ m, d, 2.5 μ m.

mediante SEM (Figura 4a) (14). Posteriormente, se produce un crecimiento intracelular de la bacteria, que en algunos casos produce una destrucción total de la célula infectada (Figura 4b). Este modelo, puede ser por tanto, utilizado para estudiar fenómenos aislados de interacciones bacteria-célula dentro de un contexto tisular, lo que permite conocer con más detalle cómo es la biología de la infección en el cerebro.

Creemos que, mientras nuevos modelos de infección *in vitro* hacen su aparición [como los complejos sistemas de pocillos insertables que cada vez incorporan más tipos celulares distintos, o los prometedores esferoides libres de andamiajes sintéticos e hidrogeles (4, 9)] y se implementa la versatilidad y la resolución de la microscopía intravital, los modelos organotípicos posibilitan una tremenda fuente de información para los microbiólogos, sobre infecciones víricas, fúngicas, parasitarias y bacterianas, complementando perfectamente, y sustituyendo en algunos casos, a los estudios *in vivo*.

Agradecimientos. Nuestro trabajo no sería tan efectivo sin la colaboración del Dr. Fidel Madrazo (Servicio de Microscopía Avanzada, IFIMAV, Santander).

REFERENCIAS

1. Barrila J, Radtke AL, Crabbe A, Sarker SF, Herbst-Kralovetz MM, Ott CM, Nickerson CA. 2010. Organotypic 3D cell culture models: using the rotating wall vessel to study host-pathogen interactions. *Nat Rev Microbiol* 8:791-801.
2. De Simoni A, Yu LM. 2006. Preparation of organotypic hippocampal slice cultures: interface method. *Nat Protoc* 1:1439-45.
3. Dupont S, Robert F, Muller D, Grau G, Parisi L, Stoppini L. 1998. An *in vitro* blood-brain barrier model: cocultures between endothelial cells and organotypic brain slice cultures. *Proc Natl Acad Sci U S A* 95:1840-5.
4. Fennema E, Rivron N, Rouwkema J, van Blitterswijk C, de Boer J. 2013. Spheroid culture as a tool for creating 3D complex tissues. *Trends Biotechnol* 31:108-15.
5. Gahwiler BH. 1981. Organotypic monolayer cultures of nervous tissue. *J Neurosci Methods* 4:329-42.
6. Gogolla N, Galimberti I, DePaola V, Caroni P. 2006. Preparation of organotypic hippocampal slice cultures for long-term live imaging. *Nat Protoc* 1:1165-71.
7. Hogue MJ. 1947. Human fetal brain cells in tissue cultures; their identification and motility. *J Exp Zool* 106:85-107.
8. Honer zu Bentrup K, Ramamurthy R, Ott CM, Emami K, Nelman-Gonzalez M, Wilson JW, Richter EG, Goodwin TJ, Alexander JS,

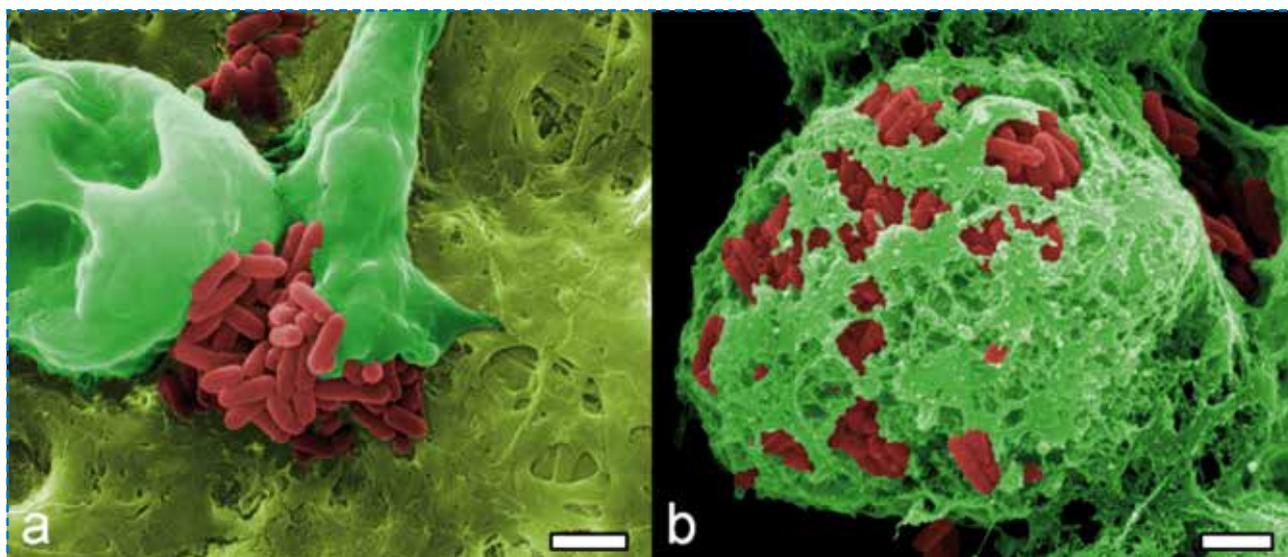


Fig. 4. Interacción de *L. monocytogenes* con células de microglía. En a), se muestra la primera fotografía de SEM de una célula de microglía capturando bacterias en un contexto tisular. En b), la imagen muestra como la bacteria ha proliferado enormemente en el interior de un fagocito, hasta el punto de que se ha fracturado completamente la membrana celular, con lo que se pueden observar las bacterias en su interior. a) Imagen pseudocoloreada, reproducida con el permiso de John Wiley and Sons Publishers: *GLIA*, 2013; Vol 61:611-22. Magnificación original: a,b, $\times 20.000$. Barras de escala, a, $2 \mu\text{m}$, b, $2.5 \mu\text{m}$.

- Pierson DL, Pellis N, Buchanan KL, Nickerson CA. 2006. Three-dimensional organotypic models of human colonic epithelium to study the early stages of enteric salmonellosis. *Microbes Infect* 8:1813-25.
9. Keller PJ, Pampaloni F, Stelzer EH. 2006. Life sciences require the third dimension. *Curr Opin Cell Biol* 18:117-24.
10. Kim K. 2008. Mechanisms of microbial traversal of the blood-brain barrier. *Nat Rev Microbiol* 6:625-34.
11. Kim KS. 2002. Strategy of *Escherichia coli* for crossing the blood-brain barrier. *J Infect Dis* 186 Suppl 2:S220-4.
12. Kristensson K, Masocha W, Bentivoglio M. 2013. Mechanisms of CNS invasion and damage by parasites. *Handb Clin Neurol* 114: 11-22.
13. Nickerson CA, Goodwin TJ, Terlonge J, Ott CM, Buchanan KL, Uicker WC, Emami K, LeBlanc CL, Ramamurthy R, Clarke MS, Vanderburg CR, Hammond T, Pierson DL. 2001. Three-dimensional tissue assemblies: novel models for the study of *Salmonella enterica* serovar *Typhimurium* pathogenesis. *Infect Immun* 69:7106-20.
14. Remuzgo-Martinez S, Pilares-Ortega L, Icardo JM, Valdizan EM, Vargas VI, Pazos A, Ramos-Vivas J. 2013. Microglial activation and expression of immune-related genes in a rat ex vivo nervous system model after infection with *Listeria monocytogenes*. *Glia* 61:611-22.
15. Richter-Dahlfors A, Dumenil G. 2012. Tissue microbiology emerging. *Curr Opin Microbiol* 15:1-2.
16. Sabiiti W, May RC. 2012. Mechanisms of infection by the human fungal pathogen *Cryptococcus neoformans*. *Future Microbiol* 7:1297-313.
17. Spindler KR, Hsu TH. 2012. Viral disruption of the blood-brain barrier. *Trends Microbiol* 20:282-90.
18. Stoppini L, Buchs PA, Brun R, Muller D, Duport S, Parisi L, Seebek T. 2000. Infection of organotypic slice cultures from rat central nervous tissue with *Trypanosoma brucei brucei*. *Int J Med Microbiol* 290:105-13.
19. Stoppini L, Buchs PA, Muller D. 1991. A simple method for organotypic cultures of nervous tissue. *J Neurosci Methods* 37: 173-82.

Grupo de Biodeterioro, Biodegradación y Biorremediación de la SEM. 25 años de actividad

Asunción de los Ríos¹ y Ana M. García²

¹Museo Nacional de Ciencias Naturales-CSIC, Dep. Biología Ambiental, c/ Serrano 115 dpdo, 28006 Madrid. arios@mncn.csic.es

²Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales, Dep.de Ingeniería y Ciencia de los Materiales, c/ José Gutiérrez Abascal 2, 28006 Madrid.

ana.garcia.ruiz@upm.es



Ana M^o García y Asunción de los Ríos.

e Industria de Madrid (foto) y tuvo como primer Presidente al Profesor Fernando Laborda. Este acto estuvo copresidido por la Dra. J. Kelly, secretaria de la Sociedad Británica de Biodeterioro (*International Biodeterioration Society*). Tras este acto, la primera actividad del Grupo fue la organización de una mesa redonda con el Biodeterioro como temática en el XII Congreso Nacional de Microbiología que tuvo lugar en Pamplona del 24-27 de Septiembre de 1989. En su andadura inicial, el Grupo organizó varios congresos internacionales bianuales en alternancia con los Congresos Nacionales de la SEM, pero después se acordó continuar con la participación más activa en la organización de mesas redondas de temática *ad hoc* en los Congresos Nacionales. En estos congresos de la SEM, se viene entregando además un premio propio del Grupo, patrocinado inicialmente por Iberdrola y más recientemente por Thor Especialidades, a la mejor comunicación de entre las presentadas en el área de Biodeterioro, Biodegradación y Biorremediación. Tras Fernando Laborda, Felipe Montero (2000-2004), Diego A. Moreno (2005-2009) y Asunción de los Ríos (2010-) han presidido el Grupo y junto con las distintas Juntas Directivas han coordinado las actividades realizadas.

Desde los comienzos del Grupo, han existido muy buenas relaciones entre la sociedad internacional (actualmente *International Biodeterioration and Biodegradation Society-IBBS*) y el Grupo Especializado de la SEM, siendo Fernando Laborda simultáneamente presidente de ambos de 1994 a 1996. Posteriormente, Diego A. Moreno pasó a formar parte de la Junta Directiva de la citada sociedad internacional y en la actualidad Asunción de los Ríos es también miembro de ella. Nuestro Grupo participa activamente en las actividades de la IBBS, habiendo organizado en 2005 el XIII congreso trianual de la IBBS en Madrid.

Como ya se ha mencionado con anterioridad, el Grupo comenzó centrándose en el tema del Biodeterioro, pero la evolución en el estudio del papel de los microorganismos en la alteración, degradación y reciclado de materiales,

Presentamos este número especial de SEM@FORO del Grupo de Biodeterioro, Biodegradación y Biorremediación, coincidiendo con la celebración de los 25 años de inicio de sus actividades. Todo comenzó en una tarde del invierno de 1988 en la que recibía en su despacho de la Facultad de Farmacia, el Profesor César Nombela, Presidente por entonces de la SEM, a Felipe Montero (Hidroeléctrica Española), Joaquín Plaza (CAMPSA), y Diego A. Moreno (Universidad Politécnica de Madrid), tres amigos que le propusieron la creación de un Grupo Especializado en Biodeterioro dentro de la SEM. En aquellos momentos, a nivel internacional, la actividad en esta área ya estaba consolidada con la *International Biodeterioration Society*, su publicación *International Biodeterioration* y sus congresos internacionales trianuales desde 1968, y en España existían distintos grupos de investigación dedicados a esta temática, por lo que las condiciones eran idóneas para su creación. El Grupo fue constituido el 19 de mayo de 1989 en el Salón de la Cámara de Comercio

ha hecho que el Grupo haya ido ampliando sus líneas de investigación. Por ello, con posterioridad, pasó a denominarse Grupo de Biodeterioro y Biodegradación, nombre que también había adoptado la sociedad internacional (*International Biodeterioration and Biodegradation Society*), y más recientemente (2011) ha pasado a llamarse Grupo de Biodeterioro, Biodegradación y Biorremediación (**Grupo BBB**) y abarca investigaciones sobre la contribución de los microorganismos al deterioro y degradación de materiales diversos y a la recuperación de zonas contaminadas. Los microorganismos pueden actuar sobre un material, modificando su aspecto y/o propiedades y produciendo un efecto perjudicial sobre la construcción, objeto o elemento que lo contiene, que denominamos **Biodeterioro**. Sin embargo, los microorganismos producen también la degradación de componentes del material, que dan como resultado productos de interés económico o menos nocivos, que consideramos beneficiosos y que se conoce como **Biodegradación**. Por otro lado, la **Biorremediación** permite aprovechar la actividad microbiana para eliminar sustancias tóxicas y/o contaminantes del medio ambiente. Actualmente el Grupo reúne casi una centena de investigadores que trabajan en estas temáticas, los cuales pertenecen a Universidades y organismos de investigación

públicos y del sector privado y provienen de distintos puntos de la geografía española.

Este número especial de SEM@FORO dedicado al Grupo BBB, incluye trabajos correspondientes a 10 de los grupos de investigación integrantes y a una empresa colaboradora, Thor Especialidades, que patrocina actualmente la mesa redonda del Grupo en el Congreso bianual de la SEM. Se presentan investigaciones en el campo del Biodeterioro, especialmente de piedra, tanto a nivel de diagnóstico, como de tratamientos para su eliminación y control. La Biodegradación de polímeros y de otros contaminantes generados a nivel industrial, así como el desarrollo de polímeros biodegradables se tratan también en este número. Por último, se muestran diversas aportaciones de los miembros del Grupo en el campo de la Biorremediación: tratamientos reparadores *in situ* tras vertidos de hidrocarburos en suelos y aguas, actuaciones *ex situ* para eliminar contaminantes emergentes en aguas subterráneas y tratamientos de retención y eliminación de metales pesados y radionucleidos en aguas contaminadas, así como identificación y selección de microorganismos con potencial biorremediador.

Las autoras de este artículo agradecen a Diego A. Moreno y Felipe Montero su inestimable contribución en la elaboración de la historia del Grupo.

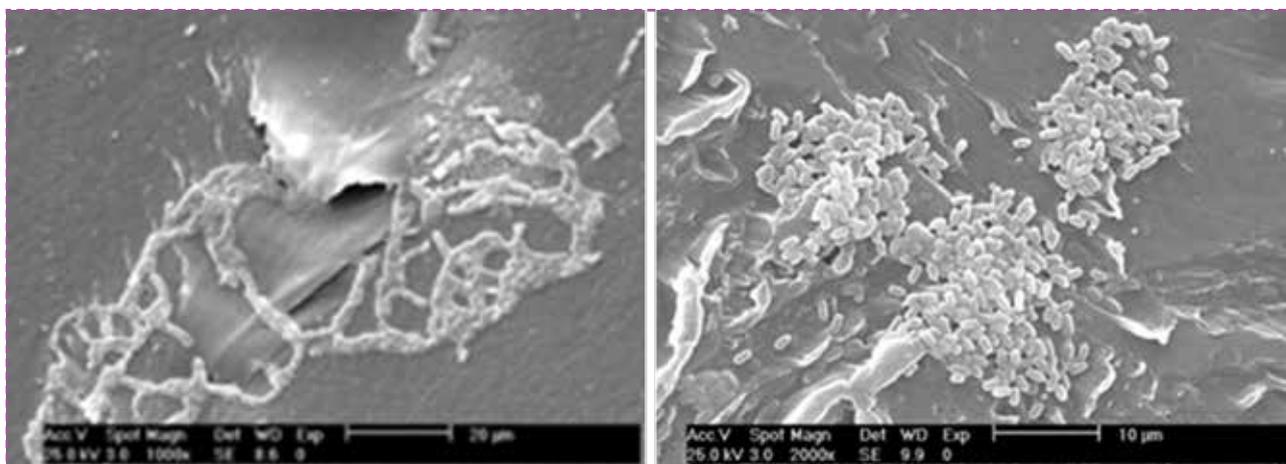


Mesa presidencial de la reunión donde se constituyó el Grupo de Biodeterioro. De izquierda a derecha, Joan Kelly, Felipe Montero, Fernando Laborda, Antonio Sáenz de Miera, César Nombela, Joaquín Plaza, José Luis Pintado y Diego A. Moreno.

Grupo de Biodegradación medioambiental de polímeros y contaminantes

Fernando Catalina

Departamento de Química Macromolecular Aplicada,
 Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros, CSIC. fcatalina@ictp.csic.es.
 Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros Juan de la Cierva 3, 28006, Madrid



Biofilm formado por especies de Bacillus en un filme agrícola de polietileno de baja densidad oxo-biodegradable.

El Grupo de biodegradación medioambiental de polímeros y contaminantes forma parte del Grupo de Microbiología (Concha Abruscí, Irma Marín, Ana Morro) del Departamento de Biología Molecular de la Universidad Autónoma de Madrid y, del Departamento de Química Macromolecular, Grupo de Fotoquímica Aplicada (Fernando Catalina, Teresa Corrales) del Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros del Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

Nuestro grupo de Investigación tuvo sus inicios uniendo las especialidades de la microbiología y de los polímeros en aplicaciones concretas. Los primeros trabajos que sirvieron para poner a punto la metodología de investigación fueron los realizados para el estudio de biodegradación de películas cinematográficas con el Instituto de la Cinematografía y de las Artes Audiovisuales (ICAA) y la Filmoteca Española (FE). Se pusieron a punto técnicas para el seguimiento de la biodegradación de los componentes de las películas en blanco y negro, emulsiones y soportes, por bacterias y hongos aislados e identificados a partir de muestras de fotogramas en diversos archivos de la geografía española. El estudio pionero en la conservación de

los materiales cinematográficos se llevó a cabo entre los años 2000-2009 permitiendo poner a punto técnicas de seguimiento de la biodegradación (Técnicas directas e indirectas de impedancia) y de la formación de biofilms en polímeros (gelatinas, acetatos de celulosa, poliésteres).

Con la experiencia adquirida de la unión de técnicas de microbiología y de caracterización y procesado de polímeros, se empezó la línea de **biodegradación de polímeros** en las aplicaciones de agricultura (filmes de acolchado) y de envase y embalaje, estudiando tanto la Oxo-biodegradación (en poliolefinas) como la Hidro-biodegradación (en poliésteres alifáticos y mezclas de poliolefinas y copolímeros con almidón). Se han incorporado a las formulaciones aditivos específicos como son productos pro-oxidantes (estearatos metálicos) al objeto de acelerar la degradación abiótica del material (agentes de degradación medioambiental en exteriores, luz, calor, oxígeno, ...) para facilitar en un segundo paso la degradación biótica por microorganismos del suelo. Estos estudios han tenido un gran interés desde el punto de vista aplicado. En estos trabajos se colabora con el

Departamento de Hortofruticultura del Instituto Murciano de Investigación y Desarrollo Agrario y Alimentario (IMIDA), donde se ha realizado exposición de los materiales en los campos de cultivo con protocolos establecidos para proceder después tanto al aislamiento e identificación de cepas adheridas a los materiales como al seguimiento de la degradación experimentada por los filmes agrícolas de acolchado extendidos sobre el terreno. También, de forma artificial se han fotodegradado los materiales para estudiar después su biodegradación por microorganismos y establecer correlaciones.

La sistemática de los trabajos de biodegradación de polímeros se ha extendido a contaminantes orgánicos en el medioambiente. La actividad de estudio de la **biodegradación de contaminantes** se ha aplicado con cepas bacterianas identificadas a diversos sustratos: hidrocarburos polinucleares (empleando también surfactantes biodegradables), surfactantes comerciales por bacterias de entornos medioambientales concretos (medios marinos) y líquidos iónicos comerciales (empleando una cepa de *Sphingomonas paucimobilis*). Este último trabajo, (en colaboración con la Sección de Ingeniería Química de la Facultad de Ciencias de la UAM y con el Departamento de Ingeniería Química de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Complutense de Madrid) ha supuesto una importante novedad en la eliminación de líquidos iónicos comerciales, estableciendo correlaciones entre biodegradación y estructura química del producto. Los líquidos iónicos han recibido mucha atención en los últimos años por sus aplicaciones en diversos campos de la química y de los procesos industriales, pues son fluidos (sales con una temperatura de fusión por debajo del punto de ebullición del agua) y exclusivamente constituidos por iones que presentan una gran estabilidad.

En la actualidad, el Grupo está interesado en una nueva línea de trabajo como es el estudio de **polímeros con propiedades superficiales de interés en aplicaciones microbiológicas**. Se han estudiado materiales basados en policaprolactona con propiedades antimicrobianas (biocomposites con nanocargas y cargas modificadas, nano-estructuración superficial). El Grupo, en el CSIC, dispone de equipamiento para la modificación de superficies con plasma de radiofrecuencia y radiación microondas. Se están modificando superficies de diversos materiales con el objetivo de obtener superficies activas desde el punto de vista antimicrobiano o de dosificación de biocidas mediante dosificación controlada. Estos materiales basados en poliésteres alifáticos, copolímeros de etileno y mezclas, pueden modificarse de forma controlada por plasma variando el gas (Oxígeno, Nitrógeno, Argón), la dosis (energía y tiempo de exposición) y productos reactivos. Los filmes modificados superficialmente tienen interés en aplicaciones biomédicas o en envases con filmes antimicrobianos.

PUBLICACIONES REPRESENTATIVAS (SCI) DEL GRUPO

- Abrusci C, Martín-González A, Del Amo A, Corrales T, Catalina F. (2004). Biodegradation of type-B gelatine by bacteria isolated from cinematographic films. A viscometric study. *Polym Deg Stabil* 86: 283-291.
- Corrales T, Abrusci C, Peinado C, Catalina F. (2004). Fluorescence sensor as physical amplifier of chemiluminescence: application to the study of polyethylene terephthalate Macromolecules, 37: 6596-6601.
- Abrusci C, Martín-González A, Del Amo A, Catalina F, Collado J, Platas G. (2005) Isolation and identification of bacteria and fungi from cinematographic films *Int Biodet Biodeg* 56: 58-68.
- Abrusci C, Marquina D, Del Amo A, Corrales T, Catalina F. (2006). A viscometric study of biodegradation of type-B gelatine by fungi isolated from cinematographic films. *Int Biodet Biodeg* 58:142-149.
- Abrusci C, Marquina D, Del Amo A, Catalina F. (2007). Biodegradation of cinematographic gelatine emulsion by bacteria and filamentous fungi. Evaluation of carbon dioxide by indirect impedance technique. *Int Biodet Biodeg* 185:188-197.
- Abrusci C, Marquina D, Santos A, Del Amo A, Corrales T, Catalina F. (2007). A chemiluminescence study on degradation of gelatine. Biodegradation by bacteria and fungi isolated from cinematographic films. *J Photochem Photobiol, A: Chem* 185: 188-197. Gutiérrez MC, García-Carvajal ZY, Jobbágy M, Hotigüela MJ, Yuste J, Rojo F, Abrusci C, Catalina F, Del Monte F, Ferrer ML. (2007). Hydrogel scaffolds with immobilized bacteria for 3D cultures. *Chem Mat* 19:1968-1973.
- Gaspard S, Oujja M, Rebollar E, Abrusci C, Catalina F, Castillejo M. (2007). Characterization by laser induced breakdown spectroscopy of the materials of black-and-white silver gelatine cinematographic films. *Spectrochim Acta, Part B* 62:1612-1617.
- Gaspard S, Oujja M, Abrusci D, Catalina F, Lazare S, Desvergne JP, Castillejo M. (2008). Laser induced foaming and chemical modifications of gelatine films. *Photochem Photobiol, A: Chem* 193: 187-192.
- San Miguel V, Peinado C, Catalina F, Abrusci C. (2009). Bioremediation of naphthalene in water by *Sphingomonas paucimobilis* using new biodegradable surfactants based on poly (ϵ -caprolactone) *Int Biodet Biodeg* 63:217-223.
- Abrusci C, Marquina D, Santos A, Del Amo A, Corrales T, Catalina F. (2009). Biodeterioration of cinematographic cellulose triacetate by *Sphingomonas paucimobilis* using indirect impedance and chemiluminescence techniques. *Int Biodet Biodeg* 63:759-764.
- Pablos JL, Abrusci C, Marín I, López-Marín J, Catalina F, Espí E, Corrales T. (2010). Photodegradation of polyethylenes: comparative effect of Fe and Ca stearates as pro-oxidant additives. *Polym Deg Stabil* 95:2057-2064.
- Nieto M, Nardecchia S, Peinado C, Catalina F, Abrusci C, Gutierrez MC, Ferrer ML, Del Monte F. (2010). Enzyme-induced graft polymerization for preparation of hydrogels: synergetic effect of laccase-immobilized-cryogels for pollutants adsorption. *Soft Matter* 6:3533-3540.
- Abrusci C, Pablos JL, Corrales T, López-Marín J, Marín I, Catalina F. (2011). Biodegradation of photodegraded mulching films based on polyethylenes and stearates of calcium and iron as pro-oxidant additives. *Int Biodet Biodeg* 65:451-459.
- Abrusci C, Palomar J, Pablos JL, Rodriguez F, Catalina F. (2011). Efficient biodegradation of common ionic liquids by *Sphingomonas paucimobilis* bacterium. *Green Chem* 13:709-717.
- Larrazza I, Peinado C, Abrusci C, Catalina F, Corrales T. (2011). Hyperbranched polymers as clay surface modifiers for UV-cured nanocomposites with antimicrobial activity. *J Photochem Photobiol* 224:46-54.
- Pedron S, Peinado C, Catalina F, Bosch P, Anseth KS, Abrusci C. (2012). Combinatorial approach for fabrication of coatings to control bacterial adhesion. *J Biomaterials Sci* 23: 1613-1628.
- Abrusci C, Pablos JL, Marín I, Espí E, Corrales T, Catalina F. (2012). Photodegradation and biodegradation of mulching films based on ethylene-vinyl acetate copolymer (EVA) by bacteria. Effect of pro-oxidant additives. *J Appl Polym Sci* 126:1664-1675.
- Corrales T, Larrazza I, Catalina F, Portolés T, Ramírez-Santillán C, Matesanz M, Abrusci C. (2012). In vitro biocompatibility and antimicrobial activity of Poly(ϵ -caprolactone) Imontmorillonite nanocomposites. *Biomacromolecules* 13:4247-4256.

Grupo de Microbiología Ambiental y Patrimonio Cultural

Cesáreo Sáiz Jiménez

Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología. IRNAS-CSIC,
Avenida Reina Mercedes 10, 41080 Sevilla



Grupo de Microbiología Ambiental y Patrimonio Cultural del Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Sevilla, CSIC. De izquierda a derecha: Miguel Angel Rogerio, Isabel Galocha, Bernardo Hermosín, Estefanía Porca, Valme Jurado, Irene Domínguez, Marta Díaz, Leonila Láiz, Pedro Martín, Angela García, Cesáreo Sáiz. Abajo: Laura Barrientos, Cynthia Alias, Ana Miller, Sara Gutiérrez.

NÚMERO 56

52

SEM@FORO

DIC.
2013

Cuando se estudia la conservación de los monumentos, uno de los aspectos más dramáticos es comprobar, bien mediante observaciones a lo largo del tiempo o mediante documentación fotográfica, el acelerado proceso de biodeterioro que sufren los monumentos, y cómo las plantas son capaces de invadir y deteriorar pirámides mayas, mosaicos romanos excavados, o fracturar estatuas, debido a la presión ejercida por sus raíces. En la ciudad romana de Itálica, mosaicos exhumados en 1912, que tras su descubrimiento se encontraban en buen estado de conservación, desaparecieron completamente en 75 años, debido a la ausencia de mantenimiento y protección. La acción destructiva de las plantas vasculares puede observarse en cualquier edificio histórico o monumento carente de mantenimiento y lim-

pieza y es particularmente importante en climas tropicales. Su invasión representa la etapa final del proceso de biodeterioro y conduce a la larga a su ruina total. Este tipo de biodeterioro es común en todos los monumentos y países.

Los organismos implicados en los procesos de biodeterioro de monumentos abarcan desde las bacterias, arqueas, hongos, algas, líquenes y musgos hasta las plantas superiores (Saiz-Jimenez, 1994, 2001). En muchos casos aparece una colonización inicial por organismos pioneros (bacterias, algas, líquenes) que abren el camino a otros, pudiéndose observar sucesiones de distintas comunidades. Así, tenemos como ejemplos la colonización bacteriana de pinturas rupestres, donde Schabereiter-Gurtner et al. (2002) aplicaron por primera vez la biología molecular al

estudio de tales pinturas, los ataques de microorganismos en pinturas murales etruscas (Díaz-Herraiz et al. 2013), la colonización de algas en ambientes subterráneos, favorecidas por la humedad y la iluminación artificial (Sanchez-Moral et al. 2005; Saiz-Jimenez, 2012), etc. En muchos casos estos procesos de biodeterioro pueden controlarse o evitarse con un mantenimiento adecuado y la aplicación de estrategias preventivas. Más drástica es la utilización de biocidas, no siempre recomendada (Bastian et al. 2010; Martin-Sanchez et al. 2012b), y cuyo empleo debe estar limitado y determinado por la propia naturaleza del monumento u obra de arte a conservar.

El grupo Microbiología Ambiental y Patrimonio Cultural comenzó sus actividades hace más de treinta años con el estudio del deterioro de las pinturas murales del monasterio de La Rábida (Huelva), realizadas por Vázquez Díaz, afectadas por la contaminación ambiental de un Polo Industrial (Saiz-Jimenez y Samson, 1981). Se demostró que esta contaminación afectaba a las pinturas y que la deposición de los gases y aerosoles orgánicos e inorgánicos sobre los murales, así como la filtración de agua a través de los muros condujeron a su deterioro y colonización por bacterias y hongos. En dichas pinturas la presencia del hongo *Cladosporium sphaerospermum* representó un importante factor de biodeterioro.

En los últimos años se han estudiado una serie de casos de biodeterioro en distintos monumentos, a los que se aportaron, junto al diagnóstico del proceso, medidas de conservación, entre las que destaca las aplicadas a las cuevas de Altamira y de Lascaux (Saiz-Jimenez et al. 2011; Alabouvette y Saiz-Jimenez, 2011; Martin-Sanchez et al. 2012 a,b). Actualmente se están investigando las interacciones mineral-microorganismos en distintos ambientes subterráneos (Miller et al. 2012a; Saiz-Jimenez et al. 2012).

El estudio de las bacterias presentes en ambientes subterráneos (cuevas, necrópolis, catacumbas) ha demostrado que muchos de los microorganismos aislados correspondían a especies nuevas para la ciencia (Jurado et al. 2006, 2008) y, en algunos casos, investigadas como posible productoras de nuevos antibióticos (Saiz-Jimenez, 2013), o de interés clínico (Téllez-Castillo et al. 2010), lo que ha representado una interesante transferencia de conocimientos de un campo de la ciencia a otro. Igualmente, se han descrito varias especies nuevas de hongos, destacando el productor de las manchas negras en las pinturas de Lascaux, *Ochroconis lascauxensis* (Martin-Sanchez et al. 2012 a), incluido por el International Institute for Species Exploration, Arizona State University, en las «Top Ten New Species» seleccionadas entre las más de 18,000 especies de animales y plantas descritas en el año 2012.

El grupo investiga cualquier problema de biodeterioro en materiales: papel (Jurado et al. 2010), vidrieras (Carmona et al. 2006), azulejos (Coutinho et al. 2013 y aplica las más modernas técnicas analíticas en los campos de la geoquímica y química ambiental (Bonazza et al. 2007; Miller et al. 2012 a,b; Saiz-Jimenez et al. 2012). Otros temas abarcados incluyen la arqueología (Rogerio-Candelera et al. 2011, 2013), cambio climático (Sabbioni et al. 2010), contaminación atmosférica (Gaviño et al.

2004; Bonazza et al. 2007), degradación de contaminantes en suelos (Villaverde et al. 2012), microbiología clínica (Téllez-Castillo et al. 2010), etc.

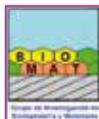
PUBLICACIONES

- Alabouvette C, Saiz-Jimenez C.** (2011) Écologie Microbienne de la Grotte de Lascaux. Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Sevilla, CSIC.
- Bastian F, Jurado V, Novakova A, et al.** (2010) The microbiology of Lascaux Cave. *Microbiology* 156: 644-652.
- Bonazza A, Sabbioni C, Ghedini N. et al.** (2007) Did smoke from the Kuwait oil well fires affect Iranian archaeological heritage? *Environ Sci Technol* 41: 2378-2386.
- Carmona N, Laiz L, Gonzalez, J.M., et al.** (2006) Biodeterioration of historic stained glasses from the Cartuja de Miraflores (Spain). *Int Biodeterior Biodegrad* 58: 155-161.
- Coutinho ML, Miller AZ, Gutierrez-Patricio, et al.** (2013) Microbial communities on deteriorated artistic tiles from Pena National Palace (Sintra, Portugal). *Int Biodeterior Biodegrad* 84: 322-332
- Díaz-Herraiz M, Jurado V, Cuezva S, et al.** (2013) The actinobacterial colonization of Etruscan paintings. *Scient Rep* 3, 1440 | DOI: 10.1038/srep01440.
- Gaviño M, Hermosin H, Verges-Belmin V, et al.** (2004) The black crust composition from Saint Denis Basilica, France, as revealed by gas chromatography-mass spectrometry. *J Separ Sci* 27: 513-523.
- Jurado V, Gonzalez JM, Laiz L, et al.** (2006) *Aurantimonas altamirensis* sp. nov., a member of the order Rhizobiales isolated from Altamira Cave. *Int J Syst Evol Microbiol* 56: 2583-2585.
- Jurado V, Laurent F, Boiron P, et al.** (2008) *Nocardia altamirensis* sp. nov., isolated from Altamira Cave, Cantabria, Spain. *Int J Syst Evol Microbiol* 58: 2210-2214.
- Jurado V, Porca E, Pastrana MP, et al.** (2010) Microbiological study of bulls of indulgence of the 15th and 16th centuries. *Sci Total Environ* 408: 3711-3715.
- Martin-Sanchez PM, Nováková A, Bastian F, et al.** (2012a) Two new species of the genus *Ochroconis*, *O. lascauxensis* and *O. anomala* isolated from black stains in Lascaux Cave, France. *Fungal Biol* 116: 574-589.
- Martin-Sanchez PM, Nováková A, Bastian F, et al.** (2012b) Use of biocides for the control of fungal outbreaks in subterranean environments: The case of the Lascaux Cave in France. *Environ Sci Technol* 46: 3762-3770.
- Miller AZ, Hernández-Maríné M, Jurado V, et al.** (2012a) Enigmatic reticulated filaments in subsurface granite. *Environ Microbiol Rep* 4: 596-603.
- Miller AZ, Dionísio A, Sequeira Braga MA, et al.** (2012b) Biogenic Mn oxide minerals coating in a subsurface granite environment. *Chem Geol* 322-323: 181-191.
- Rogerio-Candelera MA, Jurado V, Laiz L, et al.** (2011) Laboratory and *in situ* assays of digital image analysis based protocols for biodeteriorated rock and mural paintings recording. *J Archaeol Sci* 38: 2571-2578.
- Rogerio-Candelera MA, Herrera LK, Miller AZ, et al.** (2013) Allochthonous red pigments used in burial practices at the Copper Age site of Valencina de la Concepción (Sevilla, Spain): characterisation and social dimension. *J Archaeol Sci* 40: 279-290.
- Sabbioni C, Bonazza A, Messina P, et al.** (2010) The Atlas of Climate Change Impact on European Cultural Heritage. Scientific Analysis and Management Strategies. Anthem Press, London, 146 p.
- Saiz-Jimenez C.** (1994) Biodeterioration of stone in historic buildings and monuments. In: G.C. Llewellyn, W.W. Dashek and C.E. O'Rear (eds.), *Biodeterioration Research 4: Mycotoxins, Wood Decay, Plant Stress, Biocorrosion, and General Biodeterioration*, Plenum, New York, pp. 587-603.

- Saiz-Jimenez C.** (2001) The biodeterioration of building materials. In: A Practical Manual on Microbiologically Influenced Corrosion, vol. 2., J. Stoecker II (ed.), NACE, Houston, pp. 4.1-4.20.
- Saiz-Jimenez C.** (2012) Microbiological and environmental issues in show caves. *World J Microbiol Biotechnol* 28: 2453-2464.
- Saiz-Jimenez C.** (2013) Cave Conservation: A Microbiologist's Perspective. In: *Cave Microbiomes: A Novel Resource for Drug Discovery*. N. Cheeptham (ed.), SpringerBriefs in Microbiology, 2013, Volume 1, 69-84, DOI: 10.1007/978-1-4614-5206-5_4.
- Saiz-Jimenez C, Samson RA.** (1981) Microorganisms and environmental pollution as deteriorating agents of the frescoes of «Santa María de la Rábida», Huelva, Spain. 6th Triennial Meeting ICOM, Committee for Conservation, Ottawa, paper 81/15/5 14 p.
- Saiz-Jimenez C, Cuezva S, Jurado V, et al.** (2011) Paleolithic art in peril: Policy and science collide at Altamira Cave. *Science* 334: 42-43.
- Saiz-Jimenez C, Miller AZ, Martin-Sanchez PM, et al.** (2012) Uncovering the origin of the black stains in Lascaux Cave in France. *Environ Microbiol* 14: 3220-3231.
- Sanchez-Moral S, Luque L, Cuezva S, et al.** (2005) Deterioration of building materials in Roman Catacombs: The influence of visitors. *Sci Total Environ* 349: 260-276.
- Schabereiter-Gurtner C, Saiz-Jimenez C, Piñar G, et al.** (2002) Altamira cave paleolithic paintings harbour partly unknown bacterial communities. *FEMS Microbiol Lett* 211: 7-11.
- Téllez-Castillo CJ, González Granda D, Bosch Alepuz M, et al.** (2010) Isolation of *Aurantimonas altamirensis* from pleural effusions. *J Med Microbiol* 59: 1126-1129.
- Villaverde J, Posada-Baquero R, Rubio-Bellido M, et al.** (2012) Enhanced mineralization of diuron using a cyclodextrin-based bioremediation technology. *J Agric Food Chem* 60: 9941-9947.

Bioingeniería y Materiales (BIO-MAT)

Diego A. Moreno, Ana M. García, Mohammed Naffakh, M. Ascensión Fernández, M. Isabel Paz, Felipe Montero, Antonio Moreno y Carlos Ranninger
 Universidad Politécnica de Madrid. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales.
 c/ José Gutiérrez Abascal 2, 28006 Madrid. diego.moreno@upm.es



Integrantes del grupo de investigación (de izquierda a derecha): Antonio Moreno (Ingeniero de Caminos y Dr. en CC Físicas), M. Ascensión Fernández (Dra. en Farmacia), Felipe Montero (Ingeniero Químico), Diego A Moreno (Dr. en Farmacia), Carlos Ranninger (Dr. Ingeniero Industrial), Ana M. García (Dra. en CC Biológicas), Mohammed Naffakh (Dr. en CC Físicas), M. Isabel Paz (Dra. en CC Químicas).

Aunque el nombre del Grupo BIO-MAT se acuñó apenas hace una década, sus orígenes se remontan a 1986 como consecuencia de la buena relación entre la Empresa y la Universidad. Por aquel entonces Hidroeléctrica Española, actualmente Iberdrola tras la fusión con Iberduero, estaba intentando resolver problemas de corrosión microbiana que había detectado en sus centrales hidráulicas. En esa necesidad encontró en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de la Universidad Politécnica de Madrid una buena colaboración para la búsqueda

de soluciones. Desde entonces un equipo multidisciplinar de ingenieros industriales, de materiales, junto con químicos, físicos y microbiólogos tratamos de dar respuesta y encontrar soluciones a problemas relacionados con la interacción entre los materiales y los seres vivos, principalmente los microorganismos. Entre las líneas prioritarias del Grupo BIO-MAT se encuentran: *biofilms*, biodeterioro, biodegradación y biorremediación (Grupo BIO-MAT, www.upm.es/observatorio/vi/index.jsp?pageac=grupo.jsp&idGrupo=222).

CORROSIÓN MICROBIANA EN LA INDUSTRIA

Con este término habitualmente definimos la traducción del inglés de la MIC (*Microbiologically Influenced Corrosion*), área de conocimiento de la Microbiología que empezó a desarrollarse a finales de los 70. Los microorganismos, en especial bacterias y hongos, pueden formar biopelículas que, por ejemplo, interfieren en la transferencia térmica o pueden participar en un proceso electroquímico de corrosión metálica, acelerándolo. Los mecanismos son diversos y en general difíciles de abordar al tener que globalizar en su estudio el material, el microorganismo y su entorno. Los primeros materiales estudiados fueron los aceros al carbono, encontrándose en conducciones de agua, petróleo y otros componentes industriales enterrados o sumergidos, como rodillos de compuertas de centrales hidráulicas, graves problemas de corrosión debida a los microorganismos y que obligaba a la sustitución de materiales causando pérdidas económicas importantes por la paralización de las centrales. Nuestro Grupo BIO-MAT estudió la corrosión microbiana que afecta a las esferas de acero al carbono que almacenan biogás a presión en las depuradoras de aguas residuales donde se produce digestión anaerobia (Ibars et al., 1996). La singularidad de estos procesos de corrosión microbiana es que, en general, son de tipo localizado y ello dificulta la monitorización de los sistemas en servicio. También los aceros inoxidables, más resistentes a la corrosión, son susceptibles de sufrir MIC. E incluso el titanio, considerado el titán de los materiales, es capaz de sufrir bioensuciamiento (*biofouling*, colonización por microorganismos que forman *biofilms*) (Figura 1) y no ser inmune a este tipo de corrosión (Moreno et al., 2004). Para más información sobre estos procesos de

MIC puede consultarse una ficha didáctica preparada ad-hoc en la página web de la IBBS (*International Biodeterioration and Biodegradation Society*) (Moreno, 2012).

BIODETERIORO DEL PATRIMONIO HISTÓRICO CULTURAL

Nuestra aportación en esta área tiene sus orígenes en diversas colaboraciones con el Instituto del Patrimonio Cultural desde prácticamente los orígenes del Grupo BIO-MAT. Se ha abordado el estudio del biodeterioro de la Fuente de Los Leones en La Alhambra (Granada), donde hemos observado cómo todas y cada una de las recomendaciones propuestas al Patronato encargado de su mantenimiento se han ido cumpliendo, llegando a una completa restauración de la misma terminada no hace mucho (Sarró et al., 2006). En las cuevas paleolíticas de Covalanas y La Haza (Ramales de la Victoria, Cantabria), consideradas Patrimonio de la Humanidad, así como en otras cuevas de la cornisa cantábrica y en la Cueva de Maltravieso (Cáceres) hemos llevado a cabo investigaciones encaminadas a la conservación de las pinturas rupestres para las generaciones futuras. En todos estos casos es el material pétreo el que sufre colonización por bacterias, hongos, líquenes, o incluso pequeñas plantas vasculares, experimentando un deterioro que puede suponer la erosión de la obra y pérdida de relieves o pigmentos. También, y en relación con materiales más modernos, se ha evaluado el biodeterioro de películas cinematográficas pertenecientes al Patrimonio Cultural de Cuba (Figura 2). En este caso, el soporte de celulosa y la capa sensible de gelatina en condiciones poco adecuadas de conservación, son deterioradas por los microorganismos, principalmente por hongos (Vivar et al., 2013).

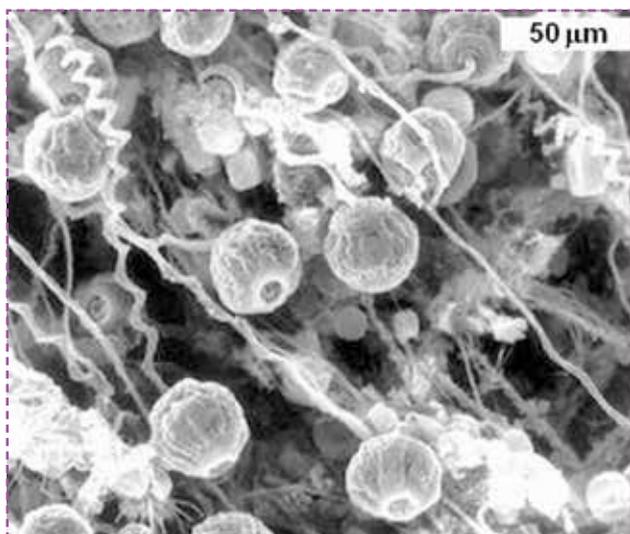


Fig. 1. Bioensuciamiento por protozoos del género *Vorticella* de tubos de titanio utilizados en los condensadores de centrales nucleares.

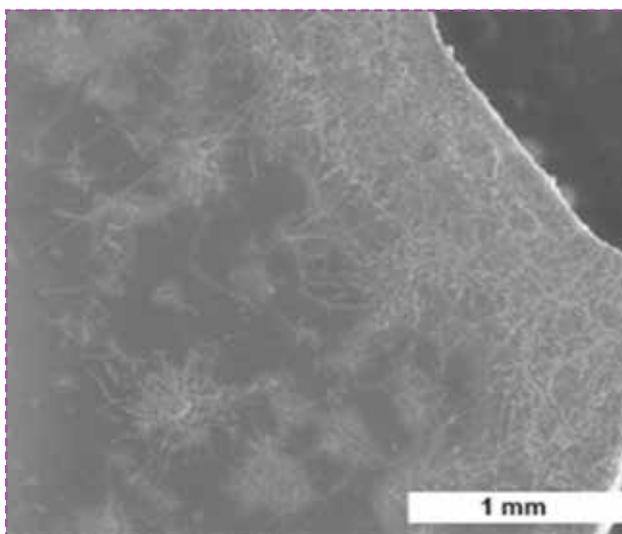


Fig. 2. Biodeterioro por hongos de películas cinematográficas en color del Patrimonio Cultural de Cuba.

BIODEGRADACIÓN DE POLÍMEROS NANOCOMPUESTOS PARA APLICACIONES ECOLÓGICAS Y MÉDICAS

El diseño de nuevos materiales basados en compuestos de naturaleza híbrida (órgano-inorgánica) a través de interacciones a escala nanométrica es, hoy en día, un gran desafío debido a la posibilidad de crear materiales con unas características estructurales (mecánicas) y funcionales (eléctricas, ópticas, etc.) muy mejoradas. En esta línea de investigación, estamos interesados en desarrollar nuevos biopolímeros avanzados basados en fulerenos (IFs) y nanotubos inorgánicos (INTs) que, además de presentar las excelentes propiedades mecánicas de los nanocompuestos, ofrezcan la ventaja añadida de ser respetuosos con el medio ambiente y biodegradables, y puedan presentar biocompatibilidad y propiedades funcionales específicas. Estudios previos llevados a cabo en colaboración con el Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros del CSIC han puesto de manifiesto la buena dispersión de nanopartículas de fulerenos inorgánicos (WS_2), en distintas matrices poliméricas mediante métodos convencionales de procesado desde el estado fundido sin añadir surfactantes o compatibilizantes (Naffakh et al., 2013). En el mismo sentido, se ha podido incorporar una nueva generación de nanotubos inorgánicos (MoS_2) en una matriz de polipropileno, que es uno de los polímeros de mayor consumo y que más interés científico y tecnológico ha despertado en el campo de los nanocompuestos poliméricos, debido a su bajo coste y gran versatilidad, tanto en lo referente a sus procesos de transformación como a sus aplicaciones (Figura 3). Las propiedades térmicas, mecánicas y tribológicas de los nuevos nanocompuestos basados en nanotubos inorgánicos son excepcionales en comparación con otros nanorrefuerzos como nanoarcillas, o nanotubos de carbono (Naffakh et al., 2012). Por tanto, la incorporación de este tipo de nanorrefuerzos en matrices poliméricas biodegradables se presenta como una alternativa de gran relevancia en el desarrollo de nuevos materiales nanocompuestos más

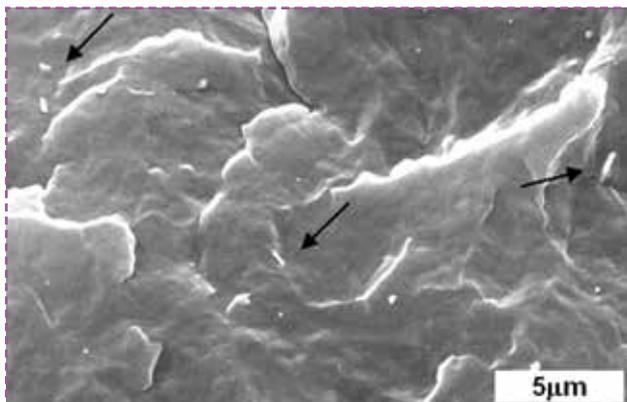


Fig. 3. Nanocompuestos avanzados de polipropileno y nanotubos inorgánicos (INT-MoS₂).

ligeros y de altas prestaciones. Pretendemos generar la instrumentación y metodología de control adecuadas para ajustar las propiedades deseadas en los nuevos materiales según su aplicación. También, se analizará la influencia de las variables físico-químicas de los materiales sobre el proceso de biodegradación. Uno de los objetivos principales es evaluar la actividad de los microorganismos sobre el proceso de degradación de los nuevos materiales para su reciclaje selectivo.

BIORREMEDIACIÓN DE AGUAS CONTAMINADAS CON METALES PESADOS Y RADIONÚCLIDOS

Cuando los microorganismos colonizan las superficies son capaces de formar *biofilms*, que en algunos casos, como hemos descrito, están involucrados en procesos de biodeterioro. Sin embargo, en una extensión positiva de esta propiedad, nosotros hemos utilizado estos *biofilms* para descontaminar aguas gracias a la capacidad que tienen para retener contaminantes. Hemos estudiado cómo productos vitrocerámicos, desarrollados por el Instituto de Cerámica y Vidrio del CSIC a partir de productos reciclables, pueden ser colonizados por microorganismos presentes en aguas residuales y cómo las biopelículas formadas son capaces de retener metales pesados ayudando a la purificación de estas aguas (García et al., 2003). Asimismo hemos observado que se pueden formar biopelículas en aceros inoxidables (Figura 4) y en titanio sumergidos en aguas ultrapuras y radiactivas en centrales nucleares (Sarró et al., 2005). Estas biopelículas ayudan a descontaminar

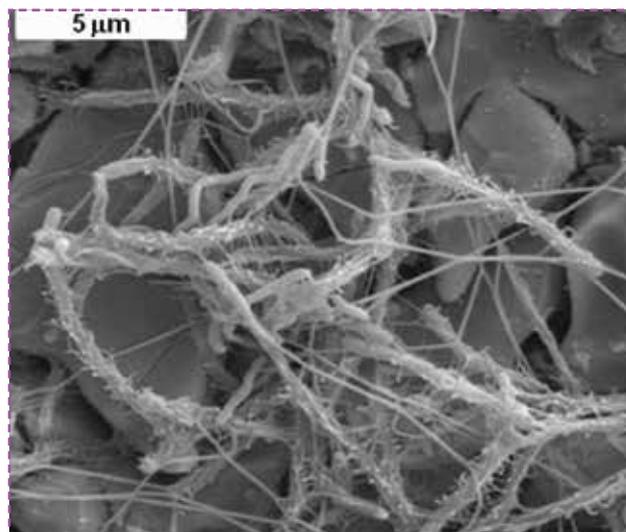


Fig. 4. Biofilm bacteriano desarrollado sobre acero inoxidable capaz de retener radionúclidos del agua ultrapura y radiactiva de las piscinas de almacenamiento de combustible nuclear gastado de las centrales nucleares.

estas aguas y la patente española entre la UPM e Iberdrola, extendida, a los EEUU que recoge estos procesos recibió un accésit en el primer concurso de patentes de la Comunidad de Madrid (Moreno y Montero, 2008).

PUBLICACIONES

- García AM, Villora JM, Moreno DA, Ranninger C, Callejas P, Barba MF** (2003) Heavy metals bioremediation from polluted water by glassceramic materials. *J Am Ceram Soc* 86:2200-2202.
- Grupo BIO-MAT**, página web: <http://www.upm.es/observatorio/vi/index.jsp?pageac=grupo.jsp&idGrupo=222>
- Ibars JR, Moreno DA, Ranninger C** (1996) Corrosion analysis of the inner wall of biogas containers. In: *Microbially Influenced Corrosion of Materials*, eds. E Heitz, H-C Flemming, W Sand. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, pp. 231-241.
- Moreno DA** (2012) Notes on: Microbiologically Influenced Corrosion (MIC), www.ibbsonline.org/educational/leaflets/MIC.pdf
- Moreno DA, Montero F** (2008) Bioremediation method which is used to concentrate and eliminate radionuclides in radioactive water. US Patent No 7326345 B2

- Moreno DA, Cano E, Ibars JR, Polo JL, Montero F, Bastidas JM** (2004) Initial stages of microbiologically influenced tarnishing on titanium after 20 months of immersion in freshwater. *Appl Microbiol Biotechnol* 64:593-598.
- Naffakh M, Díez-Pascual AM, Marco C, Ellis G, Gómez-Fatou MA** (2013) Opportunities and challenges in the use of inorganic fullerene-like nanoparticles to produce advanced polymer nanocomposites. *Prog Polym Sci* 38:1163-1231.
- Naffakh M, Díez-Pascual AM, Remškar M, Marco C** (2012) New inorganic nanotube polymer nanocomposites: improved thermal, mechanical and tribological properties in isotactic polypropylene incorporating INT-MoS₂. *J Mater Chem* 22:17002-17010.
- Sarró MI, García AM, Rivalta VM, Moreno DA, Arroyo I** (2006) Biodegradation of The Lions Fountain at the Alhambra Palace, Granada (Spain). *Build Environ* 41:1811-1820.
- Sarró MI, García AM, Moreno DA** (2005) Biofilm formation in spent nuclear fuel pools and bioremediation of radioactive water. *Int Microbiol* 8:223-230.
- Vivar I, Borrego S, Ellis G, Moreno DA, García AM** (2013) Fungal biodegradation of color cinematographic films of the cultural heritage of Cuba. *Int Biodeter Biodegr* 84:372-380.

Grupo de Ecología Microbiana de la Universidad Autónoma de Barcelona

Isabel Esteve, Antonio Solé, Elia Diestra, Juan Maldonado, Zully M. Puyen, Alvaro Burgos
Departament de Genètica i Microbiologia, Universitat Autònoma de Barcelona,
Edifici C, Campus de UAB, Bellaterra (Cerdanyola del Vallès), 08193, Barcelona

El grupo de Ecología microbiana de la Universidad Autónoma de Barcelona, está especializado en los microorganismos fotótrofos, especialmente en las cianobacterias de ambientes extremos y en el estudio de su potencial como bioreparadores de ambientes contaminados por metales.

El equipo de investigación lo coordinan: la **Dra Isabel Esteve** (catedrática-profesora emérita) y el **Dr. Antoni Solé** (profesor agregado). Se han formado en el equipo en los últimos 5 años: la **Dra. Elia Diestra**; el **Dr. Juan Maldonado**; la **Dra. Zully M. Puyen** y el **Dr. Alvaro Burgos** además de diferentes estudiantes de máster.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la contaminación por metales pesados es un grave problema ambiental, que se genera principal-

mente por la actividad agrícola e industrial. Los metales pesados constituyen un grupo de aproximadamente 40 elementos de la tabla periódica, con diferente grado de toxicidad para los seres vivos que habitan en diferentes tipos de ecosistemas, por lo que la búsqueda de estrategias que puedan remediar estos ambientes ha sido incesable y con un gran interés centrado en la bioremediación que implica el uso de organismos vivos o productos derivados, para reducir, eliminar o inmovilizar contaminantes ambientales.

El delta del Ebro (Tarragona, España), un ecosistema de gran riqueza ecológica y agrícola, está situado en la desembocadura del río Ebro, el cual aporta una gran cantidad de sedimentos que crean una superficie de más de 320 km² en la que se forman distintos tipos de ecosistemas, como los tapetes microbianos, las marismas, las dunas y las playas de arena.



Delante, de izquierda a derecha: Dra. Elia Diestra; Mireia Burnat (máster); Dra. Isabel Esteve; Eduard Villagrasa (máster); Dra. Zully M. Puyen; Pilar Jarque (técnico especialista laboral); Ana M. Domènech (máster). Detrás: Dr. Juan Maldonado y Dr. Antoni Solé.

Una amplia zona del delta del Ebro está cubierta por los tapetes microbianos, los cuáles son ecosistemas litorales bentónicos estratificados que se desarrollan en las interfases agua-sedimento. Los tapetes microbianos están formados por poblaciones de distintos microorganismos, que se distribuyen verticalmente y a nivel de microescala en capas de distintos colores y en función de distintos parámetros físico-químicos. Entre los microorganismos que habitan estos ecosistemas, las cianobacterias, que tienen una gran capacidad para adaptarse a condiciones ambientales muy extremas para la vida, son las más abundantes y además forman una compleja red que ayuda a la estabilización de los sedimentos deltaicos. El delta del Ebro y los deltas en general reciben las aguas de los ríos que arrastran en su curso los contaminantes y que ponen en peligro las poblaciones de micro y macroorganismos.

OBJETIVOS DEL GRUPO

Desde hace muchos años nuestro grupo de trabajo se ha especializado en el aislamiento y cultivo de los microorganismos fotótrofos y en especial de las cianobacterias. Estos microorganismos tienen una especial capacidad tanto de adaptación a condiciones muy limitantes para la vida como también a tolerar o resistir la presencia de metales.

Nuestro principal objetivo, en los últimos años, ha sido determinar la capacidad bioindicadora y bioreparadora de

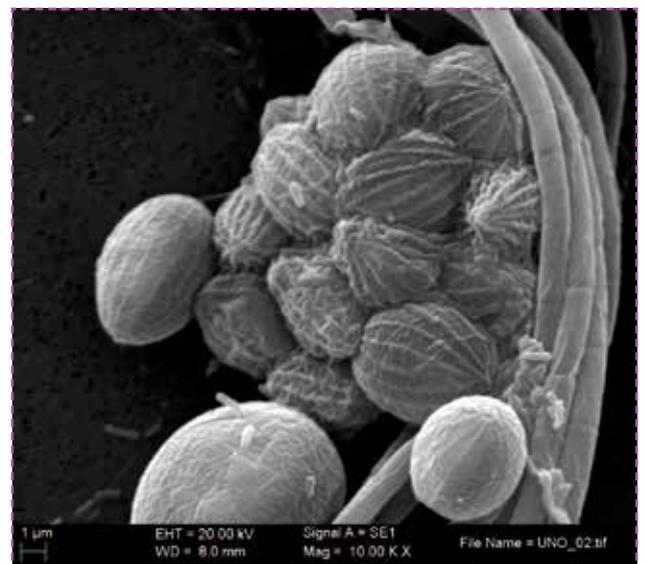


Fig. 1. Imagen obtenida por microscopía electrónica de barrido de *Geitlerinema* sp DE2011 (cianobacteria filamentosas) y *Scenedesmus* sp DE2009 (microalga), ambos microorganismos aislados del ambiente natural y con capacidad para captar metales. Cortesía: Alvaro Burgos & Isabel Esteve.

diferentes microorganismos (cianobacterias y microalgas) principalmente los aislados del ambiente natural, mediante técnicas microscópicas de elevada resolución.

Las técnicas de microscopía que hemos utilizado, para cumplir dichos objetivos se han fundamentado en la utilización del microscopio laser confocal (CLSM) (distintas prestaciones) y la microscopía electrónica tanto de barrido (SEM) como de transmisión (TEM).

Tanto el SEM como el TEM se han utilizado además acoplados a un sistema de difracción por Rayos X (EDX) para determinar el espectro de metales de las distintas muestras. Estas técnicas permiten:

1. Analizar los cambios en la diversidad y biomasa de las cianobacterias y de las microalgas como respuesta a distintos metales en microcosmos y en el ambiente natural: *in situ*, *in vivo* y a nivel de microescala.
2. Determinar la tolerancia-resistencia de las cianobacterias seleccionadas a los distintos metales, mediante el CLSM acoplado a un espectrofluorómetro (CLSM-landa scan). Además, una aplicación muy interesante de esta técnica es que permite, mediante la incorporación de fluorocromos específicos, determinar el estado fisiológico de las células, dato que consideramos muy importante para analizar la viabilidad de los microorganismos frente a los metales.
3. Evaluar la eficiencia en la captación de metales, mediante la combinación de la microscopía electrónica y métodos químicos.

La capacidad de acumular metales extra e intracelularmente la hemos analizado mediante el SEM-EDX y el TEM-EDX después de un proceso de optimización adecuado a los distintos microorganismos y metales.

El SEM permite reconocer las envueltas celulares (exopolímeros), y gracias al microanálisis por rayos X, determinar si se produce bioadsorción de los metales a nivel de las capas de exopolisacáridos (EPS).

El TEM permite examinar la ultraestructura de los microorganismos y valorar si se producen cambios ultraestructurales significativos con respecto a los cultivos control (sin contaminantes).

Además, mediante el TEM-EDX se obtiene información sobre la capacidad de los diferentes microorganismos para bioacumular metales intracitoplasmáticamente, y mediante un espectrómetro de emisión óptica de plasma acoplado inductivamente (ICP-OPS), se evalúa la cantidad de metal retirado del medio de cultivo por parte de los distintos microorganismos.

Aplicando una combinación de estas metodologías hemos valorado que microorganismos podrían ser considerados como buenos bioindicadores y cuales presentan un buen potencial para ser ensayados en biorremediación.

También se han hecho estudios en microorganismos heterótrofos con el mismo objetivo.

PUBLICACIONES REPRESENTATIVAS DE LOS ÚLTIMOS CINCO AÑOS

- Solé A, Diestra E, Esteve I.** (2009). Cyanobacterial biomass determined at microscale level in unpolluted and polluted microbial mats. CLSM image analysis. *Microbial Ecol* 57:649-656.
- Burnat M, Diestra E, Esteve I, Solé A.** (2009). *In situ* determination of the effects of lead and copper on cyanobacterial populations in microcosms. *PLoS ONE*. 4(7):1-6 e6204.doi:10.1371/journal.pone.0006204.
- Wierzbos J, de los Ríos A, Dávila AF, Cámar B, Vale S, Esteve I, Solé A, Roldán M, Rodríguez R, Sánchez-Almazo IM, McKay CP, Ascaso C.** (2009). Primary producers in extreme arid environment of the Atacama Desert: Where, how and when?. *Geochim Cosmochim Acta* 73: 1439.
- Burnat M, Diestra E, Esteve I, Solé A.** (2010). Confocal laser scanning microscopy coupled to a spectrofluorimetric detector as a rapid tool for determining *in vivo* effect of metals on phototrophic bacteria. *Bull Environ Contam Toxicol* 84:55-60.
- Maldonado J, Diestra E, Huang Kong Ping L, Domènech AM, Villagrasa E, Puyén ZM, Duran R, Esteve I, Solé A.** (2010). Isolation and identification of a highly lead and copper resistant bacteria from a marine microbial mat in Spain. *Microbiol* 60: 113-120.
- Maldonado J, de los Ríos A, Esteve I, Ascaso C, Puyén Z M, Brambilla C, Solé A.** (2010). Sequestration and *in vivo* effect of lead on DE2009 microalga, using high-resolution microscopic techniques *J Hazard Mat* 183: 44-50.
- Maldonado J, Solé A, Puyén Z M, Esteve I.** (2011). Selection of bioindicators to detect lead pollution in Ebro delta microbial mats, using high-resolution microscopic techniques *Aquat Toxicol* 104:135-144.
- Giloteaux L, Solé A, Esteve I, Duran R.** (2011). Bacterial community composition characterization of a lead-contaminated *Microcoleus* sp. consortium. *Environ Sci Pollut Res Int.* 18: 1-13.
- Puyén ZM, Villagrasa E, Maldonado J, Esteve I, Solé A.** (2011). Viability and biomass of *Micrococcus luteus* DE2008 at different salinity concentrations determined by specific fluorochromes and CLSM-Image Analysis. *Curr Microbiol* 64: 75-80.
- Puyén ZM, Villagrasa E, Maldonado J, Diestra E, Esteve I, Solé A.** (2012). Biosorption of lead and copper by heavy-metal tolerant *Micrococcus luteus* DE2008. *Bioresource Technol* 126: 233-237.
- Burgos A, Seder-Colomina M, Maldonado J, Solé A, Esteve I.** (2012). Scanning electron Microscopy coupled to an Energy Dispersive X-ray detector to study copper removal on different phototrophic microorganisms. In *Current microscopy contributions to advances in science and technology* (Microscopy book series. Chapter code: 158)
- Seder-Colomina M, Burgos A, Maldonado J, Solé A, Esteve I.** (2013). The effect of copper on different phototrophic microorganisms determined *in vivo* and at cellular level by confocal laser microscopy. *Ecotoxicology* 22: 199-205.
- Esteve I, Maldonado J, Burgos A, Diestra E, Burnat M, Solé A.** (2013). Confocal laser scanning and electron microscopic techniques as powerful tools for determining the *in vivo* effect and sequestration capacity of lead in cyanobacteria. In *Cyanobacteria: Toxicity, Ecology and Management*. ISBN Nova Science Publishers, Inc. (In press.)

Grupo de Microbiología y Tecnología Ambiental

J. González López, E. Hontoria García, F. Osorio Robles, J.M. Poyatos Capilla, C. Calvo Sainz, M.V. Martínez Toledo, B. Rodelas González, C. Pozo Llorente, M. Manzanera Ruiz, J.A. Morillo Pérez, B. Juárez Jiménez, M. Rivadeneyra Ruiz
 Instituto del Agua. Universidad de Granada. C/ Ramón y Cajal 4, 18071 Granada



El grupo de Microbiología y Tecnología Ambiental del Instituto del Agua/Universidad de Granada.

INTRODUCCIÓN

El Grupo de Investigación Microbiología y Tecnología Ambiental nace en 1990 de la unión de los miembros del Área de Tecnologías del Medio Ambiente, perteneciente al Departamento de Ingeniería Civil de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos Canales y Puertos y los miembros del grupo de Investigación Microbiología Ambiental, pertenecientes al Instituto del Agua y al Departamento de Microbiología de la Facultad de Farmacia, todos

ellos de la Universidad de Granada. Se trata de un equipo multidisciplinar que conforma un grupo de investigación consolidado en la Junta de Andalucía (RNM-270). El grupo, dirigido por el Dr. Jesús González López, ha tenido un importante crecimiento en los últimos años y actualmente está compuesto por 33 investigadores de los cuales 21 son doctores.

El grupo inicia sus trabajos dentro del campo de la fijación de nitrógeno, así como en la caracterización microbiológica de sistemas naturales. En los últimos años

los trabajos se centran en torno al agua como recurso, principalmente en el tratamiento biológico de aguas contaminadas, especializándose en sistemas de biopelículas y en las tecnologías de filtros sumergidos. Así, se han aplicado y se aplican sistemas de biopelícula para el tratamiento de aguas residuales y efluentes contaminados con un amplio rango de contaminantes orgánicos e inorgánicos. Paralelamente, las actividades del grupo se extienden a un conjunto de líneas de investigación en el área de la Microbiología Ambiental que se describen brevemente más adelante.

Todas las actividades del grupo se realizan desde la estrecha colaboración con diversas administraciones y empresas privadas del sector. Asimismo mantenemos una activa colaboración científica con un importante número de grupos españoles y extranjeros, a los cuales nos gustaría agradecer sus importantes contribuciones.

MICROBIOLOGÍA DE BIORREACTORES DE MEMBRANA

Los biorreactores de membranas sumergidas (BRM) son una alternativa emergente al tratamiento convencional de las aguas residuales, y generan un agua tratada libre de microorganismos patógenos y apta para la reutilización directa. Uno de nuestros principales campos de actuación consiste en el estudio de la relación entre estructura y función de las comunidades microbianas presentes en estos sistemas, con objeto de diagnosticar y corregir problemas de funcionamiento a escala real. Para ello empleamos herramientas metagenómicas como PCR-TGGE, RT-PCR-TGGE, FISH, PCR en tiempo real y secuenciación masiva en paralelo, que nos permiten monitorizar la estructura, dinámica y organización funcional de las comunidades en los BRMs (Calderón et al. 2011, Gómez-Silván et al. 2010, 2013).

BIORREMEDIACIÓN

Hidrocarburos y otros contaminantes orgánicos

La biorremediación de hidrocarburos derivados del petróleo de suelo y aguas contaminadas constituye una de nuestras principales líneas de investigación. La experiencia del grupo en este campo es amplia y se ha desarrollado gracias a financiación pública y a contratos con importantes empresas como Repsol. Los estudios están dirigidos fundamentalmente al aislamiento y caracterización de microorganismos degradadores de hidrocarburos con especial interés en productores de sustancias biosurfactantes y bioemulgentes (Calvo et al. 2009). Se vienen asimismo desarrollando estudios de biotratabilidad a escala de laboratorio, microcosmos edáficos y plantas piloto (Silva-Castro et al. 2012). Esta línea de investigación ha permitido diseñar técnicas de bioestimulación y bioaumento aplicadas en procesos de *land farming* y compostaje para la restauración de suelos

(Silva-Castro et al. 2013). La irrupción de las nuevas técnicas de secuenciación masiva proporciona herramientas de gran aplicabilidad para evaluar el impacto producido por la contaminación de hidrocarburos sobre comunidades microbianas del suelo, campo que estamos explorando actualmente (Sutton et al. 2013).

AGUAS SUBTERRÁNEAS

La biorremediación ha adquirido una gran importancia entre las tecnologías para resolver el problema de las sustancias denominadas «contaminantes emergentes» en aguas subterráneas. Desde el año 2006, estudiamos diversos sistemas biológicos (biofiltros aireados sumergidos y biorreactores de membrana extractiva) diseñados para el tratamiento de aguas subterráneas contaminadas con sustancias oxigenantes de las gasolinas: éteres semivolátiles tales como metil-*tert*-butil éter (MTBE), etil-*tert*-butil éter (ETBE) y *tert*-amil-etil éter (TAME). Actualmente trabajamos con dos sistemas de biorreactores que son capaces de eliminar estos compuestos utilizando cepas aisladas en nuestro laboratorio (Purswani et al., 2008, 2011, 2013).

FOTOBIORREACTORES

Una de las aplicaciones novedosas en la que estamos trabajando en los últimos años es el uso de fotobiorreactores en el tratamiento de residuos líquidos derivados de la industria del aceite de oliva. En un reciente proyecto europeo («Algatec») desarrollamos un nuevo sistema compuesto por un fotobiorreactor asociado a un módulo de filtración por membrana que permite explotar la asociación simbiótica establecida entre microalgas y bacterias para obtener una exitosa purificación de los efluentes y un reciclado del 90% del agua depurada. El éxito de esta iniciativa ha dado pie a la concesión de un segundo proyecto para poner en marcha esta tecnología en almazaras (Maza-Márquez et al. 2013).

AMBIENTES ÁRIDOS Y ANHIDROBIOSIS

La eliminación de sustancias orgánicas llevada a cabo por los microorganismos adquiere una mayor dificultad cuando la disponibilidad de agua es reducida (Vílchez y Manzanera, 2011). Nuestro grupo ha logrado poner a punto un efectivo método para el aislamiento de microorganismos tolerantes a la falta de agua (anhidrobiontes) basado en el uso de disolventes orgánicos (Narváez-Reinaldo et al., 2010). Este método hace uso de la resistencia de los anhidrobiontes a compuestos como el cloroformo gracias a la producción de xeroprotectores que protegen las biomoléculas esenciales de la célula o incluso a células y tejidos completos (Julca et al., 2012). El método de extracción y la composición de estas mezclas xeroprotectoras constituyen la base de 9 patentes, gracias a las cuales queda protegido también el uso de estos microorganismos anhidrobiontes para la protección de cultivos contra la sequía.

ECOSISTEMAS ACUÁTICOS

En los últimos años nuestro grupo inició una línea de trabajo sobre el estudio de ecosistemas acuáticos, con el doble objetivo del estudio de la biodiversidad microbiana de cuerpos acuáticos de ambientes fríos y las posibles aplicaciones biotecnológicas derivadas de dichos microorganismos. En esta línea se incluyen estudios de microbiota bacteriana y eucariota de lagunas de Sierra Nevada (Reboleiro-Rivas et al. 2013), así como estudios de actividades enzimáticas de microorganismos aislados de ecosistemas marinos con objeto de su aplicación biotecnológica (Juárez-Jiménez et al. 2008, 2012).

BIOMINERALIZACIÓN

Por último nos gustaría destacar que nuestro grupo posee una gran experiencia en estudios de biomineralización, especialmente en precipitación de carbonatos y fosfatos por microorganismos. Entre las numerosas investigaciones en este campo, hemos realizado estudios de precipitación de minerales en bacterias y descrito, por primera vez, la capacidad de algunas bacterias para precipitar carbonatos tales como dolomita, hidromagnesita, kutnohorita y huntita o fosfatos como la bobierrita (Rivadeneira et al. 2010, Rivadeneira-Torres et al. 2013). Hemos profundizado en los mecanismos de precipitación así como en la implicación de las bacterias en la precipitación de carbonatos en determinados ambientes naturales (suelos, sedimentos, aguas residuales, etc.). Actualmente, estamos investigando las posibles aplicaciones de los procesos de biomineralización en la eliminación de CO₂ al precipitarlo como carbonatos insolubles y en la precipitación de metales pesados como vía de biorremediación de ambientes contaminados.

PUBLICACIONES RECIENTES

Calderón K, Rodelas B, Cabiro N, González-López J, Noyola A. (2011). Analysis of microbial communities developed on the fouling layers of a membrane-coupled anaerobic bioreactor applied to wastewater treatment. *Bioresource Technol* 102:4618-4627.

Calvo C, Manzanera M, Silva-Castro GA, Uad I and Gonzalez-Lopez J. (2009). Application of bioemulsifiers in soil oil bioremediation processes. *Future prospects*. *Sci Total Environ* 407: 3634-3640.

Gómez-Silván MC, Molina-Muñoz M, Poyatos JM, Ramos A, Hontoria E, Rodelas B, González-López J (2010). Structure of archaeal communities in membrane-bioreactor and submerged-biofilter wastewater treatment plants. *Bioresource Technol* 101:2096-2105.

Gómez-Silván C, Arévalo J, Pérez J, González-López J, Rodelas B. (2013). Linking hydrolytic activities to variables influencing a submerged membrane bioreactor (MBR) treating urban wastewater under real operating conditions. *Water Res* 47:66-78.

Juárez-Jiménez B, Rodelas B, Martínez-Toledo MV, Gonzalez-Lopez J, Crognale S, Gallo AM, Pesciaroli C, Fenice M. (2008). Production of

chitinolytic enzymes by a strain (BM17) of *Paenibacillus pabuli* isolated from crab shells samples collected in the east sector of central Tyrrhenian Sea. *Int J Biol Macromol* 43(1):27-31.

Juárez Jimenez B, Reboleiro Rivas P, Gonzalez Lopez J, Pesciaroli C, Barghini P, Fenice M. (2012). Immobilization of *Delftia tsuruhatensis* in macro-porous cellulose and biodegradation of phenolic compounds in repeated batch process. *J. Biotechnol* 157(1): 148-153.

Julca I, Alaminos M, González-López J y Manzanera M. (2012). Xeroproductants for the stabilization of biomaterials. *Biotechnol Adv* 30:1641-1654.

Maza-Márquez P, Martínez-Toledo MV, González-López J, Rodelas B, Juárez-Jiménez B, Fenice M. (2013). Biodegradation of olive washing wastewater pollutants by highly efficient phenol-degrading strains selected from adapted bacterial community. *Int Biodeter Biodegr* 82:192-198.

Narváez-Reinaldo JJ, Barba I, González-López J, Tunnacliffe A y Manzanera M. (2010). Rapid method for isolation of desiccation-tolerant strains and xeroproductants. *Appl Environ Microb* 76:5254-5262.

Purswani J, Pozo C, Rodríguez-Díaz M, y González-López J. (2008). Selection and identification of bacterial strains with MTBE, ETBE and TAME degrading capacities. *Environ Toxicol Chem* 27 (11): 2296-2303.

Purswani J, Juárez B, Rodelas B, González-López J y Pozo C. (2011). Biofilm formation and microbial activity in a biofilter system in the presence of MTBE, ETBE and TAME. *Chemosphere* 85: 616-624.

Purswani J, Silva-Castro GA, Guisado IM, González-López J y Pozo C. (2013). Biological and chemical analysis of a laboratory-scale biofilter for oxygenate bioremediation in simulated groundwater. *Int J Environ Sci Technol (in press)*.

Reboleiro-Rivas P, Juarez-Jiménez B, Martínez-Toledo MV, Rodelas B, Andrade L, Gonzalez-Lopez J and Fenice M. (2013). Variations of the bacterial communities' structure in a high mountain lake during the ice-free season: cultural and PCR-TGGE investigations. *Int J Environ Res (in press)*.

Rivadeneira MA, Martín-Algarra A, Sánchez-Navas A, Martín-Ramos D (2010) Carbonate and phosphate precipitation by *Chromohalobacter marismortui*. *ISME J*. 4, 922-932.

Rivadeneira-Torres A, Martínez-Toledo MV, Gonzalez-Martinez A, Gonzalez-Lopez J, Martín-Ramos D, Rivadeneira MA. (2013) Precipitation of carbonates by bacteria isolated from wastewater samples collected in a conventional wastewater treatment plant. *Int J Environ Sci Te*: 10, 141-150.

Silva-Castro GA, SantaCruz-Calvo L, Uad I, Perucha C, Laguna J, González-Lopez J and Calvo C. (2012)a. Treatment of diesel-polluted clay soil employing combined biostimulation in microcosms. *Int J Environ Sci Technol* 9: 535-542.

Silva-Castro GA, Rodelas B, Perucha C, Laguna J, González-López J y Calvo C. (2013) Bioremediation of diesel-polluted soil using biostimulation as post-treatment after oxidation with Fenton-like reagents: Assays in a pilot plant. *Sci Total Environ* 445-446: 347-355.

Sutton NB, Maphosa F, Morillo JA, Al-Soud WA, Langenhoff AAM, Grotenhuis T, Rijnaarts HMM, Smidt H. (2013). Impact of long-term diesel contamination on soil microbial community structure. *Appl Environ Microb* 79(2), 619-630.

Vilchez S y Manzanera M. (2011). Biotechnological uses of desiccation-tolerant microorganisms for the rhizoremediation of soils subjected to seasonal drought. *Appl Microbiol Biot* 91:1297-1304.

Biom mineralización bacteriana y Biorremediación de ambientes contaminados por metales pesados y radionucleidos

María Teresa González-Muñoz, María Antonia Fernández-Vivas, Concepción Jiménez-López, Mohamed L. Merroun y Fadwa Jroundi

Departamento de Microbiología, Facultad de Ciencias. Universidad de Granada.
Avda. Fuentenueva s/n, 18002 Granada



Algunos miembros del grupo y becarios. De izquierda a derecha, 2ª fila: J.F. Montero Bullón, I. Sánchez Castro, M. López Fernández, M.S. Sánchez Quesada, M.A. Fernández-Vivas, 1ª fila: A. Amador García, C. Jiménez López, M.T. González-Muñoz, C. Valverde Tercedor, F. Jroundi, M.L. Merroun.

El papel de los microorganismos en los procesos geológicos es un campo de investigación de interés creciente, desarrollado de manera espectacular en las últimas décadas y que ha dado lugar al surgimiento de la Geomicrobiología como nueva área científica. Entre los diversos aspectos de investigación que incluye están la biom mineralización bacteriana y la participación de los microorganismos en la precipitación y disolución de minerales, la movilización de cationes, la fijación de metales y radionucleidos, etc. Debido a la índole de los procesos que estudia, la Geomicrobiología es un área eminentemente multidisciplinar en la que están implicados tanto microbiólogos como geólogos, cristalógrafos y químicos.

Nuestro Grupo de Investigación BIO 103 (Consejería de Economía, Innovación, Ciencia y Empleo de la Junta de Andalucía) comenzó su andadura en 1985 para la investigación de las Myxobacterias, y en el año 1990 se inició

el estudio de los procesos de biom mineralización y de fijación de metales pesados por las mismas, investigación que posteriormente se diversificó hacia otros aspectos de la interacción bacteria/minerales con estas y otras bacterias.

El grupo está integrado en la actualidad por 12 miembros de los que 10 son doctores y 2 están realizando su tesis doctoral, siendo tres las líneas fundamentales en que se desarrolla nuestra actividad investigadora:

Carbonatogénesis bacteriana y su aplicación para consolidación de materiales pétreos, bajo la dirección de la Dra. María Teresa González Muñoz.

Precipitación bacteriana de nanopartículas de óxidos de hierro con aplicaciones en Astrobiología y Nanotecnología, bajo la dirección de la Dra. Concepción Jiménez López.

Interacciones microbianas con metales pesados y radionucleidos para fines de biorremedio; y fabricación y carac-

terización estructural de bionanopartículas de oro, paladio y platino (entre otras) y sus aplicaciones industriales, bajo la dirección del Dr. Mohamed L. Merroun.

Actualmente nuestra investigación está subvencionada por 2 proyectos del Plan Nacional I+D, 2 proyectos de Excelencia de la Junta de Andalucía, 1 contrato de investigación con la empresa francesa AREVA y una Acción Integrada con la Universidad Brunel, London (UK).

Por la interdisciplinariedad de la investigación que desarrollamos, trabajamos en colaboración con otros investigadores de nuestra Universidad y de otros Centros nacionales y extranjeros:

- Drs. Carlos Rodríguez Navarro y Francisco Abadía, UGR
- Drs. Francisca Martínez Ruiz, Juan Manuel García Ruíz, Estela Pineda y Eulogio Bedmar, CSIC
- Drs. Sonja Selenska Pobell, Henry Moll y Alix Guenther, Helmholtz-Zentrum Dresden Rossendorf
- Dr. Damien Faivre, Max Planck Institute
- Dr. Jesus Ojeda, Brunel University London
- Dra. María Romero González, University of Sheffield
- Dra. Catherine Berthomieu, CEA, Cadarache
- Dra. Lynne Macaskie, University of Birmingham
- Dr. Dennis A. Bazylinski, University of Nevada Las Vegas
- Dr. Tanya Prozorov, Iowa State University
- Dr. Brian Lower, Ohio State University
- Dr. Raz Zarivach, University of the Negev
- Dra. Guadalupe Piñar, University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna

LOGROS DESTACADOS DE LOS ÚLTIMOS AÑOS

En el campo del BIORREMEDIO

La aplicación de la carbonatogénesis bacteriana para la consolidación de materiales pétreos y morteros mediante el desarrollo de un proceso basado en la activación de la propia microbiota de la piedra, sin necesidad de aplicar cultivo bacteriano alguno, y que ha dado lugar a una patente que está siendo explotada por la empresa KBYO BIOLOGICAL.

Descripción de los mecanismos moleculares de bioprecipitación de uranio por cepas bacterianas aisladas de residuos de minas de uranio.

En el campo de la NANOTECNOLOGÍA

Obtención de magnetitas a temperatura ambiente de tamaños y morfologías alteradas por la interacción de proteínas del magnetosoma con los cristales, de extraordinaria importancia por sus aplicaciones nanotecnológicas.

Demostración de las propiedades superparamagnéticas de nanopartículas de oro depositadas sobre capas S de *Sulfolobus acidocaldarius* y descripción del alto momento magnético por átomo de oro de las nanopartículas de oro producidas biológicamente, en comparación con nanopartículas de otros orígenes.

Descripción de una nueva estrategia de producción de nanopartículas biometálicas de oro y paladio con estructura «core-shell» basándose en la habilidad de *Escherichia coli* de reducir Au(III) a Au(0). Estas nanopartículas han sido ensayadas por sus propiedades catalíticas en la oxidación de alcoholes primarios a aldehídos, reacciones clave en la industria del perfumes.

Otros

Demostración de que las magnetitas producidas por biomineralización bacteriana presentan características diferentes de las inorgánicas, dato de utilidad para reconocer actividad biogénica en ambientes naturales.

Demostración de que los procedimientos de formación inorgánica, propuestos para asociar un origen inorgánico a las magnetitas del meteorito ALH84001, no son válidos. De enorme importancia al abrir nuevamente la posibilidad de su origen biogénico.

PUBLICACIONES RECIENTES SIGNIFICATIVAS DEL GRUPO

- Bartolome J, Bartolome F, García LM, Figueroa AI, Repolles A, Martínez MJ, Luis F, Magen C, Selenska-Pobell S, Pobell F, Reitz T, Schoenemann R, Herrmannsdoerfer T, Merroun ML, Geissler A, Wilhelm F, Rogalev A.** (2012). Large magnetism of Au nanoparticles deposited on *Sulfolobus acidocaldarius* S-layer. *Phys Rev Lett* 109: 247203-247205.
- Deplanche K, Merroun ML, Casadesus M, Tran DT, Mikheenko IM, Bennett JA, Jones IP, Preece JA, Johnston RL, Attard, GA, Selenska-Pobell S, Macaskie LE.** (2012). Microbial synthesis of core/shell gold/palladium nanoparticles for applications in green chemistry. *J R Soc Interface* 9: 1705-1712.
- Ettenauer J, Piñar G, Sterflinger K, Gonzalez-Muñoz MT, Jroundi F.** (2011). Molecular monitoring of the microbial dynamics occurring on historical limestone buildings during and after the in situ application of different bio-consolidation treatments. *Sci Total Environ* 409: 5337-5352.
- Jimenez-Lopez C, Rodríguez-Navarro C, Rodríguez-Navarro A, Perez-Gonzalez T, Bazylinski DA, Lauer H, Romanek CS.** (2012). Signatures in magnetites formed by (Ca,Mg,Fe)CO₃ thermal decomposition: Terrestrial and extraterrestrial implications. *Geochim Cosmochim Acta* 87: 69-80.
- Jimenez-Lopez C, Romanek CS, Bazylinski DA.** (2010). Magnetite as a prokaryotic biomarker. *J Geophys Res* 115: G00-G03.
- Jroundi F, Fernández-Vivas A, Rodríguez-Navarro C, Bedmar EJ, González-Muñoz MT.** (2010). Bioconservation of deteriorated monumental calcarenite stone and identification of bacteria with carbonatogenic activity. *Microb Ecol* 60: 39-54.
- Jroundi F, Gómez Suaga P, Jimenez-Lopez C, Gonzalez-Muñoz MT, Fernandez-Vivas A.** (2012). Stone-isolated carbonatogenic bacteria as inoculants in bioconsolidation treatments for historical limestone. *Sci Total Environ* 425: 89-98.
- Merroun ML, Nedelkova M, Ojeda JJ, Reitz T, López Fernández M, Arias JM, Romero-González M, Selenska-Pobell S.** (2011). Bio-precipitation of uranium by two bacterial isolates recovered from extreme environments as estimated by potentiometric titration, TEM and X-ray absorption spectroscopic analyses. *J Hazard Mater* 197: 1-10.
- Merroun ML, Selenska-Pobell S.** (2008). Bacterial interactions with uranium: and environmental perspective. *J Contam Hydrol* 102: 285-295.

Neu M, Boukhalfa H, Merroun ML. (2010). Biomineralization and biotransformations of actinide materials. MRS Bulletin 35: 849-857.

Oestreicher Z, Valverde Tercedor C, Chen L, Jimenez-Lopez C, Bazylin-ski DA, Lower SK, Lower BH. (2012). Magnetosomes and magnetite crystals produced by magnetotactic bacteria as resolved by atomic force microscopy and transmission electron microscopy. Micron 43: 1331-1335.

Perez-Gonzalez T, Jimenez-Lopez C, Neal A, Rull-Perez F, Rodriguez-Navarro A, Fernandez-Vivas A, Iañez-Pareja E. (2010). Magnetite biomineralization induced by *Shewanella oneidensis*. Geochim Cosmochim Acta 74: 967-979.

Perez-Gonzalez T, Rodriguez-Navarro A, Jimenez-Lopez C. (2011). Inorganic Magnetite Precipitation at 25 °C: A Low-Cost Inorganic Coprecipitation Method. J Supercond & Novel Magn 24: 549-557.

Piñar G, Jimenez-Lopez C, Sterflinger K, Ettenauer J, Jroundi F, Fernandez-Vivas A, Gonzalez-Muñoz MT. (2010). Bacterial community dynamics during the application of a *Myxococcus xanthus*-inoculated culture medium used for consolidation of ornamental limestone. Microb Ecol 60: 15-28.

Rodríguez-Navarro C, Jroundi F, Schiro M, Ruiz-Agudo E, Gonzalez-Muñoz MT. (2012). Influence of substrate mineralogy on bacterial mineralization of calcium carbonate: Implications in stone conservation. Appl Environ Microb. 78: 4017-4029.

Reducción del impacto medioambiental mediante el uso de biocidas Thor AMME™

Marta Urizal Comas

Thor especialidades S.A., Avda. de la Indústria 1, 08297 Castellgalí, Barcelona

Tras 10 años de investigación, el Grupo Thor (Figura 1) ha lanzado al mercado una nueva generación de biocidas para protección en film con numerosas ventajas respecto a los sistemas actuales.

Los biocidas de protección en film se añaden a una amplia gama de recubrimientos acuosos tipo pinturas, adhesivos, masillas y sellantes. Se usan para prevenir el

deterioro originado por hongos y algas. Actualmente, la mejora en la calidad de los recubrimientos consiste en aumentar la durabilidad de los mismos y así ampliar el periodo de repintado. Hasta ahora, la forma de extender el periodo de protección frente a una contaminación microbiana superficial se basaba en aumentar la concentración del biocida usado. Esta práctica ya no es aceptada debido



Fig. 1. Thor Especialidades, S.A. en Castellgalí, Barcelona.

a la mayor concienciación sobre el impacto medioambiental que estos biocidas pueden ocasionar. Los biocidas de protección en film son clasificados como tóxicos para el medioambiente dependiendo de la dosis a la que son usados. Los cambios actuales en la legislación han limitado su uso o han forzado a etiquetados severos en los productos que los contienen.

Aunque el uso de este tipo de biocidas es necesario, los activos biocidas se van perdiendo del recubrimiento por diferentes motivos, pueden degradarse o incluso migrar al medioambiente (Tabla 1).

PINTURA LÍQUIDA	PINTURA APLICADA – FILM O RECUBRIMIENTO	
pH	Evaporación	Lluvias
Temperatura almacenado	pH de sustrato	Condensación
Reacción con otros ingredientes	Degradación UV	Temperatura del sustrato

Tabla 1. Factores que afectan a la pérdida de activos biocidas en un recubrimiento.

derse, el sistema va liberando más biocida desde el carrier a la superficie pintada. El grado de migración y, por tanto, el tipo de protección ofrecida puede variar en función de los materiales de encapsulación y el tamaño de partícula de los carriers (Figura 2).

Los activos Thor AMME™ incluyen a los fungicidas: 2-n-octyl-4-isothiazolin-3-one (OIT), 4,5-dichloro-2-n-octyl-4-isothiazolin-3-one (DCOIT); iodopropargyl-N-butyl-carbamate (IPBC); Zinc 2-pyridinethiol-1-oxide (ZPT); y a los alguicidas: 3-(3,4-dichlorophenyl)-1,1-dimethylurea (Diurón), N2-tert-butyl-N4-ethyl-6-methylthio-1,3,5-tria-

ACTIVOS AMME™

El Grupo Thor ha sido pionero en el desarrollo de una tecnología para la protección de los activos biocidas usados en la protección en film. 10 años de intenso trabajo han resultado en el desarrollo de Thor AMME™ (Advanced Micro Matrix Embedded), proceso mediante el cual los activos biocidas son encapsulados en un carrier inerte. Este sistema permite a las sustancias encapsuladas migrar desde el carrier a la pintura de forma progresiva. Cuando se aplica el recubrimiento a una pared y los activos empiezan a per-

zine-2,4-diamine (Terbutrina). La mayoría de biocidas de protección en film son mezclas sinérgicas de estos fungicidas y alguicidas.

La evaluación de esta innovadora tecnología ha incluido estudios de laboratorio a nivel analítico y microbiológico, pruebas de exposición exterior a largo plazo, ensayos toxicológicos, etc., y se ha realizado en diferentes países y por tanto, bajo diferentes condiciones climatológicas.

VENTAJAS DE LOS ACTIVOS THOR AMME™ EN PINTURA LÍQUIDA

Estabilidad Térmica

La temperatura a la cual puede verse sometida una pintura puede ser muy alta dependiendo del lugar donde se almacene, ej. contenedores de barcos, almacenes exteriores o en la propia superficie pintada, afectando directamente a la estabilidad del biocida contenido en la pintura. Se añadió a dos tipos de pintura IPBC AMME™ y IPBC estándar y se sometieron a 40°C durante diferentes periodos de tiempo. Los resultados de los análisis de estas muestras quedan reflejados en la Figura 3 y demuestran claramente la mejora en la estabilidad del IPBC AMME™ en ambas pinturas líquidas.

VENTAJAS DE LOS ACTIVOS THOR AMME™ EN LA PROTECCIÓN EN FILM

Estabilidad a luz UV

La luz UV puede degradar los biocidas de una pintura aplicada cuando el recubrimiento es expuesto al sol, siendo el IPBC y ZPT los activos más vulnerables(Figura 4).

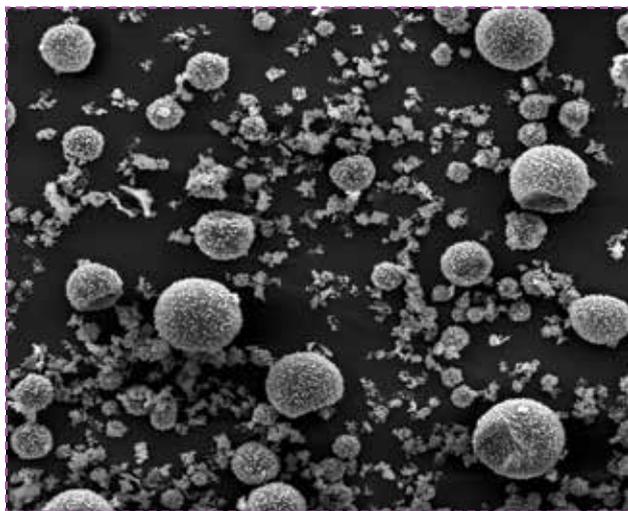


Fig. 2. Partículas de DCOIT encapsuladas.

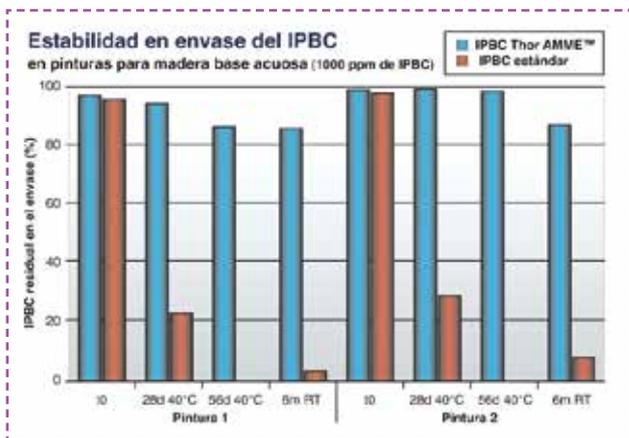


Fig. 3. Estabilidad del IPBC en pintura líquida.



Fig. 4. Decoloración en una pintura con IPBC.

Estabilidad Térmica

La exposición a altas temperaturas es particularmente relevante en las pinturas para tejas u otros recubrimientos aplicados a metal que pueden alcanzar temperaturas más altas. El uso de activos AMME™ ha permitido mejorar la estabilidad de los biocidas usados en estas aplicaciones.

Estabilidad a pH

El uso de biocidas AMME™ ha reducido el efecto que el pH provocaba a los activos tanto en la pintura líquida como en el propio recubrimiento, permitiendo actualmente usar biocidas en masillas y revocos de alto pH que normalmente degradarían cualquier tipo de biocida.

EMISIONES

Los biocidas pueden perderse del recubrimiento por emisión al aire. Este punto es especialmente relevante en aplicaciones de interior cuando los biocidas pueden liberarse de la pintura recién aplicada en una habitación. En los resultados (Figura 5) se observan las diferencias en la concentración de biocida detectada en estudios de laboratorio después de la aplicación de una pintura con OIT y OIT AMME™.

No obstante, la mejora más importante tras el desarrollo de la tecnología AMME™ ha sido la reducción en la pérdida de activos desde un recubrimiento por la lixiviación causada por lluvia o condensación. Con el uso de activos AMME™ se ha extendido significativamente el periodo de protección ofrecido por esos activos con alta solubilidad al agua, y a la vez, se han reducido las concentraciones de biocida requeridas para un mismo grado de protección del film (Figura 6).

Numerosos estudios a nivel de laboratorio y campo han demostrado la mejora en la retención de los activos biocidas AMME™ en los recubrimientos. Este aumento de la retención de activos significa menor concentración de

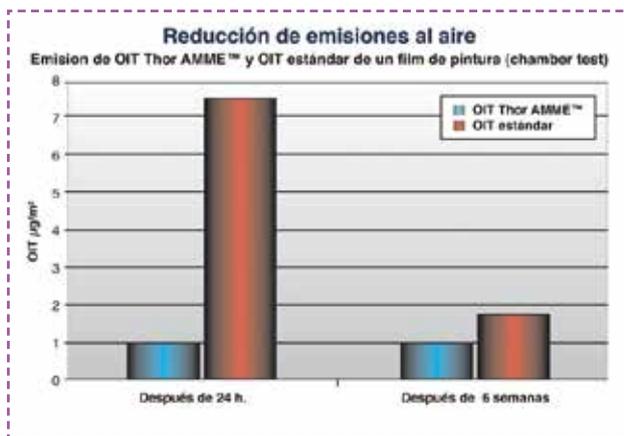


Fig. 5. Reducción de emisiones al aire.



Fig. 6. Estabilidad prolongada en el tiempo de los activos AMME™ a dosis más bajas.

biocida detectado en los cursos de agua provenientes del lavado de paredes pintadas, por la lluvia, etc. De hecho, el uso generalizado y creciente de agua de lluvia para uso doméstico o para cultivos hace sumamente importante que se reduzcan los niveles de biocidas usados.

VENTAJAS DEL USO DE BIOCIDAS THOR AMME™

- Reducción de la decoloración —Ej. el amarilleo provocado por recubrimientos con IPBC se ve reducido.
- Estabilidad al UV mejorada —Ej. La degradación de activos como la DCOIT, ZPT y IPBC se ve reducida.
- Lixiviación reducida —Los activos son retenidos en el film durante más tiempo; se disminuye el riesgo del lavado de activos por lluvia y la consecuen-

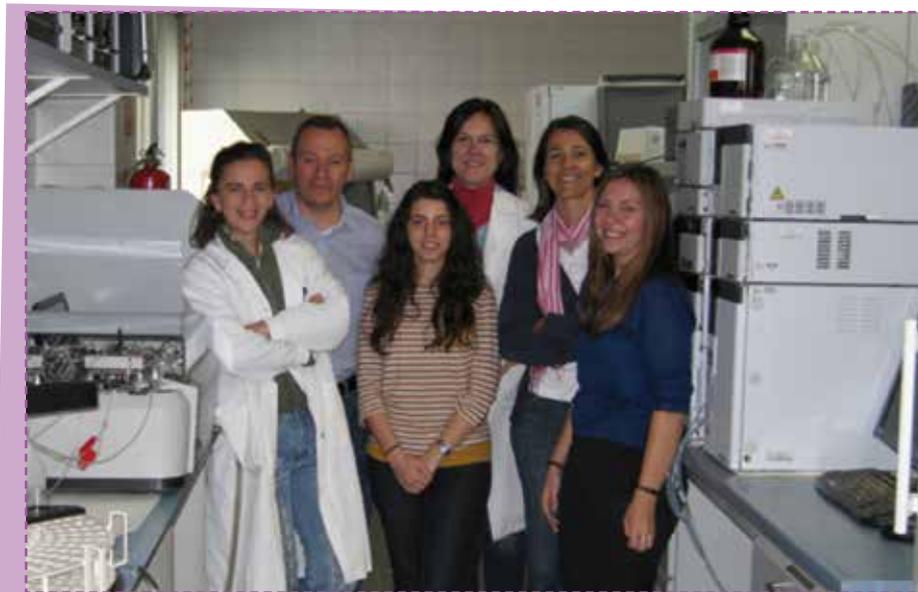
te contaminación de las aguas; menor pérdida de activos debido a lavado por lluvia o condensación.

- Estabilidad de los activos de protección en film mejorada en la formulación líquida.
- Reduce la pérdida de activos en condiciones alcalinas.
- Mejora del perfil toxicológico y medioambiental – Los activos demuestran ser menos tóxicos y se evitan ciertas clasificaciones de peligrosidad.
- Mejora la estabilidad térmica.
- Reduce la volatilidad de los activos – menores emisiones de los activos desde el recubrimiento; reduce los niveles de biocidas en áreas de interior.
- Reduce la cantidad de activo biocida necesario – Se requieren menores concentraciones debido a que hay menos pérdida de los mismos en el tiempo.

Grupo de Biorremediación, Biología e Ingeniería química al servicio de la descontaminación

N. Gonzalez¹, F. Bautista², M.C. Molina¹, R. Simarro^{1,3}, C. Vargas²

¹Departamento de Biología y Geología (Área de Biodiversidad y Conservación), ESCET, URJC, C/Tulipán, s/n, Móstoles-28933 (Madrid). ²Departamento de Tecnología Química y Ambiental, ESCET, URJC, C/Tulipán, s/n, Móstoles-28933 (Madrid). ³Facultad de Ciencias Ambientales, Universidad Internacional SEK, Quito (Ecuador)



De izquierda a derecha; M^o del Carmen Molina, Fernando Bautista, Lucía Agudo, Carolina Vargas, Natalia González, Carolina Rubio. María Fernández y Raquel Simarro no están en la foto por estar en estancia post-doc en el extranjero.

Todo comenzó un día del año 2005 cuando Natalia González, investigadora en ecología microbiana y modelos poblacionales de microorganismos acuáticos, impartiendo clases de microbiología, descubrió el fascinante mundo de la biorremediación. De modo que contactó con M. Carmen Molina, conocedora de técnicas moleculares de identificación de hongos y bacterias y con L. Fernando Bautista, químico de formación y especialista en biotecnología. Esta característica multidisciplinaria del grupo es especialmente adecuada para afrontar retos en el ámbito del medio ambiente, donde la multiplicidad de factores que intervienen incluyen condiciones fisicoquímicas del medio, procesos de transformación químicos y bioquímicos, caracterización microbiológica y establecimiento de relaciones entre poblaciones de microorganismos; sin olvidar las aplicaciones tecnológicas que puedan derivarse de la investigación realizada (Figura 1).

Fue en el año 2006 cuando a partir del proyecto del Ministerio de Medio Ambiente (1.1-373/2005/3-B y 013/2006/2-1.1) sobre la búsqueda y aislamiento de microorganismos y enzimas que fueran capaces de eliminar contaminantes y, con la ayuda de la Fundación Alfonso Martín Escudero, se consolidó el *Grupo de Biorremediación* de la Universidad Rey Juan Carlos. A partir de entonces se fueron sumando al grupo Carolina Vargas, química orgánica y especialista en caracterización fisico-química y detección de nutrientes y Raquel Simarro quien realizó su tesis doctoral. Dada la proyección docente y de formación del grupo, casi inmediatamente se fueron incorporando estudiantes para desarrollar sus practicum, proyectos fin de master, trabajos fin de grado, etc. Actualmente Lucía Agudo, Carolina Rubio y María Fernández se encuentran realizando sus proyectos fin de grado y próximamente defenderá Isabel Herrera Cabezas. Nuestro grupo de biorremediación forma parte como colaborador del programa EIADES que propone desarrollar herramientas para el avance en los procesos

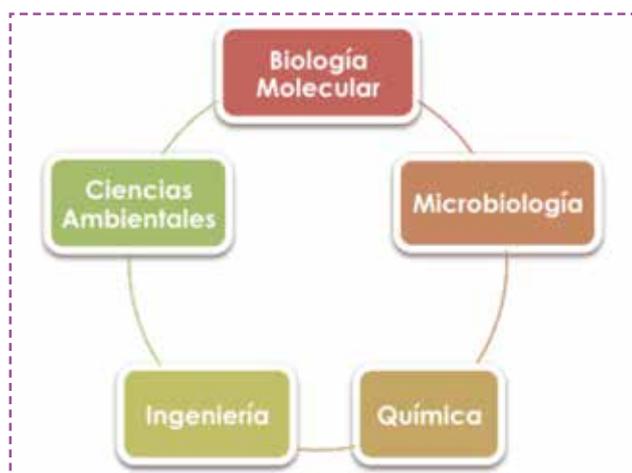


Fig. 1. Interacción entre las distintas disciplinas y especialidades esenciales en la dinámica de grupo.

de biorremediación. Recientemente, además, hemos iniciado una colaboración con el profesor Lee Kerkhoff de la Rutgers University en New Jersey, (USA) y con el profesor Mihai Irimia-Vladu de la Johannes Kepler University en Linz (AUSTRIA), lo que nos está permitiendo innovar en nuestras líneas de investigación y renovar nuestras técnicas químicas y moleculares.

TALÓN DE AQUILES DE LA BIORREMEDIACIÓN

Una de las principales debilidades de la biorremediación con respecto a otras técnicas físicas y químicas es la lentitud de los procesos. Por ello, es imprescindible aunar fuerzas y buscar estrategias que optimicen los procesos de biorremediación para hacerla más competitiva y atractiva a la hora de ofertarla como técnica realmente eficaz (Bautista et al. 2009; Simarro et al. 2011; Simarro et al. 2012, González et al. en prensa). No hay que dejar de lado la importancia de cómo quedan los ecosistemas una vez que son contaminados y remediados, por lo que es imprescindible estudiar cuál es la dinámica de las poblaciones microbia-



Fig. 2. Procesos de biorremediación in situ.

nas en los suelos perturbados, así como la capacidad de resistencia y resiliencia de las mismas (González et al. 2011, Simarro et al. *enviado*). En un suelo contaminado habrá vencedoras y vencidas, y como en la *lucha de titanes*, las bacterias victoriosas serán nuestra herramienta para la aplicación de ellas mismas o tan solo su esencia enzimática, que al fin y al cabo es la estrella de la biorremediación. Por ello, la búsqueda de microorganismos y enzimas degradadoras de contaminantes recalcitrantes y persistentes en nuestro entorno es otro de los objetivos que mantienen en vilo a este grupo de investigación (Bautista et al. 2009b, Molina et al. 2009, Simarro et al. 2013).

PESADILLA PARA LA INDUSTRIA DEL AUTOMÓVIL

Cada vez, los coches son más potentes y sofisticados, pero más sensibles al carburante y subyugados a microorganismos que se desarrollan en los carburantes dañando, a veces de manera irreversible, la mecánica del auto. Factores como la reducción de azufre en el diesel favorecen el desarrollo de estos organismos en tanques de almacenamiento de combustible, produciendo importantes daños por obstrucción de filtros y provocando altos costes en el sector. Son la pesadilla de las petroquímicas. Por esta razón, este grupo ha tenido la oportunidad de colaborar con diferentes empresas que están interesadas en solucionar este asunto con proyectos de investigación financiados por este sector (Repsol, Cepsa, etc.).

LABOR DOCENTE EN FORMA DE TESIS Y PROYECTOS DEFENDIDOS

Raquel Simarro Delgado (2012): *Biorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos aromaticos policíclicos*. Apto Cum Laude. Tesis doctoral

Cecilia Lichtschein (2009): *Remediación de suelos contaminados con compuestos varios en la base aérea de Aviano, Pordenone, Italia*. Sobresaliente 9,0. Proyecto fin de Master.

Raquel Simarro Delgado (2009): *Optimización del proceso de biodegradación de hidrocarburos aromáticos policíclicos*. Sobresaliente 9,0. Proyecto fin de máster.

Laura Delgado Ciruelos (2009): *Dinámica de la comunidad microbiana durante un proceso de degradación de hidrocarburos aromáticos policíclicos*. Matrícula de Honor, 10. Practicum.

Cintia Casado (2010): *Problemática de los medicamentos en las aguas naturales*. Sobresaliente 9,0. Practicum (TAD).

Miguel Pérez Rodríguez. (2010). Estudio en la dinámica de poblaciones microbianas en suelos contaminados con creosota. Sobresaliente 9,0. Practicum.

Luís Pérez Rodríguez (2010): *Aplicación de técnicas biorremediación in situ en suelos contaminados por residuos de petróleo: estudio microbiológico*. Sobresaliente 9,0. Practicum.

Clara Santos Yepes (2012). *Descripción fisicoquímica y biológica de las instalaciones de almacenamiento de Diesel*. Sobresaliente 9,0. Practicum.

Débora Bañuelos Luna (2012). *Aislamiento y cultivo in vitro de Anaptychia ciliaris y Physconia distorta. Optimización del método*. Sobresaliente 9,0. Practicum.

Lucía Agudo (2013). *Estudio de la respuesta microbiana ante una perturbación química frente a dos tipos de suelos de naturaleza distinta*. En preparación. Practicum.

Carolina Rubio (2013). *Búsqueda de consorcios microbianos capaces de degradar semiconductores utilizados en la industria como la quinacridona y la epindolidiona*. En preparación. Trabajo fin de grado.

María Fernández (2013). *Estudio de las interacciones microbianas entre un hongo y una bacteria para optimizar la capacidad degradadora de la quinacridona y la epindolidiona*. En preparación. Trabajo fin de grado.

Isabel Herrera Cabezas (2013): *Caracterización del proceso de biodegradación de fenantreno en un biorreactor*. Próxima defensa. Trabajo fin de grado.

PUBLICACIONES

Bautista LF, Morales G, Sanz R. (2009a). Immobilization strategies for laccase from *Trametes versicolor* on mesostructured silica materials and the application to the degradation of naphthalene. *Bioresource Technol* 101: 8541-8548.

Bautista LF, Sanz R, Molina M C, González N, Sánchez D. (2009b). Effect of different non-ionic surfactants on the biodegradation of PAHs by diverse aerobic bacteria. *Int Biodeter Biodegr* 63: 913-922.

González N, Simarro R, Molina MC, Bautista L. F, Delgado L, Villa JA. (2011). Effects of surfactants on PAH biodegradation by a bacterial consortium and on the dynamics of the bacterial community during the process. *Bioresource Technol* 102: 9438-9446.

González N, Bautista LF, Molina MC, Simarro R, Vargas C. Efecto de la concentración de surfactante y de la temperatura en la biodegradación de naftaleno, antraceno y fenantreno por *Enterobacter* sp., *Pseudomonas* sp. y *Stenotrophomona* sp. aislados de un consorcio degradador de HPA. *An Quím* (en prensa).

Molina MC, González N, Bautista LF, Sanz R, Simarro R, Sánchez I, Sanz JL. (2009). Isolation and genetic identification of PAH degrading bacteria from a microbial consortium. *Biodegradation* 20: 789-800.

Simarro R, González N, Bautista LF, Molina MC, Schiavi E. (2012). Evaluation of the influence of multiple environmental factors on the biodegradation of dibenzofuran, phenanthrene, and pyrene by a bacterial consortium using an orthogonal experimental design. *Water, Air and Soil Poll* 223: 3437-3444.

Simarro R, González N, Bautista LF, Sanz R, Molina MC. (2011). Optimisation of key abiotic factors of PAH (naphthalene, phenanthrene and anthracene) biodegradation process by a bacterial consortium. *Water, Air and Soil Poll* 217: 365-374.

Simarro R, González N, Bautista LF, Molina MC. (2013). Biodegradation of high-molecular-weight polycyclic aromatic hydrocarbons by a wood degrading bacterial consortium at low temperatures. *FEMS Microbiol Ecol* 83: 438-449.

Simarro R, González N, Bautista LF, Molina MC. (2013) Assessment of the efficiency of *in situ* bioremediation techniques in a creosote polluted soil: change in bacterial community. *J Hazard Mater* (submitted)

Aplicación de bacterias asociadas a plantas para la mejora de estrategias de Fitocorrección de suelos

Petra Kidd, Cristina Becerra Castro, Beatriz Rodríguez Garrido, Vanessa Álvarez López, Maribel Cabello Conejo, María Touceda González, María José Acea Escrich, Ángeles Prieto Fernández

Instituto de Investigaciones Agrobiológicas de Galicia (IIAG) del CSIC. Avenida de Vigo s/n. Campus Vida. 15706 Santiago de Compostela Avda. Fuentenueva s/n, 18002 Granada



Algunos miembros del grupo de Microbiología del IIAG-CSIC: De izquierda a derecha, Petra Kidd, Mariana Loureiro Viñas, Beatriz Rodríguez Garrido, Maribel Cabello Conejo, María Touceda González, Lidia Pérez Laxe, Ángeles Prieto Fernández, Marian de Jesús González y María José Acea Escrich.

CONTAMINACIÓN DEL SUELO Y FITOCORRECCIÓN

El incremento del grado de industrialización a nivel mundial ha llevado a la introducción generalizada de contaminantes orgánicos y metales trazas en el medioambiente, provocando problemas de contaminación localizada y difusa del suelo. Las principales actividades antrópicas que han contribuido a la acumulación de contaminantes en suelos incluyen actividades mineras, industrias metalúrgicas y siderúrgicas, uso de pesticidas, fertilizantes y enmiendas del suelo para agricultura intensiva así como la eliminación de basuras urbanas mediante distribución en amplias extensiones de terreno.

En Europa, el incremento de la conciencia del papel crítico que juegan los recursos edáficos para promover la

sostenibilidad medioambiental y el desarrollo económico ha llevado a la elaboración de la Estrategia temática europea sobre la protección del suelo (COM(2006)231). Esta estrategia obliga a los países miembros a poner en funcionamiento planes nacionales para la identificación, seguimiento y restauración de áreas contaminadas en su territorio. Además la UE enfatiza la necesidad de desarrollar tecnologías de descontaminación nuevas y viables que eviten la generación, transporte y eliminación de residuos tóxicos. En España, el Plan Nacional de Recuperación de Suelos Contaminados (PNRSC 1995-2005) (B.O.E. n° 114, 1995) identificó un total de 4531 áreas potencialmente contaminadas y 18142 actividades industriales con riesgo de generar áreas contaminadas.

En las tres últimas décadas se ha producido la emergencia de técnicas de remediación del suelo poco agresivas y

respetuosas con el medio ambiente que emplean diferentes especies vegetales. Estas técnicas se conocen en conjunto con el término fitocorrección o fitorremediación y, en comparación con los métodos convencionales de ingeniería civil, generalmente se consideran menos invasivas, económicamente eficientes y con capacidad de restaurar la estructura y funciones del suelo. Son tecnologías especialmente adecuadas para el tratamiento de áreas extensas en los que los niveles de contaminación no son muy elevados y que sería muy costoso, o incluso inviable, tratar con otro tipo de métodos. La fitocorrección se basa en el uso de plantas y sus microorganismos asociados para eliminar, estabilizar y detoxificar contaminantes. Entre ellas se incluyen la fitoextracción y fitoestabilización (o fitoinmovilización), aplicadas sobre todo al tratamiento de suelos con altos niveles de elementos traza; y la rizorremediación (o fitoestimulación), destinada con frecuencia a los casos de contaminación con compuestos orgánicos.

ACTIVIDADES MÁS DESTACADAS DEL GRUPO EN EL CAMPO DE LA MICROBIOLOGÍA

El grupo de Microbiología del Instituto de Investigaciones Agrobiológicas de Galicia, en los últimos años hemos estado trabajando en la mejora de técnicas de fitocorrección de suelos. Entre nuestros objetivos están la selección de especies, ecotipos o poblaciones vegetales adecuados para el tratamiento de los distintos suelos contaminados con los que trabajamos, así como el estudio de comunidades bacterianas y el aislamiento, caracterización y aplicación de bacterias asociadas a estas plantas (bacterias de la rizosfera, filosfera y endosfera). Prestamos interés sobre todo a cepas bacterianas que pueden ejercer un papel en la movilidad de contaminantes ya que, la biodisponibilidad es uno de los factores que puede afectar

en gran medida a la eficacia de la descontaminación, ya sea porque se mejora su degradación (rizodegradación) o absorción (fitoextracción) o, por el contrario, porque interesa reducir su movilidad (fitoestabilización). También nos interesamos por aquellas cepas con capacidad de promover el crecimiento vegetal (PGPB), dado que el establecimiento y desarrollo de las plantas en suelos contaminados es otro de los problemas que se suele plantear para la aplicación de técnicas de fitocorrección de suelos.

En el campo de la rizodegradación, hemos trabajado en suelos contaminados con un residuo de la producción del insecticida lindano, compuesto sobre todo por este insecticida y otros isómeros de hexaclorociclohexano (HCHs). En estos estudios se consiguieron resultados particularmente satisfactorios empleando una población seleccionada de *Cytisus striatus* y realizando una inoculación combinada con una cepa endófito de *Cytisus* (*Rhodococcus* sp. ET54b) y una cepa degradadora de HCHs (*Sphingomonas* sp. D4). Se pudo observar un incremento del crecimiento de *Cytisus* y/o un aumento de disipación de los contaminantes, así como una importante influencia de la composición del sustrato que se ha de tratar.

En relación con la fitoextracción nos interesamos sobre todo en subespecies del género *Alyssum* hiperacumuladoras de Ni y endémicas de áreas serpentiniticas de la Península Ibérica (Galicia, Trás-os-montes y Andalucía). En estas áreas los suelos tienen unas características muy particulares y se desarrollan estas plantas que son capaces de acumular en su biomasa aérea grandes concentraciones de Ni. En este caso también hemos estudiado las comunidades bacterianas de la rizosfera y realizado el aislamiento y caracterización de cepas bacterianas. Podemos resaltar que se estudiaron dos cepas de *Arthrobacter* sp. LA44 y SBA82 capaces de movilizar Ni a partir de roca serpentinitica rica en este elemento, que probablemente actúan en fases minerales diferentes. Así, mientras que la actividad de LA44 es mayor y parece estar ligada a la producción de oxalato y liberación de Ni ligado a óxidos de magnesio, en el caso de SBA82, la movilización de Ni se asocia con la liberación de Fe y Si y probablemente tiene relación con la producción de sideróforos de esta cepa. La inoculación de *Alyssum* sp. con estas cepas, sobre todo con LA44, permite aumentar la biomasa vegetal y la concentración de Ni en tejidos aéreos. Otros estudios en curso tienen como objetivo analizar con más detalle, empleando herramientas moleculares las comunidades bacterianas asociadas a estas hiperacumuladoras de Ni, así como otros aspectos de la fisiología vegetal relacionados con el proceso de hiperacumulación.

Finalmente, también llevamos a cabo otras experiencias de fitoextracción y fitoestabilización en invernadero y en campo, en las que empleamos distintas especies vegetales seleccionadas y aislados bacterianos previamente caracterizados y continuamos con el aislamiento de cepas bacterianas asociadas a plantas. Además analizamos las comunidades bacterianas del cepellón a distintos tiempos después de iniciar procesos de fitocorrección, para analizar cambios en estas comunidades y su relación con variaciones en el fraccionamiento metálico y otras alteraciones químicas del suelo durante el tratamiento.



Fig. 1. *Alyssum serpyllifolium* spp. *lusitanicum* en la zona serpentinitica de Barazón (A Coruña).

PROYECTOS VIGENTES

Actualmente los proyectos en los que estamos implicados son *Gentle remediation of trace element contaminated land* (GREENLAND, 2011-2014), financiado por la Unión Europea, *Desarrollo de tecnologías sostenibles para la recuperación de suelos degradados por contaminación* (CTM2012-39904-C02-01, 2013-2015) financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad, y *Recuperación de suelos contaminados aprovechando plantas metalófitas endémicas de la Península Ibérica* (2013), financiado por la Fundación MAPFRE.

PUBLICACIONES RECIENTES

- Kidd PS, Prieto-Fernández A, Monterroso MC, Acea MJ. (2008). Rhizosphere microbial community and hexachlorocyclohexane degradative potential in contrasting plant species. *Plant Soil* 302: 233-247.
- Becerra-Castro C, Monterroso MC, García-Leston M, Prieto-Fernández A, Acea MJ, Kidd PS. (2009). Rhizosphere microbial densities and trace metal tolerance of the nickel hyperaccumulator *Alyssum serpyllifolium* subsp. *lusitanicum*. *Int J Phytoremediat* 11: 525-541.
- Kidd P, Barceló J, Bernal MP, Navari-Izzo F, Poschenrieder C, Shileve S, Clemente R, Monterroso C. (2009) Trace element behaviour at the root-soil interface: Implications in phytoremediation. *Environ Exp Bot* 67: 243-259
- Becerra-Castro C, Kidd PS, Prieto-Fernández A, Weyens N, Acea MJ, Vangronsveld J. (2011). Plant-associated bacteria of *Cytisus striatus* growing on hexachlorocyclohexane-contaminated soils. *Plant Soil* 340: 413-433.
- Becerra-Castro C, Prieto-Fernández A, Alvarez-Lopez V, Monterroso C, Acea MJ, Kidd PS. (2011). Nickel solubilising capacity of rhizobacteria isolated from hyperaccumulating and non hyperaccumulating subspecies of *Alyssum serpyllifolium*. *Int J Phytoremediat* 13: 229-244.
- Becerra-Castro C, Monterroso C, Prieto-Fernández A, Rodríguez-Lamas L, Loureiro-Viñas M, Acea MJ, Kidd PS. (2012). Pseudometallophytes colonising Pb/Zn mine tailings: a description of the plant-microorganism rhizosphere soil system and isolation of metal-tolerant bacteria. *J Hazard Mater* 217-218: 350-359.
- Becerra-Castro C, Kidd PS, Rodríguez-Garrido B., Touceda-González M, Prieto-Fernández A, Weyens N, Vangronsveld J. (2013). Improving plant growth on substrates contaminated with hexachlorocyclohexane isomers. *Plant Soil* 362: 247-260.
- Cabello-Conejo MI, Centofanti T, Kidd PS, Prieto-Fernández A, Chaney RL. (2013). Evaluation of plant growth regulators to increase Ni phytoextraction by *Alyssum* species. *Int J Phytoremediat* 15: 365-375.
- Becerra-Castro C, Kidd PS, Rodríguez-Garrido B, Monterroso C, Santos-Ucha P, Prieto-Fernández A. (2013). Phytoremediation of hexachlorocyclohexane (HCH)-contaminated soils using *Cytisus striatus* and bacterial inoculants in soils with distinct organic matter content. *Environ Pollut* 178: 202-210.
- Sessitsch A, Kuffner M, Kidd P, Vangronsveld J, Wenzel WW, Fallmann K, Puschenreiter M. (2013). The role of plant-associated bacteria in the mobilization and phytoextraction of trace elements in contaminated soils. *Soil Biol Biochem* 60: 182-194.
- Becerra-Castro C, Kidd P, Kuffner M, Prieto-Fernández A, Hann S, Monterroso C, Sessitsch A, Wenzel W, Puschenreiter M. (2013). Bacterial-induced weathering of ultramafic rock: implications in phytoextraction. *Appl Environ Microb*, (en prensa).

Grupo de Ecología Microbiana y Geomicrobiología del sustrato lítico

Carmen Ascaso, Jacek Wierzchos, Sergio Pérez-Ortega y Asunción de los Ríos
Departamento de Biología Ambiental, Museo Nacional de Ciencias Naturales (CSIC),
C/Serrano 115 dpdo., 28006 Madrid

El origen de nuestro grupo se remonta a la mitad de los años setenta cuando ya publicábamos trabajos sobre la alteración de las rocas por líquenes y la formación de nuevos minerales como consecuencia de este proceso. Desde entonces, la alteración de materiales rocosos por líquenes y microorganismos ha constituido uno de los objetivos de nuestro trabajo diario, con la lógica evolución que a lo largo de los años tiene todo trabajo científico, a medida que se va adquiriendo más experiencia y nuevos conocimientos. Se puede afirmar que la investigación en los temas de biodeterioro de nuestro grupo, comenzó en el año 1990, cuando se participó en un equipo liderado por el Ministerio

de Cultura para el estudio de la alteración de los capiteles del Monasterio de Silos. Durante dicho trabajo, conocimos a los investigadores que hoy son colegas del grupo IGEO-CSIC y del laboratorio de Petrofísica RedLab n.º 217, en el programa Geomateriales-Conservación del Patrimonio. Posteriormente la Prof. Ascaso y el Dr Wierzchos desarrollaron la denominada «técnica SEM-BSE» la cual permite analizar la microbiota litobiótica sin separarla de la muestra lítica y así poder determinar concretamente los efectos de los microorganismos sobre la piedra (ver De Los Ríos & Ascaso, 2005; Figura 1). En 1998, aplicando esta técnica, se hizo frente al estudio de los procesos de biodeterioro en



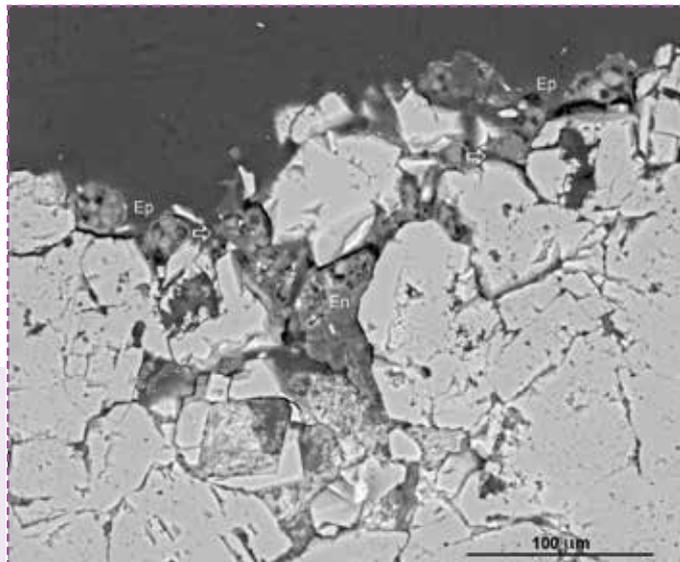
Miembros del Grupo de investigación (de izquierda a derecha): Arriba, Carmen Ascaso, Teresa Carnota, Mariela Speranza, Sergio Pérez-Ortega, Asunción de los Ríos, Rüdiger Ortiz, Jacek Wierzchos; Abajo, Isaac Garrido, Beatriz Cámara, Miguel Angel Fernández.

la catedral de Jaca y en un par de monumentos emblemáticos de Portugal (Torre de Belem y Monasterio de los Jerónimos) que se encontraban bajo la supervisión del Instituto de Ingeniería Civil de Lisboa. Dicho Instituto, en la persona del Prof. José Delgado-Rodríguez nos dio la posibilidad de determinar cual era el biocida más adecuado para aplicar en los trabajos de restauración que se iban a llevar a cabo (Ascaso et al., 2002). Aquí comenzó nuestra estrategia de investigación sobre el uso de biocidas para frenar procesos de biodeterioro en monumentos, la cual ha continuado a lo largo de los últimos años. Posteriormente a estos estudios, se investigó también la biorreceptividad de dolomitas de cantera y las estrategias de colonización fúngica (Cámara et al. 2008) y el efecto de la acción de líquenes y microorganismos en los paramentos y otras estructuras de diversos monumentos españoles (de los Ríos et al. 2004, 2009; García del Cura et al. 2011). En estos estudios se empezó a combinar la microscopía, con técnicas de biología molecular, para conseguir una identificación precisa de los microorganismos involucrados en los procesos de biodeterioro tanto en piedra de cantera (Cámara et al. 2011), como en el monumento (de los Ríos et al. 2009).

Hemos tenido bastantes ocasiones de trabajar conjuntamente con instituciones y empresas interesadas en conocer el efecto de biocidas *in situ*, como Thor espe-

cialidades S.A., haciendo experimentos tanto en piedra de cantera (Cámara et al. 2011; Speranza et al. 2012), como de nuevo en un edificio emblemático como es la Catedral de Segovia (de los Ríos et al. 2012). En el grupo se han llevado a cabo también estudios sobre el efecto de la aplicación de láser, ya sea en condiciones de laboratorio o directamente en la propia cantera, en colaboración con los grupos LAMAM-CSIC e IGEO-UCM del programa Geomateriales (Speranza et al. 2013, Gomes-Heras et al. 2011, Álvarez de Buergo et al. 2012). Así pues en el Grupo se aplican y desarrollan diferentes estrategias de control de la colonización microbiana o líquénica en roca monumental, mediante tratamientos tanto físicos como el láser, como químicos (biocidas), ensayándolos en el propio monumento o en la piedra de cantera. Además del uso de las técnicas tradicionalmente utilizadas para analizar los efectos de los biocidas, como son los parámetros de fluorescencia de la clorofila *a* evaluados por PAM, el grupo utiliza también tanto técnicas de microscopía electrónica de transmisión y de barrido, de microscopía de fluorescencia (clásica y por iluminación estructurada) y microscopía láser confocal, como novedosas técnicas fisiológicas como el análisis del funcionamiento metabólico de los microorganismos a través de medidas del oxígeno consumido por los microecosistemas (Sistema

Fig. 1. Imagen obtenida por la «técnica SEM-BSE» de dolomías colonizadas por cianobacterias epilíticas (Ep) y endolíticas (En), mostrando alteraciones derivadas de su colonización en la zona superficial de la piedra (flecha).



Visisens-Presens). De hecho, usando este sistema se ha podido avanzar en el efecto de biocidas sobre la microbiota de piedra experimental, habiéndose tomado para ello como lugar de experimentación el puente de Talamanca del Jarama. Por este estudio, en reconocimiento de su interés, se ha obtenido un premio de la empresa Presens.

El efecto de la colonización de microorganismos y líquenes en las piedras de la Ciudadela de Machu Picchu está siendo actualmente estudiado por el grupo en colaboración con la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco y el Parque Arqueológico de Machu Picchu. Se ha llevado a cabo ya un diagnóstico de los procesos de biodeterioro existentes en la ciudadela, con financiación de un proyecto de la Fundación Carolina liderado por la Dra. de los Ríos. Se han realizado análisis por microscopía electrónica de las distintas alteraciones que tienen lugar en sus paramentos, derivadas de la presencia y actividad de microorganismos y líquenes. Se está además analizando la diversidad microbiana en distintas zonas alteradas y tratadas de la ciudadela mediante la metodología de secuenciación masiva 454.

El grupo centra su actividad igualmente en el estudio de la colonización por líquenes y microorganismos (formas epilíticas y endolíticas) y los ecosistemas donde se integran, también en rocas naturales. Generalmente se trata de rocas procedentes de ambientes extremos como desiertos áridos e hiper-áridos, tales como *Dry Valleys* (Antártida), el desierto de Atacama (Chile), el desierto de Negev Israel y el desierto del Namib (Namibia).

PUBLICACIONES DE LOS ÚLTIMOS 10 AÑOS SOBRE BIODETERIORO

Ascaso C, Wierzchos J, Souza-Egipsy V, de los Ríos A, Delgado-Rodriguez J. (2002). In situ evaluation of the biodeteriorating action of microorganisms and the effects of biocides on carbonate rock of the Jeronimos Monastery (Lisbon). *Int Biodeter Biodegr* 49: 1-12.

Álvarez de Buergo M, Gómez-Heras M, Fort R, Ascaso C, de los Ríos A, Pérez-Ortega S, Speranza M, Wierzchos J, Sanz M, Oujja M, Castillejo M. (2013). Assessment of laser treatment on dolostones colonized by microorganisms and lichens. En M.A. Rogerio-Candelera, M. Laazzari and E. Cano (eds.). *Science and Technology for the Conservation of Cultural Heritage*: 173-178. CRC Press, Leyden.

Cámara B, de los Ríos A, García del Cura MA, Galván V, Ascaso C. (2008). Dolostone bioreceptivity to fungal colonization. Biorreceptividad de las dolomías a la colonización fúngica. *Mater Construcc* 58:113-124.

Cámara B, de los Ríos A, Urizal M, Álvarez de Buergo M, Varas MJ, Fort R, Ascaso C. (2011). Characterizing the microbial colonization of a dolostone quarry: implications for stone biodeterioration and response to biocide treatments. *Microbial Ecol* 62:299-313.

de los Ríos A, Galván V, Ascaso C. (2004) In situ microscopical diagnosis of biodeterioration processes occurring in the Convent of Santa Cruz la Real (Segovia, Spain). *Int Biodeter Biodegr* 54:13-120.

de los Ríos, Ascaso C. (2005) Contributions of in situ microscopy to current understanding of stone biodeterioration. *Int Microbiol* 8: 181-188.

de los Ríos A., Cámara B, García del Cura MA, Jimenez Rico V, Galván V, Ascaso C. (2009) Deteriorating effects of lichen and microbial colonization of carbonate building rocks in the Romanesque churches of Segovia (Spain). *Sci Total Environ* 407:1123-1134.

de los Ríos A, Pérez-Ortega S, Wierzchos J, Ascaso C. (2012) Differential effects of biocide treatments on endolithic microbial forms: case study of the Segovia cathedral cloister (Spain). *Int Biodeter Biodegr* 67: 64-72.

García del Cura MA, Cámara B, de los Ríos A, Louis M, Ascaso C. (2010). Bioalteración de calcarenitas en clima semiárido: el puente viejo de Elche. *Mater Construcc* 58: 289-290.

Gómez Heras M, Sanz M, Álvarez de Buergo M, Oujja M, Fort R, Castillejo M, Speranza M, de los Ríos A, Ascaso C. (2011). Assessing thermal interactions during laser cleaning by means of infrared thermal imaging. *Geophys Res Abstract*: 113, EGU2011-6579.

Speranza M, Wierzchos J, de los Ríos A, Pérez-Ortega S, Souza-Egipsy V, Ascaso C. (2012). Towards a more realistic picture of in situ biocide actions: combining physiological and microscopy techniques. *Sci Total Environ* 439:114-122.

Speranza M, Sanz M, Oujja M, de los Ríos A, Wierzchos J, Pérez-Ortega S, Castillejo M, Ascaso C. (2013). ND-YAG laser irradiation damages to *Verrucaria nigrescens*. *Int Biodeter Biodegr* 84: 281-290.

Estudio de los microorganismos que afectan el Patrimonio Cultural

M^a Angeles Calvo Torras, Gisela Girmé Vila, Eduard Grau Noguera, Esteban Leonardo Arosemena Angulo

Grupo de Investigación en Microbiología Aplicada y Medio-Ambiental. Facultat de Veterinària. Universidad Autònoma de Barcelona. Edificio V. 08193 Cerdanyola del Vallès, Barcelona



Gisela Girmé Vila, Eduard Grau Noguera, M. Angeles Calvo Torras, Esteban Leonardo Arosemena Angulo Grupo de investigación en Microbiología Aplicada y Medio-Ambiental. Facultat de Veterinària. Universidad Autònoma de Barcelona. 08193 Bellaterra. Barcelona.

La composición que poseen los distintos materiales que se encuentran depositados en Bibliotecas, Archivos y Museos determina que sean un sustrato adecuado para el desarrollo de diversos tipos de hongos y de bacterias.

La presencia de estos microorganismos puede originar: 1. Alteraciones y destrucciones en el sustrato y 2. Posibles problemas en las personas que entren en contacto con estos sustratos.

Entre las alteraciones en el sustrato podemos diferenciar: a) La degradación del material como consecuencia de que lo utilicen como fuente de nutrición. b) El deterioro provocado por la elaboración y acumulación de metabolitos secundarios.

Una vez instaurados los microorganismos y muy especialmente los hongos en un ambiente específico, su erradicación es larga y difícil. Por ello las medidas de prevención deben consistir en mantener las condiciones del

medio ambiente en intervalos que no sean favorables para el desarrollo de estos microorganismos. En este sentido es fundamental controlar la temperatura y la humedad relativa del ambiente.

Si a pesar de la prevención y los controles se instaura el problema, la pauta que seguimos es:

- Obtención de MUESTRAS: 1. Medio ambiental interior de las zonas de archivo y almacén y del exterior; 2. Sistemas de aire acondicionado: filtro, zona de entrada y zona de retorno; 3. Moquetas; 4. Material visiblemente afectado y 5. Material no visiblemente afectado. En el caso de los muestreos medio-ambientales debe establecerse un estudio histórico que se puede llevar a cabo por exposición de placas durante 5 o 10 minutos o por métodos volumétricos. La muestras de filtros, moquetas y material afectado

o no, deben obtenerse mediante hisopos estériles o si es posible a partir de fragmentos de materiales infectados.

- Recuento e identificación de microorganismos. A partir de los desarrollos obtenidos en el laboratorio se procede al recuento e identificación de los microorganismos aislados. Entre los géneros de bacterias que se aíslan más frecuentemente en documentos y obras de arte en nuestro medio ambiente podemos citar: *Bacillus* spp. (*B. subtilis*); *Pseudomonas* spp. (*P. aeruginosa*); *Micrococcus* spp. (*M. luteus*, *M. lysodeikticus*); *Enterobacteriaceae* (*Proteus*, *Serratia*, etc.). Otros géneros citados en la literatura son: *Vibrio*, *Streptococcus*, *Staphylococcus*, *Mycobacterium*, *Celullomonas*, *Actinomyces*, *Streptomyces*, *Myxococcus* y *Clostridium*.

Aunque las bacterias puedan ser agentes de biodeterioro en los hábitats objeto de estudio, los hongos se han aislado más recientemente en nuestro medio como agentes causales de graves problemas en archivos, bibliotecas, museos y edificios singulares. Cabe destacar la presencia de *Aspergillus fumigatus*, agente etiológico de procesos respiratorios y de otras especies de *Aspergillus*, entre los que citaremos cepas de *A. niger*. Asimismo se han aislado de forma reiterativa especies del género *Penicillium*, *Cladosporium*, *Alternaria*, *Fusarium*, *Trichoderma* concretamente las espe-

cies: *P. rugulosum*, *C. herbarum*, *C. cladosporioides*, *A. tenuis*, *F. moniliforme*, *T. viride*. Entre las levaduras adquieren mayor interés las especies de los géneros: *Rhodotorula*, *Candida* y *Saccharomyces*.

Asimismo se evalúan las actividades enzimáticas de los microorganismos aislados, con el fin de establecer en qué medida pueden alterar los sustratos sobre los que se desarrollan. En las Figuras 1 y 2 podemos apreciar ejemplos de las actividades enzimáticas detectadas.

- Elección del tratamiento medio-ambiental y de limpieza.

Aunque la mayoría de cepas fúngicas y bacterianas pueden tratarse mediante sistema de eliminación tradicional, aconsejamos el estudio específico de la sensibilidad de las cepas mayoritariamente aisladas para la elección del tratamiento medio-ambiental y de limpieza.

En las Figuras 3 a 8, podemos evidenciar al acción de la mezcla alcohol:agua (70:30) sobre la viabilidad de *Aspergillus niger* y *Penicillium rugulosum*.

- Aplicación de una limpieza exhaustiva y controlada con el fin de eliminar en la medida de lo posible, las alteraciones macroscópicas que se manifiesten y los microorganismos presentes.
- Establecimiento de un sistema de seguimiento de la eficacia de los tratamientos.



Fig. 1. Detección de actividades enzimáticas por el método API ZYM® en *Aspergillus*.



Fig. 2. Detección de actividades enzimáticas por el método API ZYM® en *Penicillium rugulosum*.



Fig. 3-5. Resultados obtenidos tras la aplicación de los tres productos ensayados sobre material contaminado con *Aspergillus niger* transcurridos sesenta días de la aplicación. P1 y P2: Productos antisépticos de uso habitual. P3: Alcohol: Agua (70:30).

Asimismo es muy importante considerar todos los aspectos relacionados con los riesgos laborales con el fin de prevenir y evitar problemas de salud de las personas así como el sistema de eliminación del material contaminado en relación con la posible implicación con el medio ambiente.

Nuestro grupo de investigación colabora con el Museo Nacional de Arte Contemporáneo de Catalunya (MNAC), Arxiu Nacional de Catalunya (ANC), Museo Nacional d'Arte de Catalunya (MNAC), Conselleria de Cultura, Departament de Cultura de l'Ajuntament de Barcelona, Centre de Restauració Bens Mobles de Catalunya, Biblioteca de Catalunya, entre otros así como con diversas empresas de Restauración de documentos y obras de arte.

PUBLICACIONES

Calvo MA, Adelantado C, Agut M. (2006). Identificació de microorganismes que afecten el patrimoni documental. En: La problemàtica dels fongs en el patrimoni documental. Colecció Arxivística i Gestió Documental. Sèrie Conservació i restauració. Departament de Cultura i Mitjans de Comunicació. Núm.1.Barcelona pp: 27-42.

Calvo MA, Adelantado C, Corcuera E. (2005). Principales características de los hongos causantes de alteraciones en materiales celulósicos. PH: Boletín del Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico 13: 18-23

Grup d'investigació en microorganismes que afecten el patrimoni documental (2008). Protocols per a la prevenció, el control i el tractament de les infeccions per microorganismes que afecten el patrimoni documental. Colecció Arxivística i Gestió Documental. Sèrie Conservació i restauració. Departament de Cultura i Mitjans de Comunicació. Núm.2. Barcelona, 108 pp.

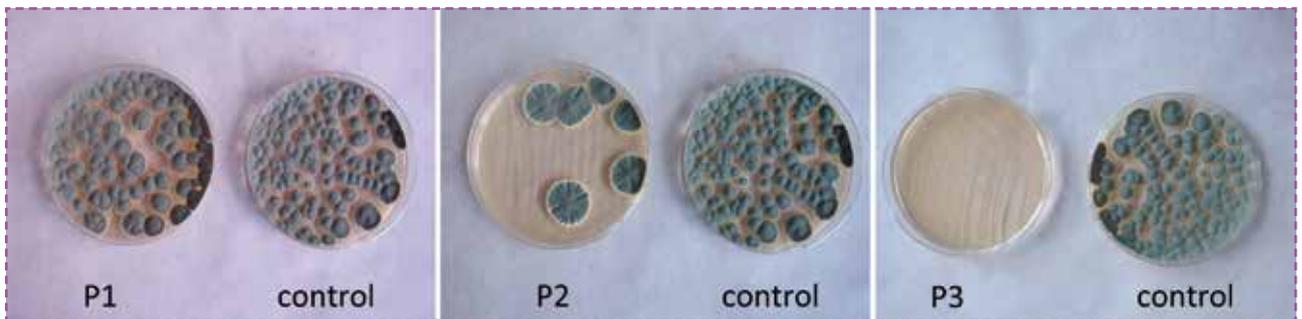


Fig. 6-8. Resultados obtenidos tras la aplicación de los tres productos ensayados sobre material contaminado con *Penicillium rugulosum* transcurridos sesenta días de la aplicación. P1 y P2: Productos antisépticos de uso habitual. P3: Alcohol: Agua (70:30).

COLILOQUIO by Victor



CARACTERIZACIÓN MICROBIOLÓGICA DE PRODUCTOS LÁCTEOS TRADICIONALES PARA EL DISEÑO DE CULTIVOS INICIADORES

Autor: Ángel Alegría González.

Director: Baltasar Mayo.

Centro de realización: Departamento de Microbiología y Bioquímica de Productos Lácteos, Instituto de Productos Lácteos de Asturias (IPLA-CSIC), Villaviciosa, Asturias.

Centro de presentación: Departamento de Ingeniería Química y Tecnología del Medio Ambiente, Universidad de Oviedo, Oviedo, Asturias.

Para la supervivencia de los productos tradicionales en el mercado actual, estos deben mantener sus propiedades físico-químicas y organolépticas típicas, así como unas buenas condiciones higiénicas y de conservación. Una de las vías para alcanzar estos objetivos es la identificación y caracterización de los microorganismos presentes en los productos tradicionales, como paso previo para el diseño de cultivos iniciadores o fermentos que reproduzcan las fermentaciones de manera eficiente y controlada y que mantengan las cualidades sensoriales propias de los productos tradicionales. En este contexto, el objetivo del trabajo consistió en la caracterización microbiológica de diversos productos lácteos tradicionales que no habían sido estudiados previamente (queso tradicional asturiano Casín, con DOP desde el año 2008, el queso tradicional polaco Oscypek, también con DOP, y una leche fermentada natural), con el fin de identificar y seleccionar microorganismos con interés tecnológico, fundamentalmente BAL (BAL), para el diseño de cultivos iniciadores.

La diversidad microbiana de estos productos lácteos a lo largo de los procesos de elaboración y maduración se llevó a cabo mediante técnicas clásicas de cultivo y técnicas microbiológicas independientes de cultivo como la DGGE y la pirosecuenciación de amplicones del gen que codifica el ARNr 16S. Los aislados de los cultivos se identificaron y tipificaron por métodos moleculares, y las cepas de bacterias ácido-lácticas (BAL) más prometedoras se sometieron a una caracterización exhaustiva de sus propiedades bioquímicas, genéticas, tecnológicas y de seguridad. Entre los resultados más sobresalientes del trabajo, cabe destacar una mejor caracterización de los ecosistemas de los productos lácteos analizados y la identificación y selección de diversos aislados de BAL que pueden utilizarse para el diseño de fermentos específicos o para complementar los fermentos industriales actualmente en

uso. Algunas mezclas o sus cepas componentes se han transferido a industrias productoras de fermentos. El resto están en fase de transferencia o han pasado a formar parte de la gran colección de BAL del IPLA.

ANÁLISIS MOLECULAR DE SteA, EFECTOR DE LOS SISTEMAS DE SECRECIÓN TIPO III DE SALMONELLA, Y ESTUDIO GLOBAL DE SU IMPACTO EN LA CÉLULA HOSPEDADORA

Autora: Elena Cardenal Muñoz.

Director: Francisco Ramos Morales.

Centro: Departamento de Genética. Facultad de Biología. Universidad de Sevilla.

Salmonella enterica es una bacteria Gram negativa que causa gastroenteritis, bacteriemia y fiebre tifoidea en diversos animales. Su virulencia depende en gran medida de dos sistemas de secreción tipo III, T3SS1 y T3SS2, que están codificados en las islas de patogenicidad SPI-1 y SPI-2, respectivamente. Estos sistemas translocan proteínas llamadas efectores a las células hospedadoras eucarióticas. Los efectores interfieren con vías de transducción de señales del hospedador para permitir la internalización del patógeno y su supervivencia y proliferación en vacuolas. SteA es uno de los pocos efectores de *Salmonella* que son sustratos de ambos T3SS.

Hemos analizado las condiciones que afectan a la síntesis de este efector, su secreción al medio de cultivo y su translocación a células hospedadoras. Además, hemos identificado la secuencia necesaria para la secreción de SteA, presente en los diez primeros aminoácidos de la proteína. Mediante un escrutinio genético hemos determinado que PhoP, un regulador de la virulencia de *Salmonella*, controla la transcripción de *steA* mediante la unión directa a su promotor. El estado redox celular contribuye a la regulación transcripcional de *steA* a través de una vía reguladora que incluye el oxidante periplásmico DsbA, el péptido de membrana interna MgrB, y el sistema de dos componentes PhoQ/PhoP.

Finalmente, hemos llevado a cabo un análisis transcriptómico en células HeLa transfectadas establemente con el gen *steA*. La síntesis de SteA en estas células epiteliales, a través de la modificación de diferentes vías de transducción de señales, da lugar a un aumento de la tasa de endocitosis y una disminución de las uniones intercelulares, la velocidad de migración celular y la citotoxicidad.

Publicación de resúmenes de Tesis Doctorales

SEM@foro publica resúmenes de Tesis Doctorales realizadas por miembros de la SEM. Deben enviarse a la Secretaría de la SEM (secretaria.sem@semicrobiologia.org) o al Director Editorial (vicjcid@farm.ucm.es) por correo electrónico, siguiendo el formato: Título, Autor, Director(es), Centro de realización, Centro de presentación (si es distinto) y Resumen (máximo, unas 200 palabras).

SEM@foro se reserva el derecho a no publicar la información si el resumen es excesivamente largo o el tema del trabajo no guarda suficiente relación con la Microbiología.

MICROBIOLOGÍA CELULAR

LA FIEBRE DE LA ORUGA: *GALLERIA* COMO MODELO DE INFECCIÓN, AHORA PARA *KLEBSIELLA*

Informa: Víctor J. Cid.

La larva de *Galleria mellonella*, la polilla de la cera, se está consolidando como modelo de infección para estudios de virulencia bacteriana. Su utilización inicial para hongos entomopatógenos se extendió hace una década a modelo de infecciones fúngicas. En pocos años, los estudios realizados con *Candida albicans* demostraron que estas grandes orugas proporcionan un modelo alternativo más barato y, desde luego, con menos problemas éticos que la investigación de patogenicidad fúngica en modelos animales. La principal ventaja que proporciona el modelo frente a otras alternativas es su capacidad de desarrollarse a 37 °C, la temperatura a la cual tiene sentido ensayar patógenos de animales de sangre caliente. Además, la larva posee un sistema inmune razonablemente complejo, incluyendo procesos como la fagocitosis, que permite a los investigadores sacar conclusiones sobre los mecanismos de interacción patógeno-hospedador que pueden ser extrapolables a la situación real de infección. Además de *Candida*, el modelo de infección se ha puesto a punto para otros patógenos como *Aspergillus*, *Histoplasma* y, recientemente, *Cryptococcus* (v. SEM@foro 55: 46-48), así como para hongos fitopatógenos como *Fusarium*.

Pero la fiebre de la oruga ha llegado también al nicho más amplio de la microbiología celular y se postula hoy día como modelo de infección bacteriana. Gram-positivos como *Bacillus*, *Listeria*, *Staphylococcus* y *Streptococcus pyogenes*, así como *Acinetobacter*, *Pseudomonas* y recientemente *Salmonella*, han sido ensayadas con éxito en *Galleria*.

Los laboratorios de nuestros compañeros del grupo SEM de Microbiología Molecular Junkal Garmendia y José Antonio Bengoechea han sido pioneros en adaptar este modelo para estudios de virulencia en *Klebsiella pneumoniae*. El uso de mutantes carentes de polisacárido capsular, lípido A del lipopolisacárido o proteínas Omp de la pared celular, todos defectivos en virulencia, avala la utilidad del modelo para la investigación de este importante patógeno. Su trabajo se ha publicado en octubre en *Infection and Immunity*.

Insua JL, Llobet E, Moranta D, Pérez-Gutiérrez C, Tomás A, Garmendia J, Bengoechea JA. (2013). Modeling *Klebsiella pneumoniae* pathogenesis by infection of the wax moth *Galleria mellonella*. *Infect Immun.* 81:3552-65. doi:10.1128/IAI.00391-13.

MICROBIOLOGÍA MOLECULAR: BACTERIÓFAGOS

UNA NUEVA SUPERFAMILIA DE REGULADORES TRANSCRIPCIONALES EN FAGOS DE BACTERIAS GRAM-POSITIVAS

Informa: Víctor J. Cid.

Además de sus funciones en el control de poblaciones bacterianas y su evolución, los virus bacteriófagos desempeñan un papel importante en la movilización de elementos genéticos de virulencia mediante transferencia horizontal entre bacterias. Una colaboración entre nuestros compañeros del Instituto de Biomedicina de Valencia (IBV-CSIC), la Universitat Autònoma de Barcelona, el Instituto de Agrobiotecnología (CSIC-Universidad Pública de Navarra), con investigadores de New York, de Virginia (EEUU) y de la Universidad de Glasgow (RU) ha puesto de manifiesto la existencia nuevos grupo de factores de transcripción fágicos que controlan la expresión de genes tardíos. Dichos factores transcripcionales desempeñarían una función similar al ya conocido y caracterizado RinA, el principal regulador de la expresión de genes para la morfogénesis de la cápsida en fagos que carecen de este. Los autores describen nada más y nada menos que cuatro familias de proteínas con propiedades estructurales y función similares a la de RinA y han integrado a las cinco en una nueva superfamilia designada Ltr (*late transcriptional regulators*), que incluye por tanto las subfamilias RinA, ArpU, LtrA, LtrB y LtrC, representadas en diversos Gram positivos como *Staphylococcus aureus*, *Enterococcus*, *Streptococcus pneumoniae*, *Streptococcus pyogenes*, *Bacillus*, *Lactobacillus*, *Brevibacillus* y *Listeria*.

En este artículo, publicado el pasado mes de agosto en *Nucleic Acid Research*, se concluye además que la región C-terminal de las proteínas de esta familia, conservada estructuralmente, es la responsable de la especificidad de unión con secuencias repetidas características de la región reguladora en la región 5' del gen *terS*, previamente descubierta por los mismos autores como diana de RinA en un artículo anterior. Estos descubrimientos completan nuestra visión de la regulación de la expresión de genes tardíos en los fagos de la familia *Siphoviridae* que afectan a bacterias del phylum *Firmicutes*.

Quiles-Puchalt N, Tormo-Más MÁ, Campoy S, Toledo-Arana A, Monedero V, Lasa I, Novick RP, Christie GE, Penadés JR. (2013). A super-family of transcriptional activators regulates bacteriophage packaging and lysis in Gram-positive bacteria. *Nucleic Acids Res.* 41:7260-75. doi: 10.1093/nar/gkt508.

REVISIONES

DANDO FORMA A UN BACILO...

Informa: Víctor J. Cid.

Quienes trabajamos como docentes de la microbiología tenemos asumidos muchos paradigmas sobre la pared celular bacteriana. Su importancia para definir la esencia de la célula procariótica y el conocimiento profundo de su función y su química a nivel molecular nos hace suponer que conocemos en detalle la dinámica de esta estructura. La lectura de esta reciente revisión de Felipe Cava y Miguel Ángel de Pedro (CBM-CSIC) publicada en *Current Opinion in Microbiology* en colaboración con investigadores de la Universidad de Indiana les convencerá de que hay muchos interrogantes por descifrar y que solo las más modernas tecnologías darán luz sobre ellos.

La forma de las bacterias, a veces caprichosa y no siempre perfectamente simétrica (piensen en un vibrio), requieren patrones de biosíntesis localizados de manera temporal y espacial que apenas comprendemos. Además, dependen de la incorporación de nuevos precursores en una matriz preexistente sin comprometer el soporte mecánico que garantiza la viabilidad de la célula en un entorno osmóticamente hostil. La asignatura pendiente de este campo está precisamente en las cuestiones topológicas que determinan la morfogénesis genéticamente programada para cada especie bacteriana. En este aspecto, el reducido tamaño de las bacterias hace que estas se hayan beneficiado de forma más limitada del salto cualitativo que ha experimentado la biología celular en las últimas décadas. En esta breve revisión que aquí aconsejamos se discute, por ejemplo, la función y regulación de FtsZ en diversos patrones morfogenéticos en función del conocimiento generado gracias a nuevas técnicas microscópicas de mayor resolución y estrategias novedosas como, por ejemplo, la visualización del peptidoglicano *in vivo* gracias a marcadores, como los D-aminoácidos fluorescentes añadidos de manera secuencial.

Cava F, Kuru E, Brun YV, de Pedro MA. (2013). Modes of cell wall growth differentiation in rod-shaped bacteria. *Curr Opin Microbiol.* doi:pii: S1369-5274(13)00155-0.

REVISIONES

...Y DANDO FORMA A UNA LEVADURA

Informa: Víctor J. Cid.

En efecto, como si se hubieran puesto de acuerdo, un *review* paralelo con firma española en una revista de alto impacto aparece de manera simultánea centrado en el problema de la morfogénesis y la dinámica de la biosíntesis de la pared celular en la levadura modelo *Saccharomyces cerevisiae*. En este caso, va firmado por Javier Arroyo (Universidad Complutense de Madrid) y el veterano investigador norteamericano de origen argentino Enrico Cabib. Se publicó en septiembre en *Nature Microbiology Reviews*.

De hecho, es interesante hojear ambas revisiones en paralelo. Distintas ramas evolutivas (procariotas vs. eucariotas), distintas formas de división (fisión vs. gemación), pero exactamente el mismo problema que resolver: ¿cómo se coordinan los mecanismos morfogenéticos durante el ciclo de división celular para asegurar de manera precisa la biosíntesis y entrecruzamiento de los polímeros (beta-glucanos y quitina en este caso) en el momento adecuado y en el lugar adecuado? FtsZ se convierte aquí en una estructura heteropolimérica más compleja: el anillo de septinas que marca el «cuello» de la yema, dirige la síntesis de quitina y su entrecruzamiento con los glucanos de manera específica en ese lugar, a la vez que define una barrera de permeabilidad selectiva entre la membrana de la célula madre y la yema emergente. Los autores integran en este panorama su descubrimiento, a lo largo de la última década, de las proteínas implicadas en el entrecruzamiento quitina-glucano, codificadas por la familia de genes *CRH*. Curiosamente, en este caso no es una explotación de las últimas tecnologías lo que ha dado la clave, sino un regreso a la tediosa y laboriosa bioquímica clásica. El trabajo gráfico de *Nature* en las ilustraciones es minucioso y la redacción del texto está impregnada del carisma de ese octogenario irrepetible, Enrico Cabib, cuya interacción con investigadores de las universidades de Salamanca y Complutense de Madrid ha supuesto siempre un impulso y motivación para el desarrollo de grupos de investigación en el campo de la pared celular fúngica.

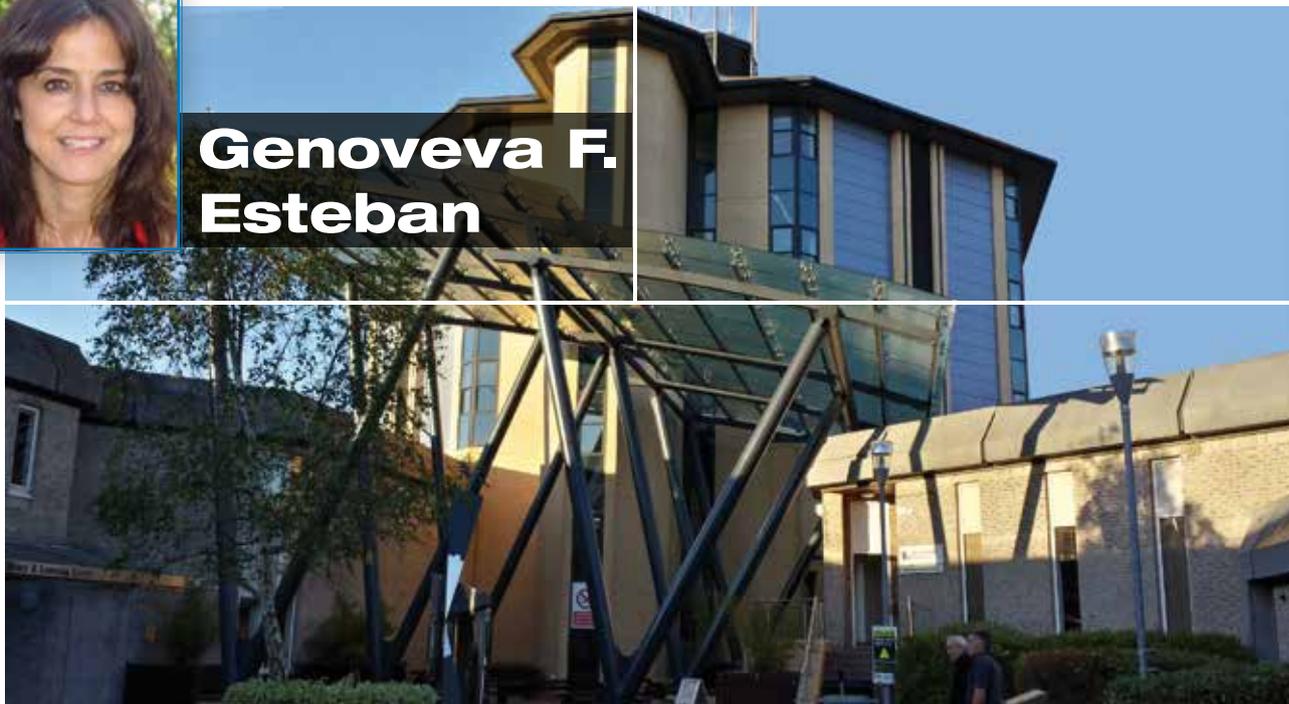
Cabib E, Arroyo J. (2013). How carbohydrates sculpt cells: chemical control of morphogenesis in the yeast cell wall. *Nat Rev Microbiol.* Sep;11(9):648-55. doi: 10.1038/nrmicro3090.

La sección «nuestra ciencia» publica reseñas de artículos científicos producidos por nuestros socios. La extensión máxima es de 250 palabras. Envía tus reseñas a la Dirección de las revistas o al grupo de divulgación D+D SEM.

sem.microbiologia@gmail.com
semaforo@semicrobiologia.org
noticiasem@semicrobiologia.org



Genoveva F. Esteban



Esta carta es como un viaje en el tiempo; es un oleaje de memorias, una historia científica y de reto personal, una historia de amor y descubrimientos, de pérdida de gente querida y admirada. No os preocupéis que estas líneas no van a ser una recopilación de lo que he hecho en las dos últimas décadas sino una invitación a compartir con vosotros una experiencia personal. Es por ello que agradezco enormemente la invitación del Presidente a que escribiera esta carta.

El 8 de enero de 1992 aterrizaba yo como becaria postdoctoral del CSIC en el aeropuerto de Manchester (Reino Unido), ceñido en el esplendoroso verde que caracteriza a la campiña inglesa. Poco me imaginaba que aquel era el primer día de un viaje sin billete de vuelta al fascinante mundo de la ecología de microorganismos eucariotas.

Mi Tesis Doctoral la dirigió la fallecida profesora del Depto. de Microbiología de la Facultad de Biología de la Universidad Complutense de Madrid, Dra. Carmen Téllez y el profesor José Cabo del CSIC. Una parte de mi Tesis se centraba en la taxonomía de ciliados –tópico de investigación en el que dicho Departamento de Microbiología poseía in liderazgo mundial debido a la aplicación impecable del método de impregnación argéntea que el profesor Dimas Fernández-Galiano había desarrollado. ¿Y por qué decidí «marcharme fuera» (que es la tradicional expresión que se emplea en estos casos)? Siempre me había fascinado la ecología de los protozoos ciliados y de otros organismos eucariotas unicelulares. Tenía inquietud por saber más, aprender más y absorber esos conocimientos, y si ello suponía «marcharme fuera», pues me tendría que ir. Y así lo hice. Pero fue

Genoveva Esteban es Profesora Asociada en la *School of Applied Sciences, Bournemouth University (Reino Unido)*. Es licenciada en zoología por la Universidad Complutense de Madrid. Realizó su doctorado en el Centro de Investigaciones del Agua del CSIC y tras una breve estancia postdoctoral en el mismo y en Italia se trasladó al *Institute of Freshwater Ecology (IFE)* en el Reino Unido, como becaria postdoctoral del CSIC. Transcurridos los tres años de la beca, el IFE (posteriormente sería el *Centre for Ecology and Hydrology del Natural Environment Research Council*) le ofreció el puesto de *Microbial Ecologist, Higher Scientific Officer*, donde ascendió a *Senior Scientific Officer*. En 2007 accedió a un puesto en la *Queen Mary University of London*, donde trabajó hasta el año 2011, cuando la Universidad de Bournemouth le ofreció un cargo académico más atractivo y estimulante. Su trabajo de investigación se centra en el estudio de la diversidad, ecología, y taxonomía de organismos unicelulares eucariotas, con preferencia de los protozoos ciliados. Otro aspecto fundamental de su investigación versa sobre consorcios microbianos, en particular las relaciones endosimbiontes entre ciliados anaerobios y bacterias metanógenas. Recientemente ha iniciado una línea de investigación sobre las algas endosimbiontes de ciliados y sobre secuestro de cloroplastos, con el descubrimiento de nuevas relaciones biológicas «pseudosimbiontes» entre microalgas y ciliados. Sus actividades de difusión científica al público en general y colegios han sido galardonadas con un Premio Nacional que recogió en *The House of Lords*. Entre sus publicaciones destaca el descubrimiento de un consorcio microbiano único que incluye los tres dominios del árbol de la vida, *Eucarya, Bacteria* y *Archaea*; la primera cita de la existencia de secuestro de cloroplastos por un eucariota aerobio para sobrevivir en medios anóxicos gracias al oxígeno producido por la fotosíntesis de los plástidos; y el descubrimiento de varias especies nuevas de ciliados.

precisamente mi formación en taxonomía de ciliados lo que persuadió a Bland Finlay a aceptarme como postdoc en su laboratorio en el *Institute of Freshwater Ecology* en Ferry House –un centro de investigación internacionalmente reconocido y admirado por sus investigaciones en ecología y otras disciplinas relacionadas con el agua dulce.

Sin darme cuenta, y según iba transcurriendo el tiempo, iba empapándome día a día del saber científico que me rodeaba; no solamente sobre teoría ecológica, protistas de ambientes anóxicos o cómo aplicar la metodología y protocolos para microscopía electrónica. No –Ferry House era mucho más que todo eso. Era el ambiente científico que se respiraba desde el momento que uno entraba en el victoriano hall de recepción con su lucio cincelado en madera; la biblioteca colmada de todas las revistas científicas que uno pudiera imaginar, por raras y obscuras que fueren; de las conversaciones científicas a la hora del café, acompañadas del bollo de queso («*scone*») mañanero horneado en la cocina del instituto; el número impresionante de estudiantes llegados de todos los rincones del mundo, algunos de ellos muy remotos, pero todos unidos por aquella hipótesis científica en cuya persecución se embarcaban, unos por corto tiempo, otros para sus tesis doctorales; académicos en sus años sabáticos; o simplemente visitas que querían la vivencia de Ferry House y su biblioteca, muchos con el anhelo de investigar allí algún día.

El tópico de investigación en el que me sumergí fue el de ciliados que viven en ambientes anóxicos, su distribución, estrategias de crecimiento, fisiología y ultraestructura. Estas investigaciones (que aún continuamos) vieron salida a impresionantes descubrimientos sobre el origen y evolución de la mitocondria y su posible relación con los hidrogenosomas. Los ciliados anaerobios, al tener un metabolismo anaerobio, carecen de mitocondrias. En su lugar, tienen unos orgánulos conocidos como hidrogenosomas, los cuales producen hidrógeno como metabolito final. La ultraestructura de ambos es muy similar excepto por el muy reducido número de crestas en estos últimos. Los ciliados anaerobios tienen además otra peculiaridad, que es la presencia de bacterias metanogénicas endosimbiontes. Estas bacterias utilizan el hidrógeno de los hidrogenosomas para producir metano (un «*greenhouse gas*»); la toma de dicho hidrógeno se traduce en un metabolismo mejorado del ciliado y por tanto una mayor producción de biomasa celular. Actualmente estamos intentando analizar el genoma de los hidrogenosomas para así elucidar su relación con el genoma mitocondrial, en colaboración con el profesor Martin Embley en la Universidad de Newcastle.

¿Recomendaría yo a los jóvenes investigadores (y también, y sobre todo, a los no tan jóvenes) a «marcharse fuera»? ¡Sin duda alguna! Si pudiese retroceder en el tiempo, ¿volvería a marcharme yo? ¡Sin duda alguna! Cualquiera que sea la duración de la estancia, dos semanas o dos años. Es una experiencia personal y laboral que únicamente se adquiere cuando uno deja la tierra natal. En Inglaterra me sentí (y sigo sintiendo) bienvenida, admirada, considerada e invitada; mis ideas se apoyan y el esfuerzo se valora y recompensa. A mi favor tenía muchas cosas, entre ellas el

de ser zoóloga (algo poco común —entonces e incluso hoy en día— en tierras británicas) e investigadora postdoctoral. En el Reino Unido (y por lo que he comprobado en múltiples ocasiones, también en muchos otros países alrededor del mundo) se respeta mucho lo de *ser doctor*. ¡Vaya, que te miran con otra cara! Y en lo que se refiere a ser zoólogo... Desgraciadamente yo he visto convocatorias de plazas en España donde se especificaba claramente (y discriminatoriamente) que, por favor, zoólogos no. Como muy elocuentemente expresa David Moreira en otra Carta al Presidente, parece que se nos aprecia más en el extranjero que en nuestra propia tierra.

Por suerte, España ha cambiado y continúa cambiando, sea por motivos económicos, retos personales o aliciente científico, y muchos son los jóvenes que hoy en día optan por una estancia en el extranjero. Sin embargo, una cosa curiosa que caracteriza a una gran mayoría de los «senior» investigadores en España (y me refiero a aquellos que ya tienen su plaza en la Universidad o centro de investigación) es su reticencia a salir y visitar otros laboratorios y así establecer fructíferas colaboraciones. En las universidades e institutos científicos en el Reino Unido hay continuo movimiento de gentes, culturas e ideas. En mi modesta opinión, aquellos que tienen «puestos fijos» en España deberían invitar a becarios extranjeros a trabajar con ellos; y ellos mismos optar por estancias (por cortas que fueren) lejos de la rutina y compañeros diarios.

Debo admitir que los británicos son, pues eso, británicos al fin y al cabo. Y aunque el «sistema» funcione y funciona bien, a una le hierve la sangre latina en muchas ocasiones. La frialdad, sentido de humor seco y, en algunos casos, la actitud imperialista de los británicos es a veces insoportable, pero se tolera y «torea» precisamente gracias a la actitud folclórica de ser española. Pero lo compensan con su carácter inglés, abierto y democrático.

Con el tiempo el *Institute of Freshwater Ecology* se convertiría en el *Centre for Ecology and Hydrology-Windermere*, y posteriormente y por motivos únicamente políticos, «Ferry House» se cerró y con él todos los tradicionales centros de investigación en Inglaterra. Esto ocurría hace diez años –un error de la administración cometido en un momento clave para los estudios de cambio climático, en los cuales Ferry House y otros centros podrían haber constituido un ejemplo mundial de investigación debido a la colección de datos que tan pacientemente se habían recogido, año tras año, estación tras estación, en todos los lagos circundantes.

En el año 2007 me cambié al sector universitario, donde sigo actualmente. Los puestos académicos en las universidades británicas (que se extiende igualmente a muchas otras en Europa) es una amalgama de horas lectivas, investigación y de iniciativas de empresa. O sea, que tenemos obligación de dar nuestras clases, publicar en revistas de impacto, buscar proyectos de investigación y asegurar financiación con empresas externas a la Universidad. Cada año se evalúa nuestra producción académica basada en esas tres premisas y cada año se fijan los objetivos para el siguiente... Por escrito y ¡firmado! Esta Carta no es el foro adecuado para debatir las ventajas y desventajas del men-

cionado sistema evaluador pero sí diré que en el Reino Unido se incita a las universidades a colaborar con la industria y empresa privada. Para ello hay iniciativas del Gobierno que subvencionan la colaboración; pero en la mayoría de los casos somos los académicos los que como hombres y mujeres de negocios «buscamos cliente». El mayor beneficio que yo le veo no es solo el subsidio económico procedente del gobierno o el cliente, sino también la posibilidad de realizar investigación aplicada de la que nuestros alumnos puedan sacar provecho. Muchas de las tesis doctorales en nuestro departamento están cofinanciadas por la empresa pública y privada, lo que nos permite tener un mayor abanico de doctorandos sin tener que depender exclusivamente de las convocatorias de becas y de proyectos de investigación. Y una vez finalizada la Tesis los doctorandos salen con puesto de trabajo garantizado (si bien he de decir que este no es siempre el caso).

Una faceta importante de mi trabajo y que se fomenta en las universidades y centros de investigación en el Reino Unido es la divulgación al público general y colegios para promocionar las ciencias naturales y especialmente la ecología acuática. Entre ellos organizo *Microscope Madness*, dentro de las jornadas *Science Family Fun Days*, que son eventos de ciencia recreativa organizados en torno a la familia –padres, niños y abuelos. Los eventos se organizan en colaboración con colegios e institutos y tienen por objeto ofrecer tareas científicas que el público tiene que aprender y desarrollar, en nuestro caso la observación de la vida microscópica de ríos, lagos, estanques y otros hábitats acuáticos. Estos acontecimientos son gratis y se organizan cada tres meses.

Por último, contaros que también capiteo un laboratorio de ecología microbiana en el River Laboratory (de la *Freshwater Biological Association* <http://www.fba.org.uk/>

river-laboratory), donde realizo mi trabajo de investigación y donde llevamos a los alumnos para prácticas de campo y para que realicen sus proyectos de fin de carrera. Y si os animáis, estaría encantada de recibirlos.

CENTRO DE TRABAJO

La Universidad de Bournemouth (en inglés, *Bournemouth University* o abreviadamente BU) se encuentra ubicada en Bournemouth, en el condado de Dorset, en la costa sur de Inglaterra, en el nacimiento de la Costa Jurásica, llamada así por su rico registro fósil de dicha época geológica. El origen de BU se remonta a principios del siglo xx, cuando se fundó el antiguo Colegio Municipal de Bournemouth. En los años 70 se convirtió en el Colegio Técnico de Bournemouth, cuyos edificios se erigieron sobre una extensa granja localizada en el Talbot Village, donde se encuentra hoy uno de los dos campos universitarios de BU. Posteriormente y con el fin de incluir estudios universitarios, el Colegio se convirtió en el *Dorset Institute of Higher Education*, el cual en 1990 dio lugar al conocido *Bournemouth Polytechnic*. En 1992, coincidiendo con un cambio de la legislación, se convirtió en *Bournemouth University*. El número de estudiantes hoy en día es 17.000, y BU es una de las universidades en el Reino Unido con liderazgo en licenciados que encuentran empleo. Para más información ver <http://home.bournemouth.ac.uk/>

La Escuela de Ciencias Aplicadas (*School of Applied Sciences*) agrupa a unos 100 investigadores, profesores, personal de administración y técnicos de laboratorio. Su reputación procede de la investigación reconocida a nivel mundial (y con importante influencia en normativa ambiental) en las áreas de ecología, conservación del medio ambiente, arqueología, antropología y ciencias forenses.



6th ADVANCES AGAINST ASPERGILLOSIS

Madrid, Spain

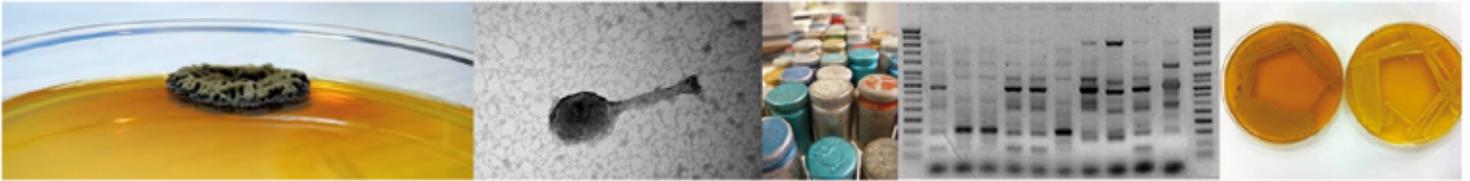
27 February – 1 March 2014

Meliá Castilla Hotel and Conference Centre

For more information and to register, visit www.AAA2014.org



Jóvenes Investigadores de la Sociedad Española de Microbiología



Jóvenes Investigadores de la Sociedad Española de Microbiología (JISEM) es una nueva iniciativa impulsada por el Grupo Especializado en Docencia y Difusión (D+D) de la Sociedad Española de Microbiología (SEM). Este grupo de trabajo ha surgido con la idea de promover, divulgar y facilitar el acceso a la investigación en Microbiología a los estudiantes de últimos ciclos así como la relación entre investigadores en sus primeras etapas científicas.



Queremos mejorar las
oportunidades de los jóvenes
investigadores en Microbiología

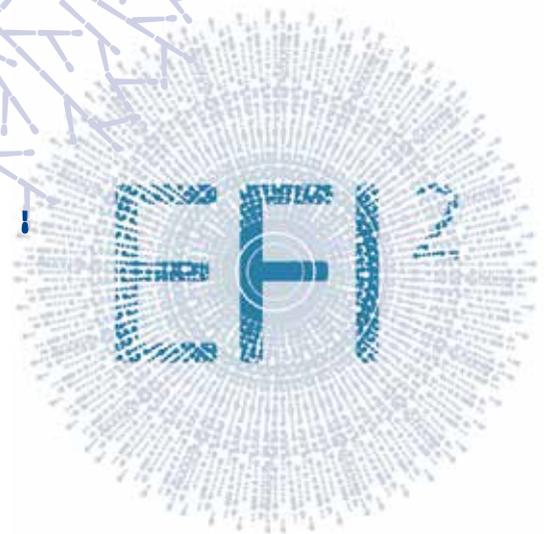
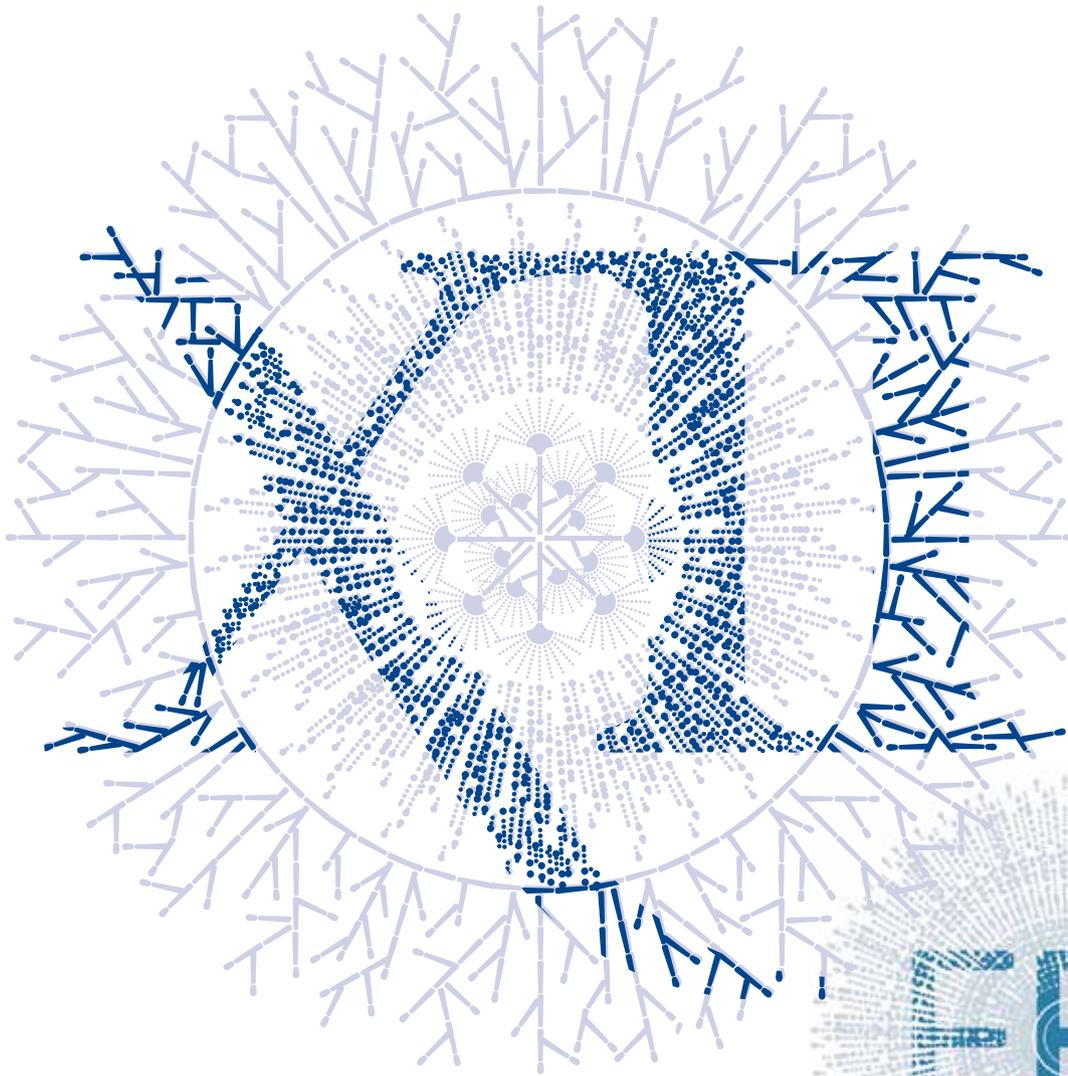
Participa y opina con el
FORMULARIO ON-LINE
de JISEM



Infórmate e informa sobre congresos y reuniones de jóvenes investigadores,
actividades del grupo, becas, ayudas, contratos, prácticas, cursos, másters...

<https://sites.google.com/site/jovenesinvestigadoressem/home>

jovenesinvestigadoressem@gmail.com



CONGRESO NACIONAL DE MICOLOGÍA

ENFERMEDAD
FÚNGICA
INVASORA 2

BILBAO, 18-20/JUNIO/2014
<http://aemicol.org/CNM2014/>



NAZIOARTEKO
BIKANTASUN
CAMPUSA
CAMPUS DE
EXCELENCIA
INTERNACIONAL