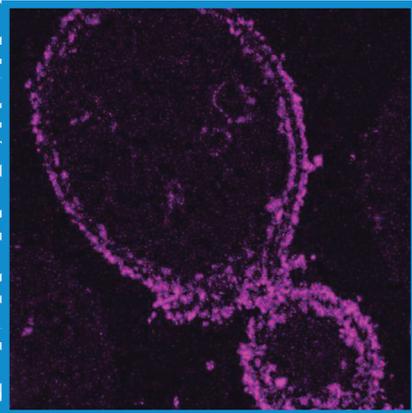
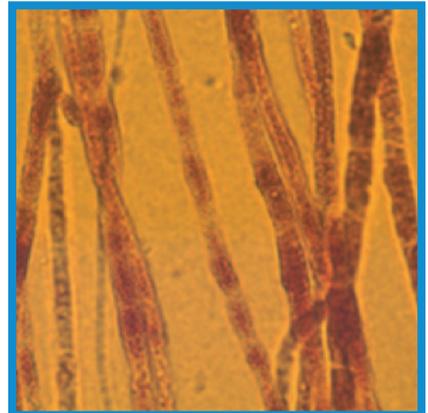
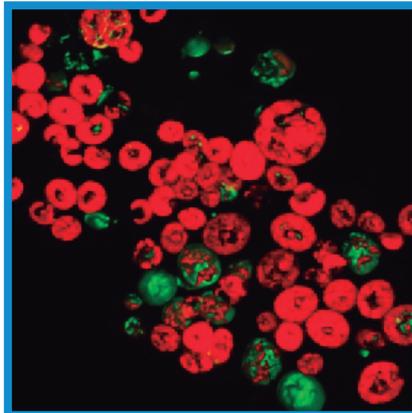


# SEM@foro

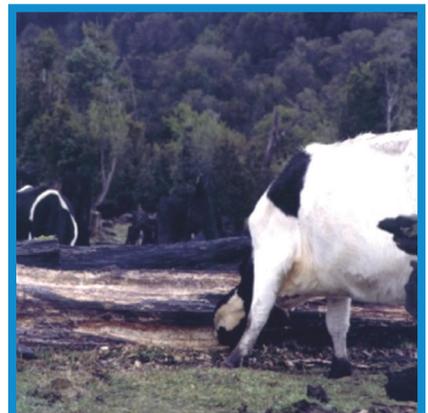
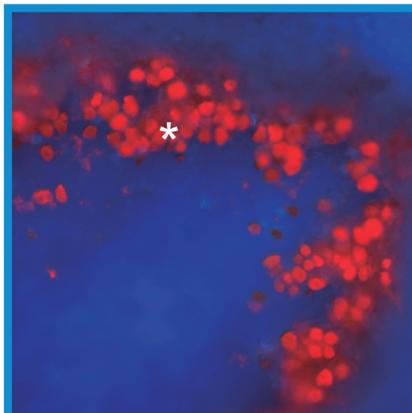
Revista de la Sociedad Española de Microbiología

DICIEMBRE 2018

N.º 66



## BIODETERIORO, BIODEGRADACIÓN Y BIORREMEDIACIÓN



[www.semicrobiologia.org](http://www.semicrobiologia.org)

70 AÑOS DE LA VISITA DE FLEMING A ESPAÑA

## Presidente

Antonio Ventosa Ucro

Dpto. Microbiología y Parasitología. Facultad de Farmacia.  
Universidad de Sevilla.  
C/ Prof. García González, 2. 41012 Sevilla.  
ventosa@us.es

## Vice-Presidente

Rafael Giraldo Suárez

Centro de Investigaciones Biológicas. CIB-CSIC.  
C/ Ramiro de Maeztu 9, 28040 Madrid.  
rgiraldo@cib.csic.es

## Secretario

Juan Alfonso Ayala Serrano

Centro de Biología Molecular Severo Ochoa.  
CSIC-Universidad Autónoma de Madrid.  
C/ Nicolás Cabrera, 1. 28043 Madrid.  
jayala@cbm.csic.es

## Tesorero

Victor Jiménez Cid

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

## Editores de publicaciones

### International Microbiology

José Berenguer

Centro de Biología Molecular Severo Ochoa.  
Departamento de Biología Molecular.  
CSIC-Universidad Autónoma de Madrid.  
C/ Nicolás Cabrera, 1. 28043 Madrid.  
jberenguer@cbm.uam.es

### SEM@foro

Manuel Sánchez Angulo

Departamento de Producción Vegetal y Microbiología.  
Universidad Miguel Hernández.  
03202 Elche (Alicante).  
m.sanchez@umh.es

### NoticiaSEM

Inmaculada Llamas Company

Departamento de Microbiología.  
Facultad de Farmacia. Universidad de Granada.  
Campus de Cartuja. 18071 Granada.  
illamas@ugr.es

### Directora de la Colección Española de Cultivos Tipo

Rosa Aznar Novella

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

### Responsable Cursos de Formación Continua on-line

Diego Alejandro Moreno Gómez

Universidad Politécnica de Madrid.  
Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales.  
José Gutiérrez Abascal, 2. E-28006 Madrid.  
diego.moreno@upm.es

## Vocales

M<sup>a</sup> 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 (Tarragona).  
mariajose.figueras@urv.cat

Inés Arana Basabe

Dpto. de Inmunología, Microbiología y Parasitología.  
Facultad de Ciencias y Tecnología.  
Universidad del País Vasco (UPV/EHU).  
C/ Barrio Sarriena s/n. E-48940 Leioa (Bizkaia).  
ines.arana@ehu.es

Montserrat Llagostera Casas

Dpto. de Genética i Microbiologia. Universitat Autònoma  
de Barcelona. Cerdanyola del Vallès. 08193 Barcelona.  
montserrat.llagostera@uab.cat

Ignacio Belda Aguilar

Departamento de Microbiología III.  
Facultad de Biología. Universidad Complutense  
de Madrid. 28040 Madrid.  
ignaciobelda@ucm.es

Diego A. Moreno Gómez

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

David Rodríguez Lázaro

Grupo Tecnología y Seguridad Alimentaria.  
Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León.  
Carretera de Burgos, Km. 119. 47071 Valladolid.  
ita-rodrazda@itacyl.es

## Presidentes de Grupos

### Biodeterioro, Biodegradación y Biorremediación

Ana M. García Ruiz

Universidad Politécnica de Madrid.  
Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales.  
C/ José Gutiérrez Abascal, 2 - 28006 Madrid.  
ana.garcia.ruiz@upm.es

### Hongos Filamentosos y Levaduras (Micología)

Humberto Martín Brieva

Dpto. Microbiología II. Facultad de Farmacia.  
Universidad Complutense.  
Pza. Ramón y Cajal s/n. 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

José Antonio Gil Santos

Dpto. Biología Molecular. Facultad Biología.  
Universidad de León. 24004 León.  
jose.a.gil@unileon.es

### Microbiología de los Alimentos

Gonzalo García de Fernando Mingüillón

Dpto. Nutrición, Bromatología y Tecnología  
de los Alimentos, Facultad de Veterinaria, UCM.  
Avda. Puerta de Hierro s/n. 28040 Madrid.  
e-mail: mingui@vet.ucm.es

### Microbiología Molecular

Adela González de la Campa

CSIC-ISCIII, Centro Nacional de Microbiología.  
Cta. Pozuelo km. 2. 28220 Majadahonda (Madrid)  
agcampa@isciii.es

### Microbiología del Medio Acuático

Alicia Estévez Toranzo

Departamento de Microbiología.  
Facultad de Biología / CIBUS.  
Universidad de Santiago de Compostela.  
Campus Universitario Sur, s/n.  
15782 Santiago de Compostela - (A Coruña).  
alicia.estevez.toranzo@usc.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.  
C/ José Antonio Novais, 2. 28040 Madrid.  
anamarti@bio.ucm.es

### Taxonomía, Filogenia y Diversidad

Jesús López Romalde

Dpto. Microbiología y Parasitología.  
Facultad de Farmacia, Univ. de Santiago de Compostela.  
15706 Santiago de Compostela (A Coruña).  
jesus.romalde@usc.es

### Docencia y Difusión de la Microbiología

Inés Arana Basabe

Dpto. de Inmunología, Microbiología y Parasitología.  
Facultad de Ciencias y Tecnología.  
Universidad del País Vasco (UPV/EHU).  
C/ Barrio Sarriena s/n. E-48940 Leioa (Bizkaia).  
ines.arana@ehu.es

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

Director: **Manuel Sánchez Angulo**. E-mail: [m.sanchez@umh.es](mailto:m.sanchez@umh.es).

Co-editora de la Sección de Biodeterioro, Biodegradación y Biorremediación: **Ana M. García Ruiz**

Webmaster de la SEM: **Jordi Urmeneta Masó**. E-mail: [jurmeneta@ub.edu](mailto: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](mailto:info.dcg@design2aa.com) • [www.design-2aa.com](http://www.design-2aa.com)

[www.semicrobiologia.org/sec/SEM@FORO](http://www.semicrobiologia.org/sec/SEM@FORO)

# SUMARIO

SEM@FORO

NUM. 66 | DICIEMBRE 2018



Collage realizado a partir de las imágenes de los diferentes artículos de los miembros del Grupo de Biodeterioro, Biodegradación y Biorremediación.

Visite la página web de la SEM:

[www.semicrobiologia.org](http://www.semicrobiologia.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, diríjase a la Secretaría de la

**Sociedad Española de Microbiología**

CIB-CSIC

c/ Ramirazo de Maeztu, 9

28040-Madrid

Tel.: 686716508

[secretaria.sem@semicrobiologia.org](mailto:secretaria.sem@semicrobiologia.org)

## NOTA DEL PRESIDENTE

Antonio Ventosa ..... 2

## NUESTROS GRUPOS

Informes de los grupos especializados ..... 4

## ARTÍCULOS

Parecidos, pero no iguales: ¿qué papel juegan los D-amino ácidos en ambientes poli-microbianos? ..... 6  
Alexander Fleming: 70 años de su visita a España ..... 8  
Las microbiólogas y la filatelia (II). El reconocimiento ..... 14  
Ed temática agromicrobios (CYTED): "Uso de la biodiversidad regional para el desarrollo e implementación de prácticas sustentables de biofertilización en cultivos de importancia agroalimentaria en Iberoamérica" ..... 18

## LIBROS

Orígenes. El universo, la vida, los humanos ..... 20  
Microbiota. Los microbios de tu organismo ..... 21  
Terapia génica y oncolítica ..... 21

## REUNIONES Y CONGRESOS

I Simposio de la Red SWI@Spain: evolucionando al proyecto MicroMundo (Madrid, 18 de julio de 2018) ..... 23  
Microbiología y Sociedad: Retos. IV Reunión de Docencia y Difusión de la Microbiología ..... 25  
XXI Congreso Nacional de Microbiología de los Alimentos ..... 28  
Alicia Estévez Toranzo, premio Wonenburger 2018 ..... 30  
El investigador Aurelio Serrano, elegido miembro del comité internacional FEPS-ISOP de Sociedades de Protistología ..... 31  
VIII European Congress of Protistology - ISOP Joint Meeting ..... 32

## ESPECIAL BIODETERIORO, BIODEGRADACIÓN Y BIORREMEDIACIÓN

Grupo Especializado de Biodeterioro, Biodegradación y Biorremediación ..... 33  
Bioingeniería y Materiales (BIO-MAT) ..... 35  
Estudio de los microorganismos que afectan el patrimonio cultural ..... 38  
Aprovechamiento y gestión sostenible de suelos y sustratos enriquecidos en elementos traza mediante el uso de plantas y sus microorganismos asociados ..... 40  
Grupo de Ecología Microbiana de la Universidad Autónoma de Barcelona ..... 43  
Evaluación de tratamientos con láser y biocidas para la eliminación de agentes biológicos que inducen biodeterioro ..... 45  
Biodegradación de la lignocelulosa: una fuente de biocatalizadores para una industria sostenible ..... 47  
Grupo de Microbiología y Tecnología Ambiental (RNM270) ..... 50  
Patrimonio y Medioambiente: nuestra investigación y logros en Biodeterioro, Restauración, Biorremediación y Nanotecnología ..... 53  
Biodegradación anaerobia de lodos y residuos agroalimentarios ..... 56  
Grupo de Biodeterioro y Biorremediación ..... 59  
Bacterias marinas detoxificadoras de metilmercurio: caracterización mediante aislamiento y técnicas -ómicas ..... 61  
Grupo de Biodegradación Medioambiental de Polímeros y Contaminantes ..... 63  
Optimizando mezclas de biocidas de protección en film Thor AMME™ para regiones tropicales ... 65

## ENTREVISTA JISEM

Víctor de Lorenzo. Consejos para jóvenes microbiólogos ..... 68

## NUESTRA CIENCIA

..... 70

## TESIS

Resúmenes de tesis doctorales ..... 77

## Nota del Presidente

Antonio Ventosa

*Presidente de la SEM*



En las próximas líneas me gustaría reseñar de una manera breve algunas novedades de interés para la Sociedad Española de Microbiología (SEM) acaecidas durante los últimos meses del año 2018 que ahora finaliza.

En primer lugar, el cambio de sede de nuestra sociedad, que a partir de ahora será el Centro de Investigaciones Biológicas (CIB-CSIC), calle Ramiro de Maeztu 9, 28040 Madrid. Tras años en la sede de la calle Rodríguez San Pedro de Madrid, las recientes negociaciones con el Consejo Superior de Investigaciones Científicas han desembocado en la cesión de una dependencia en el Centro de Investigaciones Biológicas. Por tanto, a partir de ahora volvemos a tener nuestra sede social en un centro del CSIC, institución a la que nuestra sociedad ha estado tan íntimamente ligada desde su fundación en el Instituto Jaime Ferrán en 1946. Queremos agradecer al CSIC y de manera muy especial a su Vicepresidente de Investigación Científica y Técnica, Dr. Jesús Marco, así como a la Directora del Centro de Investigaciones Biológicas, María Jesús Martínez, nuestra querida compañera y colega, por todas las facilidades que nos han dado, que supondrá además de un ahorro económico, la posibilidad de estar ligados a un centro tan emblemático desde el punto de vista de la investigación en Microbiología como es el CIB y la cercanía de otros centros docentes y de investigación en su entorno. También me gustaría agradecer la excelente labor que viene realizando nuestra secretaria administrativa, Isabel Perdiguero, y que en esta ocasión ha facilitado de manera significativa el traslado de la sede a nuestras nuevas dependencias.

Este año ha estado marcado por las reuniones de siete de nuestros grupos especia-

lizados, que han permitido de manera muy especial a los investigadores más jóvenes presentar sus estudios e interaccionar con otros científicos en un marco adecuado, especializado en sus materias de estudio. Estas reuniones, de las que se ha venido informando de manera detallada en SEM@foro y NoticiaSEM, han supuesto un éxito y un esfuerzo organizativo de los comités organizadores y científicos, a los que debemos agradecer su trabajo desinteresado.

Por otro lado, la organización de nuestra próxima cita en Málaga, donde se celebrará el XXVII Congreso Nacional de Microbiología del 2 al 5 de julio de 2019, va por buen camino y tanto el programa científico como las actividades sociales están en una fase muy avanzada. Los detalles del congreso se pueden consultar en la página web del mismo (<https://congresosem2019.es>). Entre las fechas importantes a recordar se encuentran la fecha límite de envío de comunicaciones (15 de marzo de 2019) y de inscripción a cuota reducida (31 de mayo de 2019). Siguiendo la experiencia y éxito del congreso anterior, celebrado conjuntamente con el congreso FEMS en Valencia, en la elaboración del programa científico se ha contado con la opinión de nuestros socios, tanto directamente como a través de las opiniones de los grupos especializados y de la propia Junta Directiva de la SEM, y creemos que la organización del congreso viene realizando un enorme esfuerzo por ofrecer un magnífico programa científico, que sin duda alguna será de interés general para todos nosotros, tanto por las temáticas transversales y de actualidad, como por la calidad de los conferenciantes invitados. La Junta Directiva de la SEM ha acordado recientemente apostar de forma decidida por la participación de los microbiólogos más jóvenes y está prevista la conce-

sión de un importante número de ayudas para la participación de jóvenes investigadores, así como un incremento en el número de los ya tradicionales premios a las mejores comunicaciones libres presentadas en las sesiones orales o de posters.

Estamos muy ilusionados con la organización de nuestro congreso nacional en la ciudad de Málaga, en la que por primera vez tendremos la oportunidad de reunirnos en torno a un congreso de la SEM y estamos seguros de que este congreso supondrá un éxito en cuanto a la participación y presentación y debate de temas científicos de actualidad.

Como viene siendo habitual, la conferencia de clausura será impartida por el candidato que reciba el Premio Jaime Ferrán 2019 para investigadores jóvenes, cuya convocatoria se ha hecho pública en estas fechas y que estará abierta hasta el próximo 31 de enero de 2019. Invitamos a los posibles candidatos a presentar sus propuestas a dicho premio, que además conlleva la concesión de un diploma y una dotación de 3.000 euros.

Y finalizo, indicando nuestro sentimiento de pesar por la triste pérdida en fechas recientes de dos insignes microbiólogos que han tenido el reconocimiento de la comunidad de microbiólogos, los profesores D. Rafael Gómez Lus, que ocupó el cargo de presidente de la SEM durante los años 1978-1983, y D. Ramón Parés i Farrás, catedrático de Microbiología y maestro, que realizó sus tareas docentes e investigadoras en la Universidad de Barcelona.

Recibe un cordial saludo,

Antonio Ventosa  
Presidente de la SEM

## BIENVENIDOS AL XXVII CONGRESO NACIONAL DE MICROBIOLOGÍA 2019

En nombre del Comité Organizador, tengo el placer de invitarles a participar en el XXVII Congreso Nacional de Microbiología que se celebrará en Málaga del 2 al 5 de julio de 2019. Pretendemos aunar en este congreso la dilatada experiencia de la Sociedad Española de Microbiología (SEM) y una más moderna estructura organizativa, para que este evento científico sea una excelente oportunidad de encuentro y comunicación entre los investigadores, docentes y profesionales de todas las especialidades de la Microbiología. También queremos contar con la participación de otras Sociedades científicas hermanas, como la Sociedad Española de Microbiología Clínica y Enfermedades Infecciosas, Sociedad Española de Virología, Federación Europea de Sociedades de Microbiología, Sociedad Portuguesa de Microbiología, American Society for Microbiology y la Asociación Latinoamericana de Microbiología.

El Comité Científico, emanado de la SEM, está elaborando un atractivo programa que permitirá a los asistentes elegir entre diversos simposios, sesiones orales y sesiones en paneles, donde se debatirán tanto temas de interés general como muy especializados.

Os esperamos a TODOS en Málaga...

Juan José Borrego García  
*Presidente del Comité Organizador*

### Información importante

- Web del congreso: <https://congresosem2019.es>
- Inicio de envío de comunicaciones e inscripción: 15/01/2019
- Fecha límite de envío de comunicaciones: 15/03/2019
- Aceptación de comunicaciones: 30/04/2019
- Inscripción a precio reducido: Hasta 31/05/2019



## Nuevos socios de la SEM

- |                               |                                        |                              |
|-------------------------------|----------------------------------------|------------------------------|
| • Abreu Yanes, Estefanía      | • García Martínez, María Teresa        | • Ortiz Pérez, Yelina        |
| • Alegría Carrasco, Estíbaliz | • Garrido Sanz, Daniel                 | • Pascual Benito, Miriam     |
| • Allende Prieto, Ana         | • Gómez Alvaro, Olga                   | • Payá Tormo, Lucía          |
| • Álvarez Mena, Ana María     | • González Quiñonez, Nathaly del Valle | • Pérez Rodríguez, Aitzol    |
| • Araujo Garrido, Juan Luis   | • González-Riancho, Candela            | • Pinar Méndez, Anna         |
| • Barcia Cruz, Rubén          | • Guzmán Herrador, Dolores Lucía       | • Pulido Suárez, Laura María |
| • Bellí Martínez, Gemma       | • Hidalgo Vico, Susana                 | • Rivero Menéndez, Olga      |
| • Bernabé Quispé, Patricia    | • Izquierdo-Bueno Reina, Inmaculada    | • Robas Mora, Marina         |
| • Blanco Ortiz, Albert        | • Jiang, Xi                            | • Rodríguez Alonso, Álvaro   |
| • Calavia Cacho, Celia        | • Krell, Tino                          | • Saati Santamaría, Zaki     |
| • Calvet Seral, Juan          | • La Mura Arroyo, Alexandra            | • Salas Huertas, Ana         |
| • Campos Pardos, Elena        | • Leiva Rebollo, Rocío                 | • Seguí Crespi, Guillem      |
| • Cano Prieto, Carolina       | • López López, Nahikari                | • Sellers Moya, Ángela       |
| • Canovas Lopez, David        | • Martín Souto, Leire                  | • Toribio Avedillo, Daniel   |
| • Cuesta Ferre, Sergio        | • Martínez Rodríguez, Juan Manuel      | • Toribio Celestino, Laura   |
| • de Miguel Bouzas, Trinidad  | • Matallana Redondo, Emilia            | • Torregrosa Crespo, Javier  |
| • Durán Wendt, David Ricardo  | • Matilla Cuenca, Leticia              | • Verdú Cano, Carlos         |
| • Fernández Fernández, Rocío  | • Miguel Arribas, Andrés               | • Wedel, Emilia              |
| • Frutos Grilo, Elisabet      | • Molero Martín-Portugués, Gloria      |                              |

**Altas desde junio hasta octubre de 2018**

## MICROBIOLOGÍA DEL MEDIO ACUÁTICO



**Alicia Estévez Toranzo**  
Presidenta del Grupo

Entre el 1 y 2 de octubre se ha celebrado en Stiges (Barcelona) la primera Reunión Conjunta del Grupo de Microbiología del Medio Acuático y del de Taxonomía, Filogenia y Diversidad (XII MMA y XVII TAXON). La reunión que contó con una asistencia de 75 participantes fue todo un éxito, por lo que quiero felicitar a las organizadoras locales, M<sup>a</sup> Camen Fusté, Rosa M<sup>a</sup> Pintó, Rosa M<sup>a</sup> Araujo y Maribel Farfán. Durante el primer día de la Reunión tuvieron lugar sesiones conjuntas para los dos Grupos sobre Biodiversidad y durante el segundo día se celebraron sesiones paralelas más específicas de cada grupo como Taxonomía, Filogenia y Evolución, Contaminación del medio acuático y nuevas metodologías en el campo de la contaminación.

En la ceremonia de clausura del Congreso se entregó el Premio de Investigación en Microbiología del Medio Acuático a la mejor Tesis de la especialidad defendida en el bienio 2016-2017 que está dotado con 500 € y un diploma acreditativo y que recayó en la Dra. Ana Belén López Diéguez. La conferencia de clausura estuvo a cargo de la premiada que expuso un resumen de su Tesis titulada "Estudio comparativo de la microbiota asociada a vieira (*Pecten maximus*) en diferentes sistemas de cultivo intensivo en criadero". Durante la clausura se entregaron también los premios a las mejores comunicaciones presentadas en cada una de las sesiones científicas.

Además, durante el Congreso, pudimos disfrutar de la acogedora villa de sitges y visitar el Museo "Cau Ferrat", casa estudio del artista Santiago Rusiñol.

Durante la asamblea del Grupo de Microbiología del Medio Acuático, se informó de la renovación parcial de la Junta Directiva del Grupo, en los cargos de Vicepresidenta, Secretaria y tres vocales, que tendrá lugar entre febrero y marzo de 2019. No se ha fijado la sede de la próxima reunión del Grupo, ya que está pendiente la decisión de si se continúa o no celebrando conjuntamente con el Grupo de Taxonomía, Filogenia y Diversidad.

## TAXONOMÍA, FILOGENIA Y DIVERSIDAD



**Jesús López Romalde**  
Presidente del Grupo

Los pasados días 1 y 2 octubre se celebró en Sitges la XVII Reunión del Grupo Especializado, conjuntamente con la del grupo de Microbiología del Medio Acuático. La organización corrió a cargo de las Dras. M<sup>a</sup> Carmen Fusté, Rosa M<sup>a</sup> Pintó, Rosa M<sup>a</sup> Araujo y Maribel Farfán, a las que felicitamos por su magnífica labor que se tradujo en el rotundo éxito de la reunión. El programa constó de sesiones conjuntas para ambos grupos especializados, sesiones específicas para cada grupo que se organizaron de forma paralela, así como diferentes actos sociales como la visita al museo "Cau Ferrat" o la cena de clausura



Entrega de premios a mejor comunicación subvencionados por la revista *IJSEM*.

en el puerto de Sitges-Aiguadolç. Durante la clausura se entregaron los premios a las mejores comunicaciones que, en el caso del Grupo de Taxonomía, Filogenia y Diversidad, recayeron en Aide Lasa, investigador postdoctoral en la Università degli Studi di Genova, Ana Durán, de la Universidad de Sevilla, y Rubén Barcia, de la Universidad de Santiago de Compostela. Agradecer a la revista *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology* el patrocinio de dos de estos premios, así como su contribución al congreso como espónsor.

Durante la asamblea del Grupo se decidió establecer un premio bienal a la mejor tesis doctoral de la especialidad, así como intentar conseguir un patrocinador para dicho premio. Por otro lado, aunque se comenzó a debatir sobre la sede de la próxima reunión, se aplazó la decisión a la asamblea que se celebrará durante el próximo Congreso Nacional de la SEM en Málaga.

Por último, mencionar que a finales del presente año corresponde la renovación parcial de la Junta Directiva del Grupo Especializado en los cargos de Vicepresidente, Secretario y Vocales 2º y 3º. Se seguirá, como en las últimas ocasiones, el procedimiento de votación "on line". El calendario electoral se anunciará debidamente a través de la página web de la SEM y de Noticias SEM.

## DOCENCIA Y DIFUSIÓN DE LA MICROBIOLOGÍA



**Inés Arana Basabe**  
Presidenta del Grupo

Os presentamos un breve resumen de las actividades realizadas, en este último semestre, por el grupo de Docencia y Difusión de la Microbiología.

En primer lugar, debemos indicar que, en homenaje a su mayor valedor, los cursos CIIM pasan a denominarse **Curso de Iniciación a la Investigación en Microbiología Prof. J. R. Villanueva**. Este año 2018, el **XXII Curso de Iniciación a la Investigación en Microbiología Prof. J. R. Villanueva** se ha celebrado en Burgos, con el patrocinio de la Fundación Ramón Areces y de la Facultad de Ciencias de la UBU y del Centro de Investigación en Biotecnología Alimentaria (CIBA). El responsable de la organización ha sido el Prof. David Rodríguez Lázaro que ha contado con la colaboración del grupo **JISEM** tanto en la difusión del mismo, como en la selección de I@s candidat@s y con la participación de vari@s ponentes. El programa diseñado ha cubierto diversos aspectos de la Microbiología (históricos, académicos, empresariales, etc.).

En julio se celebraron el **Simposio SWI@Spain** y la **IV Reunión del grupo especializado D+D de la Sociedad Española de Microbiología** organizados ambos por el Prof. Víctor Jiménez Cid y su equipo y en colaboración con la Universidad Complutense, VISAVET y CIB-CSIC. Durante la Reunión se rindió un merecido homenaje al Prof. Miguel Vicente por su labor en la divulgación y difusión de la Microbiología. Susana Deus Álvarez presentó **Bacterias: La historia más pequeña jamás contada** (podéis descargar el cómic en este enlace: <https://drive.google.com/file/d/1FgNaT67v-Q1vJ3duMEjC60GfT-gHOvIUx/view>). Al finalizar la reunión, se celebró la Asamblea general del Grupo.

Está en marcha el curso online de Microbiología vía Twitter en inglés que se emite con la etiqueta **#EUROMicroMOOC: Trends in Microbiology**. Cuenta con la colaboración de FEMS, la participación de 21 profesores e investigadores de 18 prestigiosas universidades y centros de investigación.

El Prof. Victor J. Cid ha participado, representando a SEM, en el International Microorganism Day 201 (Lisboa) donde presentó las actividades divulgativas del grupo D+D SEM.

La revista FEMS Microbiological Letters ha publicado **Educating in antimicrobial resistance awareness: adaptation of the Small World Initiative program to service-learning** (Valderrama *et al.* [2018] FEMS Microbiol Lett. 365(17). doi: 10.1093/femsle/fny161).

También queremos felicitar, con retraso, al Prof. Ignacio López-Goñi por el premio ASE-BIO 2018 como mejor divulgador científico en las redes sociales.

Y hemos concluido el **II Concurso fotografía en Microbiología Grupo D+D SEM** que tiene una doble finalidad, aumentar la dotación de imágenes del banco de la SEM y generar un calendario *microbiológico* con las imágenes ganadoras para su difusión a tod@s I@s soci@s y patrocinador@s de la SEM. Cuando leáis este informe, ya conoceremos las 12 + 1 fotografías que formarán parte del calendario de la SEM para 2019.

## HONGOS FILAMENTOSOS Y LEVADURAS



Humberto Martín  
Presidente del Grupo

El XIV Congreso Nacional de Micología se ha celebrado este año en Tarragona del 19 al 21 de septiembre de 2018, organizado por Pep Cano. Con más de 150 inscritos, fue un éxito en todas sus facetas. La conferencia inaugural fue impartida por Daniel Ramón, con el título "El futuro de los hongos en Biotecnología". La de clausura corrió a cargo de Javier Encinar del Dedo, del Instituto de Biología Molecular de Barcelona, quien expuso el trabajo galardonado por nuestro grupo con el premio Fleming 2018, titulado: "ORP-Mediated ER Contact with Endocytic Sites Facilitates Actin Polymerization", publicado el año pasado en "Developmental Cell" y cuyos autores son Javier Encinar del Dedo, Fatima-Zahra Idrissi, Isabel María Fernández-Golbano, Patricia García, Elena Rebollo, Marek K. Krzyzanowski, Helga Grötsch y María Isabel Geli. En la reunión del Grupo que tuvo lugar durante el congreso se acordó que el próximo Congreso Nacional de Micología, en 2020, se celebre en Valencia, organizado por Eulogio Valentín.

## BIODETERIORO, BIODEGRADACIÓN Y BIORREMEDIACIÓN



Ana M García  
Presidenta del Grupo

Durante el pasado mes de junio se llevaron a cabo las elecciones para la renovación completa de la Junta Directiva del Grupo Especializado de Biodeterioro, Biodegradación y Biorremediación de la SEM. El proceso se desarrolló con total normalidad y con una participación cercana al 41%. La nueva Junta del Grupo está compuesta por los siguientes miembros: Concepción Calvo Sainz, como Secretaria-Tesorera; Elisabet Aranda Ballesteros, Constantino Ruibal Villaseñor y Antonio Solé Cornellá, como vocales; y Marta Urizal Comas, como Vicepresidenta.

Como nueva Presidenta, y en representación de toda la Junta, quería manifestar la ilusión y el gran placer que supone para nosotros iniciar esta etapa en la que esperamos seguir contando con el apoyo y participación de todos los miembros del Grupo en cuantas actividades pongamos en marcha, tal y como han hecho hasta la fecha. También quería aprovechar para dar las gracias a los miembros de la Junta Directiva saliente y en especial a su anterior Presidenta, Asunción de los Ríos, por su excelente labor.

Uno de los primeros retos a los que nos hemos enfrentado, en tiempo record, ha sido la preparación de un nuevo monográfico dedicado a nuestro Grupo para la revista SEM@foro. El anterior se publicó en diciembre de 2013 y desde entonces se han producido numerosos cambios. Algunos de los grupos de investigación que conforman el Grupo BBB, a los que agradezco profundamente su colaboración, han querido compartir sus actividades e intereses actuales y sus logros más recientes en el presente número de la revista. Esperamos que disfrutéis leyendo quiénes somos y qué hacemos en nuestro Grupo.

# Parecidos, pero no iguales: ¿qué papel juegan los D-amino ácidos en ambientes poli-microbianos?

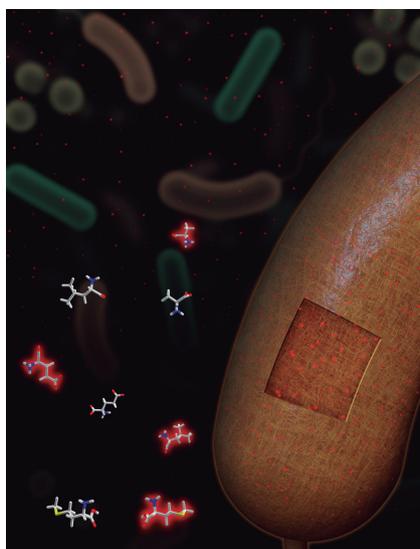


Felipe Cava - Premio Jaime Ferrán 2017

The laboratory for Molecular Infection Medicine Sweden (MIMS), Department of Molecular Biology, Umeå University, 90187, Umeå, Suecia.

Uno de los aspectos de la microbiología que me cautivó desde muy joven fue la facilidad insultante que tienen las bacterias para colonizar prácticamente cualquier ambiente imaginable. Al contrario que los humanos, la evolución ha dotado a estos seres microscópicos con unos atributos metabólicos tales que les permite expandir sus poblaciones y sobrevivir en una gran diversidad de escenarios. No obstante, no importa lo adverso que un ambiente sea, tanto las bacterias como los seres humanos no solemos vivir aislados. Como toda buena comunidad de vecinos que se precie, las comunidades microbianas también cuentan con individuos amistosos y los que no lo son tanto. En estas sociedades, establecer relaciones requiere siempre una cierta capacidad diplomática que terminará inevitablemente derivando en alianzas, indiferencia u hostilidad.

Una de las estrategias de socialización que las bacterias utilizan es la producción de efectores extracelulares (7), moléculas generalmente de pequeño tamaño que pueden actuar a distancia para modular la biodiversidad y el comportamiento de los organismos que cohabitan en un mismo nicho. Un tipo de efectores extracelulares son los D-amino ácidos, formas enantioméricas de los archiconocidos (L)-amino ácidos, constituyentes básicos de las proteínas en todos los reinos de la vida. En 2009, descubrimos que un gran número de bacterias no relacionadas filogenéticamente secretaban niveles altos de D-aminoácidos al medio ambiente (6). Desde entonces, el número de laboratorios en todo el mundo interesados en conocer el impacto biológico y ecológico de estas moléculas no ha dejado de crecer. Sin embargo, a día de hoy apenas hemos comenzado a descubrir algunas de las, aparentemente muy numerosas, funciones reguladoras de estos efectores en la fisiología bacteriana (3).



Aunque desde hace varias décadas los científicos ya conocían de la existencia de los D-aminoácidos D-alanina y D-glutámico, éstos nunca habían valorado la posibilidad de que su función fuera otra que la de ser constituyentes del peptidoglicano, una estructura específica de las bacterias que envuelve a la célula y proporciona la forma y la resistencia al turgor interno (8). Sin embargo el agente etiológico de la enfermedad del cólera -*Vibrio cholerae*, además de producir D-Ala y D-Glu, libera concentraciones milimolares de D-metionina y D-leucina al medio extracelular (6). Dado que estos D-amino ácidos son diferentes de la D-Ala y D-Glu presentes en todas las paredes bacterianas, los llamamos D-amino ácidos no canónicos (NCDAA). Curiosamente, a diferencia de la D-Ala y el D-Glu, que son producidos por racemasas citoplasmáticas mono-específicas (5), tanto la D-Met como la D-Leu son producidos por una misma racemasa multispecífica (i.e., racemasa de amplio espectro, BsrV) que se localiza en el periplasma. Otra diferencia más de BsrV respecto a las racemasas de alanina y glutámico es que ésta

primera no es esencial. En *V. cholerae*, la producción de NCDAA se induce durante la fase estacionaria de crecimiento (2,6) y depende del factor sigma de respuesta a estrés RpoS.

Pero, ¿para que sirven los D-amino ácidos? Los NCDAA se incorporan en la estructura del peptidoglicano reemplazando la D-Ala terminal de los muropeptidos. Esta “edición” química genera un sustrato sub-óptimo que ralentiza la biosíntesis del peptidoglicano y permite con ello a la bacteria coordinar adecuadamente el metabolismo de la pared celular con el crecimiento de la población cuando los recursos nutricionales escasean (2,6).

Un momento clave en nuestra investigación fue cuando caracterizamos las propiedades bioquímicas y estructurales de la racemasa BsrV (4). Encontramos entonces que BsrV podía racemizar un número de aminoácidos (>10) muy superior a los 4 que originalmente detectamos en el medio extracelular de *V. cholerae* (D-Met, D-Leu, D-Val y D-Ile). ¿Cómo se explicaba esto? Como sucede a menudo en ciencia, el descubrimiento de que *V. cholerae* liberaba D-Met y D-Leu al ambiente fue fortuito. El proyecto en su inicio consistía en identificar los determinantes genéticos que definían la morfología curvada de *V. cholerae*. En esta búsqueda encontramos que la mutación del gen *mrcA* que codifica la PBP1A en *V. cholerae*, una de las principales PBPs (del inglés, *penicillin binding proteins*) sintéticas, causaba un cambio de morfología sólo visible en fase estacionaria. Es decir, mientras que el mutante *mrcA* era perfectamente normal, al menos en forma, a la bacteria silvestre durante la fase exponencial, este bacilo curvado mudaba a forma cocoide en fase estacionaria. Razonamos que esta transición morfológica podía provenir de un estímulo ambiental. Identificamos entonces los D-amino ácidos D-Met y D-Leu en una fracción del sobre-

nadante de fase estacionaria de *V. cholerae* que resultó ser activa para inducir el cambio morfológico en el mutante *mrcA* (6). Este tipo de análisis era por supuesto sesgado porque sólo detectaba aquellos D-amino ácidos que inducían cambios en la forma de ese mutante en cuestión. Y dado que la pared es el principal determinante morfológico de la bacteria, tiene todo el sentido que la D-Met y la D-Leu fueran hallados en aquellas fracciones activas. Pero, tal y como era de esperar, un análisis químico del medio extracelular (no fraccionado) de *V. cholerae* reveló una acumulación elevada de muchos otros D-aminoácidos (como por ejemplo, D-Arg) (1). Ello nos hizo plantearnos que aunque los D-aminoácidos quizá compartan un propósito biológico último i.e., facilitar la adaptación de la bacteria a estrés, puede que usen distintas estrategias para lograrlo.

Para abordar esta cuestión, realizamos un estudio genético con el fin de identificar aquellas mutaciones que sensibilizaban a *V. cholerae* (normalmente resistente a los D-aminoácidos) frente a D-Met o D-Arg. Este experimento resultó ser muy ilustrativo porque dimos con mutaciones en genes asociados al metabolismo de la pared celular que hacían hipersensible a *V. cholerae* frente a D-Met pero no así frente a la D-Arg (1). Este resultado daba fuerza a la hipótesis que defendía que los D-amino ácidos pudieran desempeñar más de una función biológica.

A pesar de que la D-Arg es totalmente inocua para *V. cholerae*, este D-amino ácido es un potente compuesto bactericida para muchas especies bacterianas. Basamos en este hecho nuestra estrategia para investigar el mecanismo de acción de la D-Arg. Aunque volvimos a utilizar una aproximación genética, en este caso buscamos identificar mutaciones supresoras de la letalidad de la D-Arg. Utilizamos para ello dos especies bacterianas: *Caulobacter crescentus* y *Agrobacterium tumefaciens*. De esta forma no solo aumentábamos las posibilidades de éxito sino que además podríamos evaluar si ambas especies utilizaban el mismo mecanismo de resistencia o no. Sorprendentemente, las mutaciones en ambas bacterias apuntaron al sistema de

captación de fosfato (y no a la pared bacteriana), confirmando que los D-aminoácidos deben considerarse como efectores ambientales sin redundancia funcional (1).

El amplio espectro bactericida de la D-Arg hace de este D-aminoácido una poderosa arma química que bacterias productoras como *V. cholerae* pueden usar para competir con aquellos organismos que co-habitan en el mismo nicho. Siendo algo tan ventajoso llama la atención que no todos los vibrios codifiquen una racemasa de amplio espectro. Sin embargo, el que los NCDAAAs sean liberados al ambiente puede servir para que también los vibrios no productores pudieran beneficiarse de estas moléculas. De hecho, todos los vibrios son resistentes a los D-aminoácidos, independientemente de si codifican o no una racemasa de amplio espectro. Es por esto por lo que la D-Arg, por ejemplo, podría usarse como una estrategia cooperativa que permitiera defender a un grupo heterogéneo de vibrios y expandir sus poblaciones en ambientes polimicrobianos hostiles (1). De hecho, las especies de vibrio co-habitan en diversos nichos marinos y de agua dulce y, por lo tanto, pueden beneficiarse de la producción altruista de D-Arg por parte de unas pocas especies productoras.

Dado que las bacterias parecen generar sin gran problema mutaciones para sobreponerse a los efectos nocivos de los D-Arg y D-Met, es posible que la producción de distintos tipos de NCDAAAs dirigidos contra distintos tipos de procesos (dianas) celulares sirva para minimizar la emergencia de especies resistentes. La aplicación combinada de NCDAAAs bactericidas en terapias antimicrobianas tiene un gran potencial en el área clínica. Es más, D-amino ácidos afectando procesos no vitales como el biofilm, motilidad, secreción de toxinas o la esporulación pueden tener también un papel muy relevante en el control de la virulencia de bacterias patogénicas.

La abundancia de los L-aminoácidos existentes en un nicho en concreto junto con la diversidad de especies bacterianas productoras de racemasas multiespecíficas determinará en última instancia: i) la composición

y la cantidad de D-aminoácidos secretados y, ii) la biodiversidad, fisiología y comportamientos microbianos que se verán afectados en otros entornos. No obstante, todavía queda mucho por aprender a cerca del papel de los NCDAAAs en procesos como la señalización, el desarrollo y la interferencia metabólica, estudios que proporcionarán una información mecanística muy valiosa sobre la evolución de los ecosistemas microbianos.

## AGRADECIMIENTOS

Gracias a la Sociedad Española de Microbiología (SEM) por la concesión del premio Jaime Ferrán 2017. La investigación en el Cava lab está financiada por la Fundación Knut and Alice Wallenberg (KAW), The Laboratory of Molecular Infection Medicine Sweden (MIMS), el Consejo Sueco de Investigación y la Fundación Kempe.

## REFERENCIAS

1. Alvarez, L., Aliashkevich, A., de Pedro, M.A., and Cava, F. (2017). Bacterial secretion of D-arginine controls environmental microbial biodiversity. The ISME journal.
2. Cava, F., de Pedro, M.A., Lam, H., Davis, B.M., and Waldor, M.K. (2011a). Distinct pathways for modification of the bacterial cell wall by non-canonical D-amino acids. The EMBO journal 30, 3442-3453.
3. Cava, F., Lam, H., de Pedro, M.A., and Waldor, M.K. (2011b). Emerging knowledge of regulatory roles of D-amino acids in bacteria. Cellular and molecular life sciences : CMLS 68, 817-831.
4. Espaillet, A., Carrasco-Lopez, C., Bernardo-García, N., Pietrosevoli, N., Otero, L.H., Alvarez, L., de Pedro, M.A., Pazos, F., Davis, B.M., Waldor, M.K., et al. (2014). Structural basis for the broad specificity of a new family of amino-acid racemases. Acta Crystallogr D Biol Crystallogr 70, 79-90.
5. Hernandez, S.B., and Cava, F. (2016). Environmental roles of microbial amino acid racemases. Environmental microbiology 18, 1673-1685.
6. Lam, H., Oh, D.C., Cava, F., Takacs, C.N., Clardy, J., de Pedro, M.A., and Waldor, M.K. (2009). D-amino acids govern stationary phase cell wall remodeling in bacteria. Science 325, 1552-1555.
7. Riley, M.A., and Wertz, J.E. (2002). Bacteriocins: evolution, ecology, and application. Annual review of microbiology 56, 117-137.
8. Vollmer, W., Blanot, D., and de Pedro, M.A. (2008). Peptidoglycan structure and architecture. FEMS Microbiol Rev 32, 149-167.

# Alexander Fleming: 70 años de su visita a España

Eduardo Villalobo Polo

Profesor titular del Departamento de Microbiología de la Universidad de Sevilla.



Alexander Fleming, Doctor en Medicina desde 1906, Caballero inglés desde 1944, Premio Nobel desde 1945 y Sabio desde 1948, nació cerca de Darvel, Ayrshire, Escocia, en agosto del año 1881 y murió en 1955, con 73 años, en Londres, Inglaterra. Sir Alexander, como habrían de llamarlo en la Gran Bretaña, es uno de los científicos que mayor número de personas conocen y seguramente uno de los más populares. Es, además, uno de los científicos sobre el que quizá más bulos se han escrito; por mencionar uno de los más célebres y épicos, el que cuenta que Fleming salvó por dos veces la vida a Winston Churchill, el que fuera Primer Ministro Británico. Dicen que la primera vez Fleming habría de salvar a Churchill de morir ahogado cuando ambos eran unos niños. Dicen que la segunda vez Fleming habría de tratar con penicilina a Churchill para evitar que muriera de una grave infección pulmonar. Ni lo uno ni lo otro es cierto.

Mucho se ha escrito sobre la biografía de Fleming y sobre su mayor descubrimiento, así que no voy a abundar mucho más de lo necesario ni sobre la una ni sobre lo otro. Dedicaré la mayor parte de esta comunicación a relatar cómo fue la visita a nuestro país. Pero como además se celebran los 90 años desde que descubriera la penicilina, déjenme que empiece por esta última.

## EL HITO: DESCUBRIMIENTO DE LA PENICILINA

Como es bien sabido, se atribuye al Doctor Alexander Fleming el descubrimiento, a principios del siglo XX, del primer antibiótico: la penicilina. Penicilina deriva del nombre científico del Género al que pertenece el microorganismo productor del antibiótico: *Penicillium*. Unos años antes que Fleming, John S. Burdon-Sanderson había observado la inhibición del crecimiento bacteriano en

presencia del moho *Penicillium*, en la línea de lo observado también por Lister, Tyndall o Pasteur unas décadas antes que Fleming y Burdon-Sanderson. No parece, por tanto, que lo descubierto por Fleming fuera totalmente desconocido.

El descubrimiento fue por puro azar; o al menos esa es la idea que permanece en la conciencia colectiva. El hecho de que el antibiótico se descubriera por “casualidad”, y no fruto de un concienzudo y metódico trabajo científico, da un cierto aire romántico al hallazgo que a todos gusta. Por acaso o no, el Doctor Fleming relata en su publicación de 1929, en el *British Journal of Experimental Pathology*, que “mientras trabajaba con unas variantes de estafilococos, unas placas de cultivo fueron dejadas a un lado... y examinadas de vez en cuando”. Arguye que “necesariamente, al ser examinadas, las placas se expusieron al aire y se contaminaron con varios microorganismos”.

Las personas malintencionadas nunca creyeron la versión ofrecida por Fleming. Dijeron que todo se debió al desorden reinante en su laboratorio y que Fleming, en el caos, halló su fortuna. Sea falso o pura verdad, cuando le preguntaban por el hallazgo de la penicilina, Fleming afirmaba siempre con humor: “a veces uno realiza un hallazgo cuando no lo está buscando” o “no he descubierto la penicilina por casualidad sino fruto de mis experiencias diarias”.

Las afrentas hacia el científico escocés no quedaron ahí, pues también se le tachó de haragán, inepto, poco ambicioso e incapaz de darse cuenta del potencial terapéutico de la penicilina. Nada más alejado de la realidad. Cierto es que no purificó la penicilina, algo necesario para su uso terapéutico. Pero tampoco es menos cierto que ni Fleming tenía la formación necesaria, ni el personal ni los recursos adecuados para realizar lo que al final

terminó siendo la colosal tarea de purificar la penicilina. Es meritorio, al menos, que Fleming usara el caldo donde crecía el moho productor de penicilina y comprobara que no era tóxico inyectado en animales. Además, hay que decir que, aunque nunca dejara claro experimentalmente que la penicilina tenía poder terapéutico, Fleming lo intuyó, pues en su famoso artículo de 1929 afirmó de soslayo: “su [de la penicilina] posible uso en el tratamiento de infecciones bacterianas”. Esa afirmación tampoco se debe considerar novedosa, ya que desde la antigüedad se conocía el poder de algunos mohos para curar heridas.

A pesar de todos los aspectos negativos que se pudieran resaltar sobre el descubrimiento y su desarrollo, lo que no cabe duda es de que Fleming fue un visionario en lo que a la resistencia a antibióticos se refiere. Basta con leer su discurso de aceptación del premio Nobel en 1945, donde ya vaticinó: “existe el peligro de que un hombre ignorante pueda fácilmente aplicarse una dosis insuficiente de antibiótico, y, al exponer a los microbios a una cantidad no letal del medicamento, los haga resistentes”. Nótese que 70 años más tarde la Organización Mundial de la Salud ya advierte de que la resistencia a antibióticos es uno de los principales problemas de salud pública a nivel mundial.

Sea como fuera, no hay ninguna duda de que el descubrimiento de la penicilina ha sido, es y seguramente será uno de los mayores avances para la salud humana en mucho tiempo que, de forma justa o injusta, quedará irremediablemente atribuido al genio y figura de Sir Alexander Fleming.

## LLEGADA A ESPAÑA POR CATALUÑA

Fleming llegó a España el 26 de mayo de 1948 siendo un reconocido Doctor distinguido con el Premio Nobel, y se fue el 14 el



Panel 1. A la izquierda, monumento a Fleming en Barcelona en Jardins del Doctor Fleming, carrer del Carme. A la derecha, el monumento de Madrid en la Plaza de Toros Monumental de las Ventas, calle Alcalá.

junio, ahora también distinguido como Sabio y rodeado de cierto aire de Santidad, como relataré más abajo.

Invitado por el ayuntamiento de Barcelona, Fleming aterrizó en el mes de mayo en el antiguo aeropuerto de la ciudad, donde lo recibió el Doctor Lluís Trías de Bes, quién lo acompañaría en la mayor parte de su visita por España. El Hotel elegido para hospedar al afamado Doctor en la ciudad condal fue el Ritz.

Su actividad académica en Barcelona fue muy intensa, ofreciendo un total de cinco conferencias, una de ellas en la Academia de Medicina y titulada "Historia de la penicilina". En ese acto, otorgaron a Fleming el título de Académico de Honor, imponiéndole asimismo la medalla conmemorativa.

La actividad lúdica de Fleming en Cataluña también fue intensa, entre otros enclaves

visitó Montserrat y Sitges. Y como no podía ser de otra forma en la España de la época, lo invitaron a un partido de fútbol, un amistoso España-Irlanda en l'Estadi de Montjuïc, y a una corrida de toros. Ironías aparte, o no, en la España actual también lo hubiesen invitado a un partido de fútbol y a una corrida de toros. Disfrutó por primera vez del folklore español en el Poblenou y también asistió al concurso de floristas de las Ramblas. Finalmente paseó por el Barri Gòtic.

Su estancia en Cataluña fue ampliamente seguida por la Vanguardia, periódico que conserva numerosos testimonios gráficos.

### RECORRIDO POR ANDALUCÍA

El día 7 de junio por la mañana Fleming viajó y llegó a Sevilla, vía Madrid, siendo recibido en el aeropuerto por el alcalde y las

autoridades. En la ciudad del Guadalquivir lo hospedaron en el hotel Colón, donde suelen hacerlo los toreros y las personas famosas o ilustres.

En la capital andaluza también fue homenajeado, en el Ayuntamiento, en el Ateneo y como no, en la Academia de Medicina. Los Académicos sevillanos le concedieron su medalla de oro tras pronunciar una conferencia. Quiero resaltar que en cada una de las conferencias que dio en España, Fleming dejó alguna perla en forma de una frase bien traída, elocuente o irónica, o una mezcla de ambas, como la que al parecer dijo en Sevilla. Entiéndase la frase como una excusa al no haber podido purificar la penicilina, o no, pero Fleming dijo: "la paz no es propicia para los gastos que exigen los descubrimientos de la ciencia". No sin razón, Fleming dejaba caer que la purificación de la penicilina fue posible gracias a la Segun-



Panel 2. A la izquierda, monumento a Fleming en Sevilla en la Facultad de Medicina, calle Avenida Doctor Fedriani. A la derecha, el mismo monumento en su antiguo emplazamiento del Parlamento de Andalucía, calle San Juan de Ribera.



Panel 3. A la izquierda, Fleming siendo impuesto Doctor Honoris Causa en Ciencias por la Universidad Central de Madrid. A la derecha, impartiendo la conferencia "El uso de la penicilina" en Barcelona.

da Guerra Mundial, pues es evidente que el dinero fluyó abundante y rápidamente hacia acciones o proyectos que potencialmente permitieran ganar la Guerra. La purificación y producción de penicilina, realizadas sobre todo en EE.UU., sería en ese país una de esas actividades prioritarias, como lo fue el proyecto Manhattan y su bomba atómica. Afortunadamente, la penicilina habría de salvar numerosas vidas al final de esa Guerra, ya que muchos soldados no morían directamente por el fuego enemigo, sino por las infecciones que a veces éste causaba y que la penicilina a veces curaba.

Como no pudo ser de otra manera, Fleming también asistió en Sevilla a un espectáculo flamenco, ofrecido por la aristocracia de la ciudad, y que el periódico ABC de Sevilla reflejaría con una foto en su edición del día 15 de junio de 1948. Aún en Sevilla, Fleming tuvo tiempo de recorrer el centro histórico, donde paseó por el Alcázar, visitó el Hospital de la Caridad y el de las Cinco Llagas y la Sangre. Estos dos últimos eran

los lugares donde pasaban sus postrimeros días muchos enfermos pobres de la ciudad. Cuentan las crónicas de la época que el afamado Doctor se detuvo en unos rosales del Hospital de la Caridad porque "le recordaban a su tierra natal". Todos los paseos de Fleming, en todas las ciudades que visitó, fueron seguidos por muchas personas que, entre otras cosas, lo llamaban el "Bienhechor de la Humanidad".

El 9 de junio Fleming se trasladó a Córdoba. Visitó entre otros lugares la Mezquita, Medina Azahara o el Museo Julio Romero de Torres. En la ciudad también visitó el Real Monasterio de San Jerónimo de Valparaíso, donde unos aristócratas le ofrecieron un té, costumbre muy británica. También se trasladó a Jerez de la Frontera, en donde lo pasearon en una bonita calesa, para más tarde agasajarlo con los mejores manjares y vinos en las Bodegas Domecq. En esa bodega aún podemos admirar la bota firmada por el afamado doctor, con "la mejor y más clara escritura de cuántas han firmado otros famosos".

### EN MADRID, DOCTOR HONORIS CAUSA

El 11 de junio Fleming llegó a Madrid. En la capital, acompañado por su amigo el Doctor Florencio Bustinza, pronunció varias conferencias. De hecho, es su amigo quien promovió que Fleming recibiera el mayor de los homenajes de toda su visita a España: Doctor Honoris Causa en Ciencias Naturales por la Universidad Central de Madrid (actualmente la "Complutense"). En la misma ceremonia también se le concedió la Gran Cruz de Alfonso X El Sabio. La visita del ahora Sabio por Madrid también transcurrió por el Jardín Botánico, el Consejo Superior de Investigaciones Científicas, el Hospital Anglo-Americano, el Instituto Británico y el Museo del Prado. Y como no, ofrecieron en su honor un espectáculo, esta vez una función de ballet en los Jardines del Parque del Retiro. Estando en Madrid, aprovechó para visitar Toledo en compañía del famoso Doctor Gregorio Marañón.



Panel 4. A la izquierda, Fleming durante una corrida de toros en Barcelona. A la derecha, durante un espectáculo flamenco en Sevilla.



Panel 5. A la izquierda, Fleming luciendo sombrero de ala ancha en Córdoba. A la derecha, mientras firma una bota en las Bodegas Domecq en Jerez de la Frontera.

**FLEMING GENIO Y FIGURA**

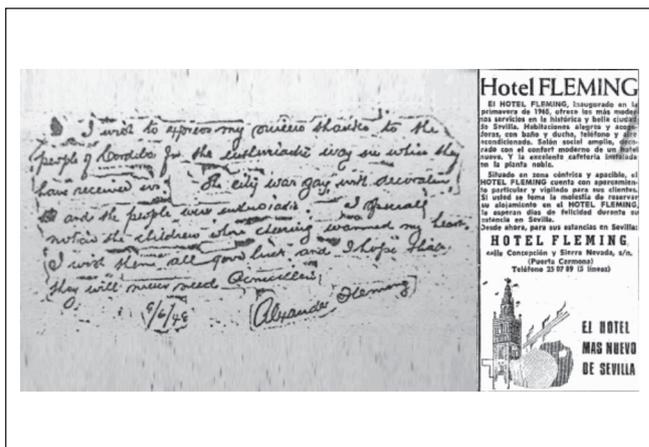
Son muchas las anécdotas que, con mayor o menor grado de veracidad, se cuentan sobre la visita del Sabio a España. En Barcelona, por ejemplo, las crónicas de la época narran que, estando Fleming en una procesión y habiendo sido reconocido por el público, éste “le tributó una larga y emotiva salva de aplausos, que Sir Alexander Fleming recibió con emoción”. Y antes de abandonar Cataluña, en la cena de homenaje y despedida ofrecida por el ayuntamiento de Barcelona, Fleming, agradecido, dijo: “lo que nunca nos había ocurrido en ciudad alguna, de las muchas que hemos visitado, es la demostración espontánea de cariño que por parte de todas las clases sociales ha tenido lugar en Barcelona”. En ese discurso Fleming hablaba en plural porque en su visita por España lo acompañó su esposa, Sarah Marion McElroy.

Los asistentes a una conferencia en la Facultad de Medicina en Madrid cuentan que, al terminar su impresionante conferencia y durante los varios minutos de aplausos, el Doctor “cogió sus notas y las hizo una bola de papel, que lanzó a una papelera que se encontraba a una distancia de varios metros, con la fortuna de encestarla limpiamente”. Los asistentes, que atestaban el Aula Magna, quedaron atónitos. Más atónito quedó el Bienhechor de la Humanidad cuando, sin tiempo a reaccionar “unos fornidos muchachos lo cogieron a hombros y lo llevaron así, como a los grandes toreros, hasta el coche oficial que le esperaba afuera”. De ese suceso Fleming nos dejó dos frases que dicen mucho sobre su naturalidad y su fino humor. Primero espetó “es la primera vez que me sucede algo parecido” para, a reglón seguido, remachar “en el fondo es justo, ese encesto no era nada sencillo”.

Y en Sevilla, alguna persona le gritaba de lejos ¡usted me ha salvado!, otra le besaba la mano diciéndole ¡ha salvado usted la vida de mi hijo!. Era tal la estima y la gratitud que en esa ciudad, y en toda España, se le tuvo y guardó al afamado doctor que, años más tarde, en los bares de un famoso restaurador de la ciudad, Don Agapito Calvo, una foto de Fleming con pajarita ocupaba siempre un lugar destacado. Cuentan que muchos de los bares de Don Agapito, como la desaparecida Marina, eran de “alterne”. En ellos, las prostitutas, que frecuentemente contraían enfermedades venéreas como la sífilis o la gonorrea, no rogaban curación rezándole a la foto de alguna de las muchas figuras de Virgenes sevillanas, como la Macarena. No, lo que hacían era ponerle velas a la foto de Fleming, como agradecimiento, pues su penicilina les curaba las enfermedades transmitidas por los clientes. Se puede afirmar, por



Panel 6. A la izquierda, página del periódico la Vanguardia del 27 de mayo de 1948. A la derecha, página del periódico la ABC del 12 de junio de 1948.



Panel 7. A la izquierda, página manuscrita de Fleming para despedirse de los cordobeses. A la derecha, espacio publicitario sobre la inauguración en 1965 del Hotel Fleming de Sevilla.

tanto, que Fleming consiguió algo inaudito, tener cierto aire de “Santidad”.

También son famosos y acertados sus comentarios en Jerez de la Frontera. Tras firmar una bota en las Bodegas Domecq dijo: “vi botas con nombres sobre ellas: Nelson, Wellington, Pitt y otros. Tuve que subir a una escalera y escribir mi nombre con tiza sobre un barril. En Escocia me enseñaron a escribir con claridad y me imagino que no hay en esa bodega nombre mejor escrito que el mío”. Los que han tenido la oportunidad de ver la bota pueden afirmar que su caligrafía es impecable. Además, tras probar el maravilloso caldo de Domecq, Fleming, demostrando un aguzado ingenio, comentó: “mi penicilina cura a los enfermos, pero vuestro jerez resucita a los muertos”.

Las crónicas de la época también cuentan que Fleming agradó al público en Córdoba cuando se dejó fotografiar con un sombrero de ala ancha. Y es que allá por donde pasó, el Doctor Fleming, el Sabio, el Santo, siempre “desató el aplauso y los vítores del entusiasmado público”, sobre todo cuando se dejaba caer con una frase elocuente o con algún detalle de los que gustaban en la España de la época. No es de extrañar que le dedicaran expresiones como “¡olé torero! o ¡viva la madre que te parió!”.

Fleming se sintió muy agradecido por la acogida que le dispensó la ciudadanía española. Sólo voy a dejar una muestra de esa gratitud, la carta de despedida a los cordobeses y publicada en el Diario de Córdoba, en la que se pudo leer: “Deseo expresar mis más sinceras gracias al pueblo de Córdoba por la forma y entusiasmo con que nos han recibido. La ciudad alegre con colgaduras y en el pueblo con su alegría y entusiasmo. Especialmente he notado los niños cuyos vítores alegraron mi corazón [...]. Deseo a todos buena suerte y espero que nunca necesiten penicilina”. ¡Qué mejor cosa se podía desear que eso último!

## FLEMING ETERNO EN ESPAÑA

La visita de Fleming a España fue irreplicable, por eso dejó un reguero de recuerdos en forma de crónicas periodísticas, de monumentos, calles en su honor e incluso Hoteles, Hospi-

tales, Centros de Salud, Colegios o Jardines con su nombre. Soy sevillano así que describiré principalmente su rastro por mi ciudad.

Lo primero de todo, un busto de Fleming, situado actualmente en un jardincillo o patio de la Facultad de Medicina de la Universidad de Sevilla. El busto de bronce está sobre un pedestal, en un conjunto arquitectónico construido en piedra caliza y realizado por Juan Abascal Fuentes entre 1957 y 1959. Hay una inscripción que dice “La ciudad de Sevilla en memoria al insigne investigador Sir Alexander Fleming, descubridor de la penicilina”. Otra inscripción dice “Este monumento se erigió por iniciativa del diario Sevilla mediante suscripción popular, con aprobación del Excmo. Ayuntamiento”. La idea de hacer el monumento por suscripción popular fue de Celestino Fernández Ortiz, concejal y director del diario Sevilla. El primer emplazamiento del monumento fue el Hospital de las Cinco Llagas y de la Sangre, que visitara Fleming. Ese edificio es hoy sede del Parlamento de Andalucía y se encuentra a las espaldas de la Facultad de Medicina de la Universidad de Sevilla. El monumento permaneció en los jardines del Parlamento de Andalucía hasta 2002, cuando se desmanteló para evitar su deterioro por las obras que iban a realizarse en el lugar. Tras varios años guardado, en 2004 se colocó en su actual emplazamiento. También tenemos, muy cerca de la Facultad de Biología de la Universidad de Sevilla y del Estadio del Betis (seguro que en la España actual también es más conocido el Estadio que la Facultad), la calle doctor Fleming. Por último, tenemos también un Centro de Salud y un Colegio Doctor Fleming, situados en el barrio de Nervión, cerca esta vez del Estadio del Sevilla. El famoso Hotel Fleming, que en su apertura se anunció como “el más nuevo y moderno de Sevilla”, ya no existe, cerró sus puertas.

Monumentos parecidos al de Sevilla los encontramos también en las ciudades de Barcelona (en el Jardines del Doctor Fleming, Carrer del Carme) y Madrid (en la Plaza de Toros de las Ventas). Destaca el monumento de Madrid porque se ve a un torero brindando un toro a Fleming y una inscripción que dice “Al doctor Fleming, en agradecimiento de los toreros”. De forma parecida a lo que comenté para la Gran Guerra, muchos toreros no morían por cornadas de toro, sino por las infecciones de las heridas sufridas durante

la corrida. Comoquiera que la penicilina vino a evitar muchas de esas muertes por infección, es lógico que los toreros estuvieran muy agradecidos al insigne Doctor.

## CONMEMORACIONES EN 2018

Durante el año 2018 mi compañera María del Carmen Escámez, periodista de la Unidad de Cultura Científica y de la Innovación de la Universidad de Sevilla, y yo hemos conmemorado la visita a España del Doctor Fleming con numerosos actos. El primero fue allá por el mes de marzo junto al monumento a Fleming en el Marco de la Fiesta de la Historia de Sevilla (70º Aniversario de la visita de Fleming a Sevilla: antibióticos y salud). Ya en el mes de junio repetimos ese mismo evento, una charla-coloquio, en nuestro Campus universitario, en un entorno distendido, el ciclista del CRAI Antonio de Ulloa de la Universidad de Sevilla. Con estos actos conseguimos algo que no es fácil en Sevilla si no hablas de fútbol, Semana Santa, Feria o el Rocío, llamar la atención de un periódico local. El 11 de junio el Diario de Sevilla publicaba un artículo titulado “Fleming, un santo con velas en los lupaneres andaluces”, que tuvo su réplica el día 12 de junio en ese mismo periódico con el artículo “Fleming, mi madre y don Agapito”. Además de esas charlas, Mari Carmen y yo grabamos también un podcast titulado “Fleming y el poder de los rayos X de Dorothy” disponible en “Ciencia Clandestina” de RadiUS (la radio de la Universidad de Sevilla).

Tras el descanso estival volvimos al ataque con Fleming y montamos la pequeña obra de Teatro “La penicilina: la bala mágica contra los microbios”, estrenada el 28 de octubre en el marco de la Noche Europea de I@s Investigador@s. Los actores, niños del proyecto MENTAC (Mentes Activas) del C.E.I.P. Príncipe Felipe de Umbrete (Sevilla). Con guion de Gloria Huertas Sánchez, profesora en la Facultad de Física de la Universidad de Sevilla, Mª Carmen Medina Vela, maestra del C.E.I.P., y yo mismo. Los que estuvieron allí, unas 50 personas, cuentan que “se divirtieron mucho” y, a tenor de los aplausos, fue “un gran éxito”.

Terminaremos los actos de conmemoración en noviembre, otra vez con la charla “70º Aniversario de la visita de Fleming a Sevilla: antibióticos y salud” pero esta vez en la Semana



Panel 8. A la izquierda, un momento de la charla-coloquio sobre la visita de Fleming a España, en el bicicletero del CRAI Antonio de Ulloa, en la Avenida Reina Mercedes de Sevilla. A la derecha, los "actores" del teatro sobre la penicilina en el patio del CICUS, en la calle Madre de Dios de Sevilla. El vídeo de la función de teatro "La penicilina: la bala mágica contra los microbios" se encuentra en <http://mentacpfelipe.blogspot.com/2018/09/teatro-cientifico-la-penicilinala-bala.html>

de la Ciencia de Andalucía, durante la visita que estudiantes de más de 40 colegios e institutos de Sevilla y provincia realizarán a las 4 Facultades de Ciencia (Química, Física, Biología y Matemáticas) del Campus de Reina Mercedes de la Universidad de Sevilla.

Muchos otros han hablado de la visita de Fleming a España, algunos durante este 70º aniversario, otros anteriormente. Perdonadme si no os menciono aquí. Tengo que reconocer que el blog "Enroque de Ciencia", escrito por Carlos Roque Sánchez, ha sido de gran ayuda e inspiración, no sólo para saber mucho sobre la visita de Fleming a España, sino también para conocer curiosidades de mi ciudad, Sevilla. Aunque no le conozco personalmente, gracias Carlos. También mencionaré al profesor Ignacio López Goñi, de la Universidad de Navarra, quien se hizo eco de la visita de Fleming a España en la entrada de su blog del 3 de septiembre de este año.

### LECTURAS RECOMENDADAS

- El artículo que describe el descubrimiento de la penicilina es una lectura

muy recomendable y se encuentra en: Fleming A. 1929. On the antibacterial action of cultures of a *Penicillium*, with special reference to their use in the isolation of *B. influenzae*. Brit J Exp Path 10: 226-236.

- El discurso de aceptación del Nobel es una lectura larga pero también recomendable. Se puede leer este discurso y otros discursos de aceptación del Nobel en: <https://www.nobelprize.org/>
- Un texto escrito por Jorge Pedreña en 1948 y titulado "El doctor Fleming en España" (Revista Nacional de Educación. Madrid, 1948, nº 81; p. 78-81) es un buen comienzo para saber cómo fue la visita de Fleming a España, pero sobre todo para saber cómo se trataban temas de Ciencia en la época de la dictadura. El documento es accesible en: <http://hdl.handle.net/11162/77094>
- Blog Enroque de Ciencia por Carlos Roque Sánchez, accesible en: <http://enroquedeciencia.blogspot.com/>

- Los distintos artículos aparecidos en la Vanguardia tienen un indudable interés histórico. La información recogida sobre Fleming por este periódico se puede encontrar en su hemeroteca, accesible en: <https://www.lavanguardia.com/hemeroteca>
- Varios testimonios gráficos de la visita de Fleming a Barcelona en la Vanguardia son accesibles en: <https://www.lavanguardia.com/reportajes-fotograficos/20130526/54373604779/alexander-fleming-en-barcelona.html#1>
- Los distintos artículos aparecidos en el ABC también se pueden consultar en su hemeroteca, accesible en: <http://hemeroteca.abc.es/>

### FINANCIACIÓN

Esta comunicación forma parte de un proyecto de Divulgación Científica financiado por VI Plan Propio de Divulgación y Tránsito de la Universidad de Sevilla.

# Las microbiólogas y la filatelia (II). El reconocimiento

J.J. Borrego<sup>1</sup> y I. Llamas<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidad de Málaga

<sup>2</sup> Universidad de Granada

Continuamos con el segundo capítulo dedicado a las ilustres microbiólogas. En este capítulo encuadramos a las mujeres dedicadas a nuestra Ciencia que nacieron en el siglo XX.

**Hattie Elizabeth Alexander** (1901-1968, Estados Unidos) desarrolló métodos eficaces para controlar las infecciones producidas por *Haemophilus influenzae*, utilizando un anti-suero, productos sulfa-derivados y la estreptomycinina. Identificó y estudió la resistencia a antibióticos por transformación de cepas de *H. influenzae*. En 1964 fue presidenta de la *American Pediatric Society*.

**Margaret Jane Pittman** (1901-1997, Estados Unidos) fue considerada microbióloga pionera del *National Institute of Health* donde trabajó en el diseño de vacunas contra las fiebres tifoideas, cólera y tosferina.

**Barbara McClintock** (1902-1992, Estados Unidos) (Fig. 1) obtuvo el Premio Nobel de Medicina en 1983 por sus investigaciones en citogenética y por el descubrimiento de los transposones. Trabajó con George Beadle en la genética de *Neurospora crassa*. Entre los años 1948 y 1959, desarrolló una hipótesis que explicaba cómo los elementos transponibles regulaban la acción de los genes inhibiendo o modulándolos (sistema Ac/Ds del maíz). La importancia del trabajo de McClintock sólo se valoró en su plenitud cuando en la década de los sesenta los genetistas fran-



Fig. 1.- Estados Unidos (2005). B. McClintock. Catálogo Scott nº 3906.

ceses Jacob y Monod llegaron a conclusiones semejantes trabajando con el operón *lac*. En la década de 1970 se clonaron los *loci ac* y *ds*, demostrándose que eran transposones de clase II, con dos transposasas, una funcional y otra no, lo cual encaja con la descripción funcional realizada por McClintock.

**Ruth Myrtle Patrick** (1907-2013, Estados Unidos) se dedicó a la micropaleontología entre sus primeras áreas de investigación, verificando que las diatomeas eran indicadores de las condiciones paleoecológicas (cambios climáticos, tectónicos, registro fósil e incluso presencia de carburante fósil). En la década de 1940, Ruth aplicó un nuevo enfoque al estudio de la evaluación de la calidad del agua en los ecosistemas dulceacuicolas, confirmando que la biodiversidad del agua se podía usar como medida del grado de su contaminación. Así, llegó a la conclusión de que el aumento del grado de contaminación del agua estaba inversamente correlacionado con su biodiversidad, lo que actualmente se conoce como "Principio de Patrick". Aunque limnóloga en origen, se ha incluido en esta sección por su gran aportación al campo de la ecología microbiana. Para más ampliación véase el artículo publicado por Mercè Piqueras (2016) titulado *Ruth Patrick (1907-2013), la señora de las diatomeas*. *Sem@foro* 61: 9-12.

**Dorothy Mary Crowfoot Hodgkin** (1910-1994, Reino Unido) (Fig. 2) recibió el Premio Nobel de Química en 1964. Desarrolló la técnica de difracción de rayos X para aplicarla en la búsqueda de la estructura tridimensional exacta de las moléculas orgánicas complejas como la pepsina, los esteroides, la penicilina, la vitamina B12, la insulina, el suprasterol, la lactoglobulina, la ferritina y el virus del mosaico del tabaco. Además, junto con sus colaboradores describieron la estructura de la vitamina D2 y del antibiótico gramicidina.



Fig. 2.- Reino Unido (1996). D. Hodgkin. Catálogo Stanley Gibbons nº 1935.

**Mary Barber** (1911-1965, Reino Unido) fue una de las primeras científicas en estudiar la resistencia antibiótica que desarrollaban las bacterias, centrándose en los  $\beta$ -lactámicos.

**Lida Holmes Mattman** (1912-2008, Estados Unidos) investigó la función de los depresores de la tensión superficial en sistemas inmunológicos. Además, consiguió por primera vez demostrar la fijación del complemento en virus y la descripción de otros patógenos implicados en el botulismo. Pero quizás su mejor trabajo fue su estudio en profundidad de las formas "L", tanto *in vivo* como *in vitro*. Mattman desarrolló un nuevo método para cultivar *Borrelia burgdorferi* de pacientes con la enfermedad de Lyme crónica (Fig. 3). Mattman fue nominada para recibir el Premio Nobel de Medicina y Fisiología en 1998.

**Gertrude Henle** (1912-2006, Alemania-Estados Unidos) trabajó junto a su marido, Werner Henle, y llevó a cabo un importante trabajo sobre el desarrollo de vacunas contra la gripe y diagnósticos para la detección de virus, entre los que se encuentra una prueba diagnóstica para la parotiditis. Además, demostraron los efectos transformantes del virus de Epstein-Barr y estudiaron el efecto de las radiaciones gamma sobre el virus de la hepatitis.



Fig. 3. Logotipo de la enfermedad de Lyme. Estados Unidos. Colección Zazzle (2017). La enfermedad de **Lyme**, también conocida como borreliosis de **Lyme**, es una enfermedad infecciosa que afecta a varios órganos del hombre, causada por la espiroqueta *Borrelia burgdorferi*, que es transmitida por las garrapatas.

**Gertrude Belle Elion** (1918-1999, Estados Unidos) (Fig. 4) recibió en 1988 el Premio Nobel de Fisiología y Medicina por sus investigaciones sobre el tratamiento con determinados fármacos. Elion sintetizó por primera vez la diamopurina que inhibía el crecimiento de *Lactobacillus casei* mediante su incorporación a las cadenas de ADN. Los estudios clínicos de este compuesto mostraron resultados esperanzadores en el tratamiento de la leucemia. Posteriormente, sintetizó otros compuestos como pirimetamina (tratamiento de la malaria), trimetoprim (antimicrobiano), azatioprina (inmunosupresor en tratamiento de trasplantes, leishmaniosis, enfermedades autoinmunes, etc.), aciclovir (antivírico contra



Fig. 4.- República de Malí (2009). G. Elion. Sello Centenaria.

los herpesvirus) y la zidovudina (AZT, tratamiento del VIH).

**Patricia Hannah Clarke** (1919-2010, Reino Unido) realizó sus investigaciones principalmente en el campo de la producción y el metabolismo de las enzimas bacterianas. Escribió, junto a M. H. Richmon, el texto *Genetics and Biochemistry of Pseudomonas*, en el que presentaban los fundamentos, la metodología básica y las aplicaciones específicas de la cromatografía gas-líquido en Microbiología y Medicina. Otros trabajos fueron: *Hydrogen sulphide production by bacteria*; *An inducible amidase produced by a strain of Pseudomonas aeruginosa*; *Biochemical classification of Proteus and Providence cultures*; *Butyramide using mutants of Pseudomonas aeruginosa which produce an amidase with altered substrate specificity*, por citar los más importantes.

**Rosalind Elsie Franklin** (1920-1958, Reino Unido) es conocida como “la gran olvidada” ya que fue responsable de importantes contribuciones a la comprensión de la estructura del ADN (las imágenes por difracción de rayos X que revelaron la forma de doble hélice de esta molécula son de su autoría), del ARN, de los virus (mosaico del tabaco y poliovirus), y del carbón-grafito. Sus trabajos acerca del carbón y de los virus fueron apreciados en vida, mientras que su contribución personal a los estudios relacionados con el ADN, que tuvo un profundo impacto en los avances científicos, fue reconocida de la misma manera que los trabajos de James Watson, Francis Crick y Maurice Wilkins. Su condición de feminista activa le conllevó al olvido y, si nos permiten, al menoscabo de su trabajo por parte de Watson y Crick. En el mismo número de la revista *Nature*, unas páginas más adelante, Rosalind Franklin y su doctorando Raymond Gosling, publicaron un artículo muy técnico sobre sus fotografías, con la famosa “51” (Fig.5), y, demostrando su honradez científica, y personal, apoyando el modelo propuesto por Watson y Crick. Tras la muerte de Franklin en 1958, su trabajo quedó, como sabemos, menospreciado y arrinconado durante largo tiempo. Cuando tuvo lugar la concesión del premio Nobel, los tres ganadores, Watson, Crick y Wilkins pronunciaron sendas conferencias, como es de rigor, pero no mencionaron a Rosalind Franklin. La opinión hoy dominante es que si Rosalind

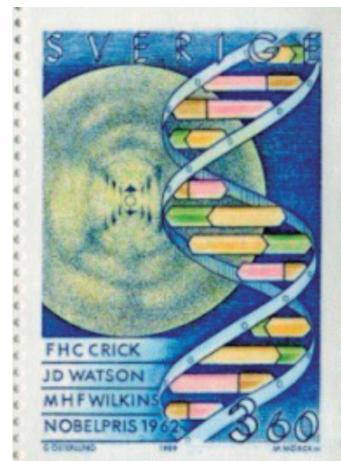


Fig. 5.- Suecia (1989). Estructura del ADN (véase la foto 51 de difracción de rayos X realizada por Franklin al fondo e izquierda). Catálogo Michel nº 1573.

Franklin hubiese vivido probablemente podría haber compartido el premio Nobel por uno de los descubrimientos científicos más grandes del siglo XX. Para ver más de esta apasionante vida véase los siguientes artículos: *A. Sayre (1975). Rosalind Franklin y el ADN. Ed. Horas y Horas*; *L.O. Elkin (2003). Rosalind Franklin and the double helix. Physics Today March: 42-48*; *J. Glynn (2008). Rosalind Franklin: 50 years on. Notes & Records of The Royal Society 62: 253-255*; y *E. Angulo (2014). El caso de Rosalind Franklin. https://mujeres-conciencia.com/2014/05/09/el-caso-de-ro-salind-franklin/*.

**Margaret Leslie Barnett** (1920-2002, Reino Unido) fue una microbióloga que trabajó con algunos de los investigadores más importantes del siglo XX (Francis Crick, Sydney Brenner y Richard J. Watts-Tobin), ayudando a realizar importantes avances y descubrimientos sobre la estructura y las funciones de los genes. El experimento publicado por Crick, Brenner, Barnett y Watts-Tobin en 1961: *General nature of the genetic code for proteins. Nature. 192 (4809): 1227-1232*, demostró que el código genético está formado por series de tres pares de codones que codifican aminoácidos individuales. Margaret también elucidó la naturaleza de la expresión génica y de algunas mutaciones genéticas trabajando con mutante del bacteriófago T4 (Fig. 6).

**Marian Elliott “Bunny” Koshland** (1921-1997, Estados Unidos) descubrió en sus investigaciones que las diferencias en la



Fig. 6.- Países Bajos (2011). Bacteriófago T4. Catálogo Michel nº 2878. Donado por el Dr. Francisco Caszola

composición aminoacídica de los anticuerpos eran las responsables de la afinidad y avidez contra las sustancias antigénicas.

**Rosalyn Yalow** (1921-2011, Estados Unidos) (Fig. 7) recibió el Premio Nobel de Medicina en 1977. Su descubrimiento del Radioinmunoensayo supuso un extraordinario avance para la Medicina y en especial para la endocrinología. Trabajó junto con Solomon A. Berson y comenzaron a explorar el uso de radioisótopos en el diagnóstico y tratamiento de enfermedades, algunas de origen microbiano como por ejemplo el virus de la hepatitis.



Fig. 7.- República de Malí (2009). R. Yalow. Hoja Bloque Centenaria.

**Esther Miriam Zimmer Lederberg** (1922-2006, Estados Unidos) es considerada la gran pionera de la genética bacteriana. Entre sus descubrimientos destaca el bacteriófago lambda (Fig. 8), el ciclo lisogénico, la transducción especializada (transferencia horizontal de genes), el diseño del método de réplica en placa, y el factor de fertilidad F debido al plásmido F. Todo ello revolucionó a la Genética Molecular y la Virología, mediante su aplicación en campos de la regulación genética bacteriana y la recombinación genética. Fundó el

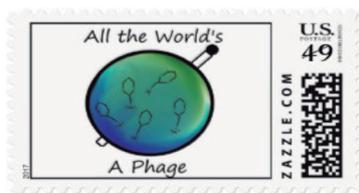


Fig. 8.- Estados Unidos (2017). Fago lambda. Serie Zazzle.

centro *Plasmid Reference Center* en la Universidad de Stanford, donde mantuvo, clasificó y distribuyó internacionalmente plásmidos de todos los tipos, incluyendo los que codifican resistencias a antibióticos y a metales pesados, genes de virulencia, colicinas, transposones, plásmidos de conjugación, etc. Su trabajo y contribuciones sirvieron de ayuda para que otros científicos tales como George Beadle, Edward Tatum, su marido Joshua Lederberg y Alfred Hershey recibieran el Premio Nobel, premio que siempre le fue negado. La periodista británica Caroline Richmond manifestaba en el periódico británico *The Guardian* en 2006: "Ella hizo el trabajo pionero en genética bacteriana, pero fue su marido quien ganó el premio Nobel". Para más información véase: *Mercé Piqueras (2013): Esther Lederberg, pionera de la genética bacteriana. SEM@foro 56: 5-8; y Esther Lederberg: científica esencial en genética microbiana, Mujeres y Ciencia, 30 mayo 2017.*

**Nancy Fannie Millis** (1922-2012, Australia) (Fig. 9) realizó investigaciones sobre las fermentaciones microbianas de alimentos, los microorganismos del suelo (*Pseudomonas*), y en ecología microbiana con van Neil. De hecho, ha sido considerada pionera en la Biotecnología Ambiental aplicada a procesos de tratamiento de aguas residuales.



Fig. 9.- Australia (2002). N. Millis. Catálogo Yvert et Tellier nº 2000.

**Audrey Jane Gibson** (1924-2008, Francia) estudió las bacterias fotosintéticas. Entre sus logros se encuentra el descubrimiento de

la importancia del selenio en el metabolismo de las bacterias, y la descripción de nuevas especies de las bacterias del azufre pertenecientes al género *Chloroherpeton*.

**Martha Cowles Chase** (1927-2003, Estados Unidos), también conocida como **Martha C. Epstein**, fue una microbióloga estadounidense famosa mundialmente por haber formado parte del grupo que en 1952 demostró que el ADN es el material genético para la vida, y no las proteínas. Sin embargo, varios sucesos que le ocurrieron durante la década de 1960 terminaron su carrera como científica. Desafortunadamente, Martha pasó décadas padeciendo una forma de demencia que la privaba de su memoria a corto plazo.

**Tu Youyou** (1930- , China) fue galardonada con el Premio Nobel de Medicina en 2015 (Fig. 10). Descubrió la artemisinina (también conocida como dihidroartemisinina), utilizada para la terapia de la malaria. El punto de partida de su investigación estuvo basado en la exploración de textos sobre medicina china tradicional. El descubrimiento de la artemisinina y su efectividad sobre la malaria está considerado como el descubrimiento más relevante de la Medicina Tropical.

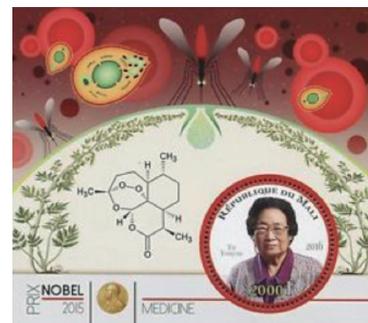


Fig. 10.- República de Malí (2016). T. Youyou. Hoja bloque Centenaria.

**Daisy Roulland-Dussoix** (1936-2014, Suiza) descubrió las enzimas de restricción y modificación durante las investigaciones de su Tesis Doctoral (Fig. 11). Este avance fue esencial para los estudios de manipulación del ADN, y por los cuales le concedieron el premio Nobel de Medicina a Wener Arber en 1978.

**Lynn Margulis, Lynn Petra Alexander** (1938-2011, Estados Unidos) fue una mujer polifacética, que hizo incursiones también en otros campos de la ciencia (Zoología, Gené-

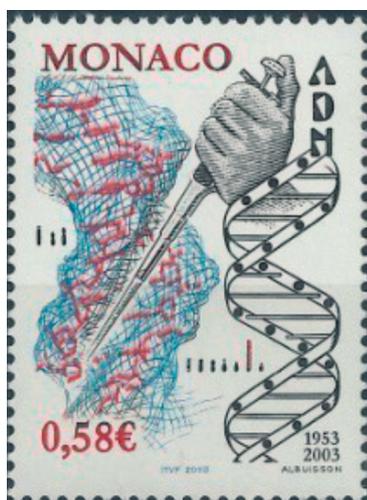


Fig. 11.- Mónaco (2003), Enzimas de restricción. Catálogo Yvert et Tellier nº 2405.

tica, Geobiología y Ecología), e incluso en la Antropología, la Literatura, la Filosofía o la Comunicación. Sin embargo, no es posible hablar de Margulis sin mencionar algunas de sus ideas que cambiaron el paradigma imperante hasta 1970 sobre los mecanismos de la evolución. Las aportaciones de Lynn Margulis mostraron una visión distinta de la evolución: “una carrera en la que los organismos que más avanzan no son los que compiten entre sí, sino los que se unen para colaborar con un mismo fin”. Entre sus numerosos trabajos en este campo destacó la descripción de un importante hito, su teoría sobre la aparición de las células eucarióticas como consecuencia de la incorporación simbiótica de diversas células proca-

riotas (“endosimbiosis seriada”, SET). En sus libros: *The Origin of the Eukaryotic Cell*, Yale University Press (1970), y *Symbiosis in Cell Evolution* (1981 y reeditado en 1993), compendia su teoría sobre el origen simbiótico de los orgánulos de la célula eucariota (mitocondrias, plastos, centriolos y el nucleocitoplasma). Posteriormente, también formuló “la teoría de la simbiogénesis” que sería la principal causa de la novedad y diversidad biológica (*Symbiotic Planet: A New Look at Evolution*, 1998; y *Genome acquisition in horizontal gene transfer: symbiogenesis and macromolecular sequence analysis*, 2009). Junto a K. V. Schwartz clasificó la vida en la tierra en cinco reinos agrupados en dos grandes categorías: bacterias y eucariotas (*Five Kingdoms*, 1988 y *Five Kingdoms: An Illustrated Guide to the Phyla of Life on Earth*, 1997). Apoyó desde el primer momento “la hipótesis de Gaia” formulada por el químico James E. Lovelock, aportando su visión según la cual las bacterias son las principales responsables de las transformaciones químicas de la biosfera (*Gaia. Implicaciones de la nueva biología*, 1989). Estudió los tapetes microbianos, en espiroquetas simbiotes, y en la microbiota de organismos xilófagos. Lynn era una “gran rebelde, luchadora, curiosa de la vida y desafiante de los dogmas de fe de las teorías evolucionistas”, en definitiva, una mujer de “carácter”. Para ampliar más esta pequeña reseña véanse los artículos de *R. Guerrero (2011): Lynn Margulis (1938-2011), in search of the truth. Int. Microbiol. 14:183-186; y M. Pique-*

*ras (2012): Lynn Margulis (1938-2011): The sense of wonder. SEM@foro 53: 14-19.*

**Françoise Barré-Sinoussi** (1947- , Francia) fue galardonada con el Premio Nobel de Medicina en 2008 (Fig. 12) junto con Luc Montaigner por el descubrimiento del virus del SIDA/HIV. Sus investigaciones aportaron un gran avance sobre varios aspectos relacionados con la respuesta inmune adaptativa a la infección del retrovirus, el papel de las defensas inmunitarias innatas del hospedador en el control del HIV/SIDA y los factores que intervienen en su transmisión de madre a hijo, por citar las más significativas.

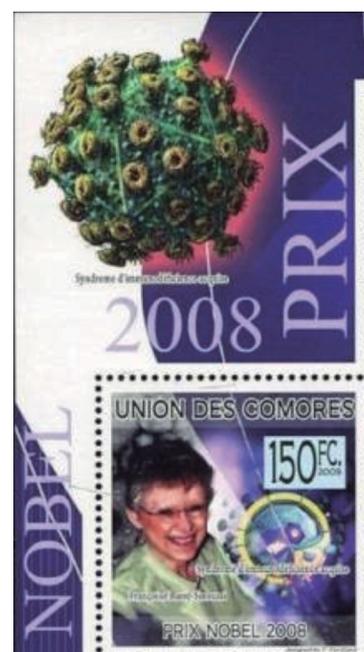


Fig. 12.- Islas Comores (2008). F. Barré-Sinoussi. Catálogo Yvert et Tellier nº B267.

# Red temática AgroMicrobios (CYTED): “Uso de la biodiversidad regional para el desarrollo e implementación de prácticas sustentables de biofertilización en cultivos de importancia agroalimentaria en Iberoamérica”

Dulce Rodríguez-Navarro<sup>1</sup>, Juan Sanjuán Pinilla<sup>2</sup>  
y Antonio Lagares<sup>3</sup>

 [dulcenombre.rodriguez@juntadeandalucia.es](mailto:dulcenombre.rodriguez@juntadeandalucia.es)  
[juan.sanjuan@eez.csic.es](mailto:juan.sanjuan@eez.csic.es)  
[lagares@biol.unlp.edu.ar](mailto:lagares@biol.unlp.edu.ar)

<sup>1</sup> IFAPA, Centro Las Torres-Sevilla.

<sup>2</sup> CSIC-EEZ, Granada.

<sup>3</sup> IBBM, Facultad de Ciencias Exactas, Universidad Nacional de La Plata, CONICET.

CYTED es el Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo, creado por los gobiernos de los países iberoamericanos para promover la cooperación en temas de ciencia, tecnología e innovación, con la finalidad de alcanzar un desarrollo armónico de Iberoamérica (<http://www.cytmed.org/es>).

En la convocatoria del año 2014, fue aprobada la solicitud de financiación de la Red Temática: “USO DE LA BIODIVERSIDAD REGIONAL PARA EL DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE PRÁCTICAS SUSTENTABLES DE BIOFERTILIZACIÓN EN CULTIVOS DE IMPORTANCIA AGROALIMENTARIA EN IBEROAMÉRICA” con el acrónimo AGROMICROBIOS, en la que participan 67 investigadores, organizados en un total de 25 grupos, de los cuales 16 pertenecen a Instituciones de I+D+I y, los restantes grupos son empresas. Las empresas incorporadas a la Red han contribuido bien con: A) infraestructura para la realización de ensayos a campo, y/o B) apoyo para la realización de eventos/material de difusión de información y formación de recursos humanos. En total participan en la Red 8 empresas y una Asociación de empresas, con sede en 6 países diferentes de Iberoamérica y Portugal. En la actualidad, las actividades de la Red AGROMICROBIOS, sólo a través de sus integrantes más cercanos (investigadores, extensionistas, doctorandos, maestrandos y técnicos), llegan a cerca de medio millar de profesionales y trabajadores del área de la Microbiología Agrícola y de Suelos.

La Red AGROMICROBIOS incluye personal científico y técnico procedente de 12 países iberoamericanos: Argentina, Bolivia, Brasil,

Chile, Colombia, Cuba, España, México, Perú, Portugal, Uruguay y Venezuela. El coordinador de la Red es el Dr. Antonio Lagares (IBBM, Facultad de C. Exactas, Universidad Nacional de La Plata, Argentina). Los grupos españoles incluyen, ESP1-Coordinador: Dra. Dulce N. Rodríguez Navarro, (IFAPA, Las Torres-Sevilla), ESP2-Coordinador Científico de la Red: Dr. Juan Sanjuán Pinilla (CSIC-EEZ, Granada), ESP3: Dr. Eustoquio Martínez Molina (Universidad de Salamanca) y, ESP 4: Dr. Fernando González de Andrés (Universidad de León).

La Red está enmarcada en el Área Temática 1: **Agroalimentación**, dentro de la Línea de Investigación 1.1 “*Diversidad genética para la producción agrícola sostenible*”, con una duración de 48 meses. La Red ha sido diseñada para aglutinar a expertos de la academia, gubernamentales, de servicios de extensión agraria, y de empresas de 12 países de la región para trabajar en **la mejora de las estrategias de biofertilización usando la biodiversidad local disponible, y hacia el ejercicio de prácticas sostenibles de mayor impacto en la producción agrícola intensiva moderna.**

Durante el periodo de vigencia de la Red se han desarrollado los siguientes **Objetivos Específicos**:

1. Relevamiento de germoplasma microbiano local con potencial actividad biofertilizante sobre cultivos que impactan en las economías regionales. Clasificación de la diversidad encontrada con métodos (UV-MALDI-TOF, 16S rDNA).

2. *Screening* de la capacidad promotora del crecimiento vegetal (PGPR) y, evaluación de los microorganismos seleccionados en ensayos piloto a campo con participación de las agencias de extensión y el apoyo económico de las empresas participantes.
3. Preservación de la colección clasificada de microorganismos según estándares internacionales.
4. Formación de recursos humanos y difusión del trabajo de la Red a través de medios escritos y electrónicos.
5. Elaboración de definiciones de productos y de estándares comunes de calidad, como base para la construcción de marcos regulatorios compatibles que faciliten el intercambio comercial de biofertilizantes en la región.

Los principales resultados previstos en el momento de solicitar la Red y, en gran parte ya alcanzados durante su desarrollo, incluyen los siguientes aspectos:

1. Creación de un ámbito regional de trabajo en un área estratégica como la **Biofertilización**, nucleando a trabajadores del ámbito académico, gubernamental, y el de las empresas.
2. Desarrollo de nuevos productos biofertilizantes seleccionados sobre la base del aislamiento de microorganismos eficientes, adaptados a suelos locales para los cultivos de mayor importancia económica

en la región (forrajes –alfalfa, Lotus-; leguminosas de grano –soja, frijol-; cereales/gramíneas –trigo, maíz, sorgo, arroz-; y otros cultivos de uso en áreas deprimidas).

- La realización de ensayos multicéntricos (en 5 países), a campo, con el propósito de: a) estudiar el comportamiento de un cultivo de importancia regional en diferentes condiciones edafo-climáticas, y b) caracterizar su respuesta a la inoculación con biofertilizantes formulados en base a cepas de elite previamente estudiadas por el consorcio AGROMICROBIOS en condiciones de invernáculo. El sistema modelo cuyo estudio se ha abordado es el cultivo de *Phaseolus vulgaris* (frijol, judía, poroto)(diferentes variedades) y su inoculación con distintas cepas de rizobios fijadoras de nitrógeno.
- Preservación del germoplasma recolectado a lo largo del proyecto y que

estará disponible al sector académico y productivo.

- Puesta en marcha -con continuidad- de un programa de difusión sobre los fundamentos, ventajas, y alcances de la biofertilización, orientado a informar de modo simple a los diferentes actores de la cadena productiva.
- Elaboración consensuada de un **glosario** donde puedan acordarse las definiciones de los diferentes productos biofertilizantes, presentes en el mercado, empleando un lenguaje común, como prólogo al desarrollo de una normativa de control de calidad acordada.

Como corolario de la presentación de la Red AGROMICROBIOS, comentar que entre los beneficios logrados no sólo están aquellos de **tipo científico y/o académico**, correspondientes a los objetivos específicos 1), 2) y 3), sino también

se han conseguido **beneficios sociales** tales como: la puesta en marcha de un *Programa de Difusión* sobre los fundamentos, ventajas, y alcances de la biofertilización, orientado a los diferentes actores de la cadena productiva; junto con la elaboración de un *Glosario* donde puedan acordarse las definiciones de los diferentes productos biofertilizantes, presentes en el mercado. En consecuencia, el impacto en el sector productivo será evidente en el corto plazo, a través de la posibilidad de utilizar mejores microorganismos seleccionados de suelos locales por su capacidad de promover el crecimiento vegetal sobre especies de la región. Y la transferencia de conocimiento y tecnología derivados del proyecto estará garantizada por la participación de las principales agencias de extensión de la región (INTA, EMBRAPA, INIA, etc).

Los antecedentes de la Red AGROMICROBIOS, remiten a la Red BIOFAG-CYTED (2003-2011) coordinada por el Dr. Juan Sanjuán (CSIC, EEZ-Granada, España).

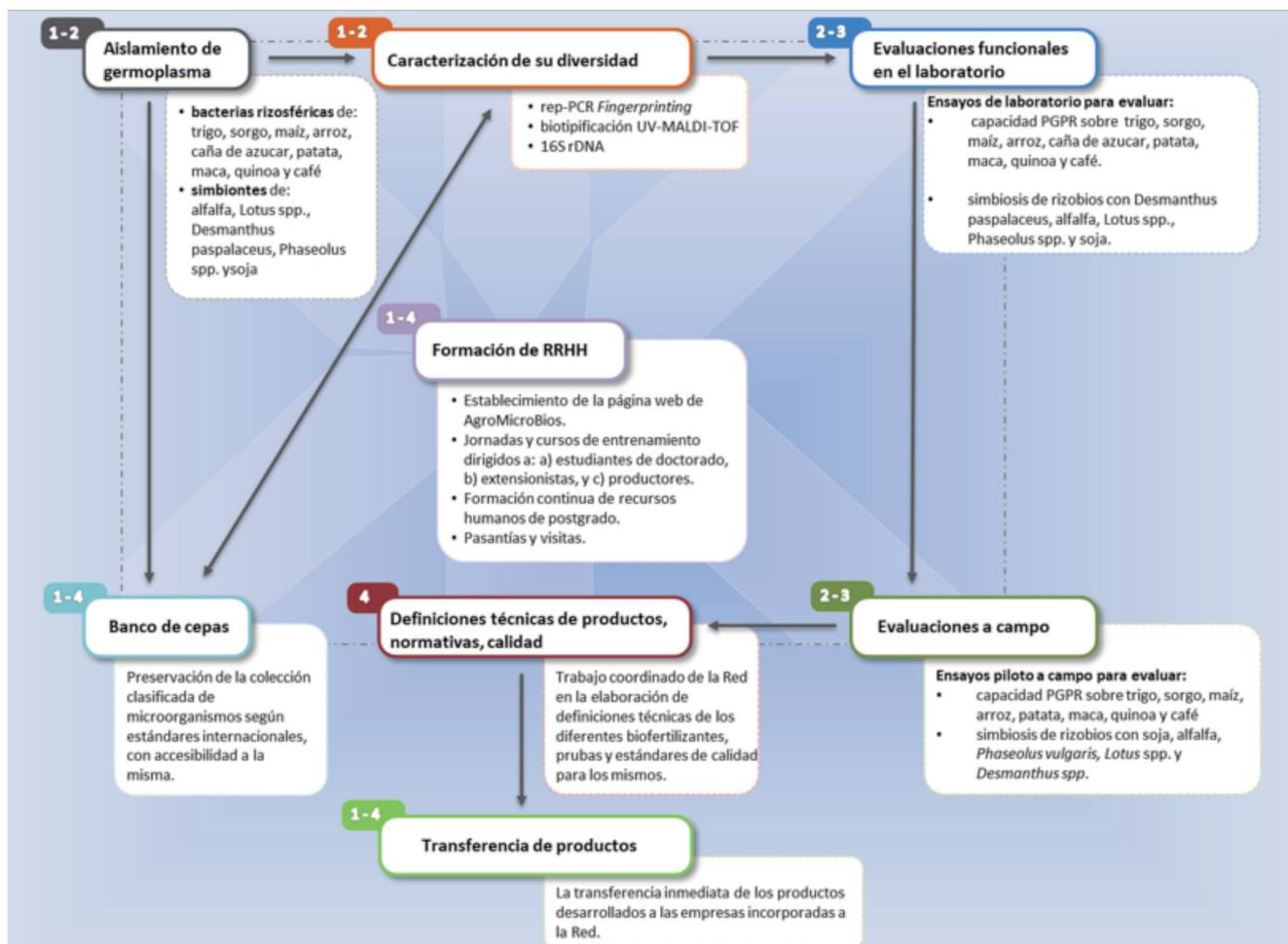


Diagrama de Trabajo. Las referencias numéricas se refieren al periodo de trabajo (1 al 4 año)

# Orígenes. El universo, la vida, los humanos

Pepa Antón

José María Bermúdez de Castro, Carlos Briones Llorente, Alberto Fernández Soto • 520 páginas • ISBN: 978-8498928624 • Editorial Crítica

El libro objeto de esta reseña va ya por la cuarta edición y ha vendido más de 5.000 ejemplares. En 2016 recibió el Premio Prismas al mejor libro de divulgación científica editado en España en 2015. Por tanto, no es una novedad. Sin embargo, después de este verano de mirar al cielo hacia la luna de sangre y de las recientes noticias sobre la presencia de agua líquida en Marte, es fácil plantearse las preguntas a las que Sinistro Total puso música allá por los 80: ¿Quiénes somos? ¿De dónde venimos? ¿Adónde vamos? ¿Estamos solos en la galaxia o acompañados? La lectura de *Orígenes* puede servir para contestarlas... y, sobre todo, para plantear nuevos interrogantes.

*Orígenes* surge de una idea brillante: juntar en una la narración de tres orígenes fundamentales, el del Universo, el de la vida y el de los humanos. El libro consta de tres partes, cada una a cargo de un experto en el tema, con su particular visión y estilo narrativo. Un magnífico prólogo de Ricard Solé, un epílogo escrito a seis manos y una nutrida bibliografía completan el texto. En realidad, aunque las tres partes están conectadas entre sí, se podrían leer como si fueran tres libros. Sin embargo, el conjunto, con la perspectiva global de estos tres orígenes y sus distintas escalas temporales, le proporciona al libro un interés adicional y su originalidad. Los autores no pretenden ofrecer una respuesta cerrada a las preguntas acerca de estos orígenes, sino que ofrecen una narración plausible, basada en evidencias, a veces incompletas, de lo que pudo haber sido.

La primera parte, a cargo del cosmólogo Alberto Fernández Soto, empieza con el *Big Bang*, hace 13.800 millones de años (Ma), y la aparición simultánea del espacio, el tiempo, la materia y la energía. El relato nos conduce por las distintas etapas de la formación del Universo, manejando magnitudes extremas (como los primeros  $10^{-43}$  segundos, en los que no sabemos si funciona la física que conocemos, o las densidades de toneladas por  $\text{cm}^3$  que se alcanzan en el centro de las estrellas), explicando los conceptos esenciales del proceso y contestando a preguntas tales como en qué se basa la tan repetida frase “somos polvo de estrellas” o por qué hay algo en lugar de nada.

La segunda, a cargo del bioquímico Carlos Briones (que también ha coordinado el libro), empieza con el origen del sistema solar hace 4.600 Ma, y relata los procesos que pudieron dar lugar en la Tierra a la vida tal como la conocemos, hace alrededor de 3.800 Ma. Pasando por la química prebiótica, la sopa (o, más bien, la lasaña) primordial, el mundo ARN, la integración de información, compartimentación y metabolismo, llegamos finalmente a LUCA y sus descendientes. El relato plantea la transición de la química a la biología no solo como el comienzo de la evolución sino también el de la ecología. La lectura de esta historia del origen (u orígenes) de la vida será sin duda muy útil para los estudiantes de Microbiología de nuestras distintas titulaciones.

El paleoantropólogo José María Bermúdez de Castro, en la tercera parte, relata el origen de la humanidad (un resumen del 2% de las hojas que tenemos del libro de la evolución humana, en palabras del autor) que, empezando hace unos 7 Ma, llevó a la aparición de *Homo sapiens* en África hace 200.000 años. Una de las ideas centrales de esta sección del libro es que el desarrollo de nuestra especie se fundamenta en las enormes ventajas de la bipedestación, que libera las manos, pero cuyas restricciones anatómicas imponen un canal de parto bastante deficiente. Este “daño colateral” hace que las hembras humanas no puedan dar a luz sin ayuda, transformado el parto en un acto arriesgado y necesariamente social, y haciendo que nuestras crías tengan que nacer antes de alcanzar su madurez cerebral. La socialización aparece, desde su origen, íntimamente relacionada con la evolución y el éxito de nuestra especie.

Este es un relato honesto y apasionado, alejado del dogmatismo, cuya lectura invita a aprender más y a reflexionar sobre la rareza de nuestra condición de seres vivos, una “oscilación apenas perceptible de la ausencia”, en palabras de los autores, fruto del azar y la necesidad. De la proporción de cada uno de estos dos ingredientes dependerá que la vida exista en algún otro planeta o satélite, dentro o fuera del Sistema Solar... o que, contestando a la pregunta de Sinistro Total, estemos solos, no ya en la galaxia, sino en el Universo. Sin duda, nuevas ediciones de *Orígenes* mostrarán la respuesta a generaciones futuras.

Nota: Para complementar esta reseña, puede servir como breve introducción al libro (no para sustituirlo) la magnífica presentación de Carlos Briones en la última edición del evento Naukas Bilbao donde, combinando pintura y una narración impecable, recorre en menos de 9 minutos la historia de estos tres orígenes. Web: <https://www.eitb.eus/es/divulgacion/videos/detalle/5862909/naukas-bilbao-2018-carlos-briones-os-voy-contar-historia/>



# Microbiota. Los microbios de tu organismo

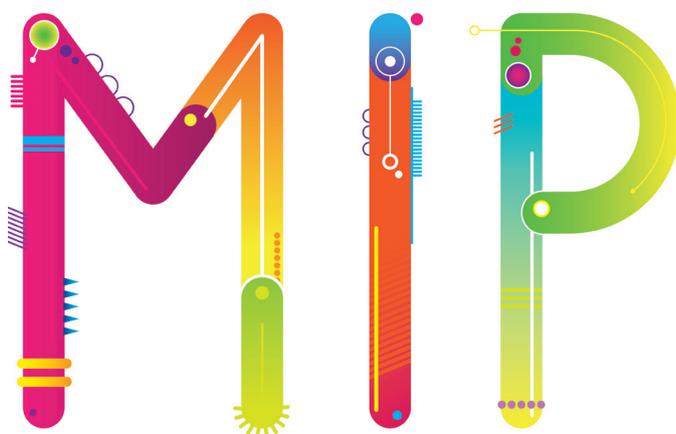
Manuel Sánchez Angulo

Ignacio López-Goñi • 270 páginas • ISBN: 978-84-94778-65-0 • Editorial Guadalmazán

No hay dos sin tres. Ignacio López-Goñi vuelve a deleitarnos con un nuevo libro de divulgación científica para el gran público, pero esta vez dedicado a la “buena gente” de la microbiota. Fiel a su estilo, Ignacio nos describe el complejo mundo de los microorganismos que conviven con nosotros utilizando un lenguaje sencillo, con frases breves y concisas, para que la idea principal nos quede perfectamente clara y no se nos vaya de la cabeza. Como los capítulos son tan cortos (de 5 a 8 páginas) y se acompañan de varias imágenes, la verdad es que te lo lees de un tirón. A destacar las graciosas ilustraciones de Iñigo Izal que inician los capítulos. Y si te quedas con ganas de saber más, al final del texto se encuentra una bibliografía bastante exhaustiva de los temas tratados.

El libro está organizado en dos partes. La primera parte es la más extensa y nos describe cómo el ser humano descubrió al mundo invisible de los microbios y a partir de ahí cómo fue entendiendo la relación simbiótica con ellos y su papel en el mantenimiento de la salud, desde el primer regalo materno al colonizarnos en nuestro nacimiento hasta los dolores de cabeza que nos pueden causar al metabolizar compuestos nitrogenados. Y no se queda ahí, también nos describe cómo la microbiota cambia o se adapta dependiendo de las circunstancias, tales como el tipo de alimentación que llevamos, si se está desarrollando un tumor canceroso o el hecho de viajar al espacio. De esta parte yo destacaría el capítulo “Una sana autocrítica” que nos puede poner en guardia frente a las diversas noticias o estrategias comerciales que venden a la microbiota como el nuevo bálsamo de Fierabrás.

La segunda parte está dedicada a la llamada pandemia del siglo XXI: el aumento de infecciones causadas por microorganismos resistentes a los antibióticos. Aunque esta sección es más breve, se describe bastante bien cómo el ser humano estudió las enfermedades infecciosas, desarrolló los antibióticos para luchar contra ellas y cómo han aparecido estas “superbacterias” resistentes debido al mal uso de los mismos. Esta parte concluye con un decálogo de consejos para luchar contra dicha pandemia. Por resumir, una gran obra de divulgación que puede ser disfrutada por cualquier persona interesada en los avances científicos.



2019  
VIII REUNIÓN DEL  
GRUPO ESPECIALIZADO DE  
MICROBIOLOGÍA DE PLANTAS

23 al 25 de enero • Osuna (Sevilla)

## Terapia génica y oncolítica

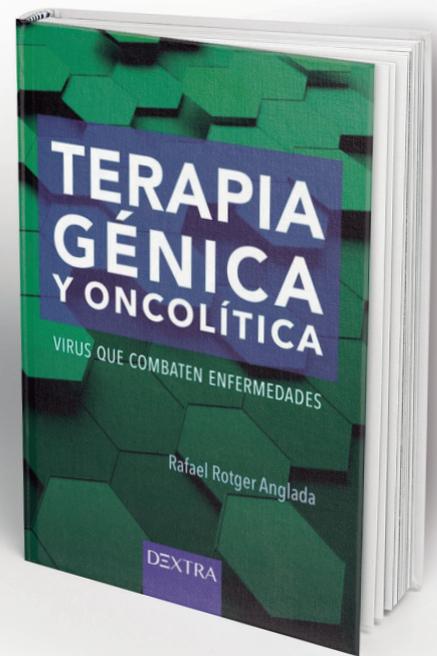
Manuel Sánchez Angulo

Rafael Rotger Anglada • 173 páginas • ISBN: 978-84-16898-59-6 (impreso) • IISBN: 978-84-16898-59-6 • ISBN: 978-84-16898-60-2 (digital) • Editorial Dextra

Con esta obra la editorial Dextra parece que apuesta por ofrecer en su catálogo libros para estudiantes universitarios relacionados con el campo de la Biotecnología, en este caso de un aspecto muy concreto de la rama biosanitaria. Ya en el prólogo se nos dice que nació a partir de las clases impartidas en un máster de Tecnología Farmacéutica. Y se nota que está estructurado como si fueran unos apuntes del profesor. Pero esto, lejos de ser un demérito, es su principal virtud. El autor nos cuenta los puntos esenciales de los diversos temas tratados de forma sencilla, clara y precisa. Y todos esos conceptos se acompañan de numerosas citas bibliográficas que nos permiten ampliar la información si así lo deseamos.

En el libro hay siete capítulos. Los dos primeros son introductorios y se dedican a describir brevemente el mundo de los virus, su relación con nosotros y posteriormente los conceptos básicos de la terapia génica para tratar procesos tumorales. Los cinco siguientes están dedicados a describir en detalle los vectores víricos más usados para dicha terapia. A saber: adenovirus, virus adeno-asociados, herpesvirus, poxvirus y retrovirus. Cada uno de esos capítulos suele estructurarse a su vez de forma muy similar. Primero una descripción de la biología del virus para así poder entender cómo ha sido transformado en un vector y después continuar con los diversos ensayos clínicos o terapias ya probadas algunas veces con éxito, pero también recordando los fracasos y las lecciones aprendidas de esa manera. Se nota mucho la gran experiencia del autor en la temática de la bioseguridad y la utilización de organismos modificados genéticamente para ensayos clínicos.

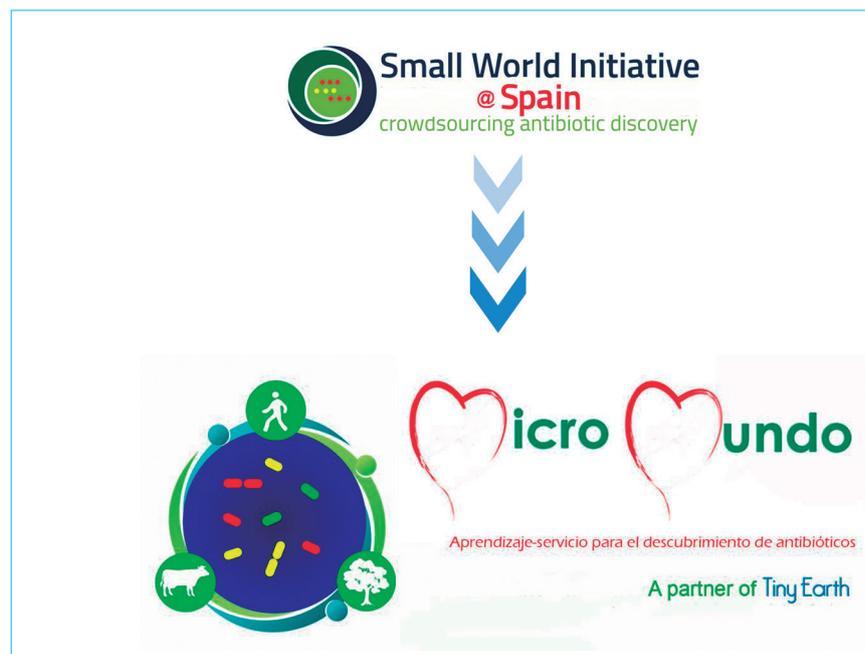
Otro aspecto a destacar son las numerosas ilustraciones que acompañan al texto. A pesar de ser en blanco y negro, son sencillas y claras, lo que ayuda muchísimo para comprender los diferentes conceptos explicados. Y por supuesto el exhaustivo índice de términos al final. Lo único que he echado en falta son referencias a recursos en la web, como por ejemplo a vídeos explicativos de los ciclos biológicos de los virus, aunque también es verdad que esos recursos son fáciles de encontrar al poco que se haga una búsqueda con los términos que aparecen en el libro. Quizás en futuras ediciones se podría incluir un capítulo (o capítulos) dedicado a los grupos de virus que también han sido usados en terapia génica como los alfavirus, flavivirus, y rhabdovirus, pero no tanto en terapia oncolítica. Por lo demás es una obra muy recomendable y que creo que gustará bastante tanto a los alumnos como a los profesores del campo de la biotecnología sanitaria.



# I Simposio de la Red SWI@Spain: evolucionando al proyecto MicroMundo (Madrid, 18 de julio de 2018)

Teresa Fernández-Acero Bascones

Dpto. de Microbiología y Parasitología, Facultad de Farmacia, Universidad Complutense de Madrid.



Evolución. De la Iniciativa SWI al proyecto MicroMundo

Cuando el proyecto SWI (*Small World Initiative*) desembarcó de la mano de Víctor Jiménez Cid en Madrid hace ya dos años, nadie sospechaba todo lo que daría de sí. La reacción fue rápida. Un año escaso después de su puesta en marcha en la Universidad Complutense, ya se habían tendido unas cuantas radiales con diferentes ciudades como Santiago de Compostela, La Coruña, Orense, Pamplona, Barcelona, Valencia, Alicante, Murcia, Toledo, Sevilla, Jaén, Salamanca y Santander. Gracias al empuje del grupo Especializado en Docencia y Difusión (D+D SEM), casi espontáneamente, la red SWI@Spain se había creado. El reto que suponía la participación conjunta de docentes universitarios, alumnos de grado y de educación secundaria en la búsqueda de nuevas bacterias productoras de antibióticos

trajo consigo, no solo la motivación personal de los participantes (en ocasiones también la de sus familias y allegados), sino la suma de aportaciones locales que han hecho de SWI@Spain una red que es a la vez personal, local, nacional y global.

Ante la avalancha de iniciativas puestas en práctica en cada una de estas sedes, había llegado el momento de hacer un balance conjunto. Para ello 150 personas se congregaron el pasado 18 de julio en el salón de actos de Facultad de Ciencias Geológicas de la UCM en el I Simposio de la red SWI@Spain, en un congreso satélite previo a la IV Reunión del Grupo de Docencia y Difusión organizada por el Grupo D+D SEM. A lo largo de la jornada, docentes, investigadores y alumnos de toda

España expusieron en 18 comunicaciones orales los resultados de su participación en este proyecto, resaltando los pilares comunes para su desarrollo y las innovaciones aportadas, debatiendo los aspectos a mejorar y compartiendo las visiones particulares de las experiencias llevadas a cabo en sus centros de trabajo. Además, se expusieron 45 brillantes pósters, tres de los cuáles fueron premiados (Belén Fouz y su grupo, de la Universidad de Valencia, Estibaliz Alegría de la Universidad Complutense y Susana Seseña y su equipo, de Universidad de Castilla-La Mancha). A este foro también asistieron los nuevos integrantes que se acercaron desde las Islas Baleares, Burgos, León, Zaragoza e incluso desde Oporto, para realizar el curso-taller de incorporación al proyecto y que pudieron apreciar

de primera mano la sobredosis de entusiasmo que se respiraba. El evento estuvo patrocinado por la SEM, la Agencia Española de los Medicamentos y Productos Sanitarios y la empresa Merck, Sharp & Dohme, que desde el primer momento han sido impulsores de la iniciativa SWI@Spain.

El proyecto surgió en el año 2012 en Estados Unidos como una reacción frente a la escasez de inversión en investigación y desarrollo de antibióticos por parte de la industria farmacéutica. Este hecho sensibilizó a algunos docentes de la universidad de Yale, que ante el auge de infecciones multirresistentes sin tratamiento, decidieron emprender el proyecto. La iniciativa consistía en la colaboración entre docentes y alumnos para el hallazgo de bacterias productoras de antibióticos en muestras de suelo cultivadas en el laboratorio. La implicación de los alumnos en este problema social y científico real impactó tanto en su motivación profesional, que creció el número de vocaciones científicas y sanitarias en los alumnos matriculados en los grados científico-sanitarios. En nuestro territorio la fórmula adoptada contó desde el principio con la participación de los alumnos de grado como docentes de los alumnos de educación secundaria y bachillerato. Esta fórmula, conocida como "aprendizaje-servicio", consiste en que los alumnos de grado expliquen la base científica del aumento de las resistencias a los antibióticos, una cuestión especialmente acuciante en los países de sur de Europa, a los alumnos de secundaria y bachillerato. Éstos desarrollan la tarea experimental de aislar bacterias en muestras de suelo y, con suerte, detectar aquellas productoras de antibióticos, lo que les exige conocer el problema y aplicar el método científico rigurosamente. El resultado es que además de aprender, suelen acabar trasladando estos conocimientos a su círculo de conocidos, lo cual completa la función social del aprendizaje-servicio.

Somos tantos los que ya nos hemos subido en el carro del proyecto SWI en estas latitudes, que se puede decir que lo hemos *iberizado*. Y es que en nuestros días las redes se expanden tan rápido que el mundo se nos hace cada vez más pequeño. Mientras en EEUU ha surgido recientemente un avatar más ambicioso del proyecto SWI, denominado *Tiny Earth*, con sede en Madison, nosotros hemos decidido cola-

borar también con esta nueva iniciativa y rebautizarnos como *MicroMundo*, un nombre más inclusivo que SWI@Spain, que tanto nuestros vecinos portugueses como

nosotros podemos pronunciar fácilmente y que además nos recuerda *ese* otro mundo diminuto que esconde quizás la panacea que andamos buscando.



Sesión del simposio, moderada por Jessica Gil Serna y Bruno González Zorn



El arte gráfico en los pósters que fueron premios por votación entre los asistentes



La promoción 2018 de SWIPs/MicroMundo antes de comenzar el Simposio

# Microbiología y Sociedad: Retos

## IV Reunión de Docencia y Difusión de la Microbiología

Jessica Gil Serna y M<sup>a</sup> José Valderrama

*Dpto. de Fisiología, Genética y Microbiología. Facultad de Biología, Universidad Complutense de Madrid*



Apertura de la reunión. De izquierda a derecha: César Nombela, Inés Arana, Jesús Pérez Gil, Antonio Ventosa, María Jesús Martínez y María José Valderrama.

Los pasados 19 y 20 de julio tuvo lugar en la Universidad Complutense de Madrid (UCM), la IV Reunión del Grupo Especializado en Docencia y Difusión de la Sociedad Española de Microbiología que acogió a más de 100 asistentes procedentes de toda España. La Organización corrió a cargo de profesores e investigadores de la propia UCM, así como del Centro de Vigilancia Sanitaria Veterinaria (VISAVET) y del Centro de Investigaciones Biológicas (CIB-CSIC). La reunión se realizó bajo el lema "Microbiología y Sociedad: Retos" y el mensaje principal que se quiso transmitir fue cuáles eran los temas relacionados con la microbiología que era importante comunicar y divulgar abordándolos a distintos niveles desde los más jóvenes a nivel preuniversitario hasta un público general. Los organizadores

prepararon un programa muy atractivo en el que se trataron los temas más candentes en microbiología en la actualidad, ofreciendo distintas pautas para hacer llegar estos mensajes de una manera efectiva a toda la sociedad. Uno de los aspectos más destacados de la reunión es que entre los asistentes no sólo se encontraban docentes e investigadores en el campo de la microbiología sino que también atrajo a numerosos profesores de nivel preuniversitario, estudiantes y profesionales de la comunicación.

La mesa inaugural estuvo compuesta por autoridades como Jesús Pérez Gil (Decano de la Facultad de Biológicas), Antonio Ventosa (Presidente de la SEM), Inés Arana (Presidenta del Grupo Especializado en Docencia y Difusión

de la Microbiología) y César Nombela (Catedrático Emérito de la UCM y Director de la Cátedra Extraordinaria de Bebidas Fermentadas) así como miembros de comité organizador, María José Valderrama (UCM) y María Jesús Martínez (CIB-CSIC). En ella se destacó la importancia de fomentar el interés por la ciencia en la sociedad y la importancia de debatir estos temas en un foro de profesionales de la ciencia, la docencia y la comunicación como el que se reunió en esta ocasión. La mesa inaugural animó a los asistentes a "hacer viral la microbiología" aprovechando el alcance de las redes sociales con el uso de dos hashtag #RetosMicrobiologia y #DDMicro.

La primera sesión, moderada por Ignacio López Goñi, se centró en la importancia de una

divulgación científica de calidad dirigida a una sociedad que tiene un acceso tan fácil a gran cantidad de información que en muchos casos no del todo fiable. Dos grandes divulgadores, Enrique de la Rosa y Miguel Vicente, contaron desde su experiencia personal cuales han sido los retos informativos a los que se han enfrentado en su carrera y cuál fue su manera de abordarlos. La sesión finalizó con la intervención de Pilar Tigeras, Vicepresidenta de Cultura Científica del CSIC, que explicó el abordaje de su Institución para difundir los trabajos que se llevan a cabo en sus centros. Esta sesión supuso uno de los momentos más emotivos de la reunión ya que se realizó un homenaje a Miguel Vicente por toda una carrera dedicada a la divulgación científica, en concreto de la microbiología. Este pionero en la divulgación científica en España ha practicado muchos aspectos de la comunicación pero su mensaje más exitoso ha llegado a través de su gran blog *Microbichitos*.

Bruno González-Zorn moderó la segunda sesión que se centró en la comunicación social de la microbiología en el campo de la salud. En la primera charla, Ignacio López-Goñi, abordó la polémica actual que suscita el tema de las vacunas y, en concreto, la expansión del movimiento antivacunas, mientras que en la segunda, Víctor Jiménez Cid nos acercó la problemática de la resistencia a antibióticos y su abordaje desde la experiencia SWI@Spain. Los problemas relacionados con salud pública son los que más rápidamente llegan a la sociedad así que es imprescindible que mensajes claros y rigurosos sobre estos temas se difundan al mayor público posible. El punto final de esta extraordinaria sesión lo dio José Manuel Echevarría comentando cómo se deben de gestionar las alertas sanitarias para no crear una alarma innecesaria en la sociedad desde el punto de vista de los científicos, los periodistas y las instituciones sanitarias.

La tercera sesión del día mostró las dos caras de la microbiología de los alimentos, tanto desde el punto de los microorganismos patógenos como de su aplicación para la producción de alimentos funcionales que puedan afectar a nuestra microbiota mejorando algún aspecto relacionado con la salud humana. En primer lugar, David Rodríguez Lázaro comentó su experiencia con microorganismos patógenos en alimentos y cuáles son las medidas

más importantes para prevenir estas toxoinfecciones alimentarias. Si hacemos llegar este mensaje a la población se reduciría considerablemente el número de casos de este tipo de patologías que todos hemos sufrido en algún momento de nuestra vida. Posteriormente, Daniel Ramón y Teresa Requena, en sus respectivas ponencias, destacaron el papel de la microbiota humana en la salud y el desarrollo de alimentos funcionales basados fundamentalmente en probióticos para mantener un equilibrio saludable en la microbiota de nuestro cuerpo.

La microbiología ambiental fue el foco de la última sesión de la primera jornada. Quizá esta rama de la microbiología sea la más desconocida por la sociedad y es importante difundir el papel de los microorganismos en los ecosistemas. Rudiger Ortiz destacó la importancia de mantener la diversidad de las especies para mantener un equilibrio en el ambiente. Sin embargo, los microorganismos no sólo suponen beneficios en los ecosistemas sino que pueden ser un grave problema para la conservación del patrimonio histórico-artístico de un país. Domingo Marquina explicó sus experiencias en el estudio de obras de arte que presentaban claros indi-

cios de biodeterioro. La última conferencia de la jornada corrió a cargo de Ricardo Amils que presentó el interesantísimo campo de los microorganismos extremófilos así como sus aplicaciones industriales y cómo nos podrían ayudar para el estudio de una posible vida extraterrestre.

La jornada del segundo día la abrió una interesantísima sesión promovida por el grupo de Jóvenes Investigadores de la Sociedad Española de Microbiología. En ella, cinco jóvenes investigadores galardonados con una beca FEMS para la realización de estancias en el extranjero, contaron sus experiencias durante este periodo y la investigación desarrollada que incluía temas tan de actualidad como la transmisión de resistencia a antibióticos o el desarrollo de biofertilizantes. En la ronda de debate surgida tras las charlas, los asistentes coincidieron en la importancia del papel de los jóvenes en el grupo de Docencia y Difusión de la Microbiología ya que será esta nueva generación de científicos la que, en unos años, tomará las riendas de esta tarea de promover la comunicación científica.

El colofón final lo puso una gran mesa redonda bajo el título La Microbiología en



Algunos miembros anteriores del grupo del Prof. Vicente junto al presidente de SEM, Prof. Ventosa, entregan una placa conmemorativa del reconocimiento. De izquierda a derecha: Manuel Sánchez, Miguel Vicente, Antonio Ventosa, Teresa Garrido, Beatriz Malik, Ana Dopazo.



Un momento de la sesión de pósters



Foto de grupo de los asistentes a la reunión.

los Medios que contó con grandes exponentes de la comunicación científica en nuestro país como son Manuel Seara, conductor del programa de Radio Nacional “A Hombros de Gigantes”, Angela Bernardo, redactora de Hipertextual, e Ignacio Fernández-Bayo, vicepresidente de la Asociación Española de Comunicación Científica. En las más de dos horas en las que estos tres grandes comunicadores se expusieron a las preguntas de los asistentes se promovió un arduo debate entre los dos grandes grupos implicados en la divulgación de la ciencia: los periodistas y los investigadores. La discusión entablada fue muy intensa y se apuntaron aspectos muy importantes como la necesidad de que los científicos atiendan rápido a los periodistas en el momento en que surge una noticia o la petición de los investigadores para revisar lo que escriben los periodistas antes de su publicación. El debate no logró llegar a un acuerdo en muchos aspectos pero lo que quedó claro es que los científicos y los periodistas se necesitan mutuamente para esta importante labor de la comunicación científica y que mensajes rigurosos, contrastados y fiables lleguen lo más rápido posible a nuestra sociedad.

Aparte del extenso programa de conferencias invitadas, los asistentes presentaron en formato póster más de 70 comunicaciones relacionadas en tres grupos temáticos: Innovación Docente, Divulgación Científica y comunicaciones relacionadas con las experiencias englobadas en la *Small World Initiative* (ahora *MicroMundo*). La visita y discusión de los pósters se realizó en una distendida *Beer Poster Session* en la que los comentarios de los resultados presentados con los colegas se acompañaron con una gran degustación de productos de calidad, gracias a nuestros patrocinadores. Se otorgaron distintos galardones a los mejores pósters en cada una de las sesiones y los primeros premios fueron a parar a Susana Deus por “Bacterias: la historia más pequeña jamás contada” en la categoría de Innovación Docente, a Beatriz Martín Herreros por “Enseñanza activa y aislamiento de microorganismos del suelo con potencial antagonista frente a la bacteria fitopatógena *Ralstonia solanacearum*” en la categoría SWI y a Javier Bravo por “Divulgando con súper poderes: acercando la microbiología con actividades participativas” en la categoría Divulgación Científica.

Tanto los asistentes como los ponentes reconocieron de manera muy significativa el hecho de que esta reunión se haya encuadrado dentro de la iniciativa Ecomplutense que se ha establecido en la Universidad. Con la realización de pequeños gestos, podemos aportar nuestro granito de arena para intentar solucionar problemas medioambientales. En esta reunión, se redujo el uso de plástico en la medida de lo posible durante las pausas de comida y café, se realizaron acreditaciones con materiales reciclables, se evitó la impresión innecesaria de carteles, etc., promoviendo un ejemplo a seguir en las siguientes reuniones organizadas por la Sociedad Española de Microbiología.

Como conclusión final de esta reunión, nos quedamos con la frase del gran Ignacio López-Goñi que resume perfectamente todo lo hablado en estos dos intensos días. “La Ciencia que no se cuenta no cuenta” y es labor tanto del científico como del periodista desmontar los mitos erróneos que llegan a la población utilizando un mensaje claro y sin ambigüedades.





Albert Bordons y Luca Cocolin



Un numeroso grupo de congresistas en el patio de la Universidad Rovira i Virgili

ñolas, unos 40 microbiólogos de Centros Públicos de investigación, sobre todo del CSIC, y 15 procedían de compañías privadas. Repartidos entre ellos, estaban 33 “estudiantes”, aunque parece más adecuado denominarlos investigadores en periodo de formación considerando sus interesantes contribuciones al Congreso. Se presentaron 86 pósters de temáticas tan variadas como corresponde a la Microbiología de los Alimentos, sobresaliendo en número los dedicados a las tecnologías emergentes y a la seguridad alimentaria y a la microbiología de las bebidas alcohólicas.

En el aspecto más turístico, pero siempre cultural, del Congreso, se realizó una visita guiada por la Tarragona Romana y Medieval que descubrió rincones inéditos para la mayoría de los participantes. Además, se pudo visitar una de las dos bodegas que gentilmente nos invitaron a conocerlas, Bodegas Torres o Freixenet. Fue una pena que hubiera que decantarse por una de las dos porque ambas son punteras en tecnología y calidad de sus vinos como pudieron constatar los congresistas que las visitaron y

probaron sus productos. La excelente cena de clausura la disfrutamos en los jardines de un restaurante mansión del centro de Tarragona en una muy agradable noche.

En la ceremonia de clausura, presidida por la rectora de la Universidad Rovira i Virgili, nuestra compañera María José Figueras, se presentó, además de las ponencias de los profesores Juan Miguel Rodríguez y Daniel Ramón ya comentadas, la tesis de Microbiología de los Alimentos premiada en el bienio 2016-17, que correspondió a Natalia Gómez Torres, Dra. por la Universidad Complutense de Madrid, con la tesis “Control de *Clostridium* spp. y prevención de hinchazón tardía en queso mediante bacterias lácticas productoras de antimicrobianos, altas presiones y endolisinas fágicas”, desarrollada en el Departamento de Tecnología de Alimentos del INIA. Además, don Antonio Valero, agraciado con el premio especial del grupo SEM de Microbiología de los Alimentos 2018 para investigadores jóvenes, disertó sobre sus experiencias en Microbiología Predictiva. Finalmente, se entregó el premio al mejor póster del

Congreso al presentado por doña Irene Falcó y colaboradores, “Potencial antivírico del extracto de té verde en recubrimientos comestibles en fresas y frambuesas”.

Para finalizar este artículo solo cabe agradecer los denodados esfuerzos de los organizadores para que todo rayara la perfección. Lo consiguieron. ¡Gracias a todos!



La Rectora entrega su premio al profesor Antonio Valero



Visita a la bodega de Familia Torres



Visita a la bodega de Freixenet

## Alicia Estévez Toranzo, premio Wonenburger 2018

Jesús L. Romalde

La Unidad de Mujer y Ciencia de Galicia (Xunta de Galicia) acaba de conceder el premio Wonenburger 2018 a nuestra compañera Alicia Estévez Toranzo. Con este premio el gobierno gallego quiere reconocer a las mujeres científicas de Galicia que han sabido adelantarse a su tiempo y que han abierto camino a muchas otras. El Premio lleva el nombre de la investigadora y matemática gallega María Josefa Wonenburger, una auténtica pionera y referente femenino internacional en el ámbito de las ciencias.

Alicia Estévez Toranzo es catedrática de Microbiología en la Universidade de Santiago (USC), donde ocupó el cargo de directora del Departamento de Microbiología y Parasitología entre 2004 y 2012. Es académica Numeraria de las Academias Gallegas de Ciencias y de Farmacia. Coordina, junto a Juan Luis Barja, el grupo de Patología en Acuicultura de la USC, uno de los principales grupos de referencia competitiva de Galicia. Sus principales líneas de investigación se

centran en la patología bacteriana en acuicultura. Concretamente, en la caracterización fenotípica, antigénica y molecular de patógenos de peces; el desarrollo de métodos de diagnóstico de patógenos; la epizootiología; y la quimioterapia y vacunación en Acuicultura.

Bien conocida para los miembros de la Sociedad Española de Microbiología, en la que ha ocupado diferentes cargos, tanto en la Junta Directiva de la Sociedad, como en Juntas Directivas de diferentes Grupos Especializados como el de Taxonomía, Filogenia y Diversidad o el de Microbiología del Medio Acuático del que es presidenta en la actualidad. El premio Wonenburger se suma al premio Jaime Ferrán (1993) de nuestra Sociedad, al Título de Excelencia Gallega en Investigación (2006) de la Asociación de Empresarios gallegos en Cataluña, o al premio Bióloga del año 2018 otorgado por el Colegio Oficial de Biólogos de Galicia.



Desde aquí, queremos felicitar a Alicia por este nuevo reconocimiento a su carrera investigadora.

### Coliloquio, by Víctor.



## El investigador Aurelio Serrano, elegido miembro del comité internacional FEPS-ISOP de Sociedades de Protistología

**Octubre/2018.** El Doctor Aurelio Serrano, Investigador Científico del Instituto de Bioquímica Vegetal y Fotosíntesis (IBVF), ubicado en el Centro de Investigaciones Científicas Isla de la Cartuja (Cic-Cartuja) de Sevilla, ha sido nombrado recientemente miembro del FEPS-ISOP Joint Committee en representación de la Federación Europea de Sociedades de Protistología (FEPS), de la cual fue Secretario General durante el periodo 2011-2016 en el que organizó el VII Congreso Europeo de Protistología (VII ECOP) en Sevilla. Junto con el Dr. Serrano forman parte de este comité en representación de FEPS la Dra. Maria Cristina Angelici (Italian Institute of Health, Roma, Italia), actual Secretaria General de FEPS, y el Dr. Thomas Weisse (Universidad of Innsbruck, Austria), y en representación de ISOP (The International Society of Protistologists) la Dra. Avelina Espinosa (Roger Williams University, Bristol, RI, USA), Chair ISOP Program Committee, el Dr. Chris Lane (University of Rhode Island, Kingston, USA), actual Presidente de ISOP, y el Dr. John Dolan (Zoological Station, Villefranche-sur-Mer, France), anterior Presidente de ISOP. Este comité internacional se encargará de coordinar las acciones organizativas del próximo congreso conjunto VIII ECOP-ISOP Joint Meeting que se celebrará en Roma en el verano de 2019, así como la promoción de reuniones y conferencias a nivel internacional sobre temas específicos relacionados con la Protistología en este período.

### ¿QUÉ ES FEPS?

FEPS (<https://fepseu.org/>) es una institución transnacional formada por doce sociedades nacionales e internacionales y otros grupos científicos de Protistología europeos. FEPS se fundó en 2006 con el fin de promover y fomentar la investigación y la enseñanza superior en Protistología, rama de la

Microbiología que estudia los organismos eucarióticos unicelulares y multicelulares sin organización tisular, como las algas talofíticas. También tiene entre sus objetivos estimular y expandir las colaboraciones entre grupos de investigadores de diferentes naciones europeas y ayudar a jóvenes protistólogos. Un objetivo fundamental de FEPS es la organización periódica de los Congresos Europeos de Protistología (ECOP) celebrados cada cuatro años, al mismo tiempo que promueve y apoya reuniones y conferencias a nivel europeo sobre temas específicos relacionados con la Protistología.

FEPS está dirigida por un comité formado por delegados de las sociedades miembros, que pueden ser sus presidentes nacionales o representantes designados al efecto. El comité FEPS se reúne con ocasión de los congresos ECOP, y elige un Secretario General que se encarga del trabajo administrativo y de coordinación de la federación durante un periodo usualmente de cuatro años.

Son miembros de FEPS las siguientes asociaciones: Belgian Society of Protozoology (Bélgica), Czech Section of Protozoology (República Checa); Deutsche Gesellschaft für Protozoologie (Alemania), British Section of the Society of Protozoologists (Gran Bretaña y Canadá), Groupement des Protistologues de Langue Française (Francia), The Israel Society for Parasitology, Protozoology and Tropical Diseases (Israel), Società Italiana di Protistologia (Italia), Polish Protistological Group (no formal) (Polonia), Society of Protozoology (Rusia), Scandinavian Section of the Society of Protozoologists (Países escandinavos), Grupo Especializado de Protistología (GEP) de la Sociedad Española de Microbiología (España), Ukrainian Scientific Society of Parasitologists (Ucrania). FEPS mantiene una especial relación de colaboración y coordinación con la Internatio-

nal Society of Protistologists, con especial énfasis en la organización de congresos y reuniones científicas conjuntas.

### ¿QUÉ ES ISOP?

The International Society of Protistologists (ISOP; <https://protistologists.org>) es una asociación de científicos de los cinco continentes dedicados a la investigación de eucariotas unicelulares o protistas. Esta asociación transnacional promueve la presentación y discusión de temáticas y problemas nuevos o importantes en Protistología, y trabaja para proporcionar recursos para la promoción y el avance de esta ciencia. La Society of Protozoologists comenzó la publicación de la revista The Journal of Eukaryotic Microbiology en 1954 con el primer número dedicado a la memoria de L. L. Woodruff. Se ha publicado ininterrumpidamente desde entonces, siendo actualmente la revista oficial de ISOP, con la cual promueve el estudio de los protozoos en particular, y de los protistas en general.

ISOP está dirigida por un Comité Ejecutivo internacional encabezado por un Presidente y formado por delegados que se eligen periódicamente por votación entre sus miembros, tanto científicos establecidos como estudiantes. Existen comités con funciones específicas, como Programación de congresos, Taxonomía, etc. ISOP otorga Premios internacionales a destacados investigadores senior y tiene un programa de Becas para estancias y asistencia a congresos de investigadores jóvenes. También promueve la organización de congresos temáticos sobre Protistología, así como de congresos internacionales con otras sociedades científicas protistológicas de ámbitos geográficos definidos (p.ej. Sureste asiático, Norteamérica).

## VIII European Congress of Protistology - ISOP Joint Meeting

### VIII European Congress of Protistology - ISOP Joint meeting Rome, Italy, 28 July-2 August 2019



El próximo VIII Congreso Europeo de Protistología (VIII ECOP) se celebrará del 28 de julio al 2 de agosto de 2019 en Roma (Italia) coordinado por la Sociedad Italiana de Protistología (SIPonlus). El Congreso será organizado por la Federación de Sociedades Europeas de Protistología (FEPS) por segunda vez en colaboración con la International Society of Protistologists (ISOP). La sede de este congreso conjunto internacional será el Centro de Conferencias-Hotel Crowne Plaza St De Peter ([www.crownplaza.com/rome-stpeters](http://www.crownplaza.com/rome-stpeters)), Via Aurelia Antica 415, Roma. Los congresos ECOP se celebran cada cuatro años con el objetivo de explorar el estado del arte en aplicaciones básicas y aplicadas de la Protistología, a nivel mundial. El último se celebró en Sevilla, España, en 2015, por primera vez realizado conjuntamente con ISOP, y de cuyo Comité organizador fue Presidente el Dr. Aurelio Serrano (IBVF, CSIC-Universidad de Sevilla). La organización conjunta con la

reunión anual de ISOP permite incluir numerosos eventos científicos sobre diferentes temas protistológicos. En particular, las sesiones estarán dedicadas a temas de actualidad más allá de la investigación básica como el cambio climático, la globalización, estrés ambiental, simbiosis y parasitismo, ecología y biodiversidad. Las conferencias plenarias y simposios especiales se llevarán a cabo por la mañana y las Sesiones paralelas, con simposios y sesiones orales, seguirán por la tarde. Varios talleres de trabajo, presentaciones y sesiones de posters complementarán el programa de la conferencia. Becas especiales y premios estarán disponibles para promover la participación de científicos jóvenes.

En nombre del GEM y FEPS nos complace invitar a todos a asistir a este evento clave para nuestra comunidad científica, con la seguridad de que recibirán una cálida bienvenida en una ciudad histórica tan importante como Roma.

Para obtener información sobre la organización del congreso se puede visitar el sitio web [www.ecop2019.org](http://www.ecop2019.org). Se ha negociado una tarifa especial para grupos en el Conference Center-Hotel Crowne Plaza St. Peter's para los participantes. Otros alojamientos adicionales con costos variables estarán disponibles pronto. Les invitamos a visitar el sitio web regularmente para las actualizaciones. Se publicarán los anuncios correspondientes en las revistas científicas afiliadas (European Journal of Protistology; Journal of Eukaryotic Microbiology) y sitios web de Sociedades en las próximas semanas.

¡Esperamos verlos a todos en Roma!

Ana Martín  
*Presidenta GEP*

Aurelio Serrano  
*Miembro del comité internacional FEPS-ISOP*

## Grupo Especializado de Biodeterioro, Biodegradación y Biorremediación

Ana M. García



Presidenta del Grupo



Presidentes del Grupo de Biodeterioro, Biodegradación y Biorremediación de la SEM, desde su constitución hasta la actualidad y en orden cronológico, de izquierda a derecha: Fernando Laborda, Felipe Montero, Diego A. Moreno, Asunción de los Ríos y Ana M. García

El Grupo de Biodeterioro, Biodegradación y Biorremediación (BBB) celebra en unos meses el trigésimo aniversario de su constitución como grupo especializado de la SEM. Como nueva Presidenta del Grupo me satisface enormemente presentar las actividades de los trece grupos de investigación que participan en este número especial de nuestro Sem@foro, y agradezco extraordinariamente sus puntuales contribuciones en respuesta a la llamada efectuada en el mes de julio, a punto de iniciar las merecidas y deseadas vacaciones estivales. Algunos de los grupos participaron ya en el número especial de diciembre de 2013, y nos aportan sus intereses actuales y sus logros más recientes, mientras que otros se presentan ahora y nos ilustran con sus líneas de investigación y proyectos en marcha.

El Grupo está constituido actualmente por cerca de ochenta investigadores y cuenta con grupos de investigación fuertemente consolidados, con dilatada experiencia y reconocidos

a nivel nacional e internacional, y otros más jóvenes de reciente constitución y que han nacido a partir de grupos más amplios, con intereses más focalizados.

Los microorganismos, nuestra pasión y núcleo principal de estudio, aparecen en cualquier ambiente imaginable y colonizan los materiales, sea cual sea su naturaleza. Esta interacción microorganismo-material tiene consecuencias que pueden ser nefastas para el material causando su biodeterioro, o corrosión microbiana, cuando se trata de metales. Esta fue la primera línea de trabajo de los miembros del Grupo, que posteriormente ha sido ampliada al estudio de los procesos de biodegradación y biorremediación, como alternativas para resolver los problemas de contaminación medioambiental.

Un tema de gran preocupación y que inunda últimamente todos los medios de comunicación es la creciente contaminación por materiales plásticos, debido a su fácil disper-

sión y lento proceso de degradación. Algunos de los trabajos presentados en este número están relacionados con esta temática y la aplicación de los microorganismos en la biodegradación de dichos contaminantes. También se habla de la *Plastifera*, como fuente de microorganismos, genes y enzimas potenciales en la degradación de plásticos, así como de la investigación y desarrollo de nuevos polímeros biodegradables, con el objetivo de reducir el volumen de estos contaminantes. En estos y otros trabajos se trata del fomento de medidas basadas en la economía circular, en la que se prioriza la reducción y se apuesta por la reutilización de la materia prima y nuevos materiales con menor impacto ambiental.

Los compuestos orgánicos persistentes y metales pesados son otros elementos que frecuentemente aparecen contaminando los ecosistemas acuáticos y terrestres. En el Grupo BBB también se estudian procesos para la biorremediación de estos ambientes contaminados, y las comunidades microbia-

nas implicadas, prestando atención a los que pueden ser utilizados como biomarcadores.

El tratamiento de aguas residuales urbanas, industriales o agrícolas con altos contenidos en nitrógeno, salinidad, compuestos fenólicos, o hidrocarburos; la biodegradación anaerobia de vertidos de alta carga orgánica, residuos agroalimentarios y lodos; así como la biodegradación de la lignocelulosa y el aprovechamiento de la biomasa vegetal para la producción de biocombustibles son otros de los trabajos que se presentan por los investigadores de nuestro Grupo.

El Biodeterioro de los materiales que forman parte del Patrimonio Cultural continua siendo objeto de nuestras investigaciones. Conocer los microorganismos implicados es fundamental para poder establecer los mecanismos de prevención y control y aplicar los tratamientos más adecuados, en caso de ser necesarios y pertinentes.

THOR Especialidades, S.L., patrocinador del Grupo desde hace años, nos habla de los avances en una de sus líneas de investigación dirigida a la mejora de sus mezclas de activos biocidas para optimizar su eficacia en regiones tropicales.

En la mayoría de los estudios presentados las técnicas ómicas, genómica, proteómica, metabolómica, etc., aparecen prestando apoyo al establecimiento en detalle de los genes, enzimas y rutas metabólicas implicadas en los diferentes procesos de biodeterioro, biodegradación y biorremediación mencionados.

Desde su constitución, el Grupo ha mantenido muy buenas relaciones con el sector industrial y la mayoría de los grupos trabajan mano a mano con empresas buscando siempre el retorno del fruto de sus investigaciones para el beneficio ambiental, económico y social.

El grupo participa activamente en las actividades de la SEM y en todos los Congresos Nacionales que celebra aportando ponentes de reconocido prestigio nacional e internacional en las Mesas Redondas que ha organizado. Desde el comienzo, el Grupo ha otorgado un Premio a la mejor comunicación presentada en el área del Biodeterioro, Biodegradación y Biorremediación, primero patrocinado por Iberdrola y posteriormente por Thor Especialidades, que recientemente se entrega a jóvenes investigadores del área.

Las relaciones con la *International Biodeterioration and Biodegradation Society* (IBBS)

son también excelentes, y todos los Presidentes del Grupo han formado y/o forman parte de la Junta Directiva de la citada sociedad, participando activamente en sus actividades y en la organización de sus congresos internacionales.

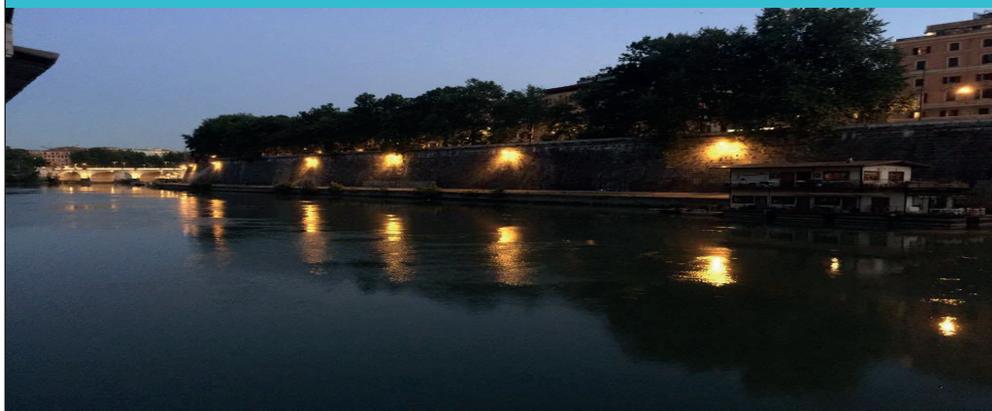
Durante este tiempo, se han sucedido diversas Juntas Directivas, que nos han representado de manera excelente en diversos foros, incluyendo reuniones a nivel nacional e internacional de la especialidad, y desde estas líneas quiero agradecer a todos sus miembros su esfuerzo y dedicación, especialmente a sus Presidentes, Fernando Laborda, Felipe Montero, Diego A. Moreno y Asunción de los Ríos.

Para finalizar, reitero mi agradecimiento a todos los miembros del Grupo por el apoyo que siempre han demostrado en todas las actividades que hemos iniciado y animo a aquellos investigadores que aún no están afiliados y trabajan en este apasionante escenario a unirse a nuestro Grupo y colaborar con sus contribuciones al desarrollo científico del área.

Muchas gracias, recibid un afectuoso saludo.

## VIII ECOP-ISOP joint meeting

**ROME Italy**  
[www.ecop2019.org](http://www.ecop2019.org)



### DATES

July 28 -  
 August 02  
 2019

### VENUE

CROWN PLAZA  
 HOTEL  
 ST. PETER'S  
 Congress Center  
 ROME



SOCIETÀ ITALIANA DI PROTISTOLOGIA



[cristina.angelici@iss.it](mailto:cristina.angelici@iss.it)  
[cristina.compagno@ellytravel.com](mailto:cristina.compagno@ellytravel.com)

## Bioingeniería y Materiales (BIO-MAT)

Ana M. García, Mohammed Naffakh, Andrés Núñez, Beatriz Sánchez-Parra y Diego A. Moreno



Universidad Politécnica de Madrid. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales.  
c/ José Gutiérrez Abascal 2, 28006 Madrid



Integrantes del grupo de investigación (de izquierda a derecha): Felipe Montero, Andrés Núñez, Beatriz Sánchez-Parra, José M. Ruiz-Román, Ana M. García, Luis E. García-Cambrotero, Mohammed Naffakh y Diego A. Moreno

El Grupo de Investigación en Bioingeniería y Materiales (BIO-MAT) de la Universidad Politécnica de Madrid, dirigido por el Profesor Diego A. Moreno, ha estado formado desde sus orígenes por un equipo multidisciplinar de ingenieros, químicos, físicos y microbiólogos, si bien, como es natural, su composición ha ido variando a lo largo del tiempo con la incorporación de nuevos investigadores y la marcha de otros. Esta versatilidad en la formación de sus integrantes es fundamental para poder llevar a cabo nuestras actividades de investigación, relacionadas con la interacción entre los microorganismos y los materiales. Como describimos en el especial de Sem@ foro de diciembre de 2013, nuestras líneas de investigación se centraron inicialmente en el estudio de las biopelículas formadas sobre distintos materiales en diferentes ambientes y las consecuencias de su desarrollo en procesos de corrosión microbiana, biodeterioro, biodegradación y biorremediación. En los últimos años hemos continuado trabajando en estas líneas a través de la participación

en diferentes proyectos de investigación y la colaboración con diferentes grupos de investigación y empresas, si bien hemos centrado nuestra actividad en dos líneas principales que describimos a continuación.

### DIVERSIDAD MICROBIOLÓGICA DEL AIRE

Esta nueva línea está integrada en el marco del Programa AIRBIOTA-CM [S2013/MAE-2874] (<http://www.airbiota.com>) cuyo objetivo es conocer y modelizar la contaminación biológica del aire urbano.

El aire que respiramos contiene, además de partículas inorgánicas, componentes biológicos como bacterias, hongos, arqueas, etc. Conocer la identidad de estos componentes en el aire es importante desde el punto de vista de la salud, ya que algunas esporas de hongos y granos de polen pueden provocar alergias, así como bacterias, virus y hongos

pueden causar diversas enfermedades infecciosas a humanos, animales e incluso a plantas. También, desde un punto de vista del patrimonio cultural, algunos de estos microorganismos pueden influir y acelerar el biodeterioro de edificios y monumentos emblemáticos.

Clásicamente, la diversidad real de estos elementos se ha estudiado por técnicas de cultivo microbiológico y/o identificación mediante rasgos morfológicos observados al microscopio. Además, los análisis se centraban normalmente en el estudio de un solo tipo de organismo (Núñez *et al.* 2016a). Ahora, el Programa AIRBIOTA-CM tiene como aspectos innovadores el análisis integral de los componentes del aire, estudiando varios tipos de microorganismos a la vez, mediante tecnologías emergentes de biología molecular como la secuenciación masiva del ADN (*Next-generation sequencing*) (Núñez *et al.* 2016b). La principal ventaja de esta metodología es que no requiere el cultivo previo de

los agentes biológicos, reduciendo el tiempo necesario de los análisis y evitando la introducción de sesgos derivados del cultivo.

En este Programa participan cinco grupos de investigación especializados en diferentes disciplinas como la microbiología (donde se encuentra BIO-MAT), palinología y biología de sistemas, pertenecientes a tres universidades (Universidad Politécnica de Madrid, Universidad Complutense de Madrid y Universidad Autónoma de Madrid) y el Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Trabajando desde un punto de vista multidisciplinar, se han realizado muestreos en distintos municipios de la Comunidad de Madrid y durante distintas estaciones del año. Esto ha permitido estudiar la influencia de la localización sobre la diversidad biológica presente en el aire, así como los efectos meteorológicos asociados a cada estación del año. Adicionalmente, se ha analizado la variación de la diversidad con la altitud, mediante muestreos a distintas alturas dentro de un entorno urbano y rural.

Para llevar a cabo estos objetivos se han adaptado los sistemas de muestreo existentes de aerobiología (Núñez *et al.* 2017a; <https://www.youtube.com/watch?v=fsqyiltfd4Y>) (Fig. 1), desarrollado nuevos equipos que permiten la recolección de muestras en movimiento acoplados a distintos vehículos (drones, coches, autobuses, trenes, avionetas, etc.) (Núñez *et*

*al.* 2017b), y elaborado nuevos protocolos para la identificación de patógenos en el aire (Sánchez-Parra *et al.* 2018).

### BIONANOCOMPUESTOS POLIMÉRICOS AVANZADOS BASADOS EN NANOESTRUCTURAS DE DICALCOGENUROS DE METALES DE TRANSICIÓN (TMDCS)

Los materiales híbridos orgánicos-inorgánicos se encuentran en la interfase natural entre dos mundos de la química, radicalmente diferentes, pero ambos con importantes contribuciones a la ciencia de materiales. Una de las áreas de más alto crecimiento en la actualidad es la de los bionanocompuestos poliméricos (Bio-PNCs), ya que se prevé que jueguen un papel fundamental en el desarrollo de los materiales multifuncionales avanzados en el futuro. Si bien los polímeros naturales están generalmente más asociados al término de biodegradabilidad, la gama de polímeros sintéticos que cumplen este concepto se ha incrementado notablemente en los últimos años, debido a la mejora de sus propiedades. En esta tendencia, el desarrollo de nuevos Bio-PNCs híbridos (orgánicos-inorgánicos) se está consolidando debido a la necesidad de un desarrollo sostenible de materiales estratégicos que causen un mínimo impacto sobre la salud humana y el

medio ambiente. Especialmente relevante es el caso del nanorrefuerzo inorgánico que es también ecológico y biocompatible como son las nanoestructuras inorgánicas de dicalcogenuros de metales de transición (TMDCs) basadas en disulfuro de wolframio ( $WS_2$ ) y de molibdeno ( $MoS_2$ ).

Al igual que el grafito, estos materiales están formados por capas atómicas individuales que se pueden exfoliar fácilmente, lo que permite obtener láminas de grosor variable formadas por un número concreto de capas atómicas. En particular, los TMDCs están compuestos por el apilamiento de capas X-M-X siendo X selenio, azufre o telurio y M un metal de transición. Mientras que los átomos dentro de la capa están enlazados fuertemente, las capas se atraen entre sí por las fuerzas de Van der Waals haciendo que estos materiales presenten una estructura laminada fácil de exfoliar. Bajo determinadas condiciones de síntesis, estos materiales son capaces de reordenarse en estructuras cerradas en forma de fullereno, de nanotubo o de grafeno, es decir, estructuras cero-dimensionales (0D) (nanopartículas), mono-dimensionales (1D) (nanotubos) o bi-dimensionales (2D) (nanohojas de una o pocas capas similares al grafeno). Particularmente interesante es el caso de IF- $WS_2$  (0D) e INT- $WS_2$  (1D) que han mostrado una alta tendencia a dispersarse eficazmente en distintos materiales poliméricos, sin añadir



Figura 1. Captador de partículas diseñado por el grupo BIO-MAT, acoplado a un dron.

surfactantes o modificantes, obteniéndose los resultados más espectaculares en cuanto a la mejora de las propiedades físicas en general, p.e. poli (L-ácido láctico), PLLA (Naffakh *et al.* 2014), nylon 11 (Naffakh *et al.* 2015), poli (3-hidroxibutirato-co-3-hidroxivalerato) y PHBV (Silverman *et al.* 2018). Por otra parte, estudios iniciales de biocompatibilidad de PLLA/hidroxiapatita(HA)/1D-WS<sub>2</sub>, en contacto con células de fibroblastos murinos (L929), demostraron que los nuevos nanocompuestos son materiales biocompatibles y no-citotóxicos (Naffakh y Díez-Pascual, 2015). Dichos materiales mantuvieron, además, buenas propiedades mecánicas bajo condiciones biológicas (fluido corporal simulado, SBF, a 37 °C durante 3 semanas).

Igualmente importante resultó el desarrollo de nuevas mezclas ternarias basadas en PLLA, polifluoruro de vinilideno (PVDF) y 1D-WS<sub>2</sub>. La mezcla del PVDF con el PLLA es muy prometedora en el campo biomédico debido a la combinación de las características de biodegradación y de las propiedades piezoeléctricas, pudiendo presentar aplicaciones tales como membrana para la filtración de proteínas o como andamio para cultivo celular. Se comprobó que los nanotubos modificaban la morfología de las mezclas, reduciendo el tamaño de los dominios de la fase dispersa, mejorando las propiedades térmicas (temperatura de cristalización, cristalinidad, etc.) y mecánicas debido a que aumenta el área de contacto entre las fases. De especial relevancia fue el estudio de la influencia del proceso de

biodegradación de dichos sistemas ternarios (PVDF≤40%) inducido por la presencia de *Pseudomonas aeruginosa* y *Aspergillus niger*, en medio sólido y en medio líquido (Fig. 2). Se pudo establecer la dependencia del proceso de cristalización y de la morfología desarrollada en los nanocompuestos, en función del tiempo de incubación y de la composición.

Merece una mención especial el desarrollo de nuevos materiales multifuncionales basados en nanoestructuras 2D. Es bien conocido que los nanomateriales 2D pueden emplearse como refuerzo en las matrices poliméricas, que siempre causan un efecto importante sobre las propiedades finales con un contenido sumamente bajo de la nanocarga. En particular, es el caso del nanorrefuerzo 2D-MoS<sub>2</sub> (WS<sub>2</sub>), debido a su alta relación de aspecto, alta superficie específica, extraordinaria estabilidad térmica, así como su característica de semiconductor; este tipo de nanomaterial puede ser utilizado como una alternativa excelente al grafeno en usos que requieran un refuerzo eficaz de las propiedades mientras que también mantienen el aislamiento eléctrico y la alta constante dieléctrica del polímero. En comparación con el grafeno, estos materiales se distinguen por tener unas propiedades físicas y químicas excepcionales ligadas a su estructura molecular interna, que permiten concebir muy variadas aplicaciones. Su uso se está extendiendo especialmente en el desarrollo de nuevos materiales con elevadas propiedades mecánicas y de barrera. En particular se plantea la alternativa de

emplear las nanoestructuras 2D-TMDCs en la elaboración de nuevos bionanocompuestos y analizar su potencial para generar propiedades estructurales y funcionales mejoradas. Asimismo, se estudiará la capacidad de los microorganismos en la descomposición de estos materiales, por ejemplo, en agua y dióxido de carbono, los cuales vuelven así a la naturaleza contribuyendo a un desarrollo sostenible. Esta cualidad convierte a los bionanocompuestos a desarrollar, dotados de las propiedades estructurales y funcionales adecuadas, en unos posibles sustitutos a sistemas multicapa convencionales, de difícil reciclabilidad o compostabilidad.

## BIBLIOGRAFÍA

**Airborne sampling protocol for DNA studies using a Hirst-type spore trap**, video tutorial: <https://www.youtube.com/watch?v=fsqyiltfd4Y>

**Naffakh M, Marco C y Ellis G.** (2014). Development of novel melt-processable biopolymer nanocomposites based on poly(L-lactic acid) and WS<sub>2</sub> inorganic nanotubes. *Cryst Eng Comm* 16: 5062-5072.

**Naffakh M, Shuttleworth PS y Ellis G.** (2015). Bio-based polymer nanocomposites based on nylon 11 and WS<sub>2</sub> inorganic nanotubes. *RSC Adv* 5:17879-17887.

**Naffakh M y Díez-Pascual AM.** (2015). WS<sub>2</sub> inorganic nanotubes reinforced poly(L-lactic acid)/hydroxyapatite hybrid composite biomaterials. *RSC Adv* 5:65514-65525.

**Núñez A, Amo de Paz G, Rastrojo A, García AM, Alcamí A, Gutiérrez-Bustillo AM y Moreno DA.** (2016a). Monitoring of the airborne biological particles in outdoor atmosphere. Part 1: Importance, variability and ratios. *Int Microbiol* 19:1-13

**Núñez A, Amo de Paz G, Rastrojo A, García AM, Alcamí A, Gutiérrez-Bustillo AM y Moreno DA.** (2016b). Monitoring of airborne biological particles in outdoor atmosphere. Part 2: Metagenomics applied to urban environments. *Int Microbiol* 19:69-80

**Núñez A, Amo de Paz G, Ferencova Z, Rastrojo A, Guantes A, García AM, Alcamí A, Gutiérrez-Bustillo AM y Moreno DA.** (2017a). Validation of the Hirst-type spore trap for simultaneous monitoring of prokaryotic and eukaryotic biodiversity in urban air samples by NGS. *Appl Environ Microbiol* 83(13): e00472-17

**Núñez A, García AM y Moreno DA.** (2017b). Dispositivo captador de partículas presentes en el aire de carácter portátil y autónomo. WO Patent No 2017103316 A1

**Programa AIRBIOTA-CM**, página web: <http://www.airbiota.com>

**Sánchez-Parra B, Núñez A y Moreno DA.** (2018). Método de detección por PCR de la bacteria *Legionella pneumophila* en muestras ambientales y/o clínicas. ES Patent No P201830830.

**Silverman T, Naffakh M, Marco C y Ellis G.** (2018). Effect of WS<sub>2</sub> inorganic nanotubes on isothermal crystallization behavior and kinetics of poly(3-Hydroxybutyrate-co-3-hydroxyvalerate). *Polymers* 10, 166.

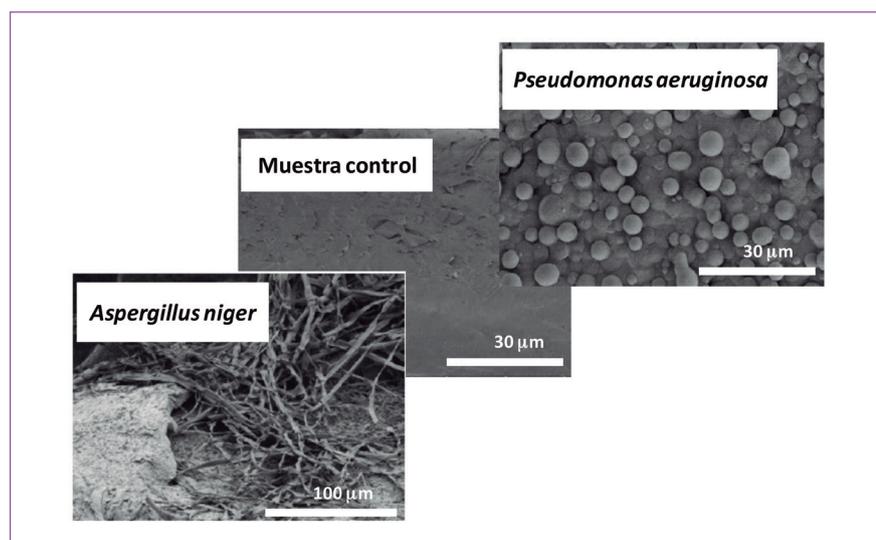


Figura 2. Micrografías SEM de la superficie de las películas no fracturadas (PLLA/PVDF/1D-WS<sub>2</sub>) observadas después de los ensayos de biodegradación en medio líquido con bacterias y hongos durante 3 meses.

# Estudio de los microorganismos que afectan el patrimonio cultural

M<sup>a</sup> Angeles Calvo Torras, Eulalia Nogué Calvo  
y Esteban Leonardo Arosemena Angulo



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



De izquierda a derecha: Esteban Leonardo Arosemena Angulo, M. de los Ángeles Calvo Torras, Eulalia Nogué Calvo

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 los microorganismos 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 los mecanismos de prevención y control establecidos se instaura el problema, la pauta que seguimos es:

- Obtención de muestras de diferente procedencia: 1. Medio ambiental interior de las zonas de archivo y almacén y del exterior; 2. Sistemas de aire acondicionado: filtros, 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 medioambientales debe establecerse un estudio

histórico que se puede llevar a cabo por exposición de placas de cultivo durante 5 o 10 minutos o por métodos volumétricos. Las muestras de filtros, moquetas y material visiblemente afectado o no, deben obtenerse mediante hisopos estériles o, si es posible, a partir de fragmentos de materiales infectados.

- Recuento e identificación de microorganismos. Mediante el procesamiento de las muestras 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*); *Kocuria* spp. (*K. varians*, *K. rhizophila*); y varios géneros de la familia *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 mostrado también 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 destacan cepas de *A. brasiliensis*. Asimismo se han aislado de forma reiterativa especies del género *Penicillium*, *Cladosporium*, *Alternaria*, *Fusarium*, *Trichoderma* y *Chrysonilia*, concretamente las especies: *P. rugulosum*, *C. herbarum*, *C. cladosporioides*, *A. tenuis*, *F. moniliforme*, *T. viride* y *C. sitophila*. Entre las levaduras adquieren mayor interés las especies de los géneros: *Rhodotorula*, *Candida* y *Saccharomyces*.

Paralelamente se lleva a cabo la evaluación de las actividades enzimáticas de los microorganismos aislados, con el fin de establecer en qué medida pueden alterar los sustratos

sobre los que se desarrollan y una vez hecho esto se procede a:

- Elección del tratamiento medioambiental y de limpieza. Aunque la mayoría de cepas fúngicas y bacterianas pueden tratarse mediante sistemas de eliminación tradicional, aconsejamos el estudio específico de la sensibilidad de las cepas aisladas en mayor proporción para la elección del tratamiento medioambiental y de limpieza más adecuado.
- 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 aplicados.

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), Museu d'Art Contemporani de Catalunya (MACBA), Conselleria de Cultura, Departament de Cultura de l'Ajuntament de Barcelona, Centre de Restauració Bens Mobles de Catalunya, Biblioteca de Catalunya, Bibliotecas y Museos de la Diputació, 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

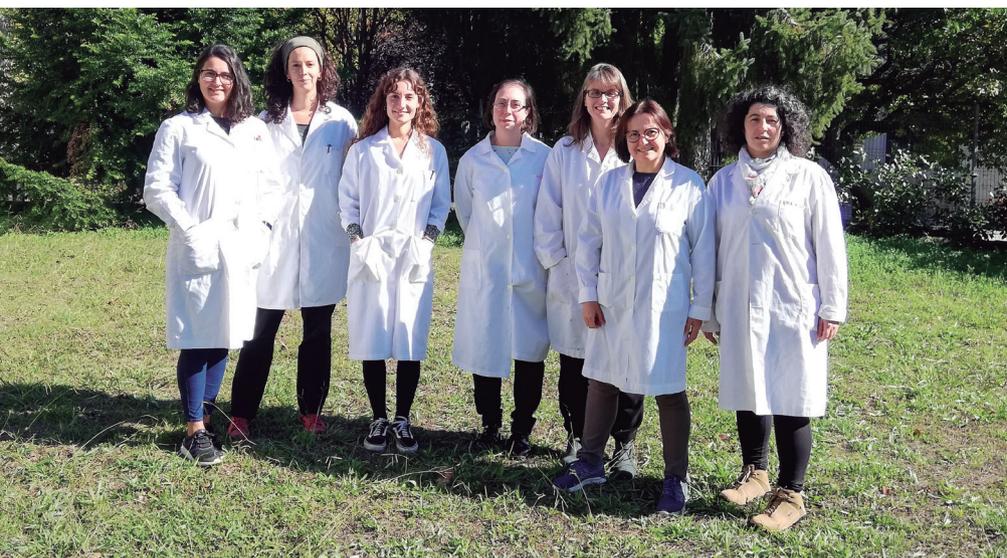
**Grup d'investigació en microorganismes que afecten el patrimoni documental** (2008). Protocols per a la prevenció, el control i el tractament de les infeccions per microorganismes que afecten el patrimoni documental. Colecció Arxivística i Gestió Documental. Sèrie Conservació i restauració. Departament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

# Aprovechamiento y gestión sostenible de suelos y sustratos enriquecidos en elementos traza mediante el uso de plantas y sus microorganismos asociados

Petra Kidd, Beatriz Rodríguez Garrido, Andrea Cerdeira Pérez, Ángeles Prieto Fernández

*Instituto de Investigaciones Agrobiológicas de Galicia (IIAG) del CSIC.  
Avenida de Vigo s/n, Campus Vida. 15705 Santiago de Compostela*

[pkidd@iiag.csic.es](mailto:pkidd@iiag.csic.es)  
[beatriz@iiag.csic.es](mailto:beatriz@iiag.csic.es)  
[acerdeira@iiag.csic.es](mailto:acerdeira@iiag.csic.es)  
[apf@iiag.csic.es](mailto:apf@iiag.csic.es)



Miembros del Grupo, de izquierda a derecha:  
Leticia Bravo Gómez, Lucía Debernardo Espiñeira,  
Andrea Cerdeira Pérez, Marian de Jesús González,  
Petra Kidd, Ángeles Prieto Fernández y  
Beatriz Rodríguez Garrido

La demanda mundial de metales y minerales está experimentando un gran crecimiento en los últimos años. Este tipo de materias primas minerales son fundamentales para la economía y crecimiento europeo, son esenciales para numerosas aplicaciones tecnológicas y para mantener y mejorar nuestra calidad de vida; sin embargo, su producción está localizada mayoritariamente en países extracomunitarios. Por estas razones, la UE reconoce la necesidad urgente de mejorar el suministro de estas materias primas y de disponer de nuevos métodos de extracción o reciclado de metales. En este escenario, algunas tecnologías novedosas como la fitominería pueden ser de gran interés para la obtención de algunos elementos de elevado valor de mercado.

La fitominería consiste en el cultivo de plantas (frecuentemente las denominadas

hiperacumuladoras) que son capaces de extraer del suelo y acumular en la biomasa aérea metales y otros elementos traza. Esta biomasa se puede cosechar y procesar para recuperar los elementos de interés. La fitominería puede complementar y, en algunos casos, constituir una alternativa eco-eficiente a los procesos piro e hidrometalúrgicos tradicionales y ser de gran interés en algunos suelos, como los ultramáficos, poco adecuados para su aprovechamiento agrícola o forestal tradicional. La viabilidad técnica y económica de la fitominería se ha estudiado empleando plantas hiperacumuladoras de Ni en experiencias en suelos agrícolas desarrollados sobre rocas ultramáficas (Fig.1). A partir de la biomasa vegetal enriquecida en Ni y empleando procesos hidrometalúrgicos se han logrado conseguir productos químicos de Ni purificados con un valor de hasta 20.000\$ por tonelada.

En los últimos años los miembros del grupo de Microbiología del IIAG estudiamos la aplicación de técnicas de fitominería en suelos agrícolas naturalmente enriquecidos en Ni y también en otros sustratos con un elevado contenido de este elemento, como escombros de canteras de serpentinitas. En el marco de los proyectos que desarrollamos, empleamos especies vegetales hiperacumuladoras de Ni endémicas del NO de la Península ibérica y también otras originarias de zonas mediterráneas, que en algunos casos están dando buenos resultados en un clima templado-húmedo, como el de las áreas en las que establecemos nuestros experimentos. Los ensayos que realizamos comprenden el uso de distintos abonos y enmiendas (fertilización mineral, compost, residuos de industria alimentaria, etc.); además, probamos prácticas agronómicas como el cultivo intercalado o la aplicación de inóculos microbianos (prin-



Figura 1. Vista aérea de parcelas con distintas especies hiperacumuladoras de Ni establecidas en un suelo ultramáfico.

principalmente cepas de hongos micorrízicos y de bacterias, sobre todo Actinobacterias). La colaboración con otros equipos europeos permite comparar los resultados obtenidos en distintas zonas climáticas y realizar mayores avances en relación con las especies y prácticas más adecuadas y en la obtención de productos finales de alto valor de mercado. La selección de plantas, enmiendas, inóculos etc. que se emplean se basa en numerosos estudios realizados en años anteriores, a escala de laboratorio e invernadero. Los proyectos que desarrollamos también abordan el estudio de servicios esenciales del ecosistema asociados a la implantación de fitominería como estímulo de la fijación de C y mejora de propiedades edáficas (calidad, fertilidad, biodiversidad, capacidad de retención de agua, etc.). Adicionalmente, también trabajamos en la bioprospección de nuevas especies vegetales y cepas microbianas, recogidas y aisladas de áreas enriquecidas en otros elementos valiosos como wolframio, molibdeno, oro, lantano, cerio, tantalio, etc.

Por otra parte, continuamos trabajando en el campo de la fitocorrección, término en el que se engloban distintas técnicas que emplean plantas y sus microorganismos asociados para eliminar, estabilizar y detoxificar contaminantes. En la actualidad el trabajo que realizamos busca demostrar la utilidad

de estas tecnologías para la gestión sostenible de emplazamientos contaminados. Así, colaboramos con otros grupos europeos en el establecimiento de una red transnacional de emplazamientos contaminados dedicada a poner en valor la utilidad de esta tecnología para la restauración de la funcionalidad ecológica de suelos actualmente contaminados y, por tanto, para la recuperación de los servicios del ecosistema. El trabajo está dirigido a demostrar el beneficio ambiental, económico y social generado durante y después de su aplicación en determinadas áreas, así como fomentar que gestores y propietarios de terrenos contaminados las empleen de forma habitual

### PROYECTOS VIGENTES

*Potencial de la fito-minería para la recuperación sostenible de Ni y otros elementos estratégicos a partir de antiguas escombreras de mina* (FITOMINA, CTM2015-66439-R, Enero 2016 - Diciembre 2019) financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad con contribución de fondos FEDER de la UE, que cuenta con Petra Kidd y Ángeles Prieto Fernández como investigadoras responsables.

*Recovering contaminated soils through phytomanagement in Southwest Europe*

(PhytoSUDOE, SOE1/P5/E0189, Julio 2016 - Octubre 2018) del Programa Interreg-Sudoe de la Unión Europea, que cuenta con la participación de varios grupos de investigación de Francia, España y Portugal y cuya coordinadora es Petra Kidd.

Asimismo, Petra Kidd es la investigadora responsable del grupo del IAG en dos proyectos en los que participan equipos investigadores de varios países europeos: *Cropping hyperaccumulator plants on nickel-rich soils and wastes for the green synthesis of pure nickel compounds* (LIFE-AGROMINING, LIFE15 ENV/FR/000512, Julio 2016-Junio 2020) del Programa Life de la Unión Europea y *Developing Ni agromining on ultramafic land in Europe* (AGRONICKEL, OPE01372, Enero 2017- Diciembre 2019) del programa FACCE SURPLUS, ERA-NET. La investigación del IAG en este último proyecto está financiada por las Acciones de Programación Conjunta Internacional (APCIN) del Ministerio de Economía y Competitividad. Ambos proyectos están coordinados por el Prof. Guillaume Echevarría del INRA

### PRINCIPALES PUBLICACIONES RECIENTES

**Cabello-Conejo MI, Becerra-Castro C, Prieto-Fernández A, Monterroso C, Saavedra-Ferro A, Mench M y Kidd PS.** (2014). Rhizobacterial inoculants can improve nickel phytoextraction by the hyperaccumulator *Alyssum pintodasilvae*. *Plant Soil* 379: 35-50.

**Cabello-Conejo MI, Prieto-Fernández A y Kidd PS.** (2014). Exogenous treatments with phytohormones can improve growth and nickel yield of hyperaccumulating plants. *Sci Total Environ* 494-495: 1-8.

**Álvarez-López V, Prieto-Fernández A, Janssen J, Herzig, R, Vangronsveld J y Kidd PS.** (2016). Inoculation methods using *Rhodococcus erythropolis* strain P30 affects bacterial assisted phytoextraction capacity of *Nicotiana tabacum*. *Int J Phytoremediat* 18: 406-415.

**Álvarez-López V, Prieto-Fernández A, Cabello-Conejo MI y Kidd PS.** (2016). Organic amendments for improving biomass production and metal yield of Ni-hyperaccumulating plants. *Sci Total Environ* 548-549: 370-379.

**Álvarez-López V, Prieto-Fernández A, Becerra-Castro C, Monterroso C y Kidd PS.** (2016). Rhizobacterial communities associated with the flora of three serpentine outcrops of the Iberian Peninsula. *Plant Soil* 403: 233-252.

**Touceda-González M, Álvarez-López V, Prieto-Fernández A, Rodríguez-Garrido B, Trasar-Cepeda C, Mench M, Puschenreiter M, Quintela-Sabaris C, Macías-García F y Kidd PS.** (2017). Aided phytostabilisation reduces metal toxicity, improves

soil fertility and enhances microbial activity in Cu-rich mine tailings. *J Environ Manage* 186: 301-313.

**Kidd PS, Alvarez-Lopez V, Becerra-Castro C, Cabello-Conejo M y Prieto-Fernández Á.** (2017). Potential role of plant-associated bacteria in plant metal uptake and implications in phytotechnologies. *Adv Bot Res.* 8: 87-126.

**Álvarez-López V, Prieto-Fernández A, Roiloa S, Rodríguez-Garrido B, Herzig R, Puschenreiter M y Kidd PS.** (2017). Evaluating phytoextraction efficiency of two high-biomass crops after soil amendment and inoculation with rhizobacterial strains. *Environ Sci Pol Res* 24: 7591-7606.

**Touceda-González M, Prieto-Fernández Á, Renella G, Giagnoni, L, Sessitsch A, Brader G, Kumpiene J, Dimitriou J, Eriksson J, Friesl-Hanl W, Galazka R, Janssen J, Mench M, Müller I, Neu S, Puschenreiter M, Siebielec G, Vangronsveld J y Kidd PS.** (2017). Microbial community structure and activity in trace element-contaminated soils (phyto) managed by Gentle Remediation Options (GRO). *Environ Pollut* 231: 237-251.

**Ghasemi, Z, Ghaderian, SM, Prieto-Fernández, Á, Rodríguez-Garrido, B y Kidd, PS.** (2018). Plant species-specificity and effects of bioinoculants and fertilization on plant performance for nickel phytomining. *Plant Soil* 425: 265-285.

**Pardo T, Rodríguez-Garrido, B, Saad R, Soto-Vazquez JL, Loureiro-Viñas M, Prieto-Fernández, Á, Echevarria G, Benizri E y Kidd PS.** (2018). Assessing the agromining potential of Mediterranean nickel-hyperaccumulating plant species at field-scale in ultramafic soils under humid-temperate climate. *Sci Total Environ* 630: 275-286

**Becerra-Castro C, Álvarez-López V, Pardo-Iglesias T, Rodríguez-Garrido B, Cerdeira-Pérez A, Prieto-Fernández Á y Kidd PS.** (2018). Phytomanagement of Metal-Rich and Contaminated Soils: Implicated Factors and Strategies for its Improvement Chapter 13. En: *Strategies for Bioremediation of Organic and Inorganic Pollutants* (María S. Fuentes, Verónica L. Colin and Juliana M. Saez Eds.). pp. 215-242. CRC Press, Boca Raton (FL) EEUU

**Kidd PS, Bani A, Benizri E, Gonnelli C, Hazotte C, Kissler J, Konstantinou M, Kuppens T, Dimitris K, Laubie B, Malina R, Morel J-L, Olcay H, Pardo T, Pons M-N, Prieto-Fernández Á, Puschenreiter M, Quintela-Sabaris C, Ridard C, Rodríguez-Garrido B, Rosenkranz T, Rozpądek P, Saad R, Selvi F, Simonnot M-O, Tognacchini A, Turnau K, Wazny R, Witters N y Echevarria G.** (2018). Developing sustainable agromining systems in agricultural ultramafic soils for nickel recovery. *Front Environ Sci* 6 (44): 1-20.

**Touceda-González M, Kidd PS, Smalla K y Prieto-Fernández Á.** (2018). Bacterial communities in the rhizosphere of different populations of the Ni-hyperaccumulator *Alyssum serpyllifolium* and the metal-excluder *Dactylis glomerata* growing in ultramafic soils. *Plant Soil* 431: 317-332.

**Cerdeira-Pérez A, Monterroso C, Rodríguez-Garrido B, Machinet G, Echevarria G, Prieto-Fernández Á, Kidd PS.** (2018) Implementing nickel phytomining in a serpentine quarry in NW Spain. *J. Geochem. Explor.* En prensa. DOI: 10.1016/j.gexplo.2018.11.001



## SAVE THE DATE



7-11 July 2019

8th Congress of European Microbiologists  
Glasgow, Scotland | [www.fems2019.org](http://www.fems2019.org)

## Grupo de Ecología Microbiana de la Universidad Autónoma de Barcelona

Antonio Solé, Isabel Esteve, Laia Millach, Eduard Villagrasa, Nadia Bahavar, Zully M. Puyen, Álvaro Burgos



Departament de Genètica i Microbiologia, Universitat Autònoma de Barcelona  
Edifici C, Campus de la UAB, Bellaterra (Cerdanyola del Vallés), 08193, Barcelona



De izquierda a derecha: Eduard Villagrasa, Nadia Bahavar, Dra Isabel Esteve, Dr Antonio Solé, Dra. Laia Millach, Neus Bonet, Cristina Sosa

**El grupo de Ecología Microbiana de la Universidad Autónoma de Barcelona (UAB)**, está especializado en el aislamiento y cultivo de los microorganismos fotótrofos, principalmente cianobacterias, de ambientes extremos. Nuestros principales **objetivos** son: el estudio del efecto tóxico que producen los metales en dichas poblaciones; su potencial como bioindicadores/biorremediadores de ambientes contaminados por metales pesados, y la optimización, aplicación y validación de técnicas tanto de microscopía óptica como de microscopía electrónica de alta resolución para llevar a cabo tales estudios.

El equipo de investigación está coordinado por el **Dr. Antonio Solé** (profesor contratado doctor) y la **Dra. Isabel Esteve** (catedrática-profesora honoraria) y en él se han formado en los últimos 5 años: la **Dra. Laia Millach** y la **Dra. Zully M. Puyen** (doctorado en microbiología) y el **Dr. Álvaro Burgos** (doctorado en biotecnología) y diferentes estudiantes de máster. Actualmente, el grupo lo completan, además de

nuevos estudiantes de máster, los doctorandos **Eduard Villagrasa** y **Nadia Bahavar** y la técnica de laboratorio **Cristina Sosa**.

La contaminación por metales pesados es un problema medioambiental grave que afecta a los seres vivos y altera la microbiota de los ecosistemas acuáticos y terrestres. Gran parte de estos compuestos tóxicos son liberados al medio ambiente por causas antropogénicas. Un ejemplo de hábitat donde las principales fuentes de contaminación son la agricultura y la industria es el delta del río Ebro, el cual está situado al noreste de la península ibérica y cubre una extensión de 320 km<sup>2</sup> en la desembocadura del río. En esta área encontramos los tapetes microbianos, ecosistemas naturales costeros formados por comunidades microbianas bentónicas verticalmente estratificadas en capas, de distinta coloración y de grosor variable (mm a cm), según los microgradientes de parámetros físico-químicos predominantes: luz, temperatura, salinidad, oxígeno y sulfhídrico, entre otros.

Las cianobacterias y las microalgas, microorganismos fotótrofos, son los más abundantes e importantes productores primarios de la zona, y se ubican principalmente en las capas superiores de los tapetes microbianos. Estos microorganismos tienen una especial capacidad tanto para adaptarse a condiciones muy limitantes para la vida como para tolerar o resistir la presencia de los metales.

En la última década, el grupo de Ecología Microbiana de la UAB ha aislado diferentes consorcios de microorganismos de los tapetes microbianos del delta del Ebro donde cada uno está a su vez formado por distintos microorganismos: un único fotótrofo y distintos heterótrofos. Al mismo tiempo, también se han optimizado y aplicado distintas técnicas de microscopía óptica y electrónica con el principal objetivo de estudiar el efecto de los metales pesados, principalmente, en los microorganismos fotótrofos, y se ha determinado su capacidad para biorremediar ambientes contaminados por éstos. Dichas

técnicas incluyen: Microscopía Láser Confocal (CLSM) y CLSM acoplado a un detector espectrofluorométrico ( $\lambda$ Scan-CLSM) y Microscopía Electrónica de Barrido (SEM) y Microscopía Electrónica de Transmisión (TEM), ambos acoplados a un detector de Energía Dispersiva de rayos X (EDX).

Referente a la microscopía óptica, el CLSM se utiliza para determinar los cambios en diversidad, viabilidad y biomasa debidos a la presencia del metal, tanto de microorganismos fotótrofos como de heterótrofos. Esta técnica se basa en la capacidad de los microorganismos fotótrofos de emitir fluorescencia natural, y en la de los no fotótrofos de emitir fluorescencia debido a la incorporación de fluorocromos vitales específicos. Para ello se aplican las metodologías CLSM-IA y FLU-CLSM-IA, utilizando un programa de análisis de imagen (IA) y fluorocromos vitales específicos (FLU, Hoechst y Sytox Green). Por otro lado, la función  $\lambda$ Scan-CLSM evalúa el efecto de los metales *in vivo*, de manera rápida y a nivel celular de muestras de microorganismos fotótrofos (autofluorescentes) sin interferencia de las bacterias heterótrofas presentes tanto en los consorcios aislados como en muestras naturales. La técnica nos permite determinar significativamente la mínima concentración de metal que afecta la fluorescencia emitida por el pigmento seleccionado como biomarcador (clorofila *a*).

A nivel de microscopía electrónica, además de poder observar cambios en la ultra-estructura celular debidos a la presencia del metal, la aplicación del SEM-EDX y el TEM-EDX evalúa la capacidad de los microorganismos, tanto fotótrofos como heterótrofos, de captar metales pesados, ya sea externamente en sustancias poliméricas extracelulares (bioadsorción) y/o internamente en el citoplasma o en inclusiones de polifosfato (bioacumulación). Además, la aplicación de técnicas complementarias de análisis químico y bioquímico proporciona datos sobre las eficiencias de captación de dichos metales por parte de los microorganismos ensayados.

El análisis conjunto de los resultados nos permite valorar qué microorganismos podrían ser considerados buenos bioindicadores de contaminación según el metal y cuáles presentan un mayor potencial para ser ensayados en biorremediación.

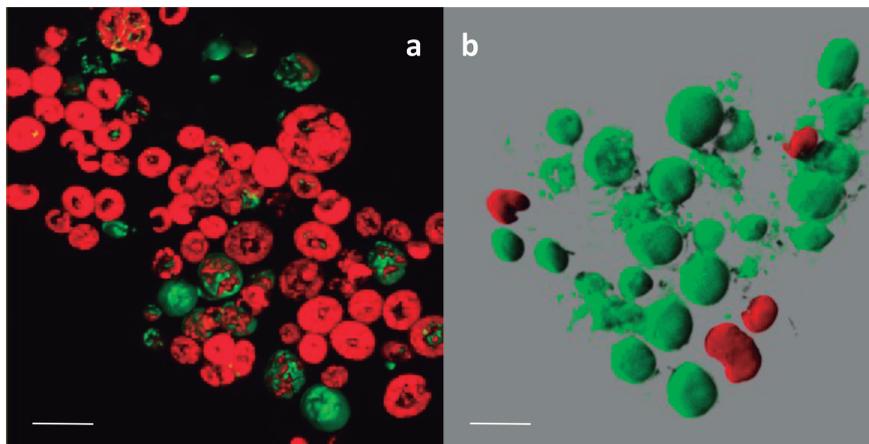


Figura 1. CLSM-DL. Autofluorescencia roja (PAF) y verde (NPAF) de *Scenedesmus* sp. DE2009. Proyección 3D para el cultivo control (a) y a 100 g NaCl/L (b). La barra representa 10 micras. Cortesía: Laia Millach

El grupo de Ecología Microbiana de la UAB considera primordial el desarrollo de nuevas técnicas que permitan detectar fácilmente y de manera rápida la contaminación ambiental debida especialmente a la actividad humana. Es por ello que el potencial de todas las técnicas de microscopía utilizadas por el grupo es extensible al estudio del efecto estresante de cualquier tipo de contaminante (hidrocarburos, pesticidas, etc.) sobre las comunidades microbianas autóctonas, principalmente formadas por microorganismos fotótrofos, de un ambiente contaminado, y la capacidad de éstas de resistir o tolerar dichos contaminantes. Además, la mayor parte de las técnicas permiten también evaluar los cambios producidos en los microorganismos debidos a cualquier parámetro ambiental, como por ejemplo la salinidad (Fig. 1).

En este sentido, el grupo ha publicado recientemente un nuevo método, CLSM-DL, basado en la aplicación de un láser dual para evaluar de manera rápida e *in vivo* la viabilidad celular sin necesidad de protocolos de tinción ni software de análisis de imagen. La técnica se basa en una captación secuencial en dos canales diferentes a partir de un mismo plano óptico utilizando un detector híbrido que permite diferenciar la fluorescencia emitida por células vivas (PAF, *Photosyntheticautofluorescence*) de la emitida por las células muertas (NPAF, *Non-Photosyntheticautofluorescence*).

### PUBLICACIONES DESTACADAS DE LOS ÚLTIMOS 5 AÑOS

Villagrasa E, Ferrer-Mirallas N, Millach L, Obiol A, Creus J, Esteve I y Solé A. (2018). Morphologi-

cal responses to nitrogen stress deficiency of a new heterotrophic isolated strain of Ebro Delta microbial mats. *Protoplasma*. Published online. DOI: 10.1007/s00709-018-1263-8.

Millach L, Obiol A, Solé A y Esteve I. (2017). A novel method to analyse *in vivo* the physiological state and cell viability of phototrophic microorganisms by confocal laser scanning microscopy using a dual laser. *J Microscopy* 268(1):53-65.

Puyen ZM, Villagrasa E, Millach L, Esteve I, Maldonado J y Solé A. (2017). Multi- approach microscopy techniques to evaluate the cytotoxic effect of chromium (III) on the cyanobacterium *Chroococcus* sp. PCC 9106. Publisher: Formatex Research Center, Editors: A. Méndez-Vilas, pp.602-609.

Otón J, Pereiro E, Pérez-Berná AJ, Millach L, Sorzano CO, Marabini R y Carazo JM. (2016). Characterization of transfer function, resolution and depth of field of a soft X-ray microscope applied to tomography enhancement by Wiener deconvolution. *Biomed Opt Express* 7(12):5092-5103.

Millach L, Solé A y Esteve I. (2015). Role of *Geitlerinema* sp. DE2011 and *Scenedesmus* sp. DE2009 as bioindicators and immobilizers of chromium in a contaminated natural environment. *Bio Med Research Internat* 2015:1-11. Open Access Article.

Coreño-Alonso A, Solé A, Diestra E, Esteve I, Gutiérrez-Corona JF, Reyna López GE, Fernández FJ y Tomasini A. (2014). Mechanisms of interaction of chromium with *Aspergillus niger* var *tubingensis* strain Ed8. *Biores Technol* 158:188-192.

Burgos A, Maldonado J, De los Ríos A, Solé A y Esteve I. (2013). Effect of copper and lead on two consortia of phototrophic microorganisms and their capacity to sequester heavy metals. *Aquatic Toxicol* 140-141:324-336.

Esteve I, Maldonado J, Burgos A, Diestra E, Burnat M y Solé A. (2013). Confocal laser scanning and electron microscopy techniques as powerful tools for determining the *in vivo* effect and sequestration capacity of lead in cyanobacteria. Chapter 9. In: Ferrão-Filho, A.S. (Eds), *Cyanobacteria: Ecology, Toxicology, and Management*. Nova Science Publishers Inc., New York.

Seder-Colomina M, Burgos A, Maldonado J, Solé A y Esteve I. (2013). The effect of copper on different phototrophic microorganisms determined *in vivo* and at cellular level by confocal laser microscopy. *Ecotoxicol* 22:199-205.

# Evaluación de tratamientos con láser y biocidas para la eliminación de agentes biológicos que inducen biodeterioro

Carmen Ascaso, Jacek Wierzchos y Asunción de los Ríos



Grupo de Ecología Microbiana y Geomicrobiología del Substrato Lítico, ECOGEO, MNCN-CSIC  
Departamento de Biogeoquímica y Ecología Microbiana, Museo Nacional de Ciencias Naturales (CSIC). C/Serrano 115 dpdo., 28006 Madrid



Grupo ECOGEO. MNCN-CSIC. De izquierda a derecha: Asunción de los Ríos, Carmen Ascaso, Jacek Wierzchos, Elena Gutiérrez, María Cristina Casero, Carlos Arroyo

Como ya fue descrito en el número de Sem@ foro de diciembre de 2013, nuestro Grupo de investigación lleva estudiando la alteración de materiales rocosos por acción de líquenes y microorganismos desde sus orígenes y realizando estudios de biodeterioro asociado al Patrimonio Cultural desde el año 1990. Más recientes son las investigaciones sobre el uso de biocidas para frenar el biodeterioro en monumentos, las cuales comenzaron en 2002 con trabajos basados en estudios por microscopía, para luego ser afrontados con la doble aproximación de combinación de técnicas de microscopía y biología molecular. Desde ese momento se han llevado a cabo numerosas investigaciones para evaluar los efectos de la aplicación de biocidas tanto en piedra de cantera (como campo de pruebas) como en edificios emblemáticos. En los últimos años se ha ampliado el espectro de biocidas testados sobre líquenes y microorganismos y se han combinado estos tratamientos químicos con métodos físicos, como las irradiaciones con láser, tanto en experimentos de campo como de laboratorio.

Dentro del programa Geomateriales 2 (S2013/MIT-2914), para conocer la efectividad de los

métodos físicos y químicos en la erradicación de los organismos causantes de biodeterioro, se aplicaron en campo estos dos tipos de tratamientos, bien separadamente, o combinados. En el año 2012 se llevó a cabo el ensayo de un tratamiento con láser portátil y biocidas sobre talos de *Verrucaria nigrescens* presentes en dolomías de la cantera de Redueña. Durante varios años se ha ido evaluando la eficacia tanto de las irradiaciones con el láser como de la aplicación de los biocidas Koretrel y New Des 50. La aplicación de un láser de Nd:YAG pulsado de nanosegundos (ns), operando en modo de conmutación Q (Q-switched), a 1064 nm, (CTS Art Laser) sobre los talos líquénicos, mostró poca efectividad tras la irradiación, observándose sólo daños en las partes de los talos líquénicos que habían recibido directamente el impacto (Álvarez de Buergo *et al.* 2013) deduciéndose que, para inactivar los simbiontes líquénicos, podrían necesitarse mayores densidades superficiales de energía. Sin embargo, este láser mostró una eficacia mayor en la erradicación de pátinas de cianobacterias. El tratamiento biocida más eficaz fue la aplicación de New Des 50, pero los mejores resultados se obtuvieron cuando se aplicó tras irradiación con el láser (de los Ríos *et al.* 2016).

El Grupo ha evaluado, en laboratorio, y en colaboración con el Grupo LANAPAC-IQFR (CSIC), el efecto del láser sobre rocas de la cantera de Redueña colonizadas por *V. nigrescens*, aplicando pulsos ns de un láser Q-switched Nd:YAG a 1064 y 355 nm. Las condiciones óptimas para eliminar los talos sin dañar el sustrato se consiguieron con la irradiación dual secuencial infrarrojo-ultravioleta (Sanz *et al.* 2015). Recientemente, se ha abordado, en colaboración con LANAPAC y PAP-IGEO, un estudio comparativo del efecto del láser sobre diferentes especies líquénicas, identificadas por el Dr. S. Pérez-Ortega (RJB-CSIC; en adelante SPO) en piedras de las canteras de Alpedrete (Madrid) y Valonsadero (Soria), ambas usadas tradicionalmente como fuente de piedra monumental. El uso de un láser Q-Switched Nd:YAG de ns a 1064, 355 y 266 nm y secuencias de pulsos IR-UV indujo daños substanciales en talos de las especies analizadas (Sanz *et al.* 2017).

La estrategia de tratamiento combinado de láser y biocida ha sido más recientemente aplicada también a materiales cerámicos, en colaboración con el grupo CERVITRUM-IH (CCHS-CSIC) y LANAPAC y la participación del IEM-CSIC

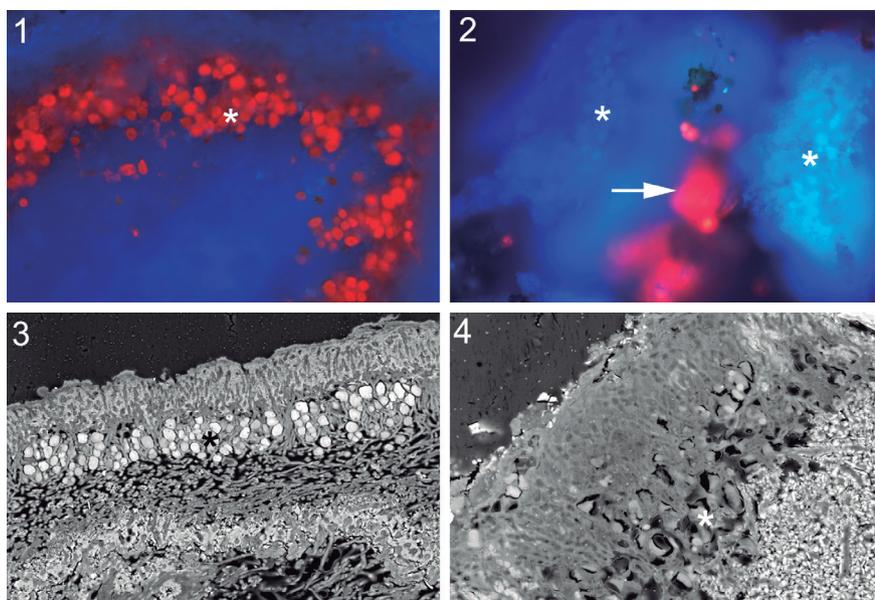


Figura 1. Arriba: Imágenes de microscopía de fluorescencia. (1) Talos líquenicos control con células del fotobionte en buen estado y (2) Talos tratados con biocida Acticide® mostrando células del fotobionte muertas, sin autofluorescencia. Los asteriscos señalan en ambas imágenes células de fotobionte y, la flecha, cianobacterias vivas con autofluorescencia resultado de recolonización. Abajo: Imágenes SEM-BSE. (3) Talo control con células de fotobionte vivas (asterisco) y (4) Talo tratado con Acticide® que muestra células de fotobionte dañadas (asterisco).

y SPO. Tres especies líquenicas presentes en sustratos cerámicos, en los que se había determinado la composición química y mineralógica, se irradiaron con láser a 1064 y 266 nm y, a continuación, se aplicó el biocida Acticide® CF (Thor Especialidades SA). La composición química de los materiales cerámicos se reveló como importante en la colonización biológica del sustrato y la aplicación del láser de forma combinada con el biocida mostró resultados de los que se deduce que se producen daños significativos en ambos simbiontes del líquen (Pena-Poza *et al.* 2018).

En el transcurso de nuestras investigaciones sobre la efectividad a medio plazo del biocida Acticide® CF, nos planteamos evaluar la eficacia de los tratamientos tras dos años de la aplicación. Se trataron talos del líquen *Protopermaliopsis* sp., presentes en dolomías de la cantera de Redueña (Madrid) e identificados por SPO, siguiendo el protocolo de aplicación descrito en Pena-Poza *et al.* (2018). Se establecieron estrategias para diferenciar los efectos del biocida aplicado sin limpieza mecánica previa y aplicándolo con esponja o cepillo. Tras dos años, los talos tratados con biocida aplicado con esponja o cepillo prácticamente habían desaparecido, mientras que, si solo se aplicaba el biocida, los talos se convertían en inviables por el daño total en las células del fotobionte (Fig. 1).

En los últimos años se ha continuado también con el diagnóstico de los procesos de biodete-

riorio en distintos materiales pétreos nacionales e internacionales. En colaboración con los responsables del Parque Arqueológico de Machu Picchu (Perú) se ha continuado con el diagnóstico de los procesos de biodeterioro causados por la colonización líquenica y microbiana en sus paramentos, por combinación de técnicas de microscopía y biología molecular, habiéndose observado que tratamientos previos realizados en el monumento han inducido cambios en la estructura de la comunidad.

También hemos participado en el estudio sobre el posible origen biológico de las alteraciones de la parte vidriada del panel de azulejos llamado *Gran Vista de Lisboa* (Lisboa, Portugal) (Cabo Verde *et al.* 2015).

En colaboración con el Dr. Sohrabi (IROST, Irán), se ha participado en un estudio del biodeterioro de la Tumba de Ciro, Pasargadae (Irán), lugar declarado Patrimonio de la Humanidad por la UNESCO. Se ha demostrado cómo distintas especies líquenicas epilíticas y endolíticas contribuyen al biodeterioro del monumento, ejerciendo una acción física y química directa sobre el sustrato pétreo y favoreciendo, además, la colonización de otros microorganismos litobióticos biodeteriorantes, como cianobacterias (Sohrabi *et al.* 2017).

Dentro de nuestro país, se ha evaluado, en colaboración con el PAP-IGEO, el efecto de la

acción antrópica sobre la colonización líquenica en piedra monumental, con aplicación continuada de bioproducto humano (orina) a talos de *V. nigrescens* en dolomías de Redueña (Cámara *et al.* 2014, 2015). Asimismo, con la Dra. García del Cura, se ha demostrado la participación de los microorganismos en la formación de depósitos de dolomita sobre material pétreo (García del Cura *et al.* 2014). En el marco de nuestros trabajos en común con CERVITRUM, hemos investigado también la biocolonización inducida en vidrios históricos y la respuesta al biocida Acticide® CF, trabajo que será presentado en Technoheritage 2019.

### AGRADECIMIENTOS

Programa Geomateriales 2 (S2013/MIT-2914) financiado por la Comunidad de Madrid y Fondos estructurales (FSE y FEDER). Agradecimientos a Marta Urizal y Thor Especialidades SA. A Carlos Arroyo por el apoyo técnico.

### PUBLICACIONES CITADAS

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

Cabo-Verde S, Silva T, Corregidor V, Esteves L, Dias MI, Souza-Egipsy V, Ascaso C, Wierzechos J, Santos L y Prudencio MI. (2015). Microbiological and compositional features of green stains in the glaze of the Portuguese “Great View of Lisbon” tile panel. *J Mater Sci.* 50: 6656-6667.

Cámara B, Álvarez de Buergo M, Fort R, Ascaso C, de los Ríos A y Gómez-Heras M. (2014). Another source of soluble salts in urban environment due to recent social behaviour pattern in historical centres. In *Science technology and Cultural Heritage*. Ed. M.A. Rogerio-Candelera. Taylor & Francis Group: 89-74.

Cámara B, Álvarez de Buergo M, Fort R, Souza-Egipsy V, Pérez-Ortega S, de los Ríos A, Wierzechos J y Ascaso C. (2015). Anthropogenic effect on the lichen colonization in building stones from cultural heritage. *Periodico di Mineralogia* 84-3A (Special Issue): 539-552.

De los Ríos A, Pérez-Ortega S, Sanz M, Oujja M, Castillejo M, Wierzechos J, Souza-Egipsy V, Fort R, Álvarez de Buergo M y Ascaso C. (2016). Biocide and laser treatments to slow down biodeterioration processes in stone. *International Conference of Biodeterioration & Protection of Cultural Heritage*. Lozt. Polonia.

García-del Cura MA, Sanz-Montero ME, de los Ríos A y Ascaso C. (2014). Microbial Dolomite in carbona-

te deposits associated to spring water. *Sedimentology* 61 (1): 41-55

**Pena-Poza J, Ascaso C, Sanz M, Pérez-Ortega S, Oujja M, Wierzchos J, Souza-Egipsy V, Cañamares MV, Urizal M, Castillejo M y García-Heras M.** (2018). Effect of biological colonization on ceramic roofing tiles by lichens and combined laser and biocide procedure for its removal. *Int Biodeter Biodegrad* 126: 86-94.

**Sanz M, Oujja M, Ascaso C, de los Ríos A, Pérez-Ortega S, Souza-Egipsy V, Wierzchos J, Speranza M y Castillejo M.** (2015). Infrared and ultraviolet laser removal of crustose lichen crust dolomite heritage stone. *Appl Sur Sci* 346: 248-255.

**Sanz M, Oujja M, Ascaso C, Pérez-Ortega S, Souza-Egipsy V, Fort R, de los Ríos A, Wierzchos J, Vega-Cañamares M y Castillejo M.**

(2017). Wavelength effects on the laser removal of lichens on heritage stone. *Appl Sur Sci* 399: 758-768

**Sohrabi M, Favero-Longo SE, Pérez-Ortega S, Ascaso C, Haghghat Z, Talebian MH, Fadaei H, de los Ríos A.** (2017). Lichen colonization and associated deterioration processes in Pasargadae, UNESCO World Heritage Site, Iran. *Int Biodeter Biodegrad* 117: 171-182

## Biodegradación de la lignocelulosa: una fuente de biocatalizadores para una industria sostenible

Susana Camarero, Javier Ruiz-Dueñas, Alicia Prieto, María Jesús Martínez y Ángel T. Martínez



Centro de Investigaciones Biológicas, CSIC.  
Ramiro de Maeztu 9, E-28040 Madrid.



Miembros del grupo (de abajo a arriba y de izquierda a derecha): Ángel T Martínez, María Jesús Martínez, Juan Carro, María Molina, Marta Espada, Zahra Azzouz, Katrin G Kropatsch, Susana Camarero, Alicia Prieto, William D Hahn Schneider, Marta Pérez Boada, Javier Ruiz Dueñas, Jorge Barriuso, Manuel Nieto, Juan A. Mendez, Mario Saparrat, Felipe de Salas, Pablo Aza, Iván Ayuso, David Rodríguez, Gonzalo Molpeceres, Lola Linde, Laura de Eugenio, Rashid Babiker

El grupo de Biotecnología para la Biomasa Lignocelulósica (<https://bit.ly/2Fy0ITm>) liderado por los profesores María Jesús Martínez

y Ángel T. Martínez comenzó su andadura en la década de los 80 con el estudio (en colaboración con el Dr Aldo González) de los

hongos saprófitos que producen el llamado "palo podrido" (Fig. 1) en la pluvisilva chilena (Martínez *et al.*, 1995).



Figura 1. "Palo podrido": Deslignificación por *Ganoderma australe* en el Sur de Chile (foto AT Martínez)

El estudio del material degradado y de los hongos implicados llevó a demostrar que la podredumbre de la madera tenía su origen en la degradación de la lignina, un polímero aromático difícil de descomponer que actúa como soporte estructural y protege a los polisacáridos de la pared celular vegetal frente al ataque de microorganismos. Durante estos primeros años se identificaron diferentes patrones de biodegradación y se seleccionaron hongos modelo con potencial biotecnológico para el aprovechamiento de la biomasa vegetal (Camarero *et al.*, 1998). En estudios posteriores se determinó que su capacidad ligninolítica residía en la producción de oxidorreductasas extracelulares de tipo peroxidasa y oxidasa (incluyendo lacasas) capaces de actuar sinérgicamente sobre las unidades fenilpropano de la lignina y degradar también una variedad de compuestos aromáticos recalcitrantes.

El estudio de este sistema multienzimático, llevó al grupo al descubrimiento y caracterización de enzimas claves en el proceso de deslignificación de los materiales lignocelulósicos, tales como un nuevo tipo de peroxidasa ligninolítica (peroxidasa versátil) (Martínez *et al.*, 1996) o una oxidasa productora de peróxido de hidrógeno (aril-alcohol oxidasa) (Guillén *et al.*, 1992), y a demostrar la contribución de las lacasas en la oxidación de cationes metálicos y la producción de especies activas de oxígeno (Muñoz *et al.*, 1997) que, junto

con radicales de los propios productos de degradación, actúan como mediadores en la degradación oxidativa de la lignina (Cañas y Camarero, 2010).

Simultáneamente, y en paralelo con estas investigaciones básicas, el grupo ha participado en proyectos y contratos con la industria papelera y de producción de biocombustibles cuyo objetivo común es el aprovechamiento de la celulosa, previa eliminación de la lignina. Con respecto a la industria papelera, cabe destacar los buenos resultados obtenidos aplicando lacasas (en sistemas lacasa-mediador) para reducir el uso de reactivos clorados en las secuencias de blanqueo, obteniendo pastas con mayor calidad (Ibarra *et al.*, 2006). Así mismo, el empleo de lipasas (esterol esterases) contribuyó a mejorar la calidad de las pastas blanqueadas en secuencias libres de cloro, eliminando los depósitos de *pitch* originados por la acumulación de compuestos lipídicos de la madera (Calero-Rueda *et al.*, 2004). Paralelamente, con la temática de los biocombustibles, se inició el estudio de las enzimas implicadas en la degradación de los polisacáridos de la pared vegetal. Este, junto con el estudio de las lipasas versátiles, dio lugar a la línea de investigación sobre enzimas hidrolasas dirigida por las Dras. María Jesús Martínez y Alicia Prieto que pretende obtener productos de valor añadido a partir de los componentes lipídicos y polisacáridos de residuos de biomasa vegetal. En esta

línea, en los últimos años, se ha avanzado en la caracterización bioquímica, físico-química y estructural de: i) glicosidasas involucradas en la degradación/transformación de la celulosa y la hemicelulosa, y ii) lipasas versátiles capaces de actuar sobre los lípidos de la pared celular vegetal. Los estudios estructura-función de estas enzimas junto con estudios proteómicos y secretómicos, realizados en diferentes condiciones de cultivo, son esenciales para desarrollar biocatalizadores que reemplacen a los reactivos químicos en procesos industriales verdes y sostenibles. Las aplicaciones más relevantes, utilizando enzimas libres o inmovilizadas, están relacionadas con la producción de bioetanol de segunda generación (de Eugenio *et al.*, 2017) y biodiesel, de oligosacáridos prebióticos (Nieto-Domínguez *et al.*, 2017b), o de derivados de lípidos o azúcares con mayor solubilidad y actividad biológica, como ésteres de esteroides (Molina-Gutiérrez *et al.*, 2016) o nuevos glucósidos con propiedades neuroprotectoras (Nieto-Domínguez *et al.*, 2017a).

En la línea de enzimas oxidativas dirigida por los Drs. Ángel Martínez, Susana Camarero y Francisco J. Ruiz-Dueñas, durante la última década se ha profundizado en la caracterización y mejora de diferentes tipos de enzimas (peroxidasas ligninolíticas, lacasas, peroxidasas que decoloran tintes y flavo-oxidases de la familia GMC). Mediante evolución molecular dirigida o diseño racional se han obtenido enzimas recombinantes con propiedades catalíticas y/o estabilidad mejoradas. Las aproximaciones experimentales se han combinado con el diseño computacional para profundizar en el conocimiento estructura-función de dichas enzimas y al mismo tiempo contribuir al desarrollo de enzimas a la carta como biocatalizadores de reacciones de interés industrial (Pardo *et al.*, 2016; Sáez-Jiménez *et al.*, 2016; Fernández-Fueyo *et al.*, 2018). Además, estudios genómicos y secretómicos de especies de hongos cuyos genomas se han secuenciado recientemente han confirmado el papel clave de las peroxidases en la biodegradación de la lignina, fijando su origen en el Carbonífero, coincidiendo con el descenso en la acumulación de carbón en la tierra a finales de este periodo geológico (Floudas *et al.*, 2012). Así mismo, estudios paleogenéticos basados en la reconstrucción de enzimas ancestrales han permitido estudiar la evolución de las peroxidases ligninolíticas desde el Jurásico hasta

la actualidad, y han proporcionado peroxidases resucitadas de interés biotecnológico más robustas y fácilmente evolucionables (Ayuso-Fernández *et al.*, 2018).

En los últimos años, se han estudiado también nuevas enzimas fúngicas de interés, entre las que cabe destacar: i) las peroxigenasas inespecíficas, como los “biocatalizadores soñados” para reacciones de oxifuncionalización difíciles (y a veces imposibles) de llevar a cabo por procedimientos químicos; y ii) las monooxigenasas líticas de polisacáridos, como las “enzimas perdidas” en la degradación de la celulosa, por su capacidad para atacar la celulosa cristalina (Martínez *et al.*, 2017). Las primeras pueden suponer un avance cualitativo hacia una química “verde” y sostenible (Carro *et al.*, 2018), tal como se está mostrando en el proyecto europeo EnzOx2 ([www.enzox2.eu](http://www.enzox2.eu)) coordinado desde el grupo. Las segundas desempeñan un papel crucial en la conversión de la biomasa en la naturaleza y en la industria de las biorrefinerías. El aprovechamiento integral de la biomasa vegetal como materia prima renovable es indispensable para alcanzar el concepto de bioeconomía circular. En este contexto, si bien durante años la lignina era “el enemigo a abatir”, en los últimos años la valorización de las fracciones ricas en lignina que se generan como subproductos en la producción de bioetanol celulósico y de la industria papelera es un objetivo (bio)tecnológico prioritario. Es por eso, que uno de nuestros intereses actuales se centra en la conversión de las ligninas derivadas de la industria en productos de valor añadido (Rodríguez-Escribano *et al.*, 2017) en el marco del proyecto europeo WoodZymes ([www.woodzymes.eu](http://www.woodzymes.eu)) coordinado desde el grupo.

- Ayuso-Fernández I, Ruiz-Dueñas FJ y Martínez AT** (2018). Evolutionary convergence in lignin degrading enzymes. *Proc Natl Acad Sci USA* 115: 6428-33.
- Calero-Rueda O, Gutiérrez A, del Río JC, Prieto A, Plou FJ, Ballesteros A, Martínez AT y Martínez MJ** (2004). Hydrolysis of sterol esters by an esterase from *Ophiostoma piceae*: Application for pitch control in pulping of *Eucalyptus globulus* wood. *Intern J Biotechnol* 6: 367-75.
- Camarero S, Barrasa JM, Pelayo M y Martínez AT** (1998). Evaluation of *Pleurotus* species for wheat-straw biopulping. *J Pulp Paper Sci* 24: 197-203.
- Cañas AI y Camarero S** (2010). Laccases and their natural mediators: Biotechnological tools for sustainable eco-friendly processes. *Biotechnol Adv* 28: 694-705.
- Carro J, Fernández-Fueyo E, Fernández-Alonso MC, Cañada FJ, Ullrich R, Hofrichter M, Alcalde M, Ferreira P y Martínez AT** (2018). Self-sustained enzymatic cascade for the production of 2,5-furandicarboxylic acid from 5-methoxymethylfurfural. *Biotechnol Biofuels* 11:86.
- de Eugenio LI, Méndez-Liter JA, Nieto-Domínguez M, Alonso L, Gil-Muñoz J, Barriuso J, Prieto A y Martínez MJ** (2017). Differential b-glucosidase expression as a function of carbon source availability in *Talaromyces amestolkiae*: a genomic and proteomic approach. *Biotechnol Biofuels* 10: 161.
- Fernández-Fueyo E, Davó-Siguero I, Almendral D, Linde D, Baratto MC, Pogni R, Romero A, Guallar V y Martínez AT** (2018). Description of a non-canonical Mn(II)-oxidation site in peroxidases. *ACS Catal* 8: 8386-95.
- Floudas D, Binder M, Riley R, Barry K, Blanchette RA, Henrissat B, Martínez AT, Otilar R, Spatafora JW, Yadav JS et al.** (2012). The Paleozoic origin of enzymatic lignin decomposition reconstructed from 31 fungal genomes. *Science* 336: 1715-9.
- Guillén F, Martínez AT y Martínez MJ** (1992). Substrate specificity and properties of the aryl-alcohol oxidase from the ligninolytic fungus *Pleurotus eryngii*. *Eur J Biochem* 209: 603-11.
- Ibarra D, Camarero S, Romero J, Martínez MJ y Martínez AT** (2006). Integrating laccase-mediator treatment into an industrial-type sequence for totally chlorine free bleaching eucalypt kraft pulp. *J Chem Technol Biotechnol* 81: 1159-65.
- Martínez AT, Barrasa JM, Martínez MJ, Almendros G, Blanco M, González AE** (1995). *Ganoderma australe*: A fungus responsible for extensive delignification of some Austral hardwoods, en: Buchanan, P. K., Hseu, R. S., Moncalvo, J. M. (Eds.), *Ganoderma*. Systematics, phytopathology and pharmacology. National Taiwan University, Taipei, pp. 67-77.
- Martínez AT, Ruiz-Dueñas FJ, Camarero S, Serrano A, Linde D, Lund H, Vind J, Tovborg M, Herold-Majumdar OM, Hofrichter M et al.** (2017). Oxidoreductases on their way to industrial biotransformations. *Biotechnol Adv* 35: 815-31.
- Martínez MJ, Ruiz-Dueñas FJ, Guillén F y Martínez AT** (1996). Purification and catalytic properties of two manganese-peroxidase isoenzymes from *Pleurotus eryngii*. *Eur J Biochem* 237: 424-32.
- Molina-Gutiérrez M, Hakalin NLS, Rodríguez-Sánchez L, Prieto A y Martínez MJ** (2016). Green synthesis of b-sitosterol esters catalyzed by the versatile lipase/sterol esterase from *Ophiostoma piceae*. *Food Chem* 221: 1458-65.
- Muñoz C, Guillén F, Martínez AT y Martínez MJ** (1997). Laccase isoenzymes of *Pleurotus eryngii*: Characterization, catalytic properties and participation in activation of molecular oxygen and Mn<sup>2+</sup> oxidation. *Appl Environ Microbiol* 63: 2166-74.
- Nieto-Domínguez M, de Eugenio LI, Penalver P, Belmonte-Reche E, Morales JC, Poveda A, Jiménez-Barbero J, Prieto A, Plou FJ y Martínez MJ** (2017a). Enzymatic Synthesis of a Novel Neuroprotective Hydroxytyrosyl Glycoside. *J Agric Food Chem* 65: 10526-33.
- Nieto-Domínguez M, de Eugenio LI, York-Duran MJ, Rodríguez-Colinas B, Plou FJ, Chenoll E, Pardo E, Codoner F y Martínez MJ** (2017b). Prebiotic effect of xylooligosaccharides produced from birchwood xylan by a novel fungal GH11 xylanase. *Food Chem* 232: 105-13.
- Pardo I, Santiago G, Gentili P, Lucas F, Monza E, Medrano FJ, Galli C, Martínez AT, Guallar V y Camarero S** (2016). Re-designing the substrate binding pocket of laccase for enhanced oxidation of sinapic acid. *Catal Sci Technol* 6: 3900-10.
- Rodríguez-Escribano D, de Salas F, Pardo I y Camarero S** (2017). High-Throughput Screening Assay for Laccase Engineering toward Lignosulfonate Valorization. *Int J Mol Sci* 18, 1793.
- Sáez-Jiménez V, Acebes S, García-Ruiz E, Romero A, Guallar V, Alcalde M, Medrano FJ, Martínez AT y Ruiz-Dueñas FJ** (2016). Unveiling the basis of alkaline stability of an evolved versatile peroxidase. *Biochem J* 473: 1917-28.

## Grupo de Microbiología y Tecnología Ambiental (RNM270)

Elisabet Aranda, Concepción Calvo, Alejandro González, Belén Juárez, Maximino Manzanera, Clementina Pozo, Belén Rodelas, y Jesús González



Departamentos de Microbiología y de Ingeniería Civil. Universidad de Granada  
Instituto de Investigación del Agua. Universidad de Granada. C/Ramón y Cajal nº 4, 18071 Granada



El grupo Microbiología y Tecnología Ambiental (RNM 270). Universidad de Granada

El Grupo de Investigación Microbiología y Tecnología Ambiental RNM270, dirigido por el profesor D. Jesús González López, ha mantenido desde sus inicios un marcado carácter multidisciplinar dentro del Área de Tecnologías del Medio Ambiente, estando formado por miembros de los Departamentos de Microbiología e Ingeniería Civil de la Universidad de Granada, la mayoría de ellos investigadores del Instituto de Investigación del Agua de esta Universidad. Así, la apuesta por la investigación y la transferencia de conocimiento a la sociedad y al tejido industrial ha posicionado al grupo como un referente internacional dentro del estudio del ciclo integral del agua, abarcando tanto aspectos microbiológicos como relativos a la gestión, calidad y tratamiento. A lo largo de los últimos años, gracias a la participación en diferentes proyectos de investigación a nivel local, nacional e internacional, así como a una extensa colaboración con diferentes grupos de investigación y empresas, el grupo ha experimentado un importante crecimiento, alcanzando en la actualidad un total de 25 investigadores de los cuales 18 son doctores.

Inicialmente, los trabajos del grupo se centraron en la caracterización de la diversidad microbiana en ambientes naturales, con especial hincapié en el área de la fijación de nitrógeno. Sin embargo, en los últimos años, los trabajos se han centrado en el estudio del agua, especialmente en el ámbito del tratamiento biológico de aguas subterráneas contaminadas con nitratos, fósforo, metales pesados u oxigenantes de gasolinas (entre otros), así como la depuración de aguas residuales urbanas, industriales o agrícolas con altos contenidos en nitrógeno, salinidad, compuestos fenólicos, o hidrocarburos. A continuación, se resumen las principales líneas de investigación desarrolladas recientemente.

### MICROBIOLOGÍA DE BIORREACTORES DE MEMBRANAS SUMERGIDAS (MBR)

Los MBR, en distintas configuraciones constructivas, son una alternativa emergente al tratamiento convencional de fangos activos para la depuración del agua residual. Uno de

los principales campos de actuación del grupo es el estudio de la relación entre estructura y función de las comunidades microbianas presentes en estos sistemas, al objeto de diagnosticar y corregir problemas de funcionamiento a escala real (*biofouling*, *bulking*, *foaming* y otros). Para ello, se emplean herramientas respirométricas, metagenómicas, metatranscriptómicas y bioinformáticas, que permiten establecer modelos predictivos que interrelacionen la organización funcional de las comunidades con los parámetros operacionales (Maza-Márquez *et al.*, 2016a,b; Rodríguez-Sánchez *et al.*, 2018a,b).

### AMBIENTES ÁRIDOS Y ANHIDROBIOSIS

El grupo cuenta con una colección de bacterias productoras de xeroprotectores, sustancias que protegen las biomoléculas esenciales de las células o incluso las células y tejidos completos de la deshidratación. 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 defensa contra la sequía de cultivos de plantas como el pimiento (Vílchez *et al.*, 2016a). Entre estos xeroprotectores, hay ácidos nucleicos y moléculas que modifican el metabolismo de la planta (Vílchez *et al.*, 2018). Además, el grupo se ha convertido en un referente en ensayos de bioseguridad para determinar el grado de virulencia de los microorganismos que se vayan a liberar al medio ambiente (Vílchez *et al.*, 2016b).

### SISTEMAS AVANZADOS DE TRATAMIENTO DE AGUAS Y CELDAS DE COMBUSTIBLE MICROBIANAS

El grupo ha apostado fuertemente por el diseño, construcción, puesta en marcha y operación de las diferentes tecnologías autotróficas de oxidación anaeróbica del amonio (ANAMMOX), que permiten su eliminación bajo condiciones anaeróbicas sin necesidad de materia orgánica, siendo una alternativa ecológica y económica a los sistemas convencionales de tratamiento. Se han ensayado sistemas tanto en laboratorio como a escala real basados en biomasa granular (CANON), flocular (DEMON) y filtros sumergidos (DENITOX) (García-Ruiz *et al.*, 2018).

Los denominados sistemas granulares aeróbicos permiten utilizar biomasa granular para completar simultáneamente tanto los procesos aeróbicos como los anaeróbicos para la eliminación de materia orgánica y nutrientes en un único biorreactor. Actualmente, el grupo trabaja muy activamente con esta tecnología avanzada para perfeccionar su aplicabilidad a diferentes tipos de influente y bajo distintas condiciones medioambientales (González-Martínez *et al.*, 2018a).

Por otro lado, los fotobiorreactores (PBRs) son una tecnología avanzada basada en las relaciones mutualistas entre bacterias y microalgas, que permite reducir costes de aireación y emisión de gases de efecto invernadero. En el marco del proyecto europeo Algatec, se ensayó con éxito un PBR a escala real para el tratamiento de las aguas de lavado de la aceituna generadas en una almazara andaluza (Maza-Márquez *et al.*, 2017).

Finalmente, el grupo ha apostado por el uso de celdas de combustible microbianas,

que permiten acoplar la depuración del agua residual a la generación de energía eléctrica a partir de la energía química derivada de la degradación de la materia orgánica por los microorganismos del fango activo (González-Martínez *et al.*, 2018b).

### BIORREMEDIACIÓN

La biorremediación de suelos y aguas contaminados con compuestos xenobióticos, incluidos los hidrocarburos derivados del petróleo, constituye una de las principales líneas de investigación del grupo, contando con un amplio bagaje gracias a financiación pública y a contratos con importantes empresas como Repsol, Compañía Logística de Hidrocarburos (CLH) o Hidralia. Los estudios están dirigidos fundamentalmente al aislamiento y caracterización de bacterias y hongos degradadores de compuestos xenobióticos (Aranda *et al.*, 2017;), centrandose el interés en dilucidar las rutas metabólicas y enzimas implicadas en estos procesos mediante técnicas proteómicas (Camacho-Morales *et al.*, 2018), caracterizar las biopelículas formadas sobre material absorbente con elevada capacidad de degradación de hidrocarburos, y estudiar la viabilidad de aplicar técnicas de bioaumento y de bioestimulación a distintos escalados (microcosmos, planta piloto y escala industrial), con objeto de determinar indicadores válidos de los procesos de biorremediación (Rodríguez-Calvo *et al.*, 2018; Silva-Castro, 2016). Las principales técnicas empleadas son: cromatografía de gases/espectrometría de masas, microscopía electrónica de barrido, y caracterización microbiológica mediante técnicas moleculares.

Los lodos procedentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales suponen un residuo difícil de gestionar por el gran volumen de producción y por su peligrosidad. En esta línea, se ha estudiado la evolución de las poblaciones bacterianas, fúngicas y víricas y los procesos biológicos durante el compostaje bajo cubierta semipermeable a escala real (Robledo-Mahón *et al.*, 2018).

En los últimos años, el avance en las tecnologías analíticas ha puesto de manifiesto la presencia en aguas superficiales

y subterráneas de sustancias que no están reguladas, y cuyo efecto a largo plazo se desconoce, denominadas *contaminantes emergentes* (fármacos, microplásticos, compuestos fenólicos, compuestos fluorados, y otros). En este contexto, el grupo se ha especializado en el diseño y desarrollo de tecnologías para el tratamiento biológico de aguas subterráneas contaminadas con algunas de estas sustancias (Guisado *et al.*, 2016) así como en la degradación fúngica de otros contaminantes emergentes (Mtbaá *et al.*, 2018). El uso de técnicas moleculares y la irrupción de las nuevas técnicas de secuenciación masiva, nos ha proporcionado herramientas de gran aplicabilidad para evaluar el impacto producido por la presencia de los xenobióticos sobre las comunidades microbianas (arqueas, bacterias, hongos y virus) presentes en suelos, fangos activos de plantas de tratamiento de agua residual (Gallardo-Altamirano *et al.*, 2018), y procesos de compostaje de lodos de depuradora (Robledo-Mahón *et al.*, 2018).

### AGUAS SUBTERRÁNEAS

Las tecnologías biológicas han adquirido una gran importancia para resolver distintos procesos de contaminación de las aguas subterráneas. Desde el año 2006, el grupo ha diseñado y estudiado el uso de diversos sistemas biológicos (biofiltros aireados sumergidos y biorreactores de membrana extractiva con desarrollo de biopelícula) para tratar aguas subterráneas contaminadas con sustancias oxigenantes de las gasolinas (éteres semivolátiles como metil-ter-butílic éter, etil-ter-butílic éter y tert-amil-etil éter). Además, en la actualidad se trabaja en el desarrollo de una nueva tecnología de desnitrificación basada en sistemas granulares aeróbicos (Proyecto Ecogranularwater, Life-Project) para la potabilización de aguas subterráneas contaminadas con nitratos (Muñoz-Palazón *et al.*, 2018).

### REFERENCIAS

- Aranda E, Godoy P, Reina R, Badia-Fabregat M, Rosell M, Marco-Urrea E y García-Romera I. (2017). Isolation of Ascomycota fungi with capability to transform PAHs: insights into the biodegradation mechanisms of *Penicillium oxalicum*. Int Biodeter Biodegr 122:141-50.

- Camacho-Morales RL, García-Fontana C, Fernández-Irigoyen J, Santamaría E, González-López J, Manzanera M y Aranda E.** (2018). Anthracene drives sub-cellular proteome-wide alterations in the degradative system of *Penicillium oxalicum*. *Ecotox Environ Safe* 159:127-35.
- Gallardo-Altamirano JM, Maza-Márquez P, Peña-Herrera JM, Rodelas B, Osorio F y Pozo C.** (2018). Removal of anti-inflammatory/analgesic pharmaceuticals from urban wastewater in a pilot-scale A<sub>2</sub>O system: Linking performance and microbial population dynamics to operating variables. *Sci Total Environ* 643:1481-92.
- García-Ruiz MJ, Maza-Márquez P, González-Martínez A, Campos E, González-López J y Osorio F.** (2018). Performance and bacterial community structure in three autotrophic submerged biofilters operated under different conditions. *J Chem Technol Biotechnol* 93:2429-39.
- González-Martínez A, Muñoz-Palazón B, Maza-Márquez P, Rodríguez-Sánchez A, González-López J y Vahala R.** (2018a). Performance and microbial community structure of a polar Arctic Circle aerobic granular sludge system operating at low temperature. *Bioresour Technol* 256:22-9.
- González-Martínez A, Chenguan S, Rodríguez-Sánchez A, Pozo C, González-López J y Vahala R.** (2018b). Application of microbial fuel cell technology for wastewater treatment and electricity generation under Nordic countries climate conditions: Study of performance and microbial communities. *Bioresour Technol* 270:1-10.
- Guisado IM, Purswani, J, González-López, J y Pozo C.** (2016). An extractive membrane biofilm reactor as alternative technology for the treatment of methyl tert-butyl ether contaminated water. *Biotech Progress* 33(5): 1238-1245.
- Maza-Márquez P, Vílchez-Vargas R, Boon N, González-López J, Martínez-Toledo MV y Rodelas B.** (2016a). The ratio of metabolically active versus total Mycolata populations triggers foaming in a membrane bioreactor. *Water Res* 92:208-17.
- Maza-Márquez P, Vílchez-Vargas R, Maarten-Kerckhof F, Aranda E, González-López J. y Rodelas B.** (2016b). Community structure, population dynamics and diversity of fungi in a full-scale membrane bioreactor (MBR) for urban wastewater treatment. *Water Res* 105:507-19.
- Maza-Márquez P, González-Martínez A, Rodelas B y González-López J.** (2017). Full -scale photobioreactor for biotreatment of olive washing water: Structure and diversity of the microalgae-bacteria consortium. *Bioresour Technol* 238:389-98.
- Mtíbaà R, Olicón-Hernández DR, Pozo C, Belbahri L, Nasri M, Mechichi T, González-López J y Aranda E.** (2018). Degradation of Bisphenol A by different thermo-tolerant ascomycete strains isolated from arid soils. *Ecotox Environ Safe* 156:87-96.
- Muñoz-Palazón B, Pesciaroli C, Rodríguez-Sánchez A, González-López J, González-Martínez A.** (2018). Pollutants degradation performance and microbial community structure of aerobic granular sludge systems using inoculums adapted at mild and low temperature. *Chemosphere* 204:431-41.
- Robledo-Mahón T, Aranda E, Pesciaroli C, Rodríguez-Calvo A, Silva-Castro GA, González-López J y Calvo C.** (2018). Effect of semi-permeable cover system on the bacterial diversity during sewage sludge composting. *J Environ Manage* 215:57-67.
- Rodríguez-Calvo A, Silva-Castro GA, Robledo-Mahón T, González-López J y Calvo C.** (2018). Capacity of hydrophobic carriers to form biofilm for removing hydrocarbons from polluted industrial wastewater: assay in microcosms. *Water Air Soil Poll* 229:175.
- Rodríguez-Sánchez A, Leyva-Díaz J, González-López J y Poyatos JM.** (2018a). Membrane bioreactor and hybrid moving bed biofilm reactor-membrane bioreactor for the treatment of variable salinity wastewater: Influence of biomass concentration and hydraulic retention time. *Chem Eng J* 336:102-11.
- Rodríguez-Sánchez A, Leyva-Díaz J, Muñoz-Palazón B, Rivadeneyra MA, Hurtado-Martínez M, Martín-Ramos D, González-Martínez A, Poyatos JM y González-López J.** (2018b). Biofouling formation and bacterial community structure in hybrid moving bed biofilm reactor-bioreactors: Influence of salinity concentration. *Water* 10:113.
- Silva-Castro GA, Rodríguez-Calvo A, Laguna J, González-López J y Calvo C.** (2016). Autochthonous microbial responses and hydrocarbons degradation in polluted soil during biostimulating treatments under different soil moisture. *Assay in pilot plant. Int Biodegr Biodegr* 108:91-8.
- Vílchez JI, García-Fontana C, Román-Naranjo D, González-López J y Manzanera M.** (2016a). Plant drought tolerance enhancement by trehalose production of desiccation-tolerant microorganisms. *Front Microbiol* 7:1577.
- Vílchez JI, Navas A, González-López J, Arcos SC y Manzanera M.** (2016b). Biosafety test for plant growth-promoting bacteria: proposed environmental and human safety index (EHSI) protocol. *Front Microbiol* 6:1514.
- Vílchez JI, Niehaus K, Dowling DN, González-López J y Manzanera M.** (2018). Protection of pepper plants from drought by *Microbacterium* sp. 3J1 by modulation of the plant's glutamine and  $\alpha$ -ketoglutarate content: a comparative metabolomics approach. *Front Microbiol* 9:284.

# Patrimonio y Medioambiente: nuestra investigación y logros en Biodeterioro, Restauración, Biorremediación y Nanotecnología

María Teresa González Muñoz, Inés Martín Sánchez,  
Mohamed Larbi Merroun, Fadwa Jroundi e Iván Sánchez Castro

**mgonzale@ugr.es**  
**inesms@ugr.es**  
**merroun@ugr.es**  
**fadwa@ugr.es**  
**sanchezcastro@ugr.es**

*Departamento de Microbiología. Facultad de Ciencias.  
Universidad de Granada*



El Grupo al que pertenecemos (BIO 103, PAI-DI Junta de Andalucía) creado en 1985 para la investigación de diversos aspectos relativos a Myxobacterias, comenzó en 1990 a trabajar en procesos de biomineralización y de fijación de metales pesados. Esta investigación, con el paso de los años y la incorporación de diversos profesores/investigadores, se ha diversificado hacia otros aspectos de la interacción bacterias-minerales, no sólo con Myxobacterias. Actualmente se desarrollan diferentes líneas en las que están implicados varios equipos de investigadores, algunos de los cuales, que son los que vamos a reseñar aquí, trabajan en el campo de la Biorremediación y/o del Biodeterioro.

## **CARBONATOGÉNESIS BACTERIANA EN LA CONSOLIDACIÓN DE MATERIALES PÉTREOS Y ORNAMENTALES**

El equipo liderado por la Profesora María Teresa González Muñoz ha desarrollado un proceso basado en la activación de las bacterias carbonatogénicas presentes en materiales

pétreos mediante la aplicación de una solución nutritiva adecuada que, de forma respetuosa con el medio ambiente, promueve de forma notable su consolidación. Este método, patentado en 2008 (Spanish Patent no. 2008/009771 A1) ha demostrado ser eficaz, además, para la consolidación de morteros, revocos de yeso, pinturas murales, etc. Recientemente se ha introducido una variante que permite la consolidación de materiales pétreos dañados por sales (<https://www.youtube.com/watch?v=fv1-EEaswPg>), lo que supone un logro de gran interés debido a que no existe ningún procedimiento satisfactorio para remediar este tipo de daños (Fig. 1). Toda la investigación que venimos desarrollando, interdisciplinar por su naturaleza, se lleva a cabo en colaboración, entre otros, con los profesores de la UGR Carlos Rodríguez Navarro (Departamento de Mineralogía y Petrología) y Ana Isabel García Bueno (Departamento de Pintura). En la actualidad trabajamos en ensayos de consolidación de pinturas murales y estucos del yacimiento Arqueológico de Cástulo (Linares, Jaén) y en el Proyecto COEDMAC (para conservación de res-

tos arqueológicos Maya en Copán, Honduras) en colaboración con la Universidad de Harvard y el Centro David Rockefeller para estudios en América Latina. Por otra parte, la empresa KBYO BIOLOGICAL, S. L., que licitó la patente, viene realizando ensayos con vistas a posibles tratamientos de conservación del Patrimonio Arquitectónico en Portugal, Francia e Italia; además tiene firmado un acuerdo con el Patronato de la Alhambra y el Generalife de Granada para llevar a efecto algunas intervenciones, después de haber realizado ensayos previos que se han manifestado altamente satisfactorios. En esta línea de investigación colabora de forma notable la Dra. Fadwa Jroundi, Contratada de investigación de nuestro Departamento y miembro del Grupo BIO 103.

## **INTERACCIONES MICROBIANAS CON METALES (PESADOS Y PRECIOSOS) Y RADIONUCLEIDOS**

El equipo del Profesor Mohamed Larbi Merroun desarrolla diferentes líneas de

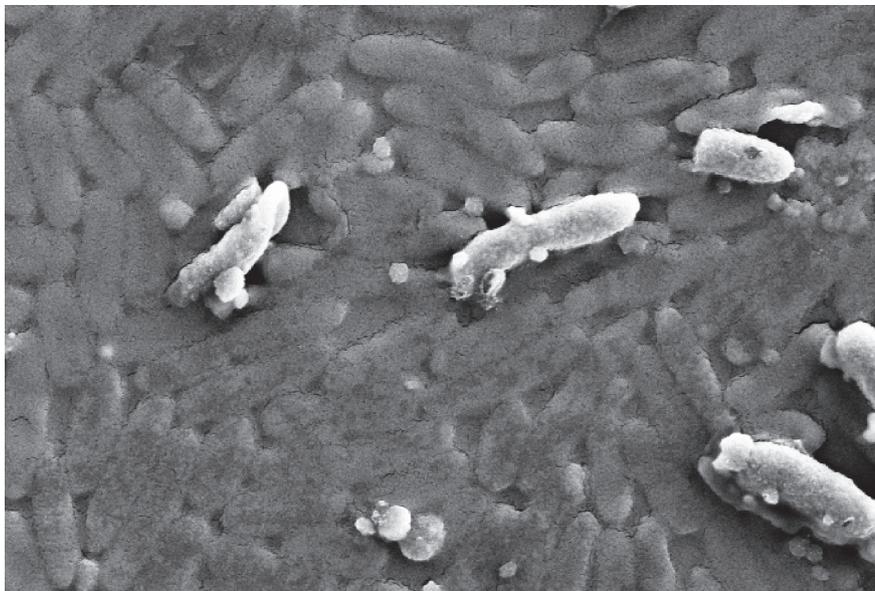


Figura 1. Bacterias carbonatogénicas presentes en piedra dañada por sales induciendo la producción de un bio-cemento de carbonato cálcico que protege y consolida la piedra degradada (tomado de Jroundi *et al.*, Nature Communications 8: 279, 2017).

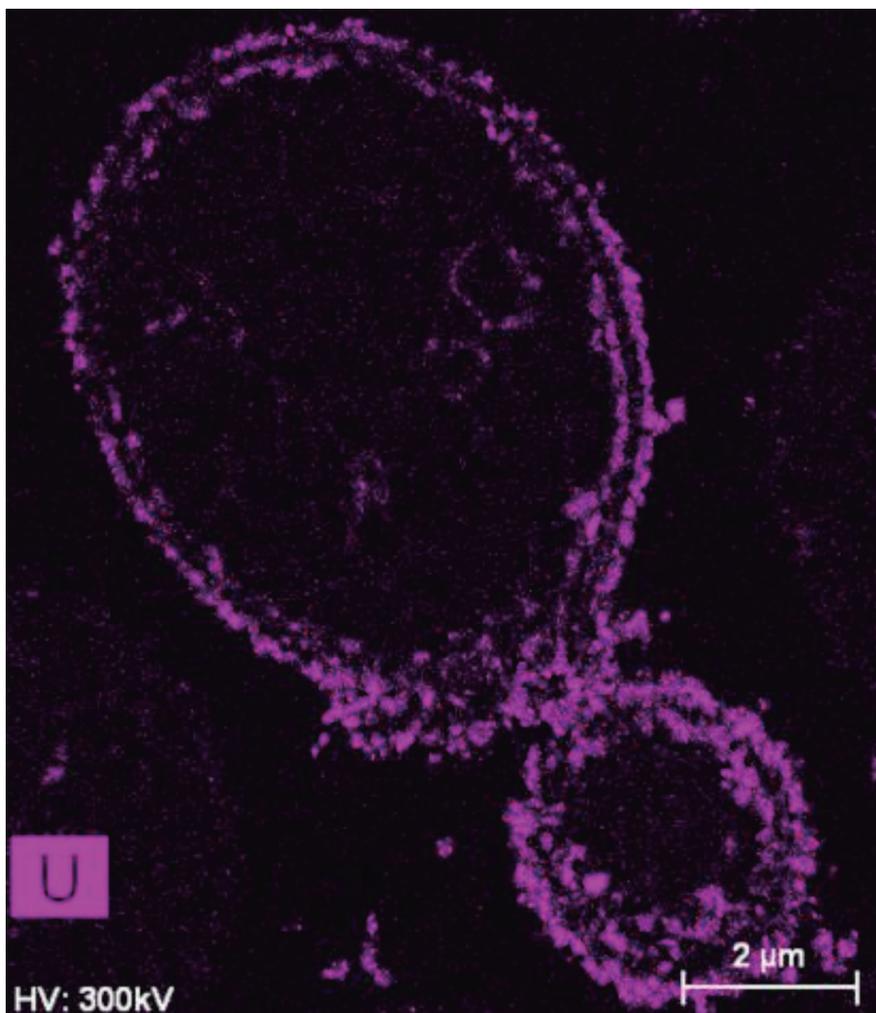


Figura 2. Ejemplo del uso de microorganismos en la biorremediación de metales pesados: células de levadura eliminando uranio del medio mediante precipitación.

investigación en este terreno con aplicaciones en diversos campos tales como biorremediación de ambientes contaminados con metales pesados, producción de nanopartículas metálicas y sus aplicaciones industriales, recuperación de metales nobles a partir de chátaras electrónicas... La metodología empleada es multidisciplinar, combinando técnicas microscópicas, espectroscópicas, de ecología microbiana, etc. Esta investigación se realiza en colaboración con diferentes grupos extranjeros como el de la Profesora Lynne Macaskie (University of Birmingham, UK), el del Dr. Jesús Ojeda (University of Swansea, UK) y el del Profesor Jonathan Lloyd (University of Manchester, UK), entre otros.

**En relación con la Biorremediación de ambientes contaminados con metales pesados**

el equipo ha suscrito varios contratos de investigación con la empresa francesa ORANO Mining para estudios de diversidad y actividad microbiana de diferentes ambientes tales como zonas adyacentes a las minas de metales, así como el desarrollo de tecnologías de biorremediación de ambientes contaminados con metales pesados mediante el uso de microorganismos con actividad fosfatasa, enzima que, actuando sobre fosfatos orgánicos, libera fosfatos inorgánicos que al precipitar metales pesados (como por ejemplo, uranio) los elimina del medio (Fig. 2).

**La investigación sobre Producción de nanopartículas metálicas**

está enfocada al empleo bacteriano y sus componentes (capa S, etc.) como *template* para la producción de nanoestructuras de paladio, platino, rutenio, con diferente tamaño y distintas propiedades cristalográficas. Estas nanopartículas presentan amplias aplicaciones industriales como catalizadores de reacciones químicas.

**Respecto a la Microbiología del almacenamiento geológico profundo de residuos radiactivos**

el objetivo principal es estudiar el efecto de los procesos microbianos sobre los diferentes componentes de este sistema de gestión de residuos nucleares, tales como la corrosión de los contenedores metálicos, la transformación de las bentonitas y la movilización de radionucleidos. Esta línea está financiada por 2 proyectos: "Development of the safety case knowledge base about the influence of microbial processes on geological disposal of radioactive

wastes" (Proyecto europeo MIND, programa Horizonte 2020) y "The impact of microbial processes on the transformation of bentonite and mobilization of radionuclides within the concept of geological disposal of radioactive waste" (Proyecto del Ministerio de Economía y Competitividad).

## PAPEL DE LOS HONGOS EN EL BIODETERIORO DE MATERIALES

Esta línea de trabajo, incorporada al grupo en los últimos años e iniciada por la Profesora Inés Martín Sánchez, estudia el biodeterioro producido por hongos en materiales pétreos, maderas y diversos componentes de pinturas de caballete. Para ello se han aislado e identificado gran número de especies procedentes de los materiales citados. Los trabajos se han llevado a cabo en colaboración con diversas empresas de restauración en muestras recogidas en edificios históricos, tales como el Hospital Real y la Capilla Real de Granada o la Catedral de Jaén, y de esculturas de la colección Loringiana sitas en el Jardín Botánico de Málaga, entre otras. También se han estudiado, en colaboración con la Dra. Anna Arizzi del Departamento de Mineralogía (UGR), morteros en cuya composición se han incorporado materiales naturales. Los estudios sobre materiales pictóricos se han llevado a cabo en colaboración con la Profesora M<sup>a</sup> Teresa Domenech Carbó, del Instituto de Restauración del Patrimonio de la Universidad Politécnica de Valencia. Los resultados obtenidos han puesto de manifiesto el importante papel que desempeñan los hongos Ascomycetos de diversos géneros en el biodeterioro, habiéndose estudiado la producción y excreción de enzimas específicas en cada caso y de ácidos orgánicos, responsables directos de los daños químicos, físicos y estéticos que muestran estos materiales. Respecto a los ácidos orgánicos se ha comprobado la disolución del carbonato cálcico y la formación de sales micogénicas: oxalato y malato cálcico, entre otras, formadas a expensas del calcio liberado del material y de los ácidos excretados por los hongos (Fig. 3). Este podría ser el mecanismo implicado en la formación de las pátinas de oxalato que se observan en elementos de esta naturaleza.

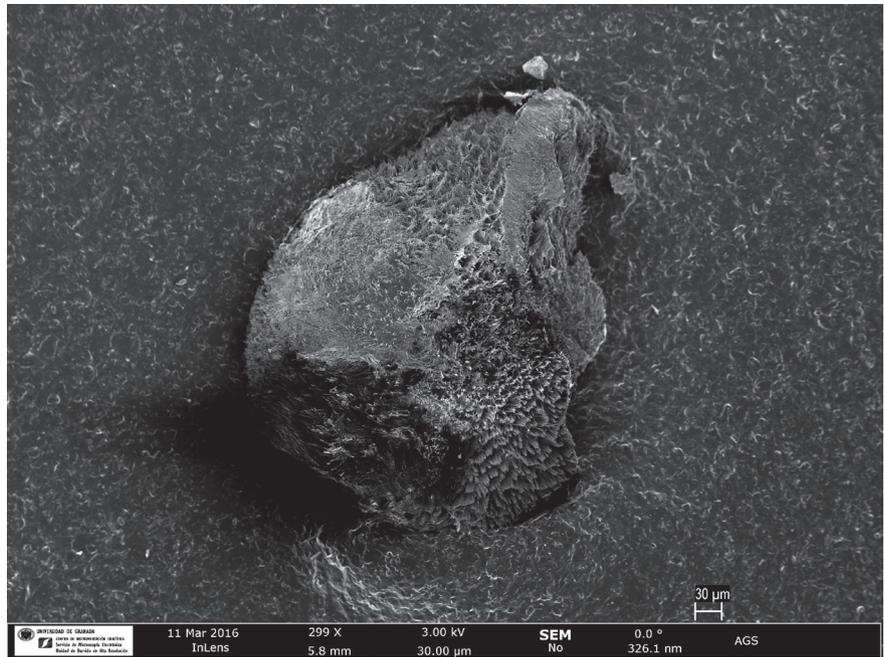


Figura 3. Cristales de oxalato cálcico formados en un cultivo de *Trichoderma* sp.

## BIBLIOGRAFÍA

- Arizzi A, Brümmer M, Martín-Sánchez I, Molina E, Cultrone G** (2018) Optimization of lime and clay-based hemp-concrete wall formulations for a successful lime rendering. *Constr Build Mater* 184: 76–86
- Jroundi F, Gonzalez-Muñoz MT, Sterflinger K, Piñar G.** (2015). Molecular Tools for Monitoring the Ecological Sustainability of a Stone Bio-Consolidation Treatment at the Royal Chapel, Granada. *PLoS One* 10 (7): e0132465. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0132465>
- Jroundi F, Gonzalez-Muñoz MT, Garcia-Bueno A, Rodriguez-Navarro C.** (2014) Consolidation of archaeological gypsum plaster by bacterial biomineralization of calcium carbonate. *Acta Biomaterialia* 10 (9): 3844-3854.
- Jroundi F, Schiro M, Ruiz-Agudo E, Elert K, Martín-Sánchez I, Gonzalez-Muñoz, MT, Rodriguez-Navarro C.** (2017). Protection and conservation of stone heritage by self-inoculation with indigenous carbonatogenic bacterial communities. *Nat Commun* 8: 279. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41467-017-00372-3>
- Lee Y, Martín-Rey S, Osete-Cortina L, Martín-Sánchez I, Bolívar-Galiano F, Doménech-Carbó MT** (2018) Evaluation of a gelatin-based adhesive for historic paintings that incorporates citronella oil as an eco-friendly biocide. *J Adhes Sci Technol* DOI: <https://doi.org/10.1080/01694243.2018.1477411>
- Lopez-Fernandez M, Moll H, Merroun ML** (2018) Reversible pH-dependent curium(III) biosorption by the bentonite yeast isolate *Rhodotorula mucilaginosa* Bll-R8. *J Hazard Mater*. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2018.06.054>
- Lopez-Fernandez M, Vilchez-Vargas R, Vital M, Jroundi F, Pieper DH, Merroun ML** (2017) Microbial community analysis of uranyl nitrate treated bentonite microcosms for disposal of radioactive waste purposes. *Appl Clay Sc*, 160: 206-2116. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.clay.2017.12.034>
- Lopez-Miras MM, Martín-Sánchez I, Yebra-Rodriguez A, Romero-Noguera J, Ettenauer, J, Sterflinger K, Piñar-Larrubia G** (2013) Contribution of the Microbial Communities Detected on an Oil Painting on Canvas to its Biodeterioration. *PLoS One* 8: 1-13.
- Omajali JB, Mikheenko IP, Overton TW, Merroun ML, Macaskie LE** (2018) Probing the viability of palladium-challenged bacterial cells using flow cytometry. *J Chem Tech Biot*, DOI: <https://doi.org/10.1002/jctb.5775>
- Ortiz Miranda A, Domenech Carbo A, Domenech Carbo MT, Osete Cortina L, Martin Sanchez I** (2017) Analyzing chemical changes in verdigris pictorial specimens upon bacteria and fungi biodeterioration using voltammetry of microparticles. *Herit Sci* 5-8 DOI: <https://doi.org/10.1186/s40494-017-0121-x>
- Rodriguez-Navarro C, Jroundi F, Schiro M, Ruiz-Agudo E, González-Muñoz MT.** (2012) Influence of substrate mineralogy on bacterial mineralization of calcium carbonate: Implications for stone conservation. *Appl Environ Microb* 78 (11): 4017-4029.
- Ruiz-Fresneda MA, Delgado Martín J, Gómez Bolívar J, Fernández Cantos MV, Martínez Moreno F, Moreno MF, Bosh-Estevez G, Merroun ML** (2018) Green synthesis and Biotransformation of amorphous Se nanospheres to trigonal 1D Se nanostructures: impact on Se mobility within the concept of radioactive wastes disposal. *Environ Sc-Nano*. DOI: <https://doi.org/10.1039/C8en00221e>

# Biodegradación anaerobia de lodos y residuos agroalimentarios

R. Solera, M. Pérez, D. Sales

Facultad de Ciencias del Mar y Ambientales.  
Universidad de Cádiz. 11510. Puerto Real (Cádiz)

 [rosario.solera@uca.es](mailto:rosario.solera@uca.es)  
[montserrat.perez@uca.es](mailto:montserrat.perez@uca.es)  
[diego.sales@uca.es](mailto:diego.sales@uca.es)



De izquierda a derecha, Montserrat Pérez, Diego Sales y Rosario Solera, investigadores de la línea TBR de la Universidad de Cádiz.

El Grupo de Investigación de Tecnología del Medio Ambiente de la Universidad de Cádiz (Grupo TEP-181 del Plan Andaluz de Investigación), dirigido por el Prof. Dr. D. Diego Sales Márquez, estudia desde hace más de cuatro décadas la biodegradación anaerobia de vertidos de alta carga orgánica, residuos y lodos, dentro de la línea de investigación Tratamiento Biológico de Residuos (TBR).

La biodegradación anaerobia, también llamada digestión anaerobia o biometanización, se fundamenta en la oxidación biológica de la materia orgánica contenida en los biorresiduos gracias a la actuación de microorganismos específicos en ausencia de oxígeno molecular. El proceso es fruto de las relaciones sintróficas entre diversas poblaciones microbianas filogenética y fun-

cionalmente muy diferentes (eubacterias, hidrolíticas, acidogénicas y acetogénicas, y arqueas hidrogenotróficas y acetoclásticas). Como resultado de este proceso la materia orgánica se transforma en productos finales estables e inertes, al tiempo que se genera un biogás (metano y dióxido de carbono, fundamentalmente) susceptible de aprovechamiento y valorización económica. Las principales ventajas de la degradación anaerobia se encuentran en los elevados porcentajes de eliminación de materia orgánica volátil, la obtención de energía en forma de biogás que excede a los costes energéticos de operación, la destrucción de patógenos (especialmente en el proceso termofílico) y la baja cantidad de biosólidos (lodos) generados, como consecuencia del metabolismo anaerobio.

Los estudios realizados en la línea de investigación incluyen la utilización de diferentes tipos de tecnologías anaerobias (reactores de tipo tanque agitado, filtros anaerobios y lechos fluidizados anaerobios), caracterización cinética del proceso y la cuantificación microbiana de las poblaciones responsables de la biodegradación mediante microscopía de epifluorescencia e hibridación molecular. La investigación desarrollada se ha aplicado a numerosos tipos de vertidos y residuos, fundamentalmente del sector urbano y agroalimentario: vinazas, lodos de estaciones depuradoras de aguas residuales urbanas (EDAR), fracción orgánica de residuos sólidos urbanos, cosetas de remolacha, alperujo, estiércol de vaca, purines de cerdo y subproductos de biocombustibles.

En relación con los estudios sobre tratamiento y valorización de lodos de EDAR se desarrollaron inicialmente dos proyectos: *Implantación de la degradación anaerobia termofílica para el tratamiento de lodos de una depuradora urbana convencional* (PETRI 95-0205.OP) y *Estabilidad de la degradación anaerobia termofílica de lodos de EDAR frente a distorsiones debidas a la temperatura y a la variación de carga orgánica* (95-0645.OP) en los que se demostró la viabilidad de la depuración anaerobia termofílica (55°C) frente a su homóloga mesofílica (35°C), encontrándose que el proceso termofílico alcanzaba los mismos rendimientos de depuración que el mesofílico, en menor tiempo y con mayor productividad de biogás (metano). Sin embargo, los efluentes termofílicos tienen un mayor contenido en ácidos grasos volátiles (AGV) que dificulta la gestión posterior del lodo digerido. Se planteó entonces estudiar la digestión anaerobia de lodos utilizando una tecnología que combina secuencialmente dos reactores (reactor termofílico + reactor mesofílico) que permite aglutinar las ventajas de la digestión termo y meso (tecnología TPAD). Fruto de esta investigación ha sido la concesión de una patente de invención "Planta para la digestión anaerobia termofílica-mesofílica secuencial de lodos mixtos de depuradora" nº de publicación ES238516.

Posteriormente, se han abordado estudios de codigestión de lodos con otros residuos agroalimentarios. La codigestión de lodos permitiría compartir instalaciones de tratamiento, unificar metodologías de gestión, reducir costes de inversión y explotación y amortiguar las variaciones temporales de composición y producción de los residuos por separado. Además, se generaría más biogás en las depuradoras con lo que se incrementaría su eficiencia energética, cumpliendo uno de los objetivos de la Estrategia 2020 de Economía Circular. En este contexto, se han realizado estudios de codigestión de lodos con residuos de la industria azucarera, empleando la tecnología TPAD con resultados exitosos (Montañés, 2014 y 2015).

Actualmente, las Dras. Pérez y Solera, responsables del proyecto *Co-producción de hidrógeno y metano mediante codigestión anaerobia de biosólidos y vinazas* (CTM2015-64810-R), ensayan una modificación de la tecnología TPAD mediante la separación de

fases microbiológicas empleando dos reactores en serie (termofílico acidogénico y mesofílico metanogénico), lo que permite obtener hidrógeno en la primera fase y metano en la segunda, además de un lodo digerido que puede ser utilizado con fines agronómicos. Este estudio constituye el proyecto de tesis doctoral de Miriam Tena Villares (Fig. 1), licenciada en Ingeniería Química.

Considerando la microbiología del proceso anaerobio, inicialmente se aplicó la microscopía de epifluorescencia con el fluorocromo DAPI y autofluorescencia para determinar las concentraciones de microorganismos en reactores monoetapa y de fases separadas para el tratamiento de las vinazas de vino. Posteriormente, en estudios sobre el arranque y estabilización de biorreactores anaerobios termofílicos se cuantificó, por primera vez en el grupo de investigación, las poblaciones de bacterias y arqueas contenidas en los reactores mediante la hibridación molecular *in situ* (FISH). Se destaca de esta investigación el establecimiento de los tamaños relativos de las poblaciones de bacterias y arqueas en reactores con funcionamiento estable y el papel esencial que juegan las metanógenas utilizadoras de hidrógeno en el arranque del proceso para mantener la presión parcial de hidrógeno en unos niveles que permita la actividad acetogénica y metanógena acetoclástica (Montero et al. 2010). A partir de los trabajos de Montero,

la hibridación molecular *in situ*, se ha aplicado rutinariamente para el seguimiento y control de las poblaciones responsables del proceso anaerobio en sucesivos proyectos de investigación. Así, se ha estudiado la dinámica poblacional de reactores para la producción de biohidrógeno y metano a partir de residuos (*Tratamiento biológico integral de los residuos sólidos urbanos: Potenciación de la producción de hidrógeno mediante la separación de fases anaerobias* (CTM2007-62164), *Producción y valorización de biohidrógeno a partir de residuos sólidos urbanos* (P07-TEP-02472) y *Potenciación de la producción de biohidrógeno a partir de la fracción orgánica de residuos sólidos urbanos y biosólidos* (CTM2010-17654). En estos trabajos se determinaron los tamaños relativos de las poblaciones de bacterias hidrolíticas y acidogénicas, bacterias acetogénicas consumidoras de butírico y propiónico y metanógenas utilizadoras de hidrógeno y acetoclásticas. Asimismo, se mostró que la actividad microbiana de los reactores anaerobios está relacionada con las variables de operación del proceso (velocidad de carga orgánica y tiempo hidráulico de retención), que la tecnología de fases separadas consigue niveles de eficacia depurativa similares a la tecnología monoetapa con una concentración menor de microorganismos en cada fase y que para poder depurar a bajos tiempos de retención en reactores sin retención de biomasa es fundamental el aporte de microorganismos



Figura 1. Miriam Tena con los equipos de investigación de su tesis doctoral.

activos en la propia alimentación (residuos) (Zahedi *et al.*, 2013a,b).

El seguimiento de las poblaciones microbianas también se ha realizado en procesos de codigestión anaerobia en el marco del proyecto *Codigestión anaerobia de lodos de depuradora y residuos vegetales de cultivos energéticos. Estrategias para mejorar la producción de biogás y la valorización agronómica del residuo final* (P09-TEP-5275). En esta investigación se muestra que en reactores con altas concentraciones de ácidos grasos volátiles, las metanógenas utilizadoras de hidrógeno constituyen el 100% de las arqueas, y que la actividad de este subgrupo se correlaciona con la carga orgánica aplicada, tanto en los procesos de codigestión mesofílico y termofílico, como en el proceso TPAD (Montañés *et al.*, 2014, 2015).

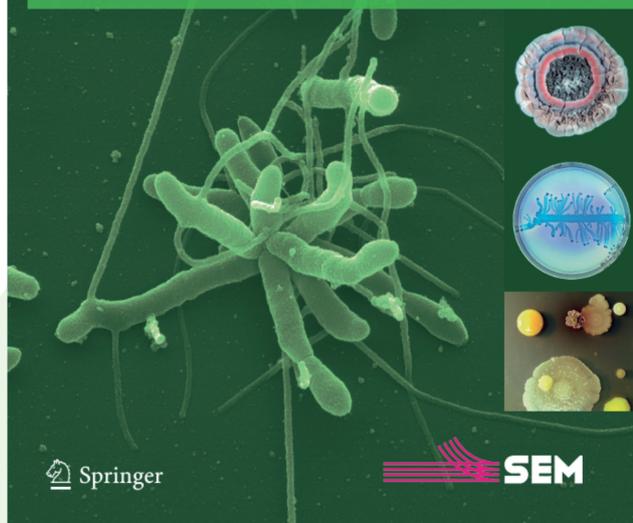
Actualmente participamos en la iniciativa "Industria 2020 en la Economía Circular" mediante la concesión de un proyecto del Programa Marco de Investigación e Innovación de la Unión Europea, Horizonte 2020 (H2020) *REcovery and REcycling of nutrients TURNing wasteWATER into added-value products for a circular economy in agricultura* (Water2REturn) (H2020-IND-CE-2016-17) (Industry 2020 in the Circular Economy) (730398 — Water2REturn) que tiene como objetivo el desarrollo de un proceso innovador para el tratamiento de los vertidos generados en mataderos y otras industrias cárnicas (altamente contaminantes) dirigido a la recuperación y reciclado de nutrientes mediante su transformación en productos de alto valor añadido de aplicación en agricultura.

## REFERENCIAS

- Montañés R, Pérez M, Solera R.** (2015). Anaerobic mesophilic co-digestion of sewage sludge and sugar beet pulp lixiviation in batch reactors: effect of temperature. *Bioresour Technol* 180:177-184.
- Montañés R, Pérez M, Solera R.** (2014). Anaerobic mesophilic co-digestion of sewage sludge and sugar beet pulp lixiviation in batch reactors: effect of pH control. *Chem Eng J* 255:492-199.
- Montero B, García-Morales JL, Sales D, Solera R.** (2010). Evolution of butyric acid and the methanogenic microbial population in thermophilic dry anaerobic reactor. *Waste Manage* 30:1790-1797.
- Zahedi S, Sales D, Romero LI, Solera R.** (2013a). Optimisation of single-phase dry-thermophilic anaerobic digestion under high organic loading rates of industrial municipal solid waste: population dynamics. *Bioresour Technol* 146:109-117.
- Zahedi S, Sales D, Romero LI, Solera R.** (2013b). Optimisation of two-phase dry-thermophilic anaerobic digestion process of sulphate-containing municipal solid waste: population dynamics. *Bioresour Technol* 148:443-452.

# International MICROBIOLOGY

Official journal of the Spanish Society for Microbiology



## OFFICIAL JOURNAL OF THE SPANISH SOCIETY FOR MICROBIOLOGY

- Publishes information on basic and applied microbiology for a worldwide readership
- Includes articles about pioneering microbiologists and their work
- Coverage is broadened to include eukaryotic microorganisms
- No publication charges

**Web Page:** <https://bit.ly/2QaXrhu>

## Grupo de Biodeterioro y Biorremediación

N. González<sup>1</sup>, L. F. Bautista<sup>2</sup>, M.C. Molina<sup>1</sup>, R. Simarro<sup>1</sup>, C. Vargas<sup>2</sup> y L.S. García<sup>1</sup>



<sup>1</sup>Departamento de Biología y Geología, Física y Química Inorgánica (Área de Biodiversidad y Conservación). ESCET. URJC. C/Tulipán, s/n, Móstoles-28933 (Madrid).

<sup>2</sup>Departamento de Tecnología Química y Ambiental. ESCET. URJC. C/Tulipán, s/n, Móstoles-28933 (Madrid).



Miembros del Grupo, de izquierda a derecha:  
Lara Silvia García<sup>1</sup>, Natalia González<sup>1</sup>,  
M<sup>a</sup> del Carmen Molina<sup>1</sup>, Fernando Bautista<sup>2</sup>,  
Carolina Vargas<sup>2</sup>, Raquel Simarro<sup>1</sup>.

El grupo de Biodeterioro y Biorremediación de la Universidad Rey Juan Carlos actualmente se encuentra formado por profesores titulares, contratados doctores, Juan de la Cierva y ayudantes doctores. Este grupo comenzó a desarrollar su labor investigadora sobre biodegradación de contaminantes orgánicos como los HAPs (Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos) (Bautista *et al.*, 2009a,b; Molina *et al.*, 2009; González *et al.*, 2011) siguiendo con los PPCPs (productos farmacéuticos y de cuidado personal) (Fedeila *et al.*, 2018; Molina *et al.*, 2016) y moléculas semiconductoras e inorgánicas como el arsénico (Molina *et al.*, en prensa) pero desde una perspectiva ecológica. A través de la modelización matemática se han podido optimizar los procesos metabólicos microbianos para la eliminación eficaz de los contaminantes (Simarro *et al.*, 2013a; Simarro *et al.*, 2012; Simarro *et al.*, 2011) ya que el *tiempo de los procesos* es una de las mayores debilidades de la biorremediación. La mayoría de nuestra investigación se ha

centrado en enzimas (Bautista *et al.*, 2009a) y consorcios naturales microbianos obtenidos en zonas ausentes de contaminantes pero muy diversos funcionalmente por lo que han sido aptos para la degradación de contaminantes (Simarro *et al.*, 2013b). Además, el grupo se encuentra inmerso en el estudio y aplicación del potencial que tienen los procariontes en la adquisición de nuevas rutas metabólicas bajo presión selectiva.

Precisamente, esta plasticidad funcional tan extraordinaria es la que ha provocado durante muchos años importantes pérdidas en la industria petroquímica. La ubicuidad de los microorganismos y su alta diversidad metabólica ha sido responsable del deterioro imparable de cualquier carburante almacenado, así como de sus contenedores y filtros de los automóviles. La única alternativa eficaz es el uso de protocolos preventivos. Por el momento, una vez que los microorganismos se instalan, no existe solución posible (Bautista *et al.*, 2016; Salmerón *et al.*, 2015).

El otro gran reto al que se enfrenta nuestro grupo es la recuperación de suelos perturbados antrópicamente principalmente por arsénico. Este potente cancerígeno llega a las poblaciones humanas fundamentalmente a través de la alimentación. Diferentes especies de angiospermas y gimnospermas han sido utilizadas para eliminar el arsénico del suelo mediante técnicas de fitorremediación clásicas. Sin embargo, las tecnologías clásicas combinadas con las nuevas ómicas están desarrollando una nueva visión de la fitorremediación mucho más eficaz y sostenible. Uno de los principales objetivos que se plantea actualmente es conocer el papel de los endófitos en la capacidad de adaptación de las plantas a las condiciones de estrés (Fig. 1). Por otro lado, existe mucho desconocimiento sobre el papel que juegan tanto la transferencia horizontal como la vertical de microorganismos en la adquisición y establecimiento del microbioma y en el éxito adaptativo de la planta al ambiente (Molina *et al.*, en prensa). Es importante también conocer

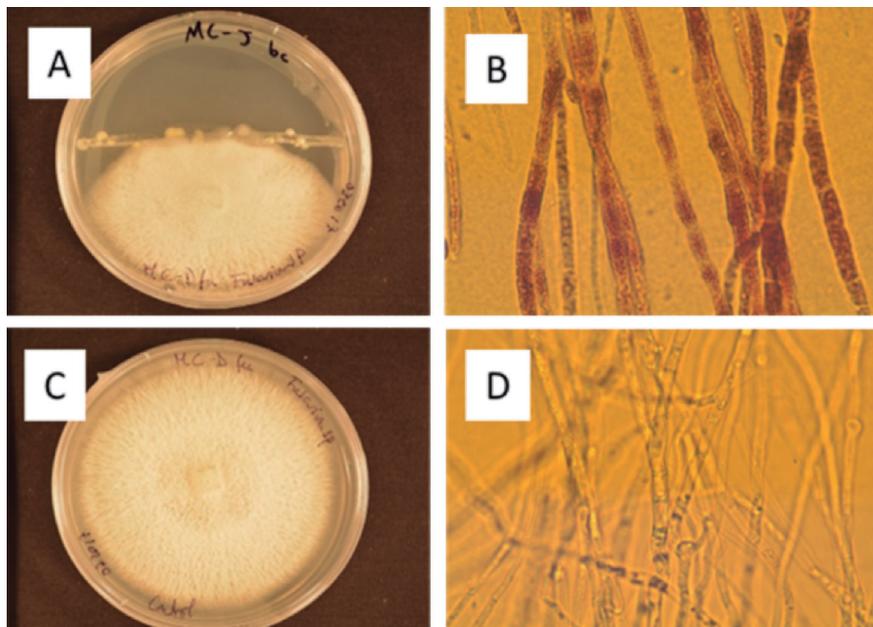


Figura 1. *Fusarium sp.* en cultivo dual con *Pantoea sp* ambos aislados de plantas tolerantes a arsénico. A) Inhibición del crecimiento de *Fusarium* por *Pantoea*. B) Hifas del hongo inhibido invadidas por *Pantoea*. C) Control. D) Hifas del hongo control sin bacterias endófitas.

qué tipo de interacciones (facilitadoras o de competencia) dominan en el metaorganismo u holobionte (planta-microbioma) en un gradiente de estrés. A partir de estos estudios, pretendemos seleccionar metaorganismos optimizados (interacciones planta-microbioma) capaces de soportar situaciones de estrés por arsénico. Por último, y desde un punto de vista ecológico resultaría muy interesante llevar a cabo un seguimiento sobre la dinámica de las comunidades microbianas, la fisiología del metaorganismo y, en su conjunto, las funciones ecosistémicas bajo un gradiente de estrés.

### LAS COMUNIDADES MICROBIANAS DE LA BASURA PLÁSTICA MARINA: PLASTIFERA

La degradación de plásticos ha sido también un reto reciente de este grupo de investigación. El uso de semiconductores orgánicos se ha extendido en muchas aplicaciones tanto electrónicas como médicas y generalmente suelen estar soportados en estructuras plásticas. Como la vida media

de los dispositivos electrónicos es cada vez más corta se está generando un gran impacto ecológico. Por ello, se exige que estos materiales orgánicos semiconductores y plásticos deben tener características biodegradables, no tóxicas y seguras. La búsqueda de microorganismos y rutas metabólicas con eficacia en la degradación de plásticos es un reto prioritario en el grupo avalado por el proyecto *Biodegradable Organic Electronics* (COMPOSTRONIC) en colaboración con el instituto de investigación Austríaco Joanneum y la empresa Lenzing Plastics GmbH & CoKG. Actualmente creemos que la *plastifera* constituida por las comunidades microbianas que habitan en los residuos plásticos y se alimentan de ellos, es una potencial fuente de microorganismos, genes y enzimas degradadores de plástico.

### PUBLICACIONES

**Bautista LF, Morales G, y 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 y Sánchez D.** (2009b). Effect of different non-ionic surfactants on the biodegradation of PAHs by diverse aerobic bacteria. *Int Biodeter Biodegr* 63: 913-922.

**Bautista LF, Vargas C, González N, Molina MC, Simarro R, Salmerón A y Murillo Y.** (2016). Assessment of biocides and ultrasound treatment to avoid bacterial growth in diesel fuel. *Fuel Proc Technol* 152: 56-63.

**Fedeila M, Hachichi-Sadouk Z, Bautista LF, Simarro R y Nateche F.** (2018) Biodegradation of anionic surfactants by *Alcaligenes faecalis*, *Enterobacter cloacae* and *Serratia marcescens* strains isolated from industrial wastewater. *Ecotox Environ Safety* 163: 629-635.

**González N, Simarro R, Molina MC, Bautista LF, Delgado L y 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.

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

**Molina MC, González Benítez N, Simarro R, Arrayas M, Díaz EM y Quijano MA.** (2016). Bioremediation techniques for naproxen and carbamazepine elimination. Toxicity evaluation test. *Chem Today* 34: 52-55.

**Molina MC, White JF, Kingsley L y González N.** (En prensa) Seed endophytes of *Jasione montana*: arsenic detoxification workers in an eco-friendly factory. En: *Seed endophytes-Biology and Biotechnology*. Ed. Verma, S. K. and Francis, J. Springer.

**Salmeron A, Murillo Y, Bautista LF, González N, Molina MC, Vargas C y Simarro R.** (2015). Bacterial identification and assessment of treatments to avoid microbial growth in diesel fuel storage tanks. En: "Fuel Conventional and Future Energy for Automobiles". W. J. Bartz ed. Technische Akademie Esslingen. Ostfildern. Germany. Pp 173-179. ISBN-Nr: 978-3-943563-16-0.

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

**Simarro R, González N, Bautista LF, Molina MC y 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 Soil Pollut* 223: 3437-3444.

**Simarro R, González N, Bautista LF y Molina MC.** (2013a). 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 y Molina MC.** (2013b) Assessment of the efficiency of *in situ* bioremediation techniques in a creosote polluted soil: change in bacterial community. *J Hazard Mater* 262: 158-167.

# Bacterias marinas detoxificadoras de metilmercurio: caracterización mediante aislamiento y técnicas –ómicas

Isabel Sanz-Sáez<sup>1</sup>, Andrea G. Bravo<sup>1</sup>, Silvia G. Acinas<sup>1</sup> y Olga Sánchez<sup>2</sup>



<sup>1</sup> Departament de Biologia Marina i Oceanografia, Institut de Ciències del Mar, ICM-CSIC, Barcelona, Catalunya, Spain

<sup>2</sup> Departament de Genètica i Microbiologia, Facultat de Biociències, Universitat Autònoma de Barcelona (UAB), 08193 Bellaterra, Spain



Miembros del grupo de investigación. De izquierda a derecha: Dra. Andrea G. Bravo, Isabel Sanz-Sáez, Dra. Olga Sánchez y Dra. Silvia G. Acinas

Nuestra unidad de investigación se formó recientemente, en el año 2014, cuando las Dras. Silvia G. Acinas (ICM-CSIC) y Olga Sánchez (UAB) aunaron sus conocimientos y experiencia para estudiar la diversidad y función de bacterias marinas implicadas en la biorremediación de metilmercurio (MeHg). El grupo está compuesto además por la Dra. Andrea G. Bravo, investigadora postdoctoral Marie Curie, e Isabel Sanz-Sáez, becaria predoctoral FPU. Además, colaboran con el grupo distintos alumnos de máster realizando prácticas de investigación. Hasta la fecha se han finalizado 5 trabajos de final de máster y un trabajo de final de grado en relación a esta línea de investigación. Además, se ha obtenido financiación específica de un proyecto asociado a una *Beca Leonardo* a Investigadores y Creadores Culturales concedido por la Fundación BBVA – Convocatoria 2015 (BIOSENSOMICS) y mediante una beca postdoctoral Marie Curie (MER-CURE-2016).

Hoy en día, el estudio de la diversidad microbiana se ha convertido en una de las

líneas de investigación más relevantes en el área de la Ecología Microbiana, la Oceanografía y la Biotecnología. El conocimiento de la diversidad microbiana es clave no sólo por su papel en el conocimiento de la función, la estructura y la evolución de las poblaciones bacterianas que componen una comunidad microbiana en los ecosistemas marinos, sino como una fuente importante de investigación médica y biotecnológica. El desarrollo de métodos moleculares y genómicos para el estudio de la diversidad microbiana ha proporcionado una visión más realista de la gran diversidad existente en cualquier ecosistema. Los mayores avances de la ecología microbiana en los últimos años se han producido gracias a i) la inclusión de diferentes estrategias genómicas, como las técnicas de metagenómica (DNA) y metranscriptómica (RNA), basadas en el análisis de fragmentos de genes (metagenómica) y de transcritos (metatranscriptómica) de los genomas de las comunidades microbianas de ambientes naturales, ii) la

posibilidad de secuenciar genomas a partir de una única célula (*single cell genomics*) y iii) la posibilidad de reconstruir genomas microbianos a partir del co-ensamblaje de varios metagenomas (MAGs: *metagenomic assembled genomes*). Por otra parte, el aislamiento de microorganismos sigue siendo fundamental para obtener información sobre su fisiología y para testar hipótesis sobre su ecología y función, que no se puede conseguir únicamente mediante técnicas de secuenciación.

Por ello, nuestra línea de investigación combina la utilización de técnicas moleculares, genómicas y de aislamiento clásicas para el estudio de las bacterias marinas, particularmente aquellas capaces de detoxificar el metilmercurio. El metilmercurio es un compuesto altamente tóxico para la salud humana capaz de bioacumularse en los organismos y biomagnificarse en las cadenas tróficas. El interés sobre la investigación y la biorremediación del metilmercurio se considera, por

tanto, una prioridad a nivel mundial. Como consecuencia, en 2017, entró en vigor el convenio de Minamata, firmado por 128 países y ratificado ya por 98. El objetivo de este convenio internacional es reducir las emisiones de mercurio y proteger la salud humana y el medio ambiente.

Nuestra estrategia para seleccionar bacterias detoxificadoras marinas se ha centrado en primer lugar en aislar e identificar, a través de la amplificación por PCR del gen del 16S rRNA, bacterias de diferentes mares y océanos (Mediterráneo, Atlántico Norte, Atlántico Sur, Índico y Ártico), tanto de la zona fótica como de la zona profunda (hasta 4000 m), cubriendo por consiguiente un amplio gradiente vertical y latitudinal (Fig. 1). De un total de 1313 aislados (de los cuales se determinaron sus relaciones filogenéticas) se realizó un cribado funcional de bacterias resistentes al metilmercurio mediante la amplificación por PCR de los genes *merA* (mercurio reductasa) y *merB* (organomercurio liasa), implicados en la detoxificación del metilmercurio. Concretamente, la enzima organomercurio liasa (MerB) desmetila el metilmercurio a mercurio inorgánico (Hg(II)), mientras que la mercurio reductasa (MerA) convierte el Hg(II) en mercurio elemental Hg(0), un gas volátil que difunde a través de la membrana y se expulsa de la célula.

En una segunda fase, tras el cribado funcional de los genes *merA* y *merB* en los aislados marinos, se seleccionaron las cepas que presentaban los dos genes, se hicieron crecer en cultivos en presencia de cloruro de mercurio y metilmercurio, y se determinó su concentración mínima inhibitoria (CMI). A partir de estos aislados, se seleccionaron dos cepas por sus propiedades de alta resistencia y detoxificación, identificadas como *Alteromonas* y *Marinobacter* spp., se caracterizaron sus curvas de crecimiento a diferentes concentraciones de metilmercurio y se cuantificaron las diferentes formas químicas de mercurio en el medio de cultivo. Para esto último, contamos con la colaboración de la Dra. Rosa del Carmen Rodríguez Martín-Doimeadios, de la Universidad de Castilla-La Mancha. Además de la determinación cuantitativa del poder de detoxificación de las dos cepas testadas, se realizaron observaciones mediante microscopía electrónica y de epifluorescencia con la finalidad de elucidar los posibles mecanismos

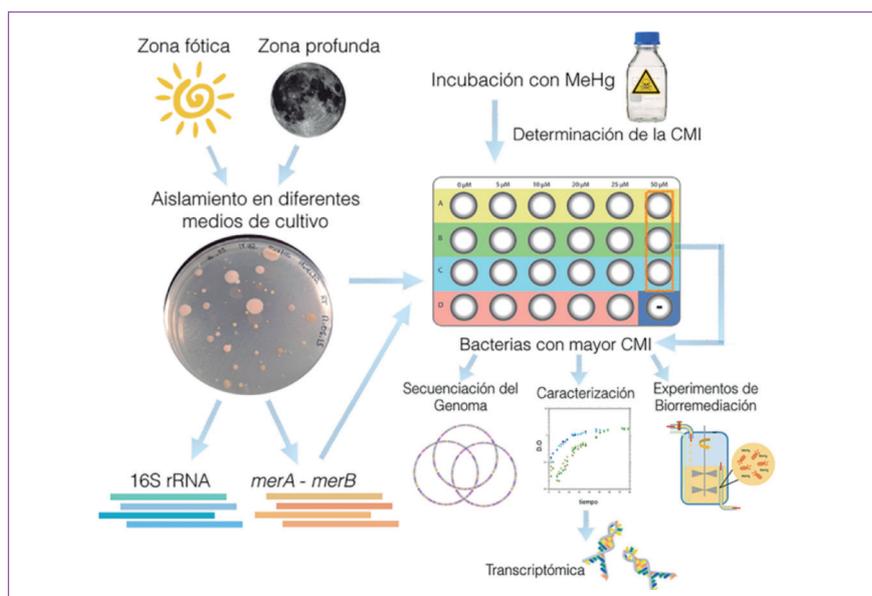


Figura 1. Enfoque metodológico para el aislamiento y caracterización de bacterias detoxificadoras del metilmercurio de diferentes muestras marinas

de detoxificación de este compuesto tóxico (acumulación o adsorción).

En una tercera fase, se ha secuenciado el genoma de la cepa con mayor resistencia al metilmercurio, con una CMI de 10 µM (y 70 µM de HgCl<sub>2</sub>), que corresponde a *Alteromonas* sp. ISS312, aislada de una muestra marina a 4000 m de profundidad del Océano Atlántico Sur. Además, como parte de un nuevo Trabajo de Fin de Máster se están realizando análisis de transcriptómica en esta cepa expuesta a 5 µM de metilmercurio y en ausencia del mismo para detectar posibles diferencias en la expresión génica y determinar qué genes pueden estar sobre-expresados en presencia de dicho compuesto.

En una cuarta fase, realizaremos también experimentos de biorremediación con bacterias aisladas de sedimentos marinos para cuantificar su potencial en la biorremediación de sedimentos contaminados con metilmercurio.

Paralelamente a estos experimentos realizados con aislados, se han llevado a cabo análisis ómicos *in silico* para detectar la presencia de genes *merA* y *merB* a partir del catálogo de genes no redundantes de la expedición de circunnavegación de Malaspina (2010) con 1.1 millones de genes. Dicho catálogo de genes procede de un total de 58 metagenomas del océano profundo, concretamente del batipelágico (de muestras

colectadas entre 1000-4000 m) y de dos fracciones de tamaño (de 0.22 a 0.8 µm y de 0.8 a 20 µm), ya que se ha evidenciado el acúmulo de metilmercurio asociado a partículas en dichas profundidades.

Finalmente, también se han reconstruido genomas bacterianos a partir de los metagenomas (MAGs), que contienen el operon *mer* para analizar los metabolismos inherentes en bacterias y arqueas con capacidad detoxificadora del metilmercurio.

## BIBLIOGRAFÍA

- Sanz-Sáez I, Lara E, Salazar G, Royo-Llonch M, Vaqué D, Duarte CM, Gasol JM, Pedrós-Alió C, Sánchez O, Acinas SG. Diversity patterns of marine cultivable bacteria along vertical and latitudinal gradients. Submitted to Syst Appl Microbiol
- Capilla Lloris M. (2018). Phenotyping characterization of methylmercury marine bacteria detoxifiers. Master thesis, Universitat Autònoma de Barcelona.
- Pla Ferriol M. (2017). Phylogenetically diverse and widespread tolerance to mercury and methylmercury of marine bacteria isolates. Master thesis, Universitat de Barcelona.
- Martí-Carreras J. (2016). Biogeography profiling and expression pattern of the *merA* and *merB* genes retrieved from global deep ocean metagenomes and metatranscriptomes. Master thesis, Universitat Pompeu Fabra.
- Trujillo Cuadra L. (2016). Analyses of the genes responsible for the degradation of methylmercury from marine isolated bacteria and metagenomes. Master thesis, Universitat Autònoma de Barcelona.
- Sanz-Sáez I. (2015). Isolating marine microorganisms from the deep sea. Master thesis, Universitat Autònoma de Barcelona.

## Grupo de Biodegradación Medioambiental de Polímeros y Contaminantes

Concepción Abrusci

Departamento de Biología Molecular  
Universidad Autónoma de Madrid (UAM)



El grupo de Biodegradación medioambiental de polímeros y contaminantes lleva en activo casi 20 años. Éste surge de la necesidad de solucionar un problema de biodeterioro del patrimonio cinematográfico, poniéndose como objetivo salvaguardar el valor cultural que supone el soporte cinematográfico. Los trabajos dirigidos por el Dr. Catalina (Profesor de Investigación del CSIC), fueron llevados a cabo al amparo de diversas instituciones, como el Instituto de la Cinematografía y de las Artes Audiovisuales (ICAA), Filmoteca Española (FE), el Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros (ICTP-CSIC) y la Universidad Complutense de Madrid (UCM). Estos trabajos pioneros, tuvieron carácter multidisciplinar, aunando la microbiología y la investigación en los materiales polímeros. Estas colaboraciones dieron lugar a la puesta a punto de diversas técnicas de aislamiento microbiano y de seguimiento de la biodegradación de polímeros tales como medidas de viscosidad, o las medidas indirectas de impedancia. Estos trabajos dieron lugar al desarrollo de una metodología de estudio de la biodegradación que permitió establecer las bases para la conservación de las películas cinematográficas en sus archivos.

El grupo continuó su trayectoria con trabajos en el campo de la biodegradación de polímeros, cuyos miembros pertenecen al área de Microbiología del Departamento de Biología Molecular de la UAM y al Instituto de Ciencias y Tecnología de polímeros (CSIC). Estos trabajos profundizaron en la biodegradación de polímeros con aplicaciones en agricultura, concretamente en filmes de acolchado agrícola y también envase y embalaje. Se llevó a cabo una degradación abiótica de los polímeros, tanto fotoquímicamente como térmicamente. Se estudió la evolución de los materiales oxibiodegradables, concretamente poliolefinas y la incorporación en las formulaciones de éstas, de aditivos que actuaban como pro-oxidantes, acelerando la degradación abió-

tica de estos materiales por la radiación solar, la temperatura, el oxígeno, la humedad, etc. Mediante un protocolo establecido se aislaron e identificaron los microorganismos capaces de adherirse a las superficies de estos polímeros y se llevó a cabo el seguimiento de la biodegradación de los materiales por estas cepas. El grupo también ha estudiado la biodegradación de contaminantes como hidrocarburos polinucleares y, más recientemente, de líquidos iónicos con microorganismos específicos como *Sphingomonas paucimobilis*. Se ha podido establecer una importante correlación entre la biodegradación y la estructura química de los productos.

El grupo también ha centrado su actividad en materiales biodegradables, ya que estos últimos han ganado recientemente mucha importancia tanto académica como industrial, en particular para la protección del medio ambiente frente a los residuos de plásticos en constante aumento. Los materiales biodegradables preparados a partir de mezclas tanto de polímeros naturales como sintéticos pueden reducir el volumen de residuos plásticos en el medio ambiente debido a su biodegradación. El copolímero de etileno y acrilato de etilo (EBA) con 13% de contenido de acrilato de butilo se usó para producir mezclas con 10, 30 y 60% de almidón termoplástico (TPS). Este es un polímero natural biodegradable muy interesante desde el punto de vista medioambiental y de bajo coste, que permite obtener mezclas biodegradables. Se incorporó a la mezcla un copolímero de etileno-ácido acrílico (EAA) como agente compatibilizador al 20% de contenido con respecto a EBA. Las mezclas se caracterizaron por difracción de rayos X, espectrofotometría de transformada de Fourier (ATR-FTIR), microscopía electrónica de barrido (SEM), mediciones de ángulo de contacto de agua (CA), calorimetría de barrido diferencial (DSC) y pruebas mecánicas de esfuerzo-de-

formación. La autooxidación iniciada de las mezclas de polímeros se estudió mediante quimioluminiscencia (CL) confirmando que la presencia de la interfase de poliolefina-TPS no afectaba sustancialmente a la termoestabilidad oxidativa de los materiales. Se procedió al enterramiento de las mezclas en forma de filmes en tierra de cultivo, para llevar a cabo el aislamiento y la identificación de los microorganismos capaces de adherirse a estos polímeros y a partir de los consorcios aislados se evaluó mediante medidas directas de impedancia la biodegradación de estos materiales a los 28 días. Los porcentajes de mineralización alcanzados después de 28 días de bioensayos con los consorcios bacterianos fueron del 6.6% para EBA10% TPS y aproximadamente 15% para EBA30% TPS. La mezcla con un alto contenido de TPS, EBA60% TPS, alcanzó 60% de mineralización confirmando la biodegradación total de la fase TPS.

El alto grado de continuidad de TPS en las mezclas, demostrado en este trabajo, indica que estos sistemas de mezcla tienen el potencial de hacer que todos los dominios de TPS en la mezcla sean accesibles para la biodegradación bacteriana. Estos materiales EBA/TPS tienen el beneficio adicional de contener grandes cantidades de un recurso renovable completamente accesible para la biodegradación y, por lo tanto, representan una alternativa más sostenible a los polímeros sintéticos puros.

Por otro lado se ha abordado estudios referentes a la colonización microbiana de materiales sintéticos, ya que es una gran preocupación en muchos campos, como por ejemplo en cirugía de implantes y dispositivos médicos; por lo tanto, los materiales orgánicos hidrófilos biocompatibles con propiedades antimicrobianas inherentes son de interés para la investigación actual. Llevamos a cabo la preparación de una

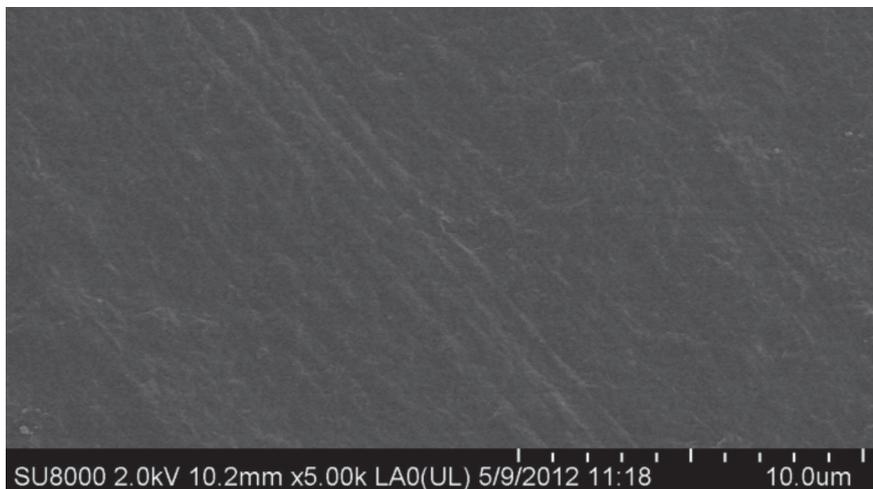


Figura 1. Polímero de ( $\epsilon$ -caprolactona)

película polimérica antibacteriana y biocompatible basada en N-vinil-2-pirrolidona (VP) y acrilato de 2-hidroxietilo (HEA), utilizando dimetacrilato de etilenglicol (EGDMA) y un monómero acrílico sintético que contiene sulfadiazina químicamente anclado. Las películas basadas en polivinilpirrolidona (PVP) sintetizadas se caracterizaron mediante diferentes técnicas, (ATR-FTIR, SEM y TGA). En este estudio, se evaluaron las respuestas biofísicas de las bacterias y de la línea celular de fibroblastos murino, L929, en los materiales preparados. Se demostró que los polímeros con sulfadiazina anclada presentaban una excelente actividad antibacteriana contra *Escherichia coli*, así como una buena biocompatibilidad.

También se ha llevado a cabo con éxito la combinación de un tratamiento con plasma de oxígeno de películas de poli ( $\epsilon$ -caprolactona) (Fig. 1) y un proceso de adsorción de biocidas (ampicilina, plata y sales de amonio cuaternario). Los materiales tratados con plasma condujeron a cambios no solo en las estructuras químicas, sino también en la morfología y la rugosidad de la superficie. Las estructuras de biocida adsorbidas rellenan parcialmente la rugosidad de la superficie pero al mismo tiempo mantienen la humectabilidad de la superficie. Los microorganismos ensayados (gram-positivos y gram-negativos) fueron eficientemente eliminados de los materiales a excepción de aquellos que tenían como biocida ampicilina en presencia de *P. aeruginosa*. Los estudios *in vitro* realizados con células L929 demostraron una buena biocompatibilidad de los materiales, excepto aquellos cargados con cationes de plata y la sal de amonio de cetilpiridinio. El estudio combinado de la actividad antibacteriana y la biocompatibilidad monitorizada, proporciona

una vista preliminar de la futura formación de tejido antes de realizar estudios *in vivo*.

En la actualidad se llevan a cabo estudios de biodegradación de mezcla de polímeros altamente biodegradables para aplicaciones en agricultura y envase/embalaje, profundizando en los mecanismos de biodegradación de los microorganismos aislados a partir de ellos. Por otra parte se están caracterizando polímeros naturales producidos por microorganismos con potencial biotecnológico.

## PUBLICACIONES REPRESENTATIVAS DEL GRUPO

- Abrusci C, Martín-González A, Del Amo A, Corrales T y Catalina F (2004).** Biodegradation of type-B gelatine by bacteria isolated from cinematographic films. A viscometric study. *Polym Degrad Stab* 86(2): 283-291.
- Corrales T, Abrusci C, Peinado C y Catalina F (2004).** Fluorescent sensor as physical amplifier of chemiluminescence: application to the study of poly (ethylene terephthalate). *Macromolecules* 37(17): 6596-6605.
- Abrusci C, Martín-González A, Del Amo A, Catalina F, Collado J y Platas G. (2005).** Isolation and identification of bacteria and fungi from cinematographic films. *Int Biodeterior Biodegrad* 56(1): 58-68.
- Abrusci C, Marquina D, Del Amo A, Corrales T, Catalina F. (2006).** A viscometric study of the biodegradation of photographic gelatin by fungi isolated from cinematographic films. *Int Biodeterior Biodegrad* 58(3-4): 142-149.
- Abrusci C, Marquina D, Del Amo A y Catalina F. (2007).** Biodegradation of cinematographic gelatin emulsion by bacteria and filamentous fungi using indirect impedance technique. *Int Biodeterior Biodegrad* 60(3): 137-143.
- Gutiérrez MC, García-Carvajal ZY, Jobbágy M, Yuste L, Rojo F, Abrusci C, Catalina F, del Monte F y Ferrer ML (2007).** Hydrogel scaffolds with immobilized bacteria

for 3D cultures. *Chem Mater* 19(8): 1968-1973.

- Abrusci C, Marquina D, Santos A, Del Amo A, Corrales T y Catalina F. (2007).** A chemiluminescence study on degradation of gelatine: Biodegradation by bacteria and fungi isolated from cinematographic films. *J Photochem Photobiol A: Chemistry* 185(2-3): 188-197.
- Gaspard S, Oujja M, Rebollar E, Abrusci C, Catalina F y Castillejo M. (2007).** Characterization of cinematographic films by laser induced breakdown spectroscopy. *Spectrochim Acta Part B: Atomic Spectroscopy* 62(12): 1612-1617.
- Gaspard S, Oujja M, Abrusci C, Catalina F, Lazare S, Desvergne J y Castillejo M. (2008).** Laser induced foaming and chemical modifications of gelatine films. *J Photochem Photobiol A: Chemistry* 193(2-3): 187-192.
- Abrusci C, Marquina D, Santos A, Del Amo A, Corrales T y Catalina F. (2009).** Biodeterioration of cinematographic cellulose triacetate by *Sphingomonas paucimobilis* using indirect impedance and chemiluminescence techniques. *Int Biodeterior Biodegrad* 63(6): 759-764.
- San Miguel V, Peinado C, Catalina F y Abrusci C. (2009).** Bioremediation of naphthalene in water by *Sphingomonas paucimobilis* using new biodegradable surfactants based on poly ( $\epsilon$ -caprolactone). *Int Biodeterior Biodegrad* 63(2): 217-223.
- Abrusci C, Palomar J, Pablos JL, Rodríguez F y Catalina F. (2011).** Efficient biodegradation of common ionic liquids by *Sphingomonas paucimobilis* bacterium. *Green Chem* 13(3): 709.
- Abrusci C, Pablos JL, Corrales T, López-Marín J, Marín I y Catalina F. (2011).** Biodegradation of photo-degraded mulching films based on polyethylenes and stearates of calcium and iron as pro-oxidant additives. *Int Biodeterior Biodegrad* 65(3): 451-459.
- Larrazza I, Peinado C, Abrusci C, Catalina F y Corrales T. (2011).** Hyperbranched polymers as clay surface modifiers for UV-cured nanocomposites with antimicrobial activity. *J Photochem Photobiol A: Chemistry* 224(1): 46-54.
- Abrusci C, Pablos JL, Marín I, Espí E, Corrales T y Catalina F. (2012).** Photodegradation and biodegradation by bacteria of mulching films based on ethylene-vinyl acetate copolymer: Effect of pro-oxidant additives. *J Appl Polym Sci* 126(5): 1664-1675.
- Corrales T, Larrazza I, Catalina F, Portolés T, Ramírez-Santillán C, Matesanz M y Abrusci C. (2012).** In vitro biocompatibility and antimicrobial activity of poly ( $\epsilon$ -caprolactone)/montmorillonite nanocomposites. *Biomacromolecules* 13(12): 4247-4256.
- Morro A, Catalina F, Corrales T, Pablos J, Marín I y Abrusci C. (2016).** New blends of ethylene-butyl acrylate copolymers with thermoplastic starch. Characterization and bacterial biodegradation. *Carbohydr Polym* 149: 68-76.
- Morro A, Abrusci C, Pablos JL, Marín I, García FC y García JM. (2017).** Inherent antibacterial activity and in vitro biocompatibility of hydrophilic polymer film containing chemically anchored sulfadiazine moieties. *Eur Polym J* 91: 274-282.
- Morro A, Catalina F, Pablos J, Corrales T, Marín I y Abrusci C. (2017).** Surface modification of poly ( $\epsilon$ -caprolactone) by oxygen plasma for antibacterial applications. Biocompatibility and monitoring of live cells. *Eur Polym J* 94: 405-416.

# Optimizando las mezclas de biocidas de protección en film Thor AMME™ para regiones tropicales

Dave Alexander y Marta Urizal Comas

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



Marta Urizal, como *Technical Manager* de Thor Especialidades, S.A. informa, a través del trabajo recopilado por Dave Alexander, *Thor Group Technical Manager Industrial Biocides*, sobre los avances en una de las líneas de investigación del grupo Thor dirigida a la mejora de sus mezclas de activos biocidas de protección en film con tecnología AMME™ para optimizar su eficacia en regiones tropicales.

## INTRODUCCIÓN

Las temperaturas elevadas, el exceso de precipitaciones y humedad crean las condiciones ideales para la proliferación de hongos y algas en recubrimientos. Con la intención de maximizar la longevidad de pinturas y recubrimientos, los fabricantes de pinturas desarrollan formulaciones robustas que incluyen mezclas de activos fungicidas/alguicidas. Estas mezclas se añaden a altas concentraciones sabiendo que a lo largo del tiempo se perderá parte importante del activo debido a su lixiviación o degradación física y/o química. La tecnología *Advanced Micro Matrix Embedding* (AMME™) es uno de los desarrollos del grupo Thor que ha sido usado en todo el mundo y sobre la cual este grupo continúa investigando y avanzando para mejorar su comportamiento. El trabajo realizado con la mezcla AMME™ 2-*n*-octyl-4-isothiazolin-3-one (OIT), AMME™ 3-iodopropargyl-N-butylcarbamate (IPBC) y AMME™ Diuron y sus pruebas de exposición en Australia y Malasia han demostrado la superioridad de esta tecnología respecto a los biocidas tradicionales. Otro ejemplo es el estudio de la mezcla, AMME™ 2-*n*-octyl-4-isothiazolin-3-one (OIT), AMME™ zinc pyrithione y AMME™ Diurón que ha

demostrado su eficacia mejorada en regiones tropicales.

## PROTOCOLOS DEL ESTUDIO

Los ensayos microbiológicos en el laboratorio, incluyendo tratamientos de envejecimiento acelerado, con la intención de replicar condiciones medioambientales extremas, nos ofrecen una buena indicación de cómo se van a comportar los biocidas de protección en film en campo. Los estudios de exposición exterior son mucho más largos pero tienen en cuenta el clima regional y la microflora del lugar. Combinando las dos metodologías conseguimos obtener unos datos más concretos sobre su comportamiento real. Bajo condiciones adversas de humedad y temperatura, los activos presentes en la matriz orgánica AMME™ serán liberados de las cápsulas a una velocidad controlada resultando en unos niveles de activo óptimos en la superficie del recubrimiento a tratar. En consecuencia, la eficacia del biocida será mejor de la esperada.

## RESULTADOS DEL ESTUDIO

Se han usado varias zonas de exposición localizadas en diferentes partes del mundo para evaluar el comportamiento de los diferentes sistemas conservantes para protección en film. Este trabajo se centra en la exposición realizada en el noreste de Australia y en el oeste de Malasia mostrando los resultados tras 21 y 24 meses de exposición respectivamente. Se muestran también los datos analíticos de la zona de Maharashtra, oeste de la India, tras 3 monzones (36 meses de exposición).

Los paneles usados son de silicato cálcico y se les aplica una imprimación antes de pintado según instrucciones del fabricante. Los paneles se secan previamente y se exponen en racks para su evaluación visual a intervalos de tiempo regulares.

La pintura utilizada en el estudio de Australia se correspondía con una formulación comercial de aplicación exterior tipo acrílica. Los resultados demuestran claramente que los niveles bajos de los 3 activos otorgan una eficacia igual o incluso mejor que el resto de combinaciones biocidas (Fig. 1). En éstas se observa un crecimiento de algas y hongos mínimo comparado con el resto de muestras.

La pintura usada en el estudio de Malasia era una pintura comercial de exterior tipo acrílica donde predominaba la contaminación por algas en las muestras no protegidas con biocida (Fig. 2). Se detectó una mejor protección en las muestras que contenían niveles más bajo de activos AMME™ respecto al producto que contenía mezcla de IPBC/Terbutrina (activos estándar).

En India el sistema conservante usado para protección en film normalmente implica el uso de más de 10000 ppm de alguicida debido a la extrema proliferación de algas. La pintura usada en este estudio también era una formulación comercial de exterior. Las muestras de pintura fueron raspadas de los paneles al final del periodo de evaluación y analizadas por cromatografía de líquidos (HPLC).

Aunque el Diurón se fue perdiendo de ambos recubrimientos, tanto del que contenía activos AMME™ como del que contenía activos estándar, la retención del AMME™

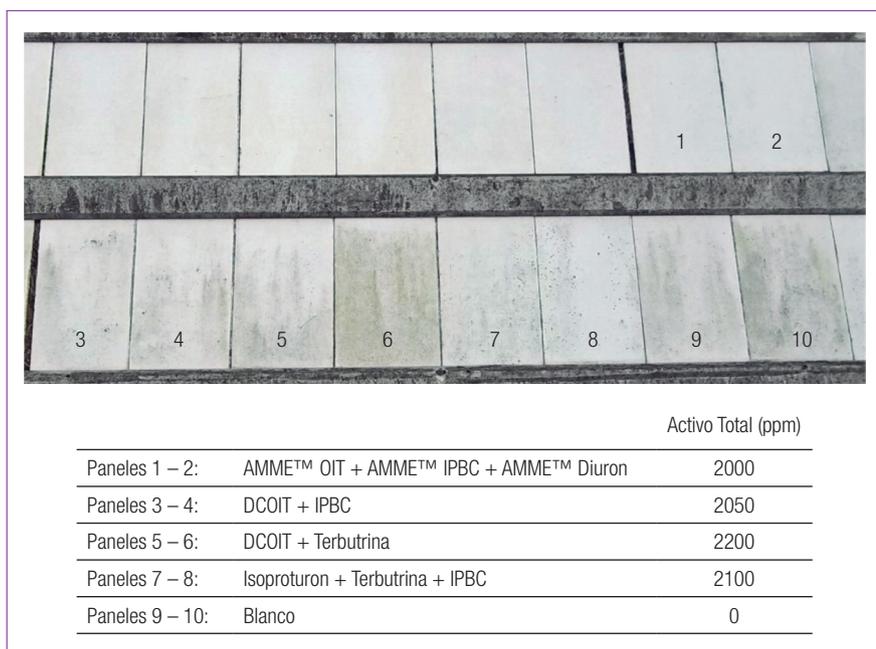


Figura 1. Rack de estudio en el noreste de Australia tras 21 meses de exposición



Figura 2. Paneles en el oeste de Malasia tras 24 meses de exposición

Diurón fue significativamente mejor. Además, se retienen niveles suficientes de AMME™ Diurón tras los tres monzones evitando el crecimiento de algas (Fig. 3).

La mejor retención en el film de los activos AMME™ elimina la necesidad de sobredosificar (Fig. 4).

**ASPECTOS LEGALES**

El Reglamento Europeo sobre productos biocidas (BPR) y el Reglamento que controla la Clasificación, Etiquetado y Envasado de sustancias químicas (CLP), ambos bajo el Sistema Global Harmonizado (GHS) según legislación EC1272/2008, han dictaminado la disponibilidad y uso de los biocidas en Europa y la importancia de los productos que los contienen (artículos tratados). La Tabla 1 nos muestra los límites de etiquetado de los productos que contengan Diurón y AMME™ Diurón y que se comercialicen en EU. Países como Malasia, Singapur, Vietnam, Indonesia y Tailandia han implementado el GHS, y otros países están en vías de su implementación.

La liberación o disponibilidad reducida de los activos AMME™ resulta en una menor biodisponibilidad de éstos. Este principio ha sido reconocido por las autoridades UE y significa que la clasificación de peligro se ve reducida, considerando sólo el contenido en activo disponible o “libre”, que puede ser un 10% del contenido total de activo. Un ejemplo de esta clasificación reducida sería la de un producto que contenga un 10% de AMME™ Diurón, pero que la clasificación sobre peligro medioambiental se base sólo en el 1% de activo biodisponible, permitiendo que sea libre de etiquetaje medioambiental.

**DISCUSIÓN**

La superioridad en eficacia de la combinación de activos AMME™ puede atribuirse a diferentes factores:

- Se reduce la degradación química de los activos en el envase, y esto resulta en una mayor disponibilidad de activo en el recubrimiento.

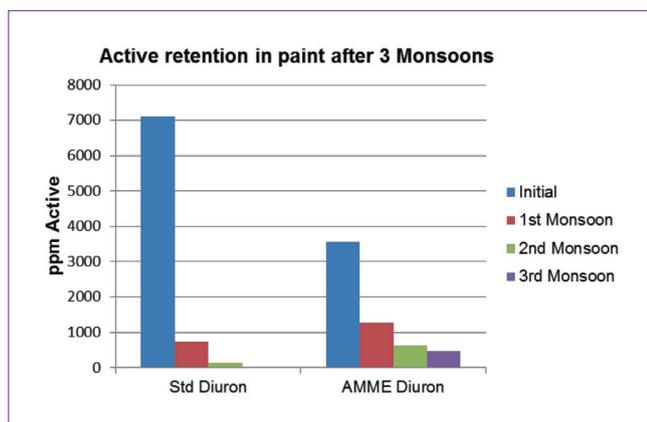


Figura 3. Análisis del activo residual tras 3 monzones en India

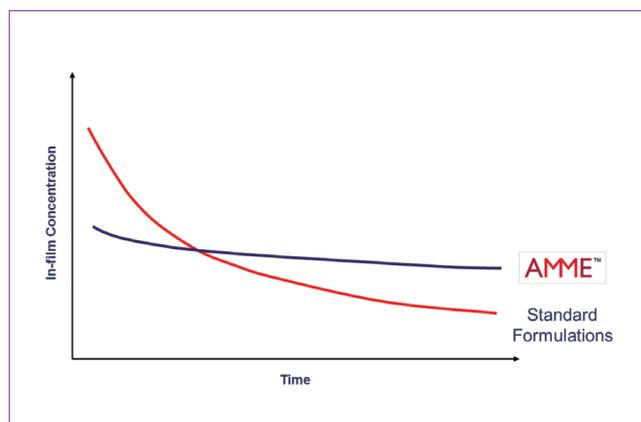


Figura 4. Modelo de retención de activos AMME™ vs activos estándar

- Se reduce la pérdida de activo en uso tras exposición a luz UV y calor.
- Se reduce la lixiviación debido a lluvia y condensación reteniendo niveles óptimos de activo en el film por más tiempo y minimizando la liberación de biocida al medioambiente. Este punto es especialmente relevante para los activos que tienen mayor solubilidad en agua como son la OIT y el IPBC.
- La combinación de activos AMME™ otorga un amplio espectro de actividad contra un amplio grupo de especies de hongos y algas.

Otros factores que influyen en la retención/pérdida de los conservantes en el film

serían el tipo de emulsión, grado de PVC, brillo y grosor del recubrimiento. Las pinturas acrílicas puras con bajo PVC demuestran mejor retención del biocida en el film y por tanto mejor resistencia contra el deterioro microbiológico.

La Tabla 2 recoge las propiedades de los diferentes activos AMME™ empleados en el presente trabajo.

**CONCLUSIONES**

La proliferación de microorganismos en superficies de zonas tropicales puede reducirse significativamente con el uso de sistemas biocidas con activos AMME™ de liberación controlada a una concentración

razonable. Además de alargar la vida del recubrimiento, se suman otras ventajas como el cumplimiento de la reglamentación vigente y la liberación reducida de activos biocidas al medioambiente.

**AGRADECIMIENTOS**

A Rod Rees, Thor Specialties USA; Kevin Roden, Thor Specialties Australia; Adeline Tew, Thor Specialties Malaysia; Scott Betts, Thor Specialties (UK) Limited y Dr Roman Grabbe, Thor GmbH; por sus valiosas aportaciones.

Tabla 1. Límites de etiquetado según EU CLP para artículos tratados que contengan biocidas

Activo	Etiquetado	Límites de concentración	Pictograma
Diurón	Aqu. Chron. 2, H411	0,25% ≤ C < 2,5%	
	Aqu. Chron. 3, H412	0,025% ≤ C < 0,25%	Ninguno
AMME™ Diurón	Aqu. Chron. 3, H412	0,25% ≤ C < 2,5%	Ninguno
	Ninguno	0,025% ≤ C < 0,25%	Ninguno

Clave:  
 H411: Tóxico para los organismos acuáticos, con efectos nocivos duraderos  
 H412: Nocivo para los organismos acuáticos, con efectos nocivos duraderos

Tabla 2. Propiedades de los activos AMME™

<b>AMME OIT</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Amplio espectro de actividad microbiológica</li> <li>• Lixiviación reducida</li> <li>• Potencial de sensibilización reducido</li> <li>• Reducción de las emisiones</li> <li>• Menor degradación de activo</li> <li>• Estabilidad mejorada en condiciones alcalinas</li> </ul>
<b>AMME IPBC</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Amplio espectro de actividad microbiológica</li> <li>• Lixiviación reducida</li> <li>• Potencial de decoloración reducida</li> <li>• Reducción de las emisiones</li> <li>• Estabilidad mejorada a la alcalinidad y UV</li> </ul>
<b>AMME Diuron</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se reduce la degradación del activo en el envase</li> <li>• Lixiviación reducida</li> <li>• Perfil ecotox mejorado</li> </ul>

# Víctor de Lorenzo

## Consejos para jóvenes microbiólogos

Entrevista: Ignacio Belda y Samuel G. Huete  
Redacción: Samuel G. Huete  
Grabación, sonido y postproducción: Álvaro Sanz Llopis.



*Reseña resumen de la entrevista realizada al Dr. Víctor de Lorenzo, profesor de investigación del CSIC y actualmente jefe de grupo en el Centro Nacional de Biotecnología (CNB). Dentro de esta serie temática que JISEM desarrolla, microbiólogos de referencia en España nos dan su opinión y consejos sobre la situación de la ciencia española para los jóvenes. Tiene la palabra el Dr. de Lorenzo. La entrevista completa en vídeo está disponible escaneando el código QR o copiando el enlace al pie de esta reseña.*

### ¿CÓMO FUERON LOS INICIOS DE SU CARRERA CIENTÍFICA?

La verdad es que desde pequeñito quería ser científico y a los 11-12 años tenía en mi casa del pueblo un pequeño laboratorio donde compraba con los ahorros del fin de semana frascos y cosas así. Y un juego que se llamaba Cheminova, que ahora estaría prohibido porque estaba con productos tóxicos pero en aquel momento era un juguete que yo creo que levantó muchas vocaciones científicas. Realmente muy desde el principio tuve claro que me gustaba la ciencia, la experimentación, la química y trabajar en el laboratorio. Y bueno, he tenido la fortuna de dedicar mi profesión y mi tiempo a la actividad que, desde el comienzo, pensé que era lo que más me iba.

### ¿HUBO ALGUIEN EN SU INFANCIA O JUVENTUD DETERMINANTE EN SU VOCACIÓN CIENTÍFICA?

Siempre hay una persona que, de repente, abre posibilidades. Y en aquel momento fue mi profesor de química cuando estaba en el colegio quien realmente me expuso por primera vez a todo el mundo de la ciencia y de la forma, sobre todo, de razonar. Y luego otra persona fundamental que fue mi profesora de cuando hice la especialidad de bioquímica: Margarita Salas. Ella fue la que me abrió la puerta y la perspectiva al mundo de la Bioquímica y de la Biología Molecular que en aquel momento era una cosa muy incipiente y que luego ha dado de sí lo que todos sabemos.

### ¿PUEDE CONTARNOS ALGO SOBRE SU EXPERIENCIA DURANTE LA TESIS?

El periodo de la tesis fue un poco único en el sentido de que, al no mucho tiempo de empezar la tesis, mi supervisor tuvo un accidente y murió. Entonces, a los dos años más o menos de haber empezado mi proyecto allí nos vimos en la situación de tener que acabar rápidamente la tesis y terminarla deprisa y corriendo con otro supervisor distinto. Eso, que en ese momento a mí me pareció una tragedia, con el tiempo ha resultado en varias cosas. Una de ellas,

**You** 

La entrevista a Víctor de Lorenzo puede verse en este enlace:



<https://www.youtube.com/watch?v=ojngVt5PEVo&t=6s>

y se lo digo a mis propios estudiantes, es que uno realmente no necesita tener a un supervisor encima de ti para poder hacer un trabajo científico.

### ¿QUÉ ASPECTOS Y LECCIONES DESTACA DE SU EXPERIENCIA POSTDOCTORAL?

Una cosa que me dejó muy sorprendido, y que yo creo que ha sido muy bueno para mi carrera y que recomiendo a todo el mundo que pase por aquí, es el encontrarme en un ambiente académico donde no había jerarquías. Es decir, en España venía de un sistema académico muy estratificado donde estaba el jefe, el súper-jefe. Al jefe no se le podía ni toser, ni hablar ni nada por el estilo. Entonces me encontré en California con un ambiente muy relajado, muy creativo y que estimulaba que la gente participara muy activamente en todos los procesos. Y allí me quedé con la idea, que luego me ha estimulado mucho durante mi carrera, de que no hay que tener miedo a la novedad y a preguntar o a exponer la ignorancia de uno cuando quiere aprender cosas nuevas. Y desde luego, lo que aprendí claramente en EEUU es que, para tener buenas ideas, hay que tener muchas ideas. A lo mejor, de todas las ideas que tenemos, el 90 o 95% son basura, pero el otro 5% merece la pena. Si uno no tiene las 100 ideas desde luego no va a tener 1 o 2 buenas ideas al final.



JISEM: "¿Qué diferencia a su generación, como joven investigador, de la actual?"

### ¿ES IMPORTANTE TENER UN MENTOR DURANTE LA FORMACIÓN CIENTÍFICA?

Aquí tengo un poco de sentimientos mezclados, porque como mencionaba anteriormente yo nunca tuve un mentor. Y al final no sé si eso ha sido positivo o negativo. Yo he tenido mentores circunstanciales de los que he aprendido pero nunca lo hemos formalizado, no nos hemos sentado a hacer una sesión de *mentoring*. Eso nunca lo hemos hecho. Yo simplemente me he ido fijando cómo se comportaban los demás, los modelos de identificación, las historias de éxito, la gente que me gustaba y que no me gustaba... He intentado ir recopilando cosas que iban más con mi carácter.

### ¿CUÁL HA SIDO SU MAYOR GRATIFICACIÓN COMO CIENTÍFICO?

En el aspecto de la dinámica del trabajo, lo más gratificante de este trabajo es que uno está rodeado de mentes brillantes. Y es algo que a mí me produce una grandísima satisfacción.

Por otra parte, estar rodeado de gente joven, eso creo que según uno va avanzando en su carrera se da cuenta de lo importante que es. Yo siempre he sostenido que la creatividad es algo que termina a los 35 años. Si uno mira los grandes descubrimientos de la historia la mayoría los han hecho personas entre los 20 y los 35. Luego les han dado los premios Nobel a los 80, eso sí. Pero los descubrimientos seminales se hacen cuando la gente es muy muy joven. Porque uno tiene las neuronas más en su sitio... Hay toda una biología detrás de la creatividad que está en su punto álgido en ese periodo de tiempo. A partir de los 35 o un poco más uno tiene la experiencia, los contactos,

las lecturas... pero necesita succionar de su alrededor las ideas. Y yo creo que he tenido la suerte de ir montando equipos de investigación en los que hemos formado una simbiosis muy buena entre mi experiencia y contactos y las ideas que surgían de la gente más joven, porque la biología impone que la mayor creatividad venga de la gente joven, no de la gente más mayor.

[...]

### ¿CREE QUE TENEMOS ALGO QUE APRENDER, COMO SOCIEDAD, DEL MUNDO MICROBIANO?

Todo depende de la escala, es decir, yo siempre argumento que, si viniera un extraterrestre y mirara el planeta con muy poca resolución, la forma en la que nosotros nos comportamos posiblemente esté regido por las mismas normas que rigen las comunidades microbianas. Hay problemas de gestión de recursos, de competición, de guerra, de estratificación en clases, de división del trabajo, de productos generados desde sustratos... Es decir, hay toda una estructura social en las bacterias que anticipa y, a pequeña escala, replica exactamente lo que vemos a gran escala en las sociedades humanas. Hay toda una rama de la microbiología, llamada la sociomicrobiología, que está relacionada con este tipo de cosas. Y hay gente que propone que estudiando el comportamiento de comunidades microbianas podemos sacar algunas lecciones que pueden tener incluso interés para los que toman decisiones.

Por ejemplo, cuando hay una crisis, ¿qué es mejor? ¿Especializarse o diversificarse? Eso se puede plantear como un problema teórico o se puede hacer un experimento. Se puede abstraer

el problema y replicarlo en un sistema experimental que nos de una respuesta no basada en una teoría sino basada en experimentación. Ni que decir tiene que, cuando hay una situación de estrés, lo que hacen las bacterias es diversificarse y eso creo que es una lección buena para nuestras sociedades.

### DOS CONSEJOS PARA JÓVENES MICROBIÓLOGOS.

El primer consejo que daría es: sed curiosos. Si no sois curiosos dedicaos a otra cosa. Estar intrigados por cómo funcionan las cosas, sed curiosos. Creo que es algo esencial para un microbiólogo y para un científico en general.

Y la otra cosa sería: disfrutad de lo que hacéis. No consideréis que la ciencia o la investigación es una carga, que es un trabajo que agobia. No, todo lo contrario. La ciencia y la investigación es pasión, y pasión es al mismo tiempo cielo e infierno. Es la pura realidad. La recomendación es que el 10% de cielo que hay en esta actividad no ponga sombras en el 90% de infierno o frustración que va asociado también.

### UNAS PREGUNTAS RÁPIDAS:

#### Su microorganismo favorito:

*Pseudomonas putida*, hace cosas absolutamente maravillosas.

#### Un país para investigar:

En el pasado, California. En el presente, Alemania. Pero en el futuro España, aquí también tenemos una creatividad y un talento únicos.

#### Un sitio para visitar:

La Patagonia y el sur de Latinoamérica.

#### Un libro para leer:

Las novelas, las últimas de Almudena Grande.

#### Un científico referente:

Antoine Danchin

## BÚSQUEDA DE GENES IMPLICADOS EN LA INTERRUPCIÓN DE LA COMUNICACIÓN BACTERIANA EN UN AMBIENTE HIPERSALINO MEDIANTE UN ESTUDIO METAGENÓMICO

Marta Torres<sup>a</sup>, Inmaculada Llamas<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS). <sup>b</sup>Universidad de Granada



La expresión de muchos factores de virulencia está regulada por sistemas de comunicación dependientes de la densidad celular o *quorum sensing* (QS). Se basan en la producción, acumulación y reconocimiento de moléculas señas o autoinductores, siendo las *N*-acilhomoserín lactonas (AHLs) las principales moléculas señal de las bacterias Gram negativas. Debido a ello, muchos de los organismos competidores han desarrollado diversas estrategias para defenderse, tales como la inactivación enzimática de los autoinductores, conocida como *quorum quenching* (QQ).

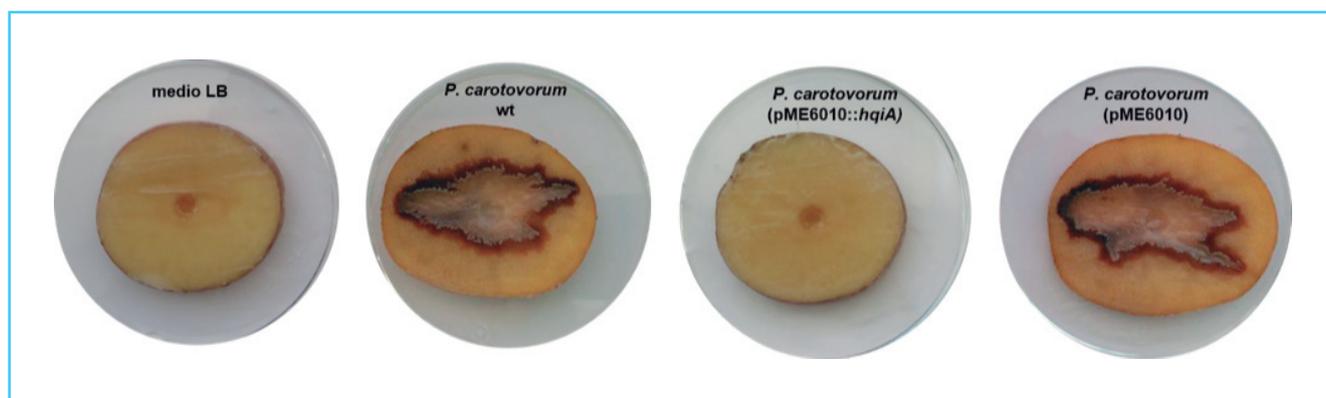
En las últimas décadas, los sistemas QS y QQ se han descrito en bacterias procedentes de diferentes ecosistemas, pero son muy escasos los estudios relativos a las bacterias extremófilas, y especialmente a los halófilos, microorganismos caracterizados por vivir en ambientes con una elevada salinidad, niveles bajos de oxígeno y a veces alta alcalinidad.

En este trabajo hemos construido una librería metagenómica generada a partir de un suelo hipersalino de Rambla Salada (Murcia), en la que se seleccionó un único clon con actividad QQ tras el ensayo de 250.000 clones. El cribado de la librería metagenómica y su posterior análisis *in silico* permitió identificar un único gen (*hqiA*, de *hypersaline quorum-quenching isochorismatase*) capaz de conferir a *Escherichia coli* la capacidad de degradar AHLs. La caracterización química mediante HPLC/MS de la actividad enzimática codificada en el gen *hqiA* puso de manifiesto una actividad de tipo lactonasa, que se caracteriza por degradar un amplio rango de moléculas AHLs con y sin sustituciones químicas. Hasta la fecha se habían descrito varios tipos de lactonasas (la mayoría identificadas mediante estrategias dependientes de cultivo), las cuales se agrupan en dos familias, las metalohidrolasas de zinc y las  $\alpha/\beta$ -hidrolasas. El análisis *in silico* reveló que HqiA no tiene homología con ninguna de las enzimas lactonasas ya descritas, sino que posee homología con las enzimas de tipo isocorismatasas y *N*-carbamoilsarcosina amidasas del grupo de las cisteína-hidrolasas.

Aunque el papel fisiológico de las enzimas QQ aún permanece indeterminado, éstas representan una alternativa prometedora al uso de productos químicos y antibióticos para el tratamiento de enfermedades reguladas por QS en sectores como la acuicultura y en agricultura. De hecho, nuestros ensayos muestran que la enzima HqiA interfiere la producción de AHLs en bacterias patógenas cuya virulencia está regulada por QS. En la Figura se observa cómo la expresión de *hqiA* en el fitopatógeno *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum* CECT 225<sup>T</sup> evita la aparición de síntomas de podredumbre, mientras que la cepa silvestre y el control con el plásmido vacío pME6010 causan una maceración importante.

Este estudio constituye la primera descripción de una enzima degradadora de AHLs en un ambiente hipersalino, probablemente perteneciente a una bacteria halófila. La caracterización genética y química de este clon ha permitido la identificación de una nueva clase de enzima degradadora de AHLs (isocorismatasa HqiA) no relacionada con otros tipos de enzimas descritos previamente. Los resultados obtenidos reivindican la interferencia de la comunicación intercelular bacteriana como una estrategia eficaz para combatir las enfermedades infecciosas en la agricultura.

Torres, M., Uroz, S., Salto, R., Fauchery, L., Quesada, E., Llamas, I. 2017. HqiA, a novel quorum-quenching enzyme expanding the family of AHL lactonases. *Scientific Reports* 7: 943.



Efecto de la expresión de *hqiA* en la podredumbre producida por *P. carotovorum* subsp. *carotovorum* en un ensayo en patata.

## LA “REVOLUCIÓN DE LA EVOLUCIÓN”: CLAVES GENÓMICAS DE LA EVOLUCIÓN ADAPTATIVA DE BACTERIAS PATÓGENAS EN EL PULMÓN DE LOS PACIENTES QUE SUFREN ENFERMEDAD PULMONAR OBSTRUCTIVA CRÓNICA (EPOC)

Ariadna Fernández-Calvet<sup>1</sup> y Junkal Garmendia<sup>1,2</sup>

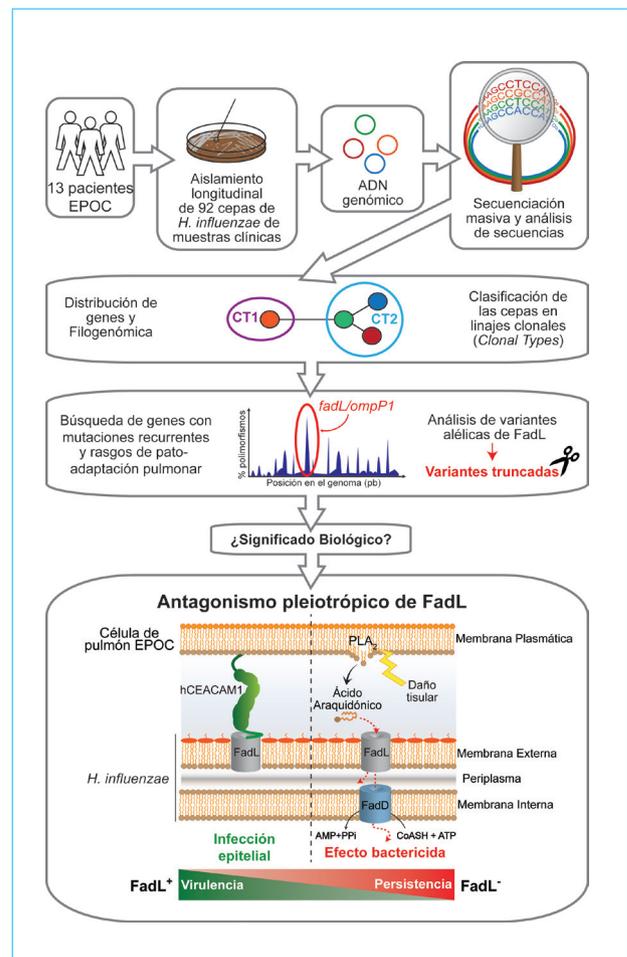
<sup>1</sup>Instituto de Agrobiotecnología, CSIC-Gobierno Navarra, Mutilva, Spain. <sup>2</sup>Centro de Investigación Biomédica en Red de Enfermedades Respiratorias (CIBERES), Madrid, Spain

Los pulmones se consideraron “estériles” hasta principios de esta década, cuando la utilización de técnicas de secuenciación masiva de ADN mostró la existencia de un microbioma pulmonar humano. Este avance tecnológico abrió paso al estudio de las claves genómicas de pato-adaptación. Así, la evidencia de rasgos genómicos de la evolución adaptativa de patógenos oportunistas procedentes de reservorios naturales como son *Pseudomonas aeruginosa* y *Burkholderia dolosa* durante la infección pulmonar crónica de pacientes que sufren fibrosis quística es paradigmática en este campo de estudio.

El trabajo liderado por la Dra. Junkal Garmendia, miembro del grupo especializado de Microbiología Molecular de la SEM, realizado en colaboración con investigadores del Hospital Universitario de Bellvitge (HUB), Universidad de Drexel (USA) y Centro de Investigaciones Biológicas (CIB-CSIC), va un paso más allá y determina las claves genómicas de pato-adaptación de la bacteria *Haemophilus influenzae*. *H. influenzae* forma parte del microbioma respiratorio humano, y es también un patógeno oportunista causante de infección pulmonar persistente en pacientes que sufren enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC). Según la Organización Mundial de la Salud, la EPOC es la tercera causa de muerte más frecuente a nivel mundial, por lo que entender las bases biológicas de su infección crónica concomitante es clave para dirigir nuevos desarrollos terapéuticos.

Para identificar la variación genómica bacteriana asociada a la infección del pulmón EPOC, los investigadores secuenciaron el genoma de 92 cepas de *H. influenzae* aisladas de muestras de esputo recogidas de 13 pacientes EPOC durante visitas médicas sucesivas entre los años 2000 y 2014. Establecieron linajes clonales de *H. influenzae*, la relación filogenómica de los mismos, y buscaron genes con mutaciones recurrentes en cepas de varios linajes clonales y aisladas de varios pacientes, indicadoras de pato-adaptación. Encontraron que un tercio de los linajes clonales establecidos contienen cepas con polimorfismos en el gen *fadL/ompP1*. Un alto porcentaje de estos polimorfismos genera variantes no-funcionales del gen. *fadL/ompP1* codifica una proteína bifuncional: por una parte, FadL es un ligando del receptor hCEACAM1, facilitando la infección del epitelio respiratorio por *H. influenzae*; por otra, FadL importa moléculas de ácido graso del medio externo que provocan la muerte bacteriana porque *H. influenzae* no procesa estas moléculas, que a su vez tienen efecto detergente. La inactivación de FadL es un caso de antagonismo pleiotrópico, al reducir la capacidad de *H. influenzae* para infectar el epitelio respiratorio, y al mismo tiempo aumentar su supervivencia frente al efecto letal de los ácidos grasos. La inactivación natural de *fadL* ocurre principalmente en aislados de *H. influenzae* de vías respiratorias bajas, es por tanto un rasgo genómico de pato-adaptación pulmonar.

La relevancia clínica de esta observación es muy notable porque los ácidos grasos de cadena larga son biomarcadores inflamatorios en el pulmón EPOC. Por tanto, el aumento de resistencia a este tipo de moléculas por parte de patógenos persistentes en este nicho pulmonar es un rasgo pato-adaptativo con gran significado biológico, que servirá como guía en futuros desarrollos terapéuticos frente a la EPOC.



Resumen del trabajo. En la parte inferior, se muestra un modelo que ilustra el antagonismo pleiotrópico de FadL durante la infección persistente de *H. influenzae* en el pulmón de pacientes que sufren EPOC. Modificado de Moleres et al., mBio 2018.

Moleres, Fernández-Calvet et al., mBio. 2018 Sep 25;9(5). pii: e01176-18. doi: 10.1128/mBio.01176-1.

## REGULACIÓN POR PEQUEÑOS ARNS EN BACTERIAS. IMPLICACIÓN DE UNO DE ELLOS EN LA REPRESIÓN CATABÓLICA DE UNA RUTA DE DEGRADACIÓN ADQUIRIDA

Inmaculada García-Romero

La represión catabólica es un mecanismo de regulación global por el que la presencia de una fuente de carbono preferencial impide la expresión de los sistemas catabólicos implicados en la utilización de sustratos secundarios. Este mecanismo de regulación se ha estudiado ampliamente en bacterias modelo, tales como *Escherichia coli* y *Bacillus subtilis*, pero muy poco en otras que son de interés medioambiental como las pertenecientes a la familia *Sphingomonadaceae*. *Sphingopyxis granuli* estirpe TFA es una bacteria oligotrofa perteneciente a la familia anterior cuyo genoma se ha secuenciado recientemente (García-Romero *et al.*, 2016). Una de las principales características metabólicas de esta bacteria es su capacidad para mineralizar la tetralina al utilizarla como única fuente de carbono y energía. La tetralina es un solvente tóxico debido tanto a su carácter lipofílico, lo que permite la interacción con las membranas biológicas, como a la formación de hidroperóxidos en el interior celular.

Tanto la ruta de degradación de la tetralina como la regulación específica de los genes estructurales (genes *thn*) han sido completamente caracterizadas previamente en TFA por miembros de nuestro laboratorio. El análisis genómico indica que esta ruta fue adquirida por TFA por transferencia horizontal. Además de la inducción específica por tetralina, se ha demostrado que la expresión de estos genes es menor en presencia de una fuente de carbono preferencial, aún estando presente la tetralina en el medio, lo que supone que están sujetos a represión catabólica.

En nuestro trabajo más reciente realizamos un análisis global de la expresión génica en TFA en distintas fuentes de carbono junto con la detección de los inicios de la transcripción a través de dRNA-seq. La información obtenida combinada con la anotación a través del software Infernal revela la expresión de 91 posibles pequeños ARNs en las condiciones analizadas. Entre ellos se detecta un pequeño ARN perteneciente a la familia Rfam SuhB (RF00519) el cual se expresa en condiciones de crecimiento rápido para TFA (Figura 1A) y que se codifica por un gen no asociado a los de la ruta de degradación de tetralina. El análisis de la expresión de los genes *thn* en un mutante carente de SuhB revela que estos se desreprimen en condiciones de represión catabólica (Figura 1B) y que, además, el regulador específico de la ruta, ThnR, se encuentra en mayor cantidad en dicho mutante. Se confirma que SuhB interacciona con el ARN mensajero de *thnR* en la región de unión del ribosoma, lo cual podría bloquear la traducción del regulador, siendo este uno de los mecanismos de acción más descritos para los pequeños ARNs reguladores. Además, experimentos de co-inmunoprecipitación junto con ensayos de fluorescencia y el análisis de expresión de los genes *thn* en un mutante carente de la proteína Hfq sugieren la participación de esta chaperona de ARN en la unión entre SuhB y el 5'UTR de *thnR*.

Estos resultados demuestran que SuhB, con la intervención de Hfq, afecta negativamente a la expresión del regulador *thnR*, lo cual se traduce en una falta de expresión de los genes *thn* en condiciones en las que se expresa el pequeño ARN, como son las de represión catabólica de los genes *thn*.

García-Romero, I., Förstner, K. U., Santero, E. and Floriano, B. (2018), SuhB, a small non-coding RNA involved in catabolite repression of tetralin degradation genes in *Sphingopyxis granuli* strain TFA. *Environ Microbiol*. doi:10.1111/1462-2920.14360

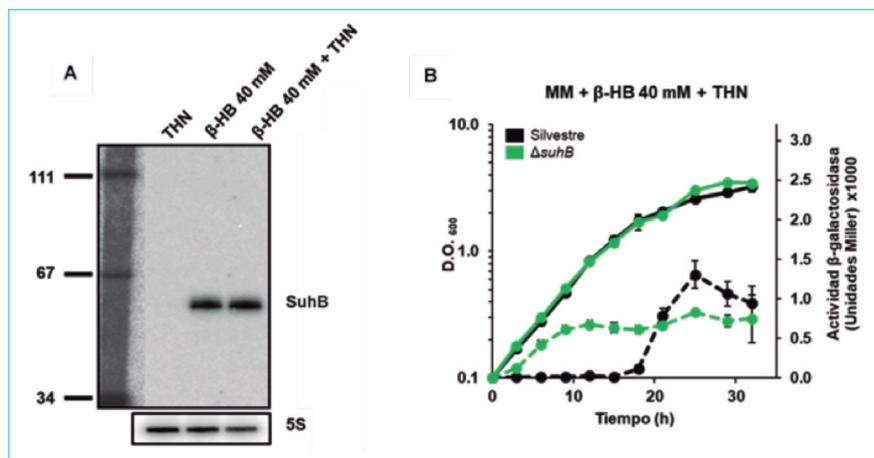


Figura 1: (A) Northern blot para la detección de SuhB en células de TFA crecidas en tetralina (THN), β-hidroxibutirato 40 mM (β-HB 40 mM) y en condiciones de represión catabólica (β-HB 40 mM + THN). (B) Crecimiento (línea continua) y expresión de los genes *thn* (línea punteada) en la estirpe silvestre de TFA y el mutante carente de SuhB en condiciones de represión catabólica.

## REDUCCIÓN ANAERÓBICA DEL NITRITO Y LA EXPANSIÓN POBLACIONAL DE *VIBRIO CHOLERAE*



Felipe Cava (Lecturer, Associate Professor) y Emilio Bueno (postdoctoral fellow)

Laboratory for Molecular Infection Medicine Sweden, Department of Molecular Biology, Umeå Centre for Microbial Research, Umeå University, Umeå, Sweden

Para sobrevivir y proliferar en ausencia de oxígeno, muchos patógenos intestinales llevan a cabo un tipo de respiración anaeróbica en la cual usan nitrato en vez de oxígeno. Las proteínas llamadas nitrato reductasas reducen el nitrato a nitrito – un compuesto nocivo – que normalmente es detoxificado por enzimas especializadas. Sin embargo *Vibrio cholerae*, la bacteria causante del cólera acumula el nitrito y detiene su crecimiento. Este hecho llevó a pensar por muchos años que la reducción de nitrato, carecía de importancia biológica para *V. cholerae*.

El laboratorio de Felipe Cava (MIMS/Umeå University, Suecia) observó algo completamente inesperado: aunque *V. cholerae* crecía claramente menos en presencia de nitrato, esta condición le permitía sobrevivir mucho mejor que sin nitrato. Pero, ¿de qué modo sucedía esto?

El equipo identificó un mutante que era capaz de crecer en ausencia de nitrato. El mutante en cuestión tenía afectada su capacidad fermentativa, una ruta metabólica que genera energía para crecer en la ausencia de oxígeno pero que a cambio acidifica el medio en esta bacteria. Este resultado sugería que la acidificación era en realidad el factor que afectaba la viabilidad de *V. cholerae*, mientras que la acumulación de nitrito actuaba como un “freno metabólico” que prevenía la sobre-acidificación del medio y como consecuencia la muerte celular.

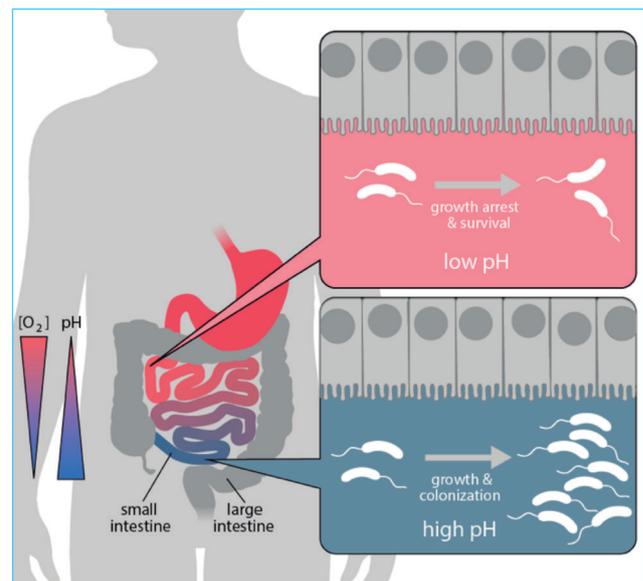
Tirando del hilo, los autores observaron que cuando el pH del medio era alcalino *V. cholerae* era capaz de crecer anaeróticamente con nitrato, siendo así capaz de ganar la carrera a las bacterias comensales del intestino. Este hecho es particularmente relevante a la hora de comprender mejor como sucede el proceso infeccioso. De hecho, este novedoso sistema de regulación del crecimiento/viabilidad por anoxia, nitrito y pH no es exclusivo de *V. cholerae*. Los autores han observado resultados similares en patógenos entéricos como *Salmonella typhimurium*, *Escherichia coli* (EHEC) y *Citrobacter rodentium* lo que anima a pensar que este trabajo pueda inspirar nuevas estrategias que permitan el control de infecciones intestinales.

Emilio Bueno, Brandon Sit, Matthew K. Waldor, and Felipe Cava (2018): Anaerobic nitrate reduction divergently governs population expansion of the enteropathogen *Vibrio cholerae*. *Nature Microbiology* (1st October 2018) 10.1038/s41564-018-0253-0

Contacto: [www.cavalab.site](http://www.cavalab.site) • <http://www.mims.umu.se/groups/felipe-cava.html> • Phone: +46 (0) 90 785 6755



Emilio Bueno presenta su proyecto de investigación en la conferencia Nordic EMBL Partnership for Molecular Medicine en Oslo, 13-14 de septiembre de 2018.



Funciones respiratorias dependiente de pH en *V. cholerae*: Cuando el pH es bajo (región proximal del intestino delgado), *V. cholerae* usa la reducción de nitrato para parar el crecimiento y sobrevivir. Por el contrario, cuando el pH es alto (región distal del intestino delgado), la reducción de nitrato es usada para crecer masivamente y colonizar el huésped causando cólera.

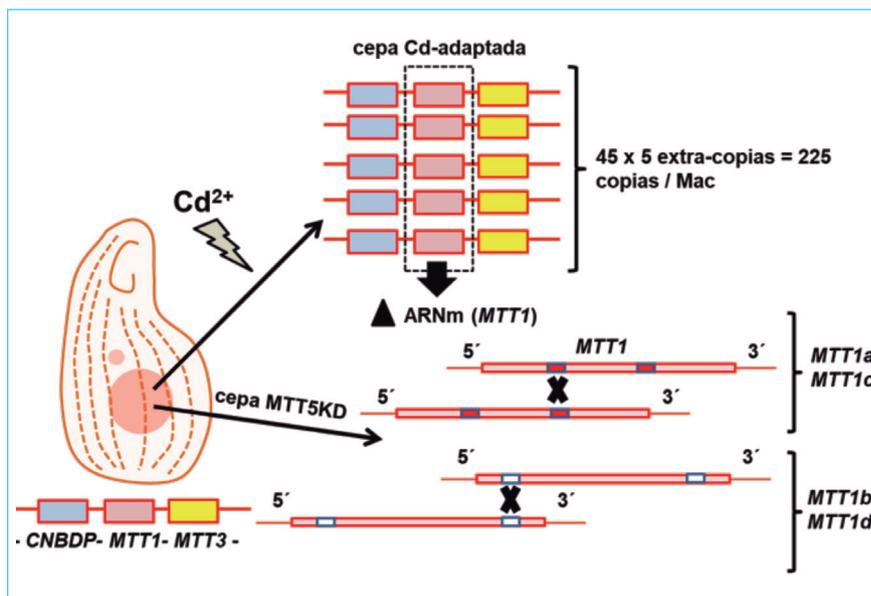
## ESTRATEGIAS DE ADAPTACIÓN AL ESTRÉS POR METALES: AMPLIFICACIÓN CROMOSÓMICA REVERSIBLE Y CREACIÓN DE NUEVOS GENES PARÁLOGOS



Juan Carlos Gutiérrez

Dpto. Genética, Fisiología y Microbiología. Facultad de Biología. Universidad Complutense (UCM). 28040 Madrid. Spain. Dept. Molecular Genetics and Cell Biology. University of Chicago. Chicago. IL. 60637. USA

Los contaminantes pueden ejercer un estrés selectivo sobre los seres vivos, y estos pueden experimentar cambios genéticos para adaptarse a dichas condiciones de estrés. Los protozoos ciliados, como el modelo *Tetrahymena thermophila*, debido a su elevada ploidía en el macronúcleo constituyen un magnífico modelo microbiano-eucariota para estudios de adaptación genómica al estrés ambiental. Durante un extenso periodo (~2 años) de adaptación a concentraciones crecientes de metal (Cd, Cu o Pb), se han aislado cepas resistentes a concentraciones extremas de los mismos. Igualmente, se han obtenido y analizado tres cepas knockout (KO) y/o knockdown (KD) para los genes *MTT1* y/o *MTT5*, codificantes de metalotioneínas (MTs), que son proteínas queladoras de metal. El *MTT5* es un gen esencial (de Francisco *et al.*, 2017), por lo que solo se puede obtener una cepa KD para este gen.



Esquema de las estrategias genéticas de adaptación.

Dos tipos diferentes de estrategias genéticas se han detectado y analizado; una de ellas como respuesta celular frente a la adaptación al Cd exclusivamente (cepa Cd-adap) y la otra frente a la disminución (~98%) del número de copias del gen esencial *MTT5* (cepa MTT5KD). En la cepa Cd-adap hemos detectado el incremento (5 veces) del número de copias de tres genes localizados en el mismo fragmento sub-cromosómico macronuclear. Dos de los cuales codifican MTs (*MTT1* y *MTT3*), mientras que el resto de los genes MT (*MTT5*, *MTT2* y *MTT4*), localizados en otros fragmentos sub-cromosómicos del macronúcleo de este ciliado, mantienen el número de copias de la cepa silvestre (45C). La amplificación exclusiva de este sub-cromosoma es reversible, y reproducible, dependiendo de la presencia o ausencia del metal (Cd) en el medio. En unos 7 meses (sin Cd) esta cepa pasa de 225C a 45C, mientras que en una sola semana (bajo una nueva exposición al Cd) vuelve a amplificar este fragmento sub-cromosómico de 45C a 165C. La amplificación del gen *MTT1* en la cepa Cd-adap contribuye a su mayor expresión basal (28x) respecto de la cepa silvestre, a diferencia de lo que ocurre con el gen *MTT3*, cuya expresión no se ve incrementada. Esto se podría deber a la existencia de una regulación negativa de su expresión, basada en un mecanismo similar al de compensación de la dosis génica descrito en los cromosomas sexuales de algunos organismos. No conocemos aún el mecanismo molecular por el que la ADN polimerasa amplifica específicamente, bajo estrés por Cd, este sub-cromosoma frente al resto del genoma, aunque una posibilidad podría ser un reconocimiento epigenético del mismo.

La segunda estrategia, exclusiva de la cepa MTT5KD, implica la creación de 4 nuevos genes parálogos a partir del gen *MTT1*. Este gen presenta dos pares de motivos idénticos y repetidos de 12 pb (5'GGATGTTGCTGC3' y 5'GGATGCAAATGT3'), que corresponden a dos dominios ricos en cisteína (Cys); Gly-Cys-Cys-Cys y Gly-Cys-Lys-Cys, respectivamente, y conservados entre las Cd-MTs de *Tetrahymena* (Gutiérrez *et al.*, 2009). Estas dos secuencias intervienen, por recombinación homóloga entre ellas, en la creación de los cuatro nuevos genes parálogos (*MTT1a*, *MTT1b*, *MTT1c* y *MTT1d*) derivados del *MTT1*. Estos nuevos genes han sido aislados como ADNc en la cepa MTT5KD tratada con Cd, y nuestra hipótesis es que estas nuevas especies génicas ayudan a compensar la reducción drástica del número de copias del gen esencial *MTT5* en esta cepa.

En resumen, al menos dos diferentes mecanismos avalan la existencia de una gran plasticidad genómica macronuclear en respuesta directa o indirecta al estrés inducido por metales. La segunda estrategia, que compensa la drástica reducción de un gen esencial, representa, por lo que conocemos, un nuevo mecanismo en microbiología eucariota.

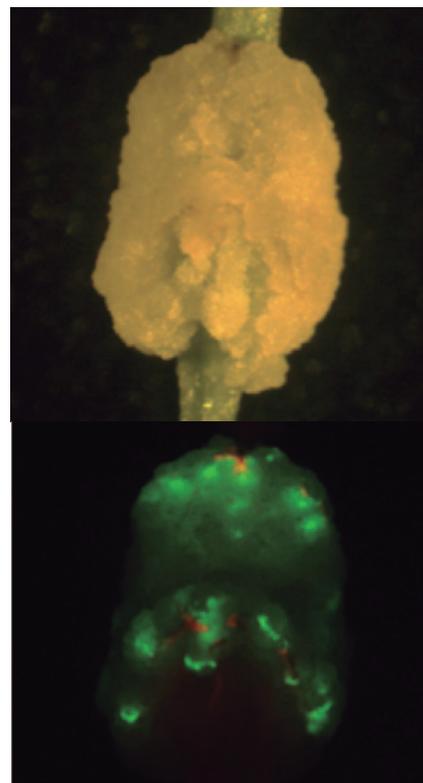
## CONVERSACIONES BACTERIANAS DENTRO DE LAS VERRUGAS DEL OLIVO

Cayo Ramos

Tradicionalmente el estudio de enfermedades de plantas se ha centrado en la caracterización de su agente causal (virus, bacterias y hongos) y de los efectos que éstos generan en las plantas que infectan; sin embargo, existen cada vez más evidencias de que los patógenos se integran en complejas comunidades microbianas. En este sentido, la tuberculosis del olivo, en cuyo microbioma se han identificado 29 géneros bacterianos diferentes, es un modelo para la caracterización de las interacciones microbianas en enfermedades de plantas leñosas. Este artículo analiza en profundidad la influencia en la sintomatología de la enfermedad (tumores o “verrugas” generados en las ramas de olivo) del mecanismo de comunicación intercelular *quorum sensing*, entre el agente causal de la tuberculosis (la bacteria *Pseudomonas savastanoi*) y otra de las especies integrantes del microbioma de esta enfermedad (*Erwinia toletana*). El artículo, publicado en la revista *Applied and Environmental Microbiology*, de la *American Society for Microbiology*, es fruto de una colaboración entre investigadores de la Universidad de Málaga (UMA) integrados en el Instituto de Hortofruticultura Subtropical y Mediterránea (IHSM-UMA-CSIC) “La Mayora” (Eloy Caballo Ponce y Cayo Ramos), el *International Centre for Genetic Engineering and Biotechnology* (Trieste, Italia: Xianfa Meng, Gordana Uzelac, Daniel Passos da Silva y Vittorio Venturi.), el CBM S.c.r.l. (Trieste: Danilo Licastro) y la Universidad de Nottingham (Nigel Halliday y Miguel Cámara).

*Quorum sensing in Pseudomonas savastanoi pv. savastanoi and Erwinia toletana: role in virulence and interspecies interactions in the olive knot. Appl. Environ. Microbiol. 84 (18): e00950-18. doi: 10.1128/AEM.00950-18*

En la foto superior se muestra un tumor generado en una planta de olivo cultivada *in vitro*; en la inferior, el agente causal y la bacteria cooperante se visualizan mediante fluorescencia verde y roja, respectivamente.



## EFFECTO DEL TIPO DE EXPLOTACIÓN AGRARIA EN *VITIS VINIFERA* SOBRE EL CENOFENORRESISTOMA Y PERFIL METABÓLICO DE LAS COMUNIDADES BACTERIANAS EDÁFICAS

Marina Robas Mora

El suelo es un microcosmos dominado por bacterias que desempeñan funciones de enorme importancia en su productividad, pero que son, sin embargo, muy sensibles a las perturbaciones, pudiendo alterarse su diversidad y actividad (Ouni *et al.* 2013). Por ello, estudiamos las posibles influencias que los distintos tipos de manejos agrarios pueden tener sobre el microbioma rizosférico de la especie *Vitis vinifera*. Buscamos, así, responder a la cuestión subyacente de hasta qué punto y de qué modo el uso del suelo puede afectar a la funcionalidad y actividades de los microorganismos edáficos.

Para estudiar la estructura funcional microbiana edáfica (diversidad metabólica), hemos evaluado el perfil metabólico (CLPP: *community level physiological profile*) mediante el empleo de placas Biolog ECO®. Los resultados permiten afirmar que el perfil metabólico (diversidad, cinética de crecimiento y CLPP) de suelos no explotados agrariamente difiere de aquellos que han sido sometidos a presión antrópica.

Por otro lado, entre todas las actividades microbianas que pueden verse afectadas por el uso de los suelos, se encuentra la posible influencia sobre los mecanismos de resistencia a antibióticos, sus niveles de expresión y perfiles fenotípicos de resistencia.

Recordemos que la microbiota del suelo en uno de los más importantes reservorios de genes de resistencia (Aminov, 2009). El evidente incremento de microorganismos ambientales resistentes a distintos antibióticos supone un riesgo de que sean transferidos a patógenos. Esto

nos hace plantearnos el efecto que pueden tener los distintos manejos agrarios, especialmente la irrigación con aguas de distintos orígenes, sobre la potencial aparición de resistencia a antibióticos de uso clínico en animales y personas a través de la cadena trófica. Para responder a esta cuestión, entre otras, es necesario alcanzar un mayor conocimiento de los genes responsables de dicha resistencia, cómo se seleccionan, movilizan hacia bacterias patógenas (Wright, 2010) y su propagación por el entorno (Petrovic *et al.*, 2003). Esto genera la necesidad de encontrar criterios de interpretación de la resistencia a antibióticos en comunidades microbianas ambientales.

Así surge el concepto *Cenofenoresistoma*, como una aproximación metodológica para evaluar la resistencia antimicrobiana global de comunidades bacterianas complejas, ajustando técnicas tradicionalmente empleadas para la evaluación del antibiograma en poblaciones mono-específicas. Los resultados del estudio demuestran que el *Cenofenoresistoma* se postula como un buen bioindicador de la respuesta del suelo a las perturbaciones ambientales.

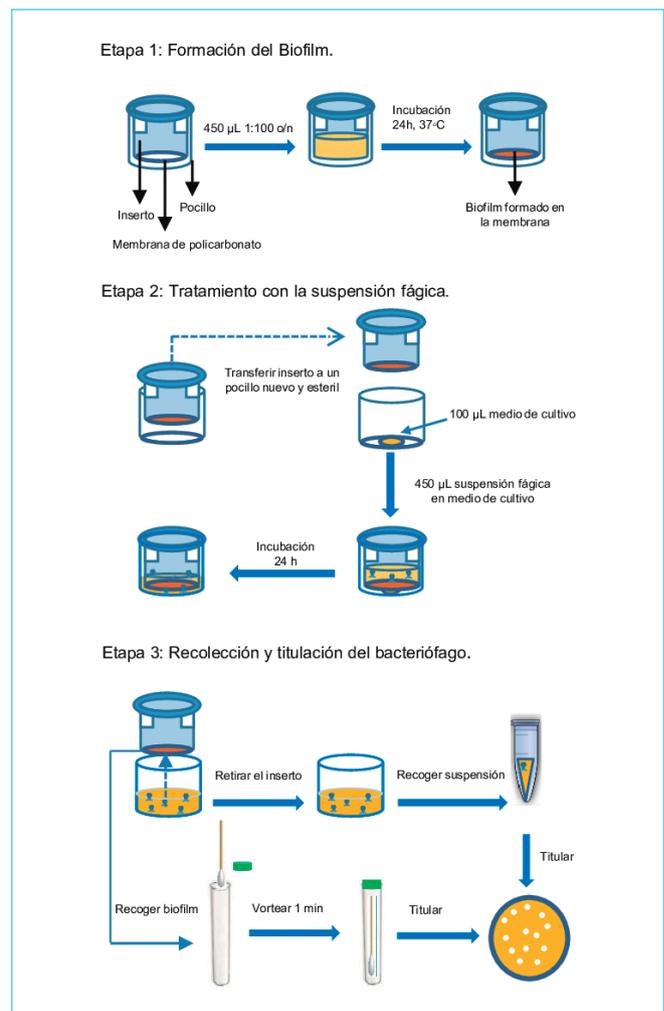
Robas Mora, M., Probanza Lobo, A., Jiménez Gómez, P.A. (2017). Effect of the Type of *Vitis vinifera* Cultivation in the Cenophenoresistome and Metabolic Profiling (CLPP) of Edaphic Bacterial Communities. *J. Agr. Sci. Tech.* 7:522-536. doi: 10.17265/2161-6256/2017.08.002

## ¿DIFUNDEN LOS BACTERIÓFAGOS A TRAVÉS DE LOS BIOFILMS BACTERIANOS?

Silvia González, Lucia Fernández y Ana Rodríguez

Los biofilms son estructuras complejas en los que las células microbianas se encuentran protegidas de la acción de agentes externos (deshidratación, luz UV, calor, antimicrobianos, etc). Cuando los biofilms están formados por bacterias patógenas, su eliminación constituye un serio problema, siendo la causa de infecciones recurrentes. Una posible alternativa a los antibióticos y desinfectantes convencionales es la utilización de bacteriófagos (o fagos), que son los virus que infectan a las bacterias. Durante el proceso de infección, los bacteriófagos se unen a la bacteria y se replican dentro de ella para, finalmente, destruirla y liberar nuevos fagos. El desarrollo de una estrategia de eliminación de biofilms exitosa basada en fagos requiere un conocimiento adecuado de parámetros tales como la difusión, la propagación y la viabilidad de los bacteriófagos a través de los biofilms bacterianos. Con este fin, el grupo DairySafe del Instituto de Productos Lácteos de Asturias (IPLA-CSIC) ha desarrollado recientemente una técnica que permite estudiar en mayor profundidad dichas características. Así, se ha establecido un protocolo sencillo (Figura 1) basado en la formación de biofilms bacterianos sobre una membrana de policarbonato, la cual separa una cámara superior (a la que se añade la suspensión fágica) de una cámara inferior (en la que posteriormente se recoge el fago que haya atravesado el biofilm). En este estudio, se obtuvieron biofilms de distintas especies bacterianas (*Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis* y *Lactobacillus plantarum*) y se añadieron dos bacteriófagos que infectan a las dos especies de *Staphylococcus*. Los resultados obtenidos confirmaron que ambos bacteriófagos son capaces de difundir a través de los biofilms de las tres especies y además de propagarse en el interior de la estructura cuando en ella hay bacterias susceptibles. La utilización de esta técnica permite evaluar y comparar bacteriófagos cuyas características apoyen su utilización como agentes antibiofilm.

González, S., Fernández, L., Campelo A.B., Rodríguez, A., and García, P. (2018). Analysis of Different Parameters Affecting Diffusion, Propagation and Survival of Staphylophages in Bacterial Biofilms. *Front. Microbiol.*, 28 September 2018. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.02348>



Esquema representativo del protocolo de difusión de bacteriófagos a través de un biofilm bacteriano. Tomada y modificada de: *Front. Microbiol.*, 28 de septiembre de 2018.

## DIVERSIDAD FILOGENÓMICA Y FUNCIONAL DE PROCARIOTAS DE SUELOS HIPERSALINOS

**Autora:** Blanca Vera Gargallo

**Directores:** Antonio Ventosa Ucero

**Centro:** Universidad de Sevilla

En esta tesis doctoral se aborda la caracterización de la estructura, diversidad y actividad de la comunidad procariota de suelos hipersalinos localizados en el Paraje Natural Marismas del Odiel (Huelva) mediante el empleo de técnicas de metage-

nómica, metagenética, así como de marcaje con isótopos estables (SIP). La diversidad taxonómica y funcional determinada en los suelos salinos considerados fue mayor que la de ambientes hipersalinos acuáticos estudiados con anterioridad. Aunque los principales grupos taxonómicos representados en ellos fueron *Euryarchaeota*, *Bacteroidetes*, *Balnearia* y *Rhodothermaeota*, que poseen representantes halófilos, también se identificaron secuencias relacionadas con una gran variedad de grupos minoritarios, algunos sin representantes halófilos caracterizados. Una elevada proporción de las secuencias

se afiliaban a taxones no cultivados, principalmente del dominio *Bacteria*, y genomas ambientales de tres de estos grupos fueron ensamblados y analizados. Nuestros resultados sugieren que, sobrepasado un cierto valor de salinidad a partir del cual la mayor parte de los miembros de la comunidad procariota se encuentran adaptados a esta condición, la importancia del factor osmótico en la estructura y diversidad de la comunidad es limitada. Los estudios de SIP indican que la comunidad de arqueas de estos suelos se encuentra mejor adaptada que las bacterias a la vida en este ambiente.

## Publicación de reseñas de artículos para la sección “Nuestra Ciencia”

La sección «Nuestra Ciencia» publica reseñas de artículos científicos producidos por nuestros socios. La extensión máxima del texto es de 400 palabras y puede incluirse una imagen. Deben incluir la siguiente información: Título de la reseña, Autor, referencia bibliográfica completa del artículo que se reseña. Si el autor lo desea puede proporcionar su email de contacto.

Envía tus reseñas a la secretaría de la SEM ([secretaria.sem@semicrobiologia.org](mailto:secretaria.sem@semicrobiologia.org)) o al director editorial ([Manuel Sánchez, correo: m.sanchez@umh.es](mailto:Manuel Sánchez, correo: m.sanchez@umh.es))

## Publicación de resúmenes de Tesis Doctorales

SEM@foro publica resúmenes de Tesis Doctorales realizadas por miembros de la SEM. Deben seguir el siguiente formato: Título, Autor, Director(es), Centro de realización, Centro de presentación (si es distinto) y Resumen (máximo, 250 palabras).

Envía tus reseñas a la secretaría de la SEM ([secretaria.sem@semicrobiologia.org](mailto:secretaria.sem@semicrobiologia.org)) o al director editorial ([Manuel Sánchez, correo: m.sanchez@umh.es](mailto:Manuel Sánchez, correo: m.sanchez@umh.es))

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.

Los resúmenes de tesis dirigidas por miembros de la SEM no serán publicados en esta sección. Se recomienda enviar a la sección “Nuestra Ciencia” un resumen de alguno de los artículos producidos por la tesis.

## **“Bacterias: la historia más pequeña jamás contada”**

### **Una nueva colaboración con la SEM**

A lo largo de la historia las bacterias han sido consideradas como una entidad con connotaciones negativas a causa de su asociación con muchas enfermedades. Creyendo necesario derribar este prejuicio, unos jóvenes investigadores uruguayos, y los ilustradores de bandas educativas, nos pusimos manos a la obra en crear un cómic basándonos en que la educación era la manera de lograrlo. Es así que surgió la idea de crear el cómic “Bacterias: la historia más pequeña jamás contada”, que tiene como objetivo fomentar la popularización de la microbiología acercando la temática a la población en general y a los niños en particular. El libro se descarga de forma gratuita en formato PDF en el siguiente link: <http://www.bandaseducativas.com/proyectos/bacterias-la-historia-mas-pequena-jamas-contada-cap-i-ciudad-bacteria/> En esta ocasión, Paola Scavone y Gaston Azziz han generado el contenido científico del cómic publicado en este número.

Además, también hemos creado el juego guerra de Bacterias para poder jugar aprendiendo de la manera más divertida e interesante posible. Os animamos a que descubráis todos los personajes del juego de cartas más bacteriano:

<http://www.bandaseducativas.com/proyectos/micromatch/>

Por último, como no podía ser de otra manera, nos podéis seguir en Facebook y enteraros de todas las novedades:

<https://www.facebook.com/comicbacterias/>

# BACTERIAS

PRESENTA A COCO Y FRAN EN:  
"VACACIONES EN LA BOCA"



DURANTE NUESTRO PASEO, APRENDERAN LA HISTORIA DE ESTE HERMOSO LUGAR



¿ESTA ES TU IDEA DE UN PASEO DE VACACIONES?

NUESTROS PADRES NOS DEJARON VENIR SOLOS AL BARCO, MIENTRAS ELLOS SE FUERON A CAMINAR



BIENVENIDOS AL TOUR POR LAS ISLAS BUCALES

¿HAY ALGO MEJOR QUE ESO?



ESTE ERA UN LUGAR PARADISIACO; AQUÍ VIVIAMOS EN PAZ UNA GRAN DIVERSIDAD DE BACTERIAS.

PERO A PARTIR DE LA REVOLUCION INDUSTRIAL CAMBIO LA ALIMENTACION DE LOS HUMANOS



Y EMPEZARON A LLEGAR CADA VEZ MÁS CARBOHIDRATOS EN LA SALIVA



ESO HIZO PROSPERAR A ALGUNAS BACTERIAS COMO P. GINGIVALIS.



LAS COSAS FUERON DE MAL EN PEOR. MUCHOS HABITANTES DE LA ISLA IMITARON A GINGIVALIS.



ME ABURRO. QUE VENGA EL ICEBERG...

MIREN ALLÍ!

LLEVADOS POR LA AMBICIÓN, LAS BACTERIAS COMENZARON A CAVAR CADA VEZ MÁS PROFUNDO Y DESTRUYERON EL TEJIDO CONECTIVO QUE SOSTENIA A ESTE DIENTE.



¿Y PASARÁ LO MISMO CON OTROS DIENTES?

EL TEJIDO GINGIVAL TIENE SU PROPIO MECANISMO DE CONTROL DE BACTERIAS PATÓGENAS, PERO CUANDO LOS CARBOHIDRATOS SON TAN ABUNDANTES, SE ROMPE EL EQUILIBRIO.



POR ESO ESTAMOS LUCHANDO PARA LIMITAR LA CANTIDAD DE AZÚCARES

¡SOY EL REY DEL MUNDO!



¡ADIÓS! ¡Y ÉXITO EN LA LUCHA!

AL FINAL EL PASEO NO ESTUVO MAL, ALINQUE PARA VER EDIFICIOS ALTOS ME QUEDO EN CIUDAD BACTERIA...



Sociedad Española de Microbiología

## • MÁLAGA, DEL 2 AL 5 DE JULIO DE 2019 •

**Web del congreso**

<https://congresosem2019.es>

**Inicio de envío de comunicaciones e inscripción**

15/01/2019

**Fecha límite de envío de comunicaciones**

15/03/2019

**Aceptación de comunicaciones**

30/04/2019

**Inscripción a precio reducido**

Hasta 31/05/2019

