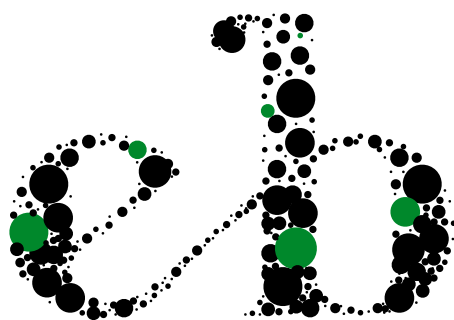




Encuentros en la **b**iología



Nuevas fitoterapias antioídios |

El «ébola» del olivo |

Metano en Marte

Vol X | No 163
VERANO | 2017

ENCUENTROS EN LA BIOLOGÍA

Revista de divulgación científica

Indexada en *Dialnet*

Entidad editora:

Universidad de Málaga

EDITADA SIN FINANCIACIÓN INSTITUCIONAL, PÚBLICA

NI PRIVADA

Depósito legal: MA-1.133/94

ISSN (versión electrónica): 2254-0296

ISSN (versión impresa): 1134-8496

Periodicidad:

4 números ordinarios (trimestrales) y al menos

1 número extraordinario monográfico al año

Correspondencia a:

José M^a Blanco

Departamento de Ecología

Facultad de Ciencias

Universidad de Málaga

29071 - Málaga

encuentrosenlabiologia@uma.es

EQUIPO EDITORIAL

COEDITORES

- Héctor Valverde Pareja
hvalverde@uma.es
Biología evolutiva
molecular
*Gestión de
infraestructuras,
editoriales,
maquetación.*
- José M^a Blanco Martín
jmblanco@uma.es
Ecología
*Coordinación general,
editoriales, la imagen
comentada.*

COMITÉ EDITORIAL EJECUTIVO

- Ana Grande
agrande@uma.es
Genética-virología,
Patogénesis virales.
Jóvenes científicos.
- Antonio Diéguez
dieguez@uma.es
Filosofía de la ciencia
A debate, reconociones.
- Carmen González
carmen.glez@uma.es
Información y
documentación
Calidad y difusión.
- Enrique Moreno Ostos
quique@uma.es
Ecología y limnología
Encontronazos.
- Enrique Viguera
eviguera@uma.es
Genética y genómica
Eventos especiales.
- Francisco José Villena
francis.villena@uma.es
Jóvenes científicos.
- José Carlos Dávila
davila@uma.es

Biología celular y
neurobiología
¿Cómo funciona?

- José Lozano
jlozano@uma.es
Señalización Celular y
Cáncer
- José M^a Pérez Pomares
jmperezp@uma.es
Biología del desarrollo y
cardiovascular
Entrevistas.
- Juan A. García Ranea
raanea@uma.es
Bioinformática y
biología de sistemas
Modelos en biología.
- Juan A. Pérez Claros
johnny@uma.es
Paleontología
*Encuentros con las
novedades.*
- Juan Carlos Aledo
caledo@uma.es
Bioquímica y biología
molecular
*Energética de procesos
biológicos, vida y obra.*
- Juan Carlos Codina
jccodina@uma.es
Microbiología,
educación secundaria
Ciencias en el bachillerato.
- Laura Vidal López
lvidal@grafitto.es
Administración de
sistemas
*Maquetación, difusión y
calidad.*
- Luis Rodríguez Caso
caso@eelm.csic.es
Técnicas de laboratorio
Calidad y difusión.
- Miguel A. Medina
Torres
medina@uma.es
Biología molecular y de

sistemas, biofísica y
bioquímica
Monitor.

- Ramón Muñoz-Chápuli
chapuli@uma.es
Biología del desarrollo y
cardiovascular
*Coordinación de la
edición electrónica,
foros de la ciencia.*
- Raúl Montañez
Martínez
raulmm@gmail.com
Biología sintética y de
sistemas
Coordinación de diseño.

COMITÉ EDITORIAL ASOCIADO

- Alberto Martínez
almarvi@wanadoo.es
Educación ambiental y
para el empleo.
- Alejandro Pérez García
aperez@uma.es
Microbiología,
interacción
planta-patógeno.
- Alicia Rivera
arivera@uma.es
Neurobiología y
enfermedades
neurodegenerativas.
- Beatriz Martínez
Poveda
bmpoveda@uma.es
Biología molecular del
cáncer y enfermedades
cardiovasculares.
- Félix López Figueroa
felix_lopez@uma.es
Ecología y fotobiología,
cambio climático.
- Francisco Cánovas
canovas@uma.es
Fisiología molecular
vegetal, bioquímica y
biología molecular.

- Jesús Olivero
jesusolivero@uma.es
Zoogeografía y
biodiversidad animal.
- Juan Antonio Guadix
Domínguez
jaguadix@uma.es
Desarrollo embrionario,
diferenciación celular y
biología de células
madre.
- Margarita Pérez Martín
marper@uma.es
Fisiología animal,
neurogénesis.
- M^a del Carmen Alonso
mdalonso@uma.es
Microbiología de aguas,
patología vírica de
peces.
- M^a Jesús García
Sánchez
mjgs@uma.es
Fisiología vegetal,
nutrición mineral.
- María Jesús Perlés
mjperles@uma.es
Geomorfología, riesgos
medioambientales.
- M. Gonzalo Claros
claros@uma.es
Bioquímica, biología
molecular y
bioinformática.
- Raquel Carmona
rcarmona@uma.es
Ecofisiología,
biorremediación.
- Reinald Pamplona
reinald.pamplona@mex.udl.cat
Fisiología, medicina
experimental.
- Salvador Guirado
guirado@uma.es
Biología celular,
neurobiología.

La portada



Síntomas causados por *Xylella fastidiosa* en olivo. Imagen extraída de la EPPO.

Índice

Editorial	231
La imagen comentada	232
El «ébola» del olivo	233
Nuevas fitoterapias antioídios	237
Jóvenes científicos	240
Sedimento orgánico del Guadalhorce	243
¿El aceite de palma es malo o no?	247
Encuentros con las novedades	249
Entrevista a José Juan López Moreno	250
Los cabellos de Venus	255

Editorial

Fin de curso y reemplazo generacional

Ha llegado el fin del curso y lo celebramos con un número hecho por alumnos. Todos los artículos de este 163 son fruto de la inquietud y del trabajo de estudiantes, que han escrito en el estrecho margen que les deja la rutina cuartelaria a la que están sometidos por los planes de estudio actuales. Son artículos buenos y demuestran el potencial de sus autores. Ésta es solo una muestra de nutridas cohortes de jóvenes prometedores con iniciativa e ilusión, cualidades que seguro deberán mantener y reforzar si quieren trabajar remuneradamente en lo que más le gusta.

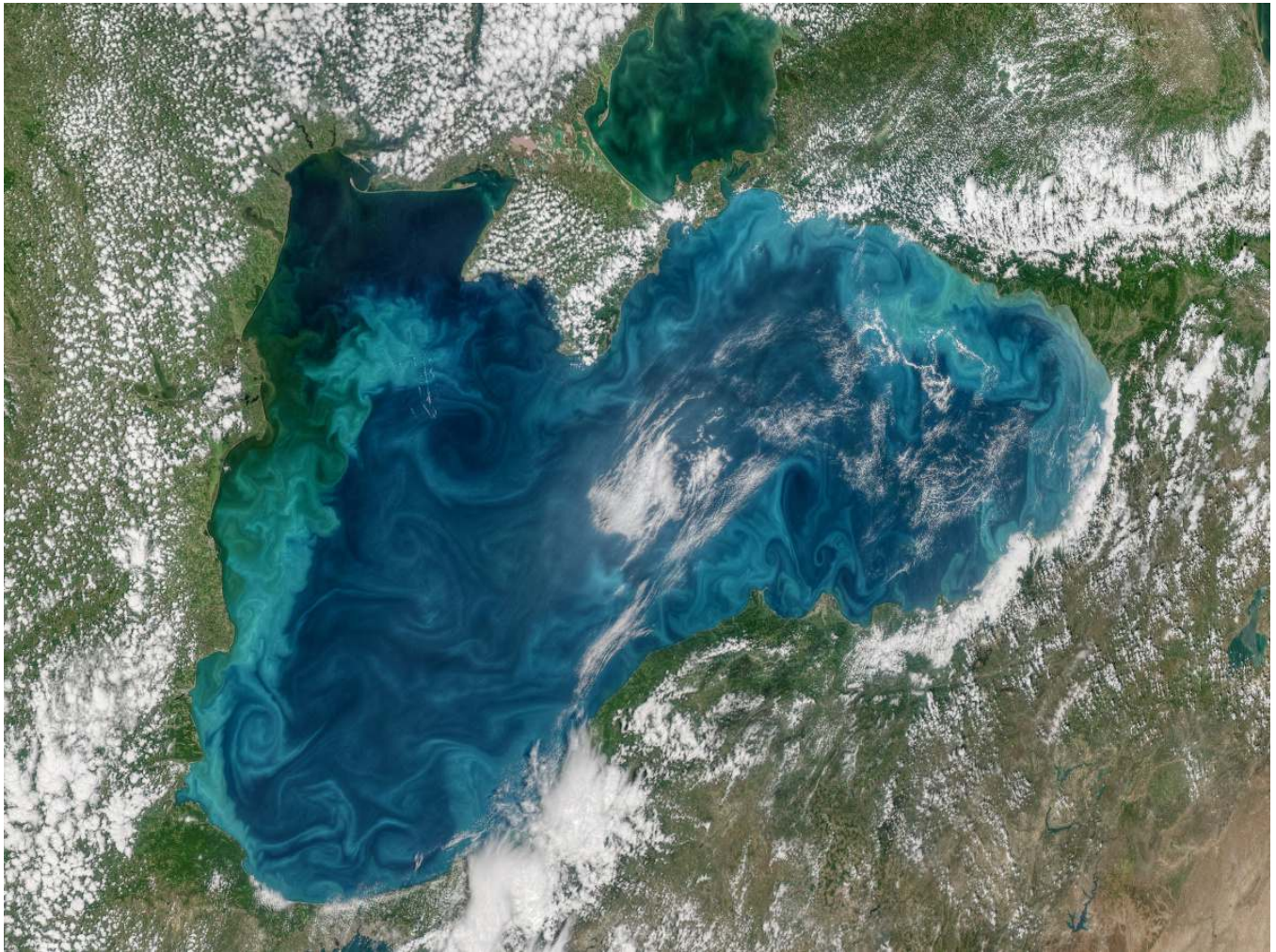
¿Dónde anidará este talento? Es muy difícil apagar una ilusión joven y, a poco que encuentre cobijo en casi cualquier sitio, la motivación que proporciona el trabajo satisfactorio es, incomprensiblemente, más que suficiente para mantener una mente feliz lejos de su *alma mater*. Es un hecho que estamos regalando potencial.

¿Por qué no encuentran el hueco aquí? Principalmente, porque todos los sitios están pillados por los que nacimos en el *baby-boom* español. Mire la pirámide poblacional española y no le pasará desapercibida la hermosa lorza de cuarentones/cincuentones. Seguramente, hoy en día hay más científicos en España que en todos los tiempos anteriores, ¡pero todos de la misma edad! Es un hecho que no estamos cuidando la cantera.

Es obvio que el tiempo pondrá su propia solución a la amondongada figura de la pirámide poblacional, pero no debe ser la única. Ambas cohortes, viejos y nuevos, tienen la responsabilidad de esculpir el futuro de la ciencia en España, unos dando lo mejor de su experiencia y otros lo mejor de su talento.

Es un reto, pero es posible, y muchos ya han empezado a demostrarlo y si no lo creen, lean las páginas que siguen.

La imagen comentada



NO TAN NEGRO COMO LO PINTAN

El mar Negro no es negro como usted se imagina. En esta foto de la NASA parece que un ciclópeo desalmado acaba de limpiar un pincel de su acuarela. Desde los cielos se ven torbellinos de turquesas, lapizlázulis, ágatas y esmeraldas, en sus más fantásticas variaciones, que se retuercen en la superficie de este mar tan desgraciado en el nombre como remoto. Es fitoplancton. En variedades aún no soñadas por la paleta del más virtuoso acuarelista, crecen desaforados estos microbios en medio de la lucha titánica entre dos ríos

de agua: el dulce que aportan los caudalosos torrentes europeos aliados del Danubio, y el salado, impetuoso Mediterráneo que sopla amargo a través del Bósforo. En un turbulento abrazo fractal, fuerzas vivas y físicas danzan ensortijados vales sinfín sobre el colosal lienzo acuático que les tiende la naturaleza, dejando esos trazos sutiles, complejos y bellos, que sólo los ilusos más inocentes pueden pretender estudiarlos metiendo aquí, allá o acullá, un cubo en el agua.

Créditos de la foto

JOSE MARÍA BLANCO MARTÍN

Xylella fastidiosa, UNA NUEVA AMENAZA PATÓGENA PARA EL OLIVAR

Xylella fastidiosa, A NEW PATHOGENIC THREAT FOR OLIVE TREES

por ANA ÁLVAREZ MENA

ESTUDIANTE DEL MÁSTER BIOLOGÍA CELULAR Y MOLECULAR. UNIVERSIDAD DE MÁLAGA.

alvarezmena.bioq@gmail.com

Palabras clave: *Xylella fastidiosa*, insecto, olivo, patogénesis, mecanismos de control

Enviado: 29 de mayo de 2017

Keywords: *Xylella fastidiosa*, insect, olive tree, pathogenesis, control mechanism

Aceptado: 12 de junio de 2017

La bacteria patógena *Xylella fastidiosa* es responsable de numerosas enfermedades tanto en plantas leñosas como herbáceas, debido a su amplio rango de hospedador. Un caso reciente es el olivo, cultivo principal en nuestro país, especie en peligro debido a que la subespecie *pauca* causa el desecamiento de brotes y ramas, pudiendo llegar a producir la muerte del árbol. La enfermedad es diseminada al resto del cultivo al ser transportada por un insecto que se alimenta de la savia bruta, conocido como *Philaenus spumarius*. Hasta la fecha no existe ningún método para eliminar a esta bacteria, por lo que las estrategias se basan en el control de la población del vector y en la prevención.

The pathogenic bacteria Xylella fastidiosa, is responsible for numerous diseases in woody and herbaceous plants due to its wide host range. A recent case is the olive tree, which is the main crop in our country, and now a plant specie in danger because the subspecies pauca causes wilt in leaves and branches, resulting in the death of the tree. The disease is disseminated to the rest of the crop by being carried by an insect known as Philaenus spumarius, which feeds on raw sap. To date, there is no method to eliminate these bacteria, so the current strategies are based on vector population control and prevention.

Introducción

Si en cualquier conversación aparece el nombre de *Xylella fastidiosa*, casi nadie conocerá a esta bacteria. Por el contrario, si el tema se centra en el «ébola del olivo», muchas personas habrán oído hablar de esta enfermedad principalmente a través de la prensa, en la que casi todas las semanas suele publicarse un artículo encabezado por un título alarmante acerca del peligro que supone este patógeno.

Debido a la aparición durante los últimos meses de numerosas noticias sobre la detección de la bacteria en varias regiones, parece que es un problema emergente, pero lo curioso es que este microorganismo comenzó a ser estudiado en el siglo XIX. En 1880, un investigador llamado Pierce observó una enfermedad en viñedos, y en un principio pensó que estaba causada por factores abióticos, debido a que las hojas presentaban síntomas de marchitez muy parecidos a los daños causados por falta de agua. Investigaciones posteriores permitieron determinar que la enfermedad era causada en realidad por un agente biótico. En 1987, Wells definió a esta bacteria como *Xylella fastidiosa* debido a su complejidad a la hora de crecer en medios de cultivo, y la describió como una bacteria Gram negativa, que coloniza el xilema de plantas y que está relacionada con las especies del género *Xanthomonas*. Actualmente esta enfermedad

no tiene cura, y en Estados Unidos se invierte anualmente una importante suma de dinero para intentar disminuir los daños de esta enfermedad, fundamentalmente controlando la población del vector.

Estudios posteriores establecieron que este patógeno es también la causante de un gran número de enfermedades: clorosis variegada de cítricos, escaldado del ciruelo y enanismo de la alfalfa, entre otras.

X. fastidiosa coloniza los conductos del xilema, causando un bloqueo del transporte de agua, así como de nutrientes minerales. Por esta razón, los síntomas que causa este patógeno son muy parecidos a los producidos por estrés hídrico o déficit de minerales: quemaduras en hojas, marchitez, defoliación, clorosis o incluso enanismo. Estos signos suelen aparecer en primer lugar en algunas ramas, y posteriormente se extiende al resto de la cubierta del árbol.

Desde la aparición en 2013 del primer brote de *X. fastidiosa* subespecie *pauca* en olivo en Lecce (Italia), se han detectado nuevos focos tanto en Europa como en Sudamérica. El último caso de infección por *X. fastidiosa* se detectó el año pasado en las islas de Ibiza y Menorca, y se activó un plan de emergencia en esta zona para intentar erradicar la enfermedad. Hasta la fecha, no se ha detectado la bacteria en la península y se está aplicando un plan de prevención importante.

Características de *Xylella fastidiosa*

El nombre del género hace referencia a su localización en la madera, o en los tejidos vasculares de la planta, es decir, en el xilema. Por otro lado, el epíteto de la especie hace alusión a su difícil crecimiento.

Es una Gammaproteobacteria, perteneciente a la familia Xanthomonadaceae y se encuentra clasificada en la lista EPPO A1 de patógenos en cuarentena. Se caracteriza por ser mesófila, con un crecimiento óptimo entre los 25-28°C. A temperaturas inferiores a 10°C, o superiores a 34°C, la supervivencia de la bacteria se ve limitada. Por esta razón, *X. fastidiosa* es prevalente en zonas donde los inviernos son más suaves.

X. fastidiosa es de lento crecimiento en placa, y se tarda en poder visualizar colonias de aproximadamente 1-1,5 mm de diámetro en torno a tres semanas en incubación a 28°C. La morfología de las colonias es circular, y suelen presentar márgenes completos y una forma convexa. Como se mencionó al comienzo

de este apartado, la bacteria requiere para su crecimiento medios específicos de cultivo, y los que se utilizan con mayor frecuencia son PD2, PWG y BC-YE.

Al igual que cualquier patógeno, *X. fastidiosa* posee una serie de mecanismos de patogenicidad que le permiten sobrevivir y dispersarse sin ser afectada por los sistemas de defensa de la planta:

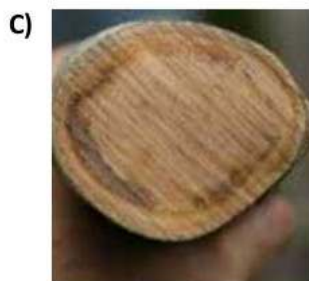
- Degradación de la pared celular y el tejido vascular de la planta para la adquisición nutrientes y su dispersión.
- Factores de señalización difusibles que modulan diferentes aspectos como la motilidad, la formación de biopelículas, así como mecanismos de virulencia.
- El *quorum sensing* de la bacteria regula la producción de factores de virulencia (toxinas, polisacáridos extracelulares, adhesinas y hemaglutininas).



A) Aparición de síntomas de marchitez en hojas.



B) Extensión de la enfermedad a ramas completas.



C) Corte transversal de una rama en el que se observa una coloración irregular como consecuencia de una falta de agua.



D) Olivo que presenta una defoliación completa como consecuencia del gran avance de la enfermedad.

Figura 1. Síntomas causados por *Xylella fastidiosa* en olivo. Imágenes extraídas de la web EPPO (*European and Mediterranean Plant Protection Organization*).

Numerosas subespecies conllevan a un amplio rango de hospedador

X. fastidiosa posee un amplio rango de hospedador, afectando a más de 300 especies de plantas tanto herbáceas como leñosas. En la actualidad se han descrito y caracterizado tres subespecies, las cuales afectan de forma particular a un determinado número de plantas y poseen diferente origen geográfico. La subespecie fastidiosa proviene de Centroamérica, y afecta a viñas (*Vitis vinifera*) y melocotonero (*Prunus dulcis*), entre otros. La subespecie multiplex se originó en Norteamérica y ataca principalmente a plantas del género *Quercus*. En cambio, la subespecie pauca proviene de Sudamérica y afecta a olivos (*Olea europea*), cítricos (*Citrus spp.*) y plantas de café (*Coffea spp.*). Recientemente se han identificado mediante MLST (*Multilocus sequence typing*) dos nuevas variantes, subespecies *Sandyi* y *Morus*, que colonizan el xilema de adelfa (*Nerium oleander*) y especies pertenecientes al género *Morus*, respectivamente.

Es muy probable que en un futuro se identifiquen nuevas subespecies porque se ha demostrado en varios que es posible que aparezcan nuevas variantes a partir de la recombinación entre dos de las descritas anteriormente.

Triángulo de la enfermedad

En general para que se pueda desarrollar la enfermedad se necesita la co-ocurrencia de una serie de factores, como por ejemplo, susceptibilidad de la planta a la colonización del patógeno, así como que se den unas condiciones ambientales favorables, entre otros.

En cuanto al olivo (*Olea europea*), la planta hospedadora de interés, España posee a nivel mundial el mayor número de hectáreas de este tipo de cultivo y es el primer país productor de aceite de oliva, por lo que la infección por *X. fastidiosa* causaría graves pérdidas económicas en el sector. Los síntomas en el olivo son principalmente marchitez en las hojas y ramas, así como una desecación del tronco (Figura 1).

Como en el resto de microorganismos, las condiciones ambientales son fundamentales para el crecimiento de *X. fastidiosa*. En zonas donde en invierno se producen heladas, el riesgo es casi nulo por lo que este patógeno suele aparecer en zonas con clima tropical, templado o semiárido.

Todos los insectos que se alimentan del xilema son potenciales transmisores de la bacteria, pero por ahora solo se ha demostrado que *Philaenus spuma-*

rius (de la familia de Aphrophoridae) es capaz de transferir al patógeno. Este vector se encuentra tanto en España como en otros países de la cuenca del Mediterráneo. La transmisión se caracteriza por ser persistente, y el vector es capaz de transferir *X. fastidiosa* a un olivo sano o enfermo, una hora después de haberse alimentado previamente de la savia bruta de un árbol enfermo. La bacteria en el interior de *P. spumarius* coloniza localmente la región del aparato bucal donde crece en forma de monocapa formando una biopelícula. Como la colonización de la bacteria en el insecto está limitada a dicha zona, el patógeno no se transmite a la progenie del vector, por lo que la dispersión se produce sólo durante el tiempo de vida del insecto.

En el momento en el que el vector portador de la enfermedad se alimenta nuevamente, se producirá un ambiente turbulento debido al flujo, que será responsable de la pérdida de adherencia de *X. fastidiosa* al canal alimenticio del insecto, y la bacteria patógena será inoculada a los haces vasculares del olivo.

En resumen, el ciclo de la enfermedad (Figura 2) se inicia en los meses de mayo o junio, en los cuales el insecto pasa de las malas hierbas a la cubierta de un olivo enfermo, a partir del cual se alimentará y adquirirá la bacteria. El patógeno permanecerá en el aparato bucal del insecto multiplicándose, hasta el momento en el que el vector se alimenta de otro árbol sano e inocule *X. fastidiosa*. Una vez que la bacteria coloniza el xilema del árbol, se comenzarán a observar signos de marchitez en hojas y ramas jóvenes, y posteriormente se terminará extendiendo al resto de la cubierta del árbol. Cuando los síntomas revistan una mayor gravedad, es probable que el árbol termine muriendo.

Medidas de control

Como se menciona en la introducción, aún no se ha desarrollado un método capaz de eliminar a *X. fastidiosa* y además, las infecciones asintomáticas son muy frecuentes, y una vez detectada la bacteria, es muy complicada la erradicación.

El principal riesgo de entrada es el comercio y transporte de material vegetal infectado, y por esta razón, se están aplicando numerosos controles en las fronteras para evitar la introducción de plantas que porten esta enfermedad.

Además se ha establecido que se deben realizar prospecciones periódicas en viveros de producción y comercialización, así como en los campos donde se cultivan los principales vegetales hospedadores, denominadas como zonas de mayor riesgo fitosanitario.

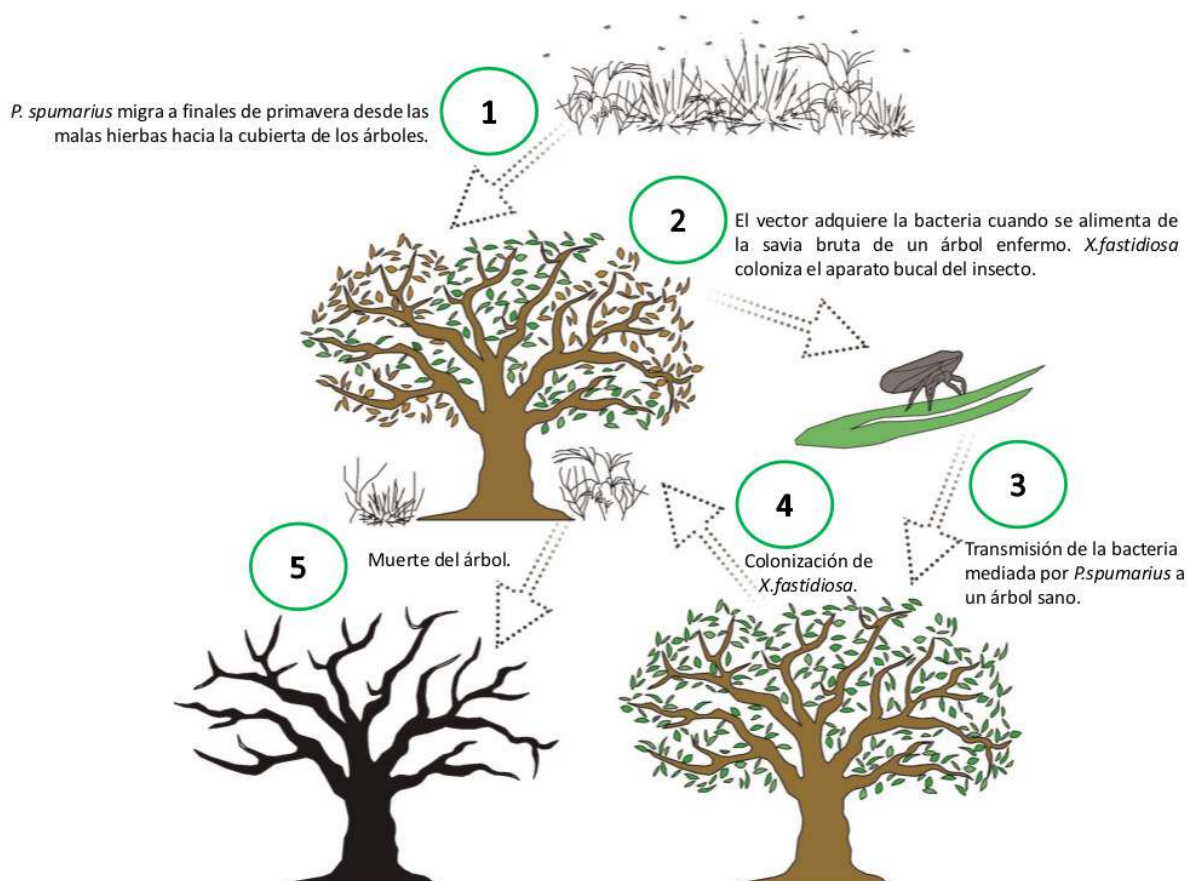


Figura 2. Ciclo de la enfermedad.

La Unión Europea estableció en la legislación Decisión 2015/789/UE que en caso de detectar *X. fastidiosa* en una planta determinada, se deben seguir las siguientes órdenes: 1) No plantar en la zona infestada. 2) Eliminar las plantas en un radio de 100 m alrededor de las plantas infestadas. 3) Muestreo y análisis en un radio de 100 m cuando se aplica la estrategia de contención.

La estrategia de erradicación que se plantea en la legislación sólo es efectiva en el caso de que se actúe rápidamente, ya que esta labor es muy costosa, y es probable que cuando se detecte la enfermedad, las zonas vecinas ya estén contaminadas.

La acción más efectiva en lugares donde la enfermedad está presente es tomar medidas que permitan controlar la población de los insectos vectores ya sean métodos de tipo cultural o tratamientos químicos.

En la actualidad, no existen productos fitosanitarios para combatir a *X. fastidiosa* y se está trabajando intensamente en la identificación de posibles variedades de olivos tolerantes o resistentes a este

patógeno. Mientras tanto, la prevención es la mejor estrategia a seguir, para evitar que el cultivo más importante de nuestro país sea colonizado por esta fastidiosa bacteria.

Para saber más

¹Perilla-Henao LM y Casteel CL, (2016). Vector-Borne Bacterial Plant Pathogens: Interactions with Hemipteran Insects and Plants. *Front. Plant Sci.* 7:1163. doi: 10.3389/fpls.2016.01163

²Martelli GP, y otros (2016). The olive quick decline syndrome in south-east Italy: a threatening phytosanitary emergency. *European Journal of Plant Pathology*, 144(2), 235-243.

³Azevedo JL y otros (2016). The diversity of citrus endophytic bacteria and their interactions with *Xylella fastidiosa* and host plants. *Genetics and Molecular Biology*, 39(4), 476- 491.

⁴Branquart E y otros (2016). A prioritization process for invasive alien plant species incorporating the requirements of EU Regulation no. 1143/2014. *EPPO Bulletin*, 46(3), 603-617.

⁵Janse JD y Obradovic A (2010). *Xylella fastidiosa*: its biology, diagnosis, control and risks. *Journal of Plant Pathology*, S35-S48.

⁶Cornara D y otros (2016). Spittlebugs as vectors of *Xylella fastidiosa* in olive orchards in Italy. *Journal of Pest Science*, 1- 10.

EL ESTUDIO DE LOS EFECTORES, ¿LA VÍA PARA DESCUBRIR NUEVAS DIANAS PARA FITOTERAPIAS ANTIOÍDIOS?

STUDYING EFFECTORS, A WAY TO DISCOVER NEW TARGETS FOR ANTI-POWDERY MILDEW PHYTOTHERAPIES?

por JESÚS MARTÍNEZ-CRUZ Y ANA BELÉN RUEDA

DEPARTAMENTO DE MICROBIOLOGÍA. FACULTAD DE CIENCIAS. UNIVERSIDAD DE MÁLAGA.

jesusmcruz@uma.es

Palabras clave: oídios, haustorios, efectores, HIGS

Enviado: 7 de junio de 2017

Keywords: powdery mildews, haustoria, effectors, HIGS

Aceptado: 9 de junio de 2017

Los oídios son la principal causa de enfermedad en plantas de origen fúngico. Estos patógenos desarrollan una estructura especializada en el interior de la célula huésped denominada haustorio. A través de esta estructura establecen una estrecha relación con el hospedador valiéndose de unas pequeñas proteínas secretadas llamadas efectores, para eludir la respuesta de defensa de la planta, modular la fisiología de la célula vegetal y regular la expresión génica. Debido al estilo de vida como biotrofos obligados, el estudio funcional de los efectores requiere de técnicas específicas e indirectas como el silenciamiento génico inducido por el hospedador (HIGS). El objetivo principal de analizar la función de los efectores y su papel en la patogénesis es identificar aquellos con un papel importante en el establecimiento de la enfermedad que puedan resultar dianas interesantes para el desarrollo de nuevos fitosanitarios.

Powdery mildews are the main cause of disease in plants of fungal origin. These pathogens develop a specialized structure inside the host cell named haustorium. Through this structure, they establish a close relationship with their hosts using small secreted proteins called effectors, to bypass the plant defense responses of the plant, modulate the physiology of the plant cell and regulate gene expression. Due to their lifestyle as obligate biotrophs, the functional study of powdery mildew effectors requires specific and indirect techniques such as host-induced gene silencing (HIGS). The main objective of analyzing the function of effectors and their role in pathogenesis is to identify those with an important role in the establishment of the disease that may be interesting targets for the development of new phytosanitary tools.

Los oídios

Entre las enfermedades causadas por hongos, los oídios constituyen probablemente el grupo de enfermedades más importantes de nuestros cultivos. Estas enfermedades, comúnmente conocidas como cenizas o cenicillas, son causadas por hongos ascomicetos de la familia *Erysiphaceae*, infligiendo importantes pérdidas tanto en la cantidad y calidad de los cultivos.

Estos hongos patógenos están ampliamente distribuidos en la naturaleza, infectando una gran variedad de especies de plantas tanto monocotiledóneas como dicotiledóneas, destacando por su importancia económica *Blumeria graminis* f. sp. *hordei* (oídio de la cebada), *Blumeria graminis* f. sp. *tritici* (oídio del trigo), *Erysiphe necator* (oídio de la vid), y *Podosphaera xanthii* (oídio de las cucurbitáceas). Las enfermedades causadas por los oídios se caracterizan por la aparición de manchas blanquecinas pulverulentas fácilmente reconocibles (Figura 1A). Estos patógenos, debido a su peculiar estilo de vida como biotrofos obligados, no matan directamente a su huésped,

ya que necesitan de las células vivas del mismo para establecerse y proliferar (Figura 1B). Esto se debe a que desarrollan una estructura especializada en el interior de la célula huésped denominada haustorio (Figura 1C-D), estableciendo una íntima relación con su hospedador^[1].

Uno de los mayores desafíos que enfrentan los agricultores y los investigadores es el manejo de las enfermedades causadas por los oídios. Desafortunadamente, estos patógenos presentan una gran capacidad de adaptación y han conseguido desarrollar resistencias frente a un gran número de fitosanitarios^[2]. Por ello, la identificación de los aspectos clave que subyacen a las interacciones moleculares patógeno-huésped puede ser un camino que permita el desarrollo de fitoterapias alternativas en el futuro, sin embargo, el estilo de vida de los oídios como biotrofos obligados representa un obstáculo importante para los investigadores, que ha limitado el estudio y la comprensión de la biología celular y molecular de estos patógenos.

Efectores: moderadores en el diálogo patógeno-planta

Para mantener una estrecha relación con el huésped a través del haustorio, el patógeno tiene que manipular los mecanismos de defensa de la planta para evitar ser reconocido, modulando las respuestas defensivas de la misma. Para ello, estos patógenos se sirven de una amplia batería de proteínas relacionadas con virulencia denominadas efectores. Los efectores son pequeñas proteínas secretadas por el patógeno que alteran la estructura de la fisiología de la célula huésped, modulan la respuesta de defensa de la planta y protegen la integridad fúngica para permitir la colonización y proliferación.

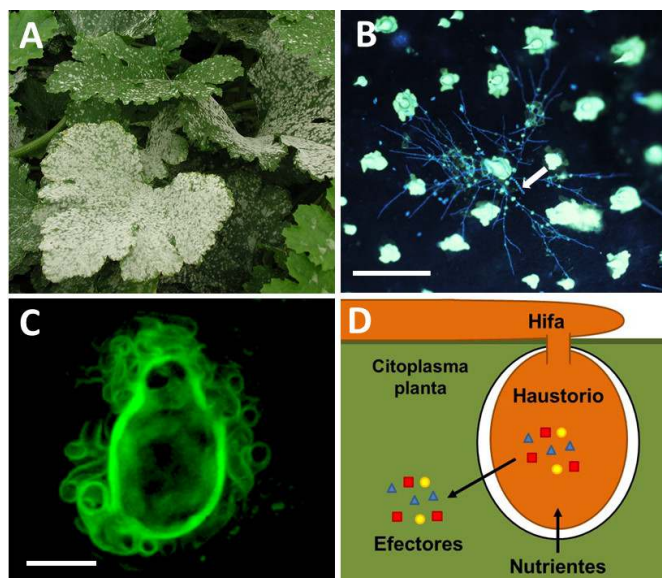


Figura 1. Síntomas típicos y estructuras de desarrollo de *P. xanthii*, oídio de cucurbitáceas. A, Hoja de calabacín completamente infectada por las típicas colonias blanquecinas y pulverulentas. B, Colonia a las 72 h tras la inoculación mostrando los primeros conidióforos (flecha). C, Haustorio aislado marcado con el colorante específico para quitina WGA, Alexa Fluor® 488. D, Representación esquemática de un haustorio en el interior de una célula vegetal y sus principales funciones. Barras: 250 μ m (B) y 5 μ m (C).

Tan diversa es su localización en la célula huésped como es su papel en la interacción planta-patógeno. En el caso de otros hongos filamentosos se han descrito funciones tan diversas que van desde la protección y ocultación de la pared celular del hongo como es el caso de Avr4 y Ecp6 de *Cladosporium fulvum*, inhibición de la inmunidad en planta por Pep1 de *Ustilago maydis* o la inhibición de proteasas apoplásticas por Avr2 de *C. fulvum*. En el caso de los oídios, recientemente se han identificados varios efectores en *B. graminis* como BEC4 y BEC1011 que interfieren en el tráfico de vesículas asociado a defensa y a la muerte celular programada,

respectivamente^[3]. Sin embargo, a pesar de que hay más de 820 especies de oídios, se sabe muy poco acerca de su genética y mucho menos sobre el número y función de sus efectores. En los últimos años, con los avances en las tecnologías de secuenciación masiva NGS, el número de efectores candidatos identificados en las especies de oídios más estudiadas y analizadas ha experimentado un enorme crecimiento. Sin embargo, y como viene siendo habitual, el estilo de vida de estos patógenos como biotrofos obligados se interpone en el estudio funcional de estos efectores.

¿Cómo abordar el estudio de los efectores de oídios?

En los últimos años se han desarrollado metodologías alternativas para llevar a cabo la identificación y análisis de genes de efectores candidatos de oídios, que permiten superar la problemática impuesta por su peculiar estilo de vida. Una de las estrategias para el estudio de los efectores es la manipulación genética. En otras especies de hongos filamentosos, se han empleado diferentes técnicas de transformación como la transformación de protoplastos mediante polietilenglicol (PEG), el bombardeo de partículas, la electroporación, la transformación vírica y la transformación mediada por *Agrobacterium tumefaciens* (ATMT)^[4]. Sin embargo, nuevamente condicionado por su estilo de vida, algunas de estas técnicas no pueden ser empleadas para la transformación de los oídios, además de presentar importantes limitaciones. Este es el caso de la biobalística y la electroporación, dos métodos que han sido empleados para la transformación de numerosos hongos filamentosos entre los que se incluyen los oídios *B. graminis* y *P. xanthii*. Sin embargo, estos métodos han resultado poco reproducibles, además de resultar métodos demasiado agresivos con las conidioesporas de los oídios^[5]. En las dos últimas décadas ha ganado gran interés un nuevo método de transformación de hongos filamentosos basado en el uso de *A. tumefaciens*. Recientemente, el sistema ATMT ha sido empleado para la transformación de *P. xanthii* resultando ser un método inofensivo y reproducible que puede superar las limitaciones técnicas de otras aproximaciones, abriendo una nueva ruta para el estudio de la secreción y localización de los efectores de oídios, entre otras posibilidades^[4].

Sin embargo, a pesar de haberse puesto a punto un método de transformación de *P. xanthii* mediante *A. tumefaciens*, debido al estilo de vida como biotrofos obligados, la manipulación genética de los oídios presenta ciertas limitaciones, por ejemplo, la construcción de mutantes. Cuando se trata de la de-

lección o de la disrupción de un gen de un efector candidato, en el caso de los oídios aflora un importante problema ya que los transformantes no pueden seleccionarse desde una placa de Petri, sino que su selección tiene que ser directamente sobre el soporte vegetal. ¿Qué pasaría si se trata de un efector esencial para el desarrollo de la enfermedad? En ese caso no habría crecimiento pero resultaría imposible determinar si el efecto negativo sobre la patogénesis es debido a la carencia del efector. Por ello, se han desarrollado nuevos métodos indirectos para el estudio de los efectores como es el caso del conocido como silenciamiento génico inducido por el hospedador o HIGS, su acrónimo en inglés.

Actualmente, el sistema HIGS ha surgido como una herramienta eficaz para caracterizar la participación de un efector candidato en el establecimiento de la enfermedad causada por hongos biotrofos obligados. Este método se basa en la estrecha relación que el patógeno mantiene con su huésped y en la capacidad del patógeno para tomar ARN bicatenario (ARNds) o pequeños ARN interferentes (ARNsi) a través de las estructuras de absorción de nutrientes (el haustorio en el caso de los oídios) y el posterior silenciamiento del gen. De esta forma, se determina el papel del efector en la patogénesis mediante el análisis del crecimiento del patógeno, por ejemplo, evaluando el número de haustorios desarrollados tras el silenciamiento, o de la acumulación de compuestos de defensa de la planta (calosa, lignina, H_2O_2 , etc). De esta forma, se ha observado que el silenciamiento puede repercutir de distinta forma en la respuesta de la planta y en el crecimiento del hongo según lo determinante que sea un efector para el desarrollo de la enfermedad. Hasta la fecha, en el caso de los oídios, se ha empleado el sistema HIGS para el análisis funcional de 126 efectores candidatos de *B. graminis* durante el establecimiento de la enfermedad, de los cuales 13 fueron identificados por contribuir al establecimiento de la infección^[6]. Este método es, sin lugar a dudas, una herramienta muy importante para llevar a cabo el principal objetivo del estudio de

los efectores, la identificación de aquellos que juegan un papel esencial en el desarrollo de la enfermedad.

Perspectivas futuras

El estudio de los efectores de los oídios supone un reto para los investigadores y la llave principal para determinar los aspectos clave de la interacción hongo-planta. En la actualidad, con el aumento del número de genomas y transcriptomas de especies de oídios disponibles, la identificación de nuevos efectores candidatos con participación en el establecimiento de la enfermedad experimentará un aumento considerable en el futuro. Además, la puesta a punto de herramientas para la manipulación genética de los oídios, suponen un importante salto para abordar el estudio de las bases moleculares de la interacción hongo-planta. En el caso particular de los oídios, el desarrollo de nuevas tecnologías para abordar el estudio funcional de los efectores permitirá identificar aquellos que tienen un papel clave en el establecimiento de la enfermedad, o lo que es lo mismo, permitirá la identificación de dianas para el desarrollo de nuevas herramientas fitosanitarias con un espectro de acción más reducido pero con una mayor especificidad.

Referencias

- ¹Martínez-Cruz J y otros. The *Podosphaera xanthii* haustorium, the fungal Trojan horse of cucurbit-powdery mildew interactions. *Fungal Genet Biol* 71: 21-31, 2014.
- ²Pérez-García A y otros. The powdery mildew fungus *Podosphaera fusca* (synonym *Podosphaera xanthii*), a constant threat to cucurbits. *Mol Plant Pathol* 10: 153-160, 2009.
- ³Lo Presti L y otros. Fungal effectors and plant susceptibility. *Annu Rev Plant Biol* 66: 513-545, 2015.
- ⁴Martínez-Cruz J y otros. Transformation of the cucurbit powdery mildew pathogen *Podosphaera xanthii* by *Agrobacterium tumefaciens*. *New Phytol* 213: 1961-1973, 2017.
- ⁵Vela-Corcía D y otros. Transient transformation of *Podosphaera xanthii* by electroporation of conidia. *BMC Microbiol* 15: 20.a, 2015.
- ⁶Pliego C y otros. Host-induced gene silencing in barley powdery mildew reveals a class of ribonucleases-like effectors. *Mol Plant Microbe Interact* 26: 633-642, 2013.

JÓVENES CIENTÍFICOS

Entrevista con Alberto Martín Serra



Guillermo Paz
guillePL@uma.es

Soy Guillermo Paz, alumno del segundo curso del grado de Biología. A día de hoy sigo sin tener demasiado claro qué rama despierta un mayor interés en mí dentro de este amplio mundo que son las ciencias biológicas, aunque poco a poco empiezo a ver qué me gusta más, y la verdad es que el campo de la Biología Celular me atrae mucho. De aquí a unos años intentaré ir focalizándome en los campos que mayor interés me despierten.

«Mi investigación durante la etapa de doctorado en la Universidad de Málaga se centró en el estudio de la morfología de los huesos de las extremidades de los mamíferos carnívoros (leones, lobos, osos, etc.). El objetivo era relacionar la forma de estos huesos con las adaptaciones de las especies a distintos modos de locomoción o de caza, para poder discriminar, por ejemplo, entre carnívoros terrestres y arborícolas, o entre cazadores por emboscada (p. ej. tigres) y cazadores por persecución (p. ej. lobos). De este modo es posible inferir tales aspectos ecológicos en especies extintas a partir de la forma de sus huesos».

El trabajo de Alberto Martín Serra en la Universidad de Málaga se realizó bajo la supervisión de Paul Palmqvist Barrena y de Borja Figueirido Castillo del Área de Paleontología de la Universidad de Málaga.

GP: Buenas tardes y gracias por atenderme. En primer lugar, cuénteme un poco sobre su investigación actual.

AMS: Buenos días. Actualmente trabajo en un proyecto financiado con una ERC de la Unión Europea (UE), con un presupuesto de alrededor de un millón y medio de euros, junto a otro investigador postdoctoral a cargo del profesor Roger Benson en Oxford. El objetivo de este proyecto es obtener datos de los huesos de cráneos, mandíbulas y huesos apendiculares del grupo de los arcosaurios (Archosauria) que incluye a cocodrilos, dinosaurios y aves, y de los sinápsidos (Synapsida), es decir, mamíferos y sus precursores; tanto de ejemplares actuales como extintos desde el Pérmico. Se busca el capturar la forma de esos huesos mediante una serie de técnicas de morfometría por las cuales se obtienen datos numéricos, utilizables luego en análisis estadísticos. Intentamos estudiar así la variabilidad morfológica de esos dos linajes a lo largo del tiempo, ver diferencias en las tasas de evolución o en las radiaciones adaptativas, así como limitaciones a esa evolución.

GP: De forma más concreta, ¿cómo funciona el proyecto? ¿qué proceso sigue?

AMS: El proyecto se divide en varios pasos. El primero, que durará la mayor parte del tiempo, es la obtención

de datos. Para esto contamos con dos métodos. Uno de ellos consiste en hacer TAC (Tomografía Axial Computerizada) de los esqueletos, tanto de las aves como de los mamíferos actuales, pero sólo con los especímenes pequeños debido al límite de tamaño que posee el escáner. Para los ejemplares de mayor tamaño utilizamos escáneres de superficie; estos son móviles, lo cual nos permite pasarlos alrededor del hueso a la vez que se va creando una imagen en tres dimensiones de la forma de este. Los especímenes que usamos para los TAC debemos tomarlos prestados de museos, luego los llevamos a alguna institución que disponga de estos equipos y, pagando una tasa, podemos hacer uso de ellos. Con los escáneres de superficie es algo distinto, debemos viajar a los museos, muchos de ellos en otros países, y allí realizar el análisis con la maquinaria móvil.

GP: Veo que entonces pueden surgir algunos problemas en el proceso, ¿qué limitaciones se pueden encontrar a lo largo de la investigación?

AMS: El registro fósil, por ejemplo, puede llegar a ser un problema; la escasez de restos fósiles no es sin embargo tan grave como el que puede suponer su estado de conservación. Encontramos huesos rotos y cráneos deformados por el proceso de fosilización. Esto es más difícil de solventar, sobre todo en el caso de los cráneos;

es complicado hallar ejemplares fósiles en buen estado. Por otro lado, en el caso de los ejemplares actuales no hay ningún problema.

GP: Entonces, ¿cuál es la duración del proyecto? ¿tiene un avance rápido?

AMS: El proyecto está programado para durar cinco años y actualmente nos encontramos en la primera fase. Los resultados principales que obtengamos no llegarán hasta una fecha muy cercana a la fecha límite del proyecto. La mayoría del tiempo de proyecto estaremos recolectando datos para su uso estadístico. En los huesos situamos puntos equivalentes (*landmarks*) en zonas concretas, como inserciones musculares, y calculamos sus valores de posición en las coordenadas XYZ, tras lo que podemos hacer un análisis estadístico comparativo.



Alberto Martín Serra en el laboratorio de Paleontología de la Universidad de Málaga, donde desarrolló su tesis doctoral. En primer término de la imagen aparece un cráneo de *Smilodon*, félido con dientes en forma de sable del Pleistoceno americano.

Créditos de la foto.

GP: Adentrándonos un poco más en los grupos que estudias, ¿cómo son las diferencias entre ambos linajes?

AMS: De partida, los puntos que tenemos que coger, homólogos, por ejemplo, no son los mismos porque los huesos son muy diferentes. Como lo que queremos com-

parar principalmente son tasas de evolución y medidas de la disparidad morfológica que hay en cada momento, el análisis lo hacemos por separado. Las diferencias son muchísimas, llevan más de trescientos millones de años separados evolucionando de forma diferente. Entonces, encontramos diferencias muy claras y amplias. Las aves y los mamíferos destacan en diferencias respecto a los sinápsidos primitivos. Aunque no tomemos los mismos datos morfológicos en cada grupo, podemos compararlos entre sí asumiendo que estamos capturando bien la morfología de estos huesos. No existe punto de comparación respecto de la estructura del esqueleto, aunque sí podemos hacer comparaciones en cuanto a la tasa de evolución.

GP: Respecto a las tasas de evolución, ¿podría hablarme un poco sobre esas radiaciones adaptativas?

AMS: Una radiación adaptativa es el proceso por el cual un grupo sufre una evolución muy rápida, de carácter explosivo, diversificándose en muy poco tiempo y aumentando su variación morfológica al colonizar un nicho ecológico que ha sido dejado vacante tras la desaparición de otro grupo. Esto sucede, por ejemplo, con el linaje de los mamíferos tras la extinción de los dinosaurios, que dejaron una enorme cantidad de nichos ecológicos libres, lo cual les dio muchas posibilidades. En muy poco tiempo, los mamíferos pasaron de ser organismos de pequeño tamaño, aunque relativamente diversos en términos taxonómicos y ecológicos, a ocupar una gama de tamaños corporales mucho mayor, abriéndose camino en adaptaciones no exploradas previamente durante su evolución, lo que dio lugar a diversos grupos nuevos, que posteriormente derivarían en los carnívoros, los ungulados o los primates modernos, por ejemplo.

GP: Esa radiación adaptativa, ¿implica un gran cambio de un grupo dominante a otro?

AMS: Exacto. Eso ha ocurrido varias veces, como el ejemplo que te he dado. Determinados nichos ecológicos quedan libres, dando nuevas posibilidades a grupos que los ocupen. En las aves, por ejemplo, sucede algo semejante, aunque el proceso no es igual. Ellas pasan a ocupar un nicho ecológico que era completamente nuevo, el del vuelo, no radian en uno que hubiese sido previamente desocupado. Esto nos indica que la evolución no es un proceso tan paulatino como se pensaba, sino que hay momentos de gran variabilidad en poco tiempo.

GP: ¿Podemos decir entonces que los representantes de esos grupos en la actualidad son muy distintos a sus precursores?

AMS: Aún no tenemos demasiados resultados, seguimos tomando datos. Lo que sí se sabe es que a lo largo del tiempo ha habido un proceso de adaptación

acompañado de una sustitución de grupos dominantes en distintos periodos. Aunque, como te digo, ahora mismo el trabajo es más bien técnico, de análisis de información en grandes bases de datos.

GP: Lo que me ha contado hoy aquí es una información fascinante que despierta mi interés por la

paleontología. Mis felicitaciones por llegar a donde ha llegado. Espero que el proyecto avance con éxito y que consigan obtener resultados esclarecedores en cuanto a la evolución de estos grupos. De nuevo, muchas gracias por su tiempo.

ESTUDIO DE LA FRACCIÓN ORGÁNICA DEL SEDIMENTO DE CINCO LAGUNAS COSTERAS DE LA DESEMBOCADURA DEL RÍO GUADALHORCE

A STUDY OF THE ORGANIC FRACTION FROM THE SEDIMENTS OF FIVE COASTAL LAGOONS IN THE GUADALHORCE ESTUARY

por PATRICIA GUTIÉRREZ PAREJO

GRADUADA EN CIENCIAS AMBIENTALES. FACULTAD DE CIENCIAS. UNIVERSIDAD DE MÁLAGA.

patriciagutierrezparejo@gmail.com

Palabras clave: C/N, Guadalhorce, lagunas costeras, materia orgánica, pigmentos fotosintéticos, salinidad, sedimento

Enviado: 23 de mayo de 2017

Keywords: C/N, coastal lagoons, Guadalhorce, organic matter, photosynthetic pigments, salinity, sediment

Aceptado: 3 de julio de 2017

En el mes de diciembre del 2015, se estudió la fracción orgánica del sedimento en cinco lagunas del Paraje Natural de la Desembocadura del río Guadalhorce (Costera, Casilla, Eucaliptal, Limícolas y Sur). En el sedimento y en la interfase agua-sedimento se midieron las variables físico-químicas concentración de oxígeno disuelto, salinidad, pH, potencial redox (E_h) y temperatura. En las muestras sedimentarias se determinó el contenido en materia orgánica, pigmentos fotosintéticos y carbono y nitrógeno. Los resultados denotan aguas básicas (pH 7,3-8,0) de elevada salinidad (> 20) y sedimentos con valores altos de materia orgánica, pigmentos fotosintéticos, carbono y nitrógeno, con máximos en la laguna Eucaliptal.

In December 2015, the organic fraction of the sediment was studied in five lagoons of the Natural Park "Desembocadura del Guadalhorce" (Costera, Casilla, Eucaliptal, Limícolas and Sur). In the sediment and the water-sediment interface physical-chemical variables such as dissolved oxygen concentration, salinity, pH, redox potential (E_h) and temperature were measured. In the sediment samples, the content of organic matter, photosynthetic pigments and carbon and nitrogen were determined. Results show basic waters (pH 7.3-8.0) with high salinity (> 20) and sediments with high concentrations of organic matter, photosynthetic pigments, carbon and nitrogen, with maximum values found in Eucaliptal lagoon.

Introducción

Las lagunas someras mediterráneas son ecosistemas muy productivos que presentan un amplio abanico de escenarios ambientales y suelen constituir zonas de asentamiento y crianza para muchas especies de aves. Entre otros aspectos, se caracterizan por su escasa profundidad y reducida superficie, aspectos morfológicos que favorecen que el sedimento tenga una marcada interacción con la lámina de agua, así como un régimen de mezcla-estratificación de tipo polimíctico. Estas peculiaridades les confieren una estructura y funcionamiento ecológico que las diferencian de los lagos profundos, más intensamente estudiados por la Limnología.

Este estudio se ha desarrollado en el último tramo del río Guadalhorce, concretamente en la zona del Paraje Natural de la Desembocadura, donde se encuentran los ecosistemas mencionados. El paraje ocupa una superficie de 67 ha entre los dos brazos del río Guadalhorce y el mar Mediterráneo, donde se localiza un complejo lagunar de origen antrópico de variadas características morfológicas y morfométricas que se mantiene permanentemente inundado por afloramiento de aguas subterráneas asociadas al

acuífero detrítico del delta y a su cauce fluvial, el río Guadalhorce^[1].

Material y métodos

En el Paraje de la Desembocadura del Guadalhorce se estudiaron cinco lagunas a lo largo del marcado gradiente de salinidad que lo caracteriza (lagunas Costera, Eucaliptal, Casilla, Limícolas y Sur, Figura 1).

Se analizaron variables físico-químicas tanto en la capa de agua próxima al sedimento como en el propio sedimento (concentración de oxígeno disuelto, salinidad, pH, E_h y temperatura), y se determinó la fracción orgánica del sedimento en un perfil de profundidad para cada laguna estudiada a partir del análisis de materia orgánica, concentración de pigmentos fotosintéticos (clorofila a, clorofila b y carotenos) y de carbono y nitrógeno. Para ello, en un muestreo realizado en diciembre de 2015 se midieron *in situ* las variables físico-químicas y se tomaron muestras de sedimento con cilindros de PVC (*cores*) clavados perpendicularmente en el sustrato (tres réplicas por laguna) para su posterior análisis en laboratorio.

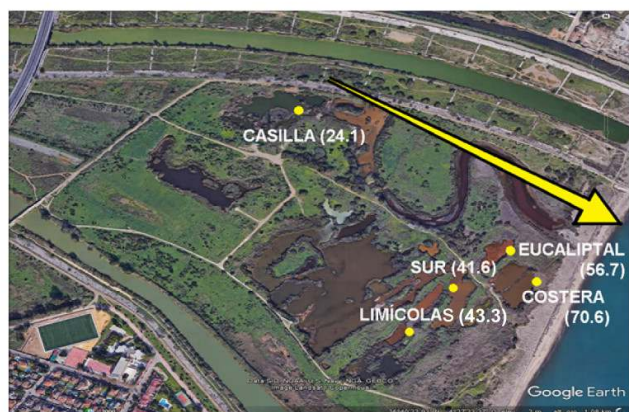


Figura 1. Fotografía aérea (Google Earth) de la Desembocadura del Guadalhorce con la disposición de los puntos de muestreo seleccionados para el estudio. Los datos representados corresponden con los valores de salinidad obtenidos en la interfase agua-sedimento de cada laguna analizada.

Resultados y discusión

Los resultados obtenidos para las variables medidas en el sedimento de las diferentes lagunas evidencian que este constituye un medio muy heterogéneo, consecuencia del marcado gradiente de salinidad, entre otros factores.

Una de las variables potencialmente más influyentes en este ecosistema es la salinidad (Figura 2), y existen diferencias muy significativas entre lagunas. Considerando que el agua superficial del mar Mediterráneo en las costas de Málaga presenta una salinidad en torno a 36 podemos utilizar este valor como elemento de comparación con la salinidad registrada en las lagunas, que en general presentaron aguas saladas y mixohalinas como consecuencia de la intrusión en el acuífero de agua procedente del mar. La salinidad de las aguas de las distintas lagunas analizadas de este complejo varió en función de su situación relativa respecto a la línea de costa y al río, en un marcado gradiente Norte-Sur. En la laguna Casilla, la más alejada de la línea de costa, se midió la menor salinidad en el sedimento (21,2). La salinidad en esta laguna probablemente está determinada por las aportaciones de agua dulce procedentes del río y de las precipitaciones. Por su parte, en la laguna Costera, la más próxima al mar, se registraron los valores significativamente más altos de salinidad en el sedimento (64,2), consecuencia de la intrusiones de agua marina y de las elevadas tasas de evaporación.

En cuanto a las demás variables físico-químicas medidas, las concentraciones más elevadas de oxígeno disuelto (registradas en la laguna Costera) coincidieron con los valores más altos de pH (8); valores

que se ven afectados por procesos de actividad fotosintética y respiratoria imperantes en la laguna. Con respecto a los valores del potencial óxido-reducción (E_h), los datos de E_h registrados en el sedimento de las lagunas denotan un medio reductor. En la capa de agua superficial próxima al sedimento, el E_h muestra valores positivos y a medida que se agota el oxígeno en profundidad en el sedimento aparece una zona reducida. En la laguna Costera se registraron los valores de E_h más altos en la interfase agua-sedimento (168 mV) punto donde se registraron también los valores más altos de oxígeno disuelto (6,18 mg/L). Los valores negativos corresponden con los medidos dentro del sedimento; el más negativo de ellos se registró en la laguna Eucaliptal (-340 mv), donde se encontraron los valores más bajos de oxígeno disuelto (3,9 mg/L).

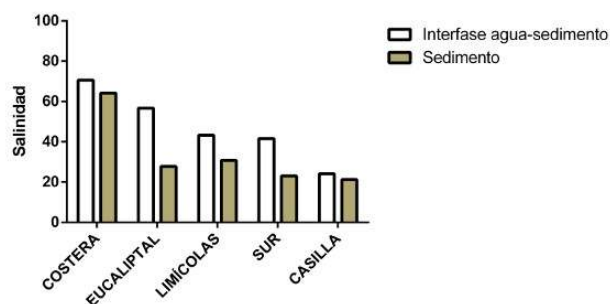


Figura 2. Variación de la salinidad en las diferentes lagunas estudiadas durante el mes de diciembre de 2015.

Por otra parte, las variables relacionadas con la fracción orgánica del sedimento mostraron diferencias muy significativas entre lagunas. En general, se obtuvieron altos contenidos de materia orgánica en todas las lagunas analizadas. Los porcentajes más altos registrados fueron, con diferencia, en la laguna Eucaliptal, seguida de Sur, Limícolas, Costera y en último lugar Casilla (Figura 3).

El alto contenido de materia orgánica en el sedimento es una de las variables que apoya la clasificación de estas lagunas como eutróficas. Se puede considerar que un medio es eutrófico a partir de un contenido orgánico superior al 2 %^[2], y los valores encontrados en las lagunas estudiadas oscilaron entre un 3-18 %.

Al igual que el contenido en materia orgánica en el sedimento, se ha encontrado una marcada variabilidad entre lagunas en las concentraciones de pigmentos fotosintéticos. La concentración de clorofila a se considera como un estimador de la biomasa de productores primarios. Las lagunas donde se registraron los valores más altos de pigmentos fueron en la laguna Limícolas y en Eucaliptal (Figura 4). Estos

valores tan altos pueden deberse a procesos de eutrofización (aportes excesivos de nutrientes alóctonos), como sugieren los altos valores de nitrato medidos en esta laguna^[3], lo que provoca proliferación de algas y posteriormente un agotamiento del oxígeno disuelto. Los valores observados en la laguna Eucaliptal pueden deberse a aportes de agua dulce que introducen nutrientes a las lagunas, mayoritariamente nitrógeno en forma de nitrato^[4].

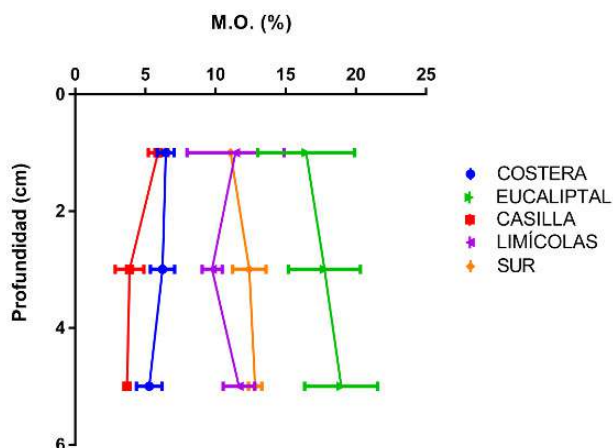


Figura 3. Contenido en materia orgánica (M.O. %) en diferentes profundidades del sedimento en las lagunas estudiadas durante el mes de diciembre de 2015.

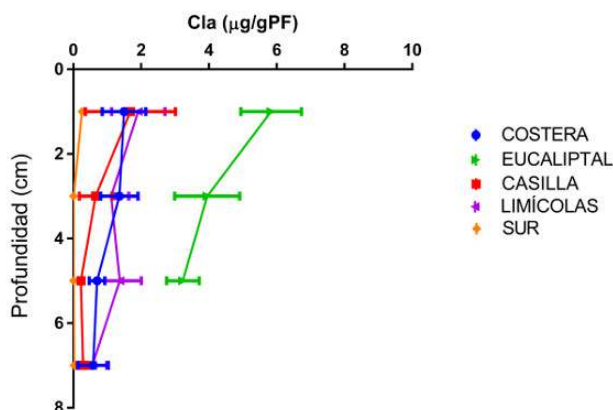


Figura 4. Concentración de clorofila a en diferentes profundidades del sedimento en las lagunas estudiadas en el mes de diciembre de 2015.

A partir de los valores de concentración elemental de carbono y nitrógeno se obtuvo el índice molar C/N. Los valores obtenidos en los primeros centímetros del perfil de sedimento y los encontrados en las zonas más profundas de los cores son significativamente diferentes. Los valores de C/N aumentaron considerablemente en el fondo de la columna sedimentaria estudiada. Al disminuir la tasa de descomposición por el mayor carácter refractario de los

compuestos orgánicos residuales, el efecto neto es un aumento de la relación C/N^[5].

El menor valor de C/N se encontró en la laguna Eucaliptal (Figura 5), donde los porcentajes tanto de carbono como de nitrógeno eran altos (su valor indica que se trata de materia orgánica de relativamente fácil degradación). Estos valores sugieren que existe una elevada actividad microbiana desarrollada en los primeros centímetros de sedimento.

En la laguna Costera se observaron valores altos de C/N (valor que indica que se trata de materia orgánica difícilmente degradable), junto con los valores más bajos de nitrógeno.

Finalmente, podríamos decir que los sedimentos constituyen la memoria de la laguna, los procesos ecológicos acontecidos en ella quedan registrados en su fracción orgánica. Por ello, el estudio y análisis de los sedimentos tienen un gran interés ecológico y paleolimnológico ya que proporciona información sobre los procesos que se han desarrollado en la laguna, contribuyendo a una mejor gestión y conservación de estos ecosistemas.

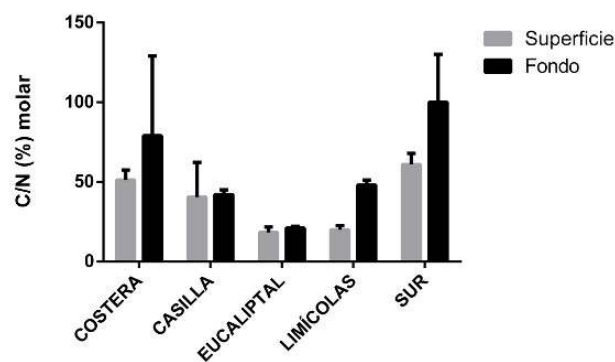


Figura 5. Índice C/N en la superficie (0-2 cm) y fondo (6-8 cm) del sedimento de las lagunas estudiadas durante el mes de diciembre de 2015.

Conclusiones

Según los resultados obtenidos, las lagunas analizadas presentan grandes diferencias en sus variables físico-químicas y en las relativas a la fracción orgánica del sedimento. Esta gran variabilidad entre lagunas puede deberse, entre otros factores, al marcado gradiente de salinidad Norte-Sur que presentan, consecuencia de la intrusión de aguas marinas y de las elevadas tasas de evaporación que condicionan las características hidrológicas del humedal.

En general, se encuentran valores altos en el contenido de materia orgánica, pigmentos fotosintéticos y carbono y nitrógeno en las lagunas, con los máximos en la laguna Eucaliptal. El sedimento de esta

última pone de manifiesto su carácter eutrófico, siendo la más productiva de todas las lagunas estudiadas en el periodo de muestreo.

Agradecimientos

Este artículo se enmarca en un Trabajo de Fin de Grado de Ciencias Ambientales, desarrollado en el Departamento de Ecología y Geología de la Universidad de Málaga y tutorizado por la profesora Raquel Carmona Fernández y con la ayuda del profesor Enrique Moreno Ostos. Este trabajo se ha desarrollado con permiso de la Consejería de Medioambiente y Ordenación del Territorio de la Junta de Andalucía.

Referencias

- ¹Consejería de Medio Ambiente Junta de Andalucía 2004 & 2007. *Desembocadura del Guadalhorce*.
- ²Ruiz M y otros. 2008. *Evolución calidad del sedimento en el estuario del río Palmones*. Universidad de Málaga, pp: 201-212.
- ³Moyano J, 2016. *Características limnológicas de lagunas costeras próximas a la ciudad de Málaga*. Universidad de Málaga. Departamento de Ecología. 31 pp.
- ⁴Quintana X D y otros. 2004. Limnología de los humedales costeros mediterráneos. El caso de Aiguamolls del'Empordà. Asociación Española de Ecología Terrestre. *Ecosistemas* 13 (2):30-36.
- ⁵Wetzel G R 1981. *Limnología*. Ediciones Omega, S.A., Barcelona (Spain). El ciclo del Nitrógeno. Relación carbono : nitrógeno, 189 pp.

¿ES TAN MALO EL ACEITE DE PALMA? BREVE ANÁLISIS DE SU RELACIÓN CON ENFERMEDADES CARDIOVASCULARES Y CÁNCER

IS PALM OIL SO BAD? A BRIEF ANALYSIS OF ITS RELATIONSHIP WITH CARDIOVASCULAR DISEASE AND CANCER

por M^a CARMEN OCAÑA FARFÁN

DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA MOLECULAR Y BIOQUÍMICA, UNIVERSIDAD DE MÁLAGA

mocana@uma.es

Palabras clave: aceite de palma, ácido palmítico, ácidos grasos saturados, enfermedades cardiovasculares, cáncer

Keywords: palm oil, palmitic acid, saturated fatty acids, cardiovascular diseases, cancer

Enviado: 31 de mayo de 2017

Aceptado: 3 de julio de 2017

En los últimos años ha surgido una «nueva» preocupación en los medios de comunicación por la adición de aceite de palma en diversos productos de la industria alimenticia, afirmando una actividad cancerígena del mismo. Sin embargo, los resultados publicados en los últimos años son contradictorios y tal afirmación no puede confirmarse.

A “new” concern has risen recently in the media about the use of palm oil as component in alimentary products, which it is said to increase risk of developing tumors, to several products in the food industry. Nevertheless, results published during the last years are contradictory and pro-tumoral effect of palm oil cannot be confirmed.

Introducción

Hoy en día no nos cabe duda alguna de que la alimentación es de suma importancia para mantener una buena salud. El estrés que sufren muchas personas por cuestiones de estudios, trabajo o familia lleva a veces a limitar tanto el tiempo libre que en ocasiones sacrifican el cuidar su alimentación. Alimentos precocinados, comida «basura» o cualquier cosa que se encuentre por la cocina puede ser considerado una comida «para salir del paso». Una vez cada mucho no mata a nadie, pero un consumo continuado de este tipo de productos podría tener consecuencias perjudiciales para la salud, más si se suma a una vida sedentaria. Cabe mencionar, sin embargo, que tomar ciertos tipos de alimentos no te hacen invulnerable a enfermedades tan azarosas, en cierta medida, como puede ser el cáncer. Tener una dieta sana es importante pero no hay que quitarle mérito a los avances médicos que tantos años, trabajo y financiación cuesta desarrollar.

En los últimos meses una «nueva» preocupación ha emergido al aparecer en las etiquetas de diversos alimentos el aceite de palma. Muchos de estos alimentos son los precocinados mencionados anteriormente, pero también dulces, galletas, y productos similares. Durante muchos años se ha utilizado aceite de palma en la industria alimentaria, debido a su bajo precio y su fácil y abundante producción. Diversos estudios han relacionado este tipo de aceite con un aumento en la incidencia de enfermedades cardiovasculares (aunque hay controversia entre dis-

tintos estudios). Otros lo han asociado al desarrollo de diabetes mellitus tipo 2. Sin embargo, este grito al cielo contra el aceite de palma ha surgido a raíz de la afirmación de que aumenta el riesgo de padecer cáncer. El 3 de mayo de 2016 se organizó en Italia un simposio de la Fundación Nutricional de Italia (NFI)^[1], con el objetivo de reunir a expertos en nutrición que expusieran los efectos, tanto beneficiosos como perjudiciales, de este aceite. Con anterioridad, otros artículos de revisión respecto a este tema se han publicado en los últimos años^[por ejemplo, 2, 3].

La composición mayoritaria del aceite de palma incluye aproximadamente un 45 % de ácido palmítico, un ácido graso saturado, y un 40 % de ácido oleico, un ácido graso insaturado, además de otros lípidos minoritarios como ácido linoleico, ácido láurico, ácido araquidónico, ácido mirístico y ácido esteárico. Además, el aceite de palma contiene varios nutrientes, como vitamina E, carotenoides y esteroides, entre otros. Estos compuestos se consideran beneficiosos para la salud dada su actividad anti-oxidante. Sin embargo, dichos compuestos se pierden en el refinamiento industrial de este aceite, quedando poco más allá de la composición lipídica del mismo.

Aceite de palma y enfermedades cardiovasculares

En 2003, la Organización Mundial de la Salud reportó que el ácido palmítico aumenta el riesgo de desarrollar enfermedades cardiovasculares. De hecho, muchos años antes, tan pronto como en los años 50,

ya se consideraba que altas cantidades de ácidos grasos saturados daban lugar a enfermedades del corazón, algo que se denominó en inglés como «lipid theory». Sin embargo, no todos los estudios que se han realizado al respecto confirman esto. Diversos estudios no han visto correlación entre la ingesta de ácidos grasos saturados y la incidencia de enfermedad coronaria. Uno de ellos determinó que no solo los ácidos grasos saturados no aumentan el riesgo de padecer enfermedades cardiovasculares, sino que los ácidos grasos monoinsaturados lo reducen de forma moderada y los poliinsaturados aproximadamente a la mitad. Además, otros estudios han visto que el ácido palmítico aumenta ambas formas de colesterol, LDL y HDL, habiendo una proporción neutral. Sustituir los ácidos grasos saturados por los otros dos tipos de ácidos grasos provoca un aumento en ambas formas de colesterol de forma que la proporción entre ambas se mantiene inalterada, aunque este efecto solo se ve en individuos de avanzada edad. Es más, sustituir los ácidos grasos saturados, como el ácido palmítico, por otros insaturados, aumenta los beneficios para la salud. Sin embargo, el reemplazo de los mismos por carbohidratos no aporta ningún beneficio. En resumen, no hay evidencias claras y consistentes para afirmar que los ácidos grasos saturados aumenten el riesgo de padecer enfermedades cardiovasculares.

Aceite de palma y cáncer

Por otra parte, el peso que se le está dando en estos meses al aceite de palma es su supuesta relación con el cáncer. Un estudio reciente desarrollado en el IRB de Barcelona demostró que el ácido palmítico aumenta el grado de desarrollo de metástasis en ratones mediado por unos receptores denominados CD36^[4]. Sin embargo, en 2004 un estudio llevado a cabo en distintas líneas celulares de cáncer de mama en cultivo mostró que la expresión de estos receptores CD36 era menor en células altamente invasivas^[5], llegando a la conclusión contraria a la del grupo catalán. De hecho, en otros estudios se vio que ácidos grasos saturados, el ácido palmítico entre ellos, causan muerte celular programada en células de cáncer de mama invasivas^[6].

Pero todos los estudios anteriores mencionados en relación al ácido palmítico y cáncer se desarrollaron en modelos celulares o animales, no en seres humanos. Al pasar a la clínica, los resultados son también diversos. Un estudio asoció altos niveles de este ácido graso saturado con un aumento en el riesgo

de cáncer de mama en mujeres menopáusicas. Una posible explicación es que la incorporación de ácidos grasos puede estimular la síntesis de hormonas, incluyendo los estrógenos, lo cual ayudaría al desarrollo de este tipo de cáncer. Pero este efecto pro-tumoral de ácido palmítico no se reproduce siempre. En otros estudios en cáncer colorrectal no se encontró ninguna asociación entre la toma de ácidos grasos y la incidencia del cáncer, y lo mismo ocurre con el cáncer de próstata.

Conclusión

Por tanto, no parece haber una verdad absoluta acerca de los efectos perjudiciales de los ácidos grasos saturados contenidos en el aceite de palma. Los datos acerca de su relación con el riesgo de padecer enfermedades cardiovasculares y cáncer no son suficientes como para poder establecer una correlación. Sin embargo, como se mencionaba al principio de este artículo, suele ser común que personas cuya dieta contiene altas cantidades de aceite de palma no tengan un estilo de vida saludable en general. Llevar una dieta equilibrada, reduciendo al 10 % la toma de ácidos grasos saturados y sustituyéndolos por una rica en ácidos grasos insaturados (a un máximo de 25-30 % de ácidos grasos en la dieta), junto con la realización de ejercicio físico constituyen un ejemplo de vida sana que podría ayudar a prevenir este tipo de enfermedades. A pesar de esto, siempre hay que tener en cuenta que diversas causas genéticas, medioambientales y/o meramente estocásticas pueden llevar al desarrollo de tumores, con lo cual un estilo de vida saludable es una ayuda que no tiene por qué ser 100 % eficaz, pero sí recomendable.

Referencias

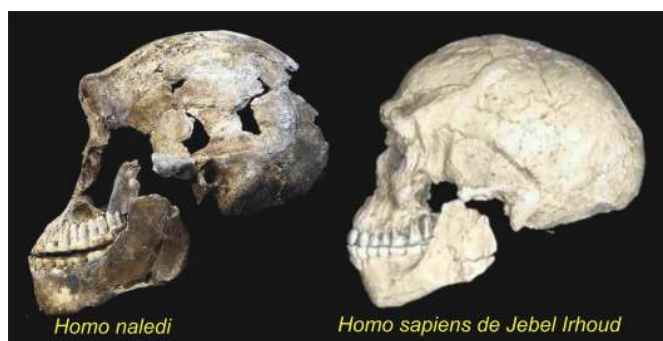
- ¹Marangoni F y otros. Palm oil and human health. Meeting report of NFI: Nutrition Foundation of Italy symposium. *Int J Food Sci Nutr*, 2017
- ²Fattore E, Fanelli R. Palm oil and palmitic acid: a review on cardiovascular effects and carcinogenicity. *Int J Food Sci Nutr* 64(5): 648-659, 2013
- ³Mancini A y otros. Biological and nutritional properties of palm oil and palmitic acid: effects on health. *Molecule* 20: 17339-17361, 2015
- ⁴Pascual G y otros. Targeting metastasis-initiating cells through the fatty acid receptor CD36. *Nature* 541: 41-45, 2017
- ⁵Uray IP y otros. Estradiol down-regulates CD36 expression in human breast cancer cells. *Cancer Lett* 207: 101-107, 2004
- ⁶Hardy S y otros. Saturated fatty acid-induced apoptosis in MDA-MB-231 breast cancer cells. *J Biol Chem* 278(34): 31861-31870, 2003



Encuentros con las novedades

Dos conocidos y muy inesperados

Desde el pasado mayo y principios de junio la comunidad paleoantropológica no gana para sorpresas. La cuestión insólita de tales eventos consiste en que el revuelo no se debe al descubrimiento inesperado de nuevos restos fósiles, sino en la ubicación temporal de restos fósiles ya conocidos.



En primer lugar, en mayo se publicó una reconstrucción bastante completa del cráneo de *Homo naledi*; hasta aquí dentro de lo normal. El descubrimiento de *H. naledi* tuvo un gran impacto hace un par de años, cuando se publicó en la revista e-Life. Este taxón, de dimensiones corporales reducidas (144,5-147,8 cm, 39,7-55,8 kg) y un cráneo que albergaba un cerebro exiguo (560-610 cm³), ligeramente superior al de un australopiteco, presenta como nosotros manos y muñecas adaptadas a la manipulación de objetos, aunque sus falanges son algo más largas y un poco más curvadas que las de los australopitecos incluso. Por otro lado, pese a que sus extremidades inferiores son también similares a las nuestras, algunas características de la columna vertebral y de la caja torácica recuerdan igualmente a las de los australopitecos. Inicialmente no fue posible datar los restos de este taxón. En general, los depósitos cársticos suelen presentar grandes problemas a la hora de ser datados y, en este caso, la situación es incluso más complicada, pues aún estando representado por más de 1500 restos de al menos 15 individuos, *H. naledi* es la única especie que compone la asociación fósil. Sin embargo, acaba de suministrarse una datación del yacimiento entre unos 236.000 y 335.000 años (Dirks et al., 2017). Esto supone, nada menos, que asumir que la morfología de *H. habilis s.l.* se extiende temporalmente más de un millón de años

desde el momento en que se creía desaparecida, hace algo más de un millón y medio de años.

La otra sorpresa viene de Marruecos y nos atañe directamente en tanto que se refiere a *Homo sapiens*. A principios de los años sesenta del siglo pasado una prospección minera descubrió accidentalmente un yacimiento fosilífero en Jebel Irhoud, al oeste de Marrakech. En él se encontraron numerosos restos fósiles con neurocráneos parecidos al de los neandertales, pero con caras más similares a la de los humanos anatómicamente modernos. A su vez, aparecían numerosas industrias líticas que también recordaban a las herramientas de piedra musterienses, típicas de neandertales. Dado que la edad atribuida a los mismos por aquel entonces era de unos 40.000 años, nadie pensaba que pudieran estar relacionados con nuestra especie. Recordemos que la primera evidencia fósil atribuida a *H. sapiens* se encuentra en Kibish, Etiopía con una edad de 195.000 años. Además, el primer cráneo bien conservado de un humano anatómicamente moderno (BOU-VP-16/1), localizado en Herto Bouri, también en Etiopía, está datado en unos 160.000 años. Para sorpresa de todos, este junio se ha publicado una datación de los restos de Jebel Irhoud en unos 315.000 años (Richter et al. 2017) y si, como afirman los autores, estos restos pertenecen a los primeros representantes de nuestra especie, ello implicaría llevar atrás nuestros orígenes en unos 100.000 años. Es bien cierto que las comparaciones del ADN humano con el recuperado en los fósiles indicaba que la divergencia entre los humanos modernos, los neandertales euroasiáticos y los denisovanos debía haberse producido en torno a hace medio millón de años; sin embargo, se carecían de evidencias paleontológicas al respecto. Este hallazgo, pues, hace cuadrar mucho más los datos del registro con los suministrados por los estudios genéticos.

Conociendo como es el mundo de la paleoantropología, los nuevos hallazgos van a dar para mucho debate en los próximos años.

Referencias

- ¹Dirks et al., 2017. The age of *Homo naledi* and associated sediments in the Rising Star Cave, South Africa. *eLife*, 6, e24231.
- ²Richter et al., 2017. The age of the hominin fossils from Jebel Irhoud, Morocco, and the origins of the Middle Stone Age. *Nature*, 546, 293.

Del misterio del metano marciano a la exobiología

ENTREVISTA CON JOSÉ JUAN LÓPEZ MORENO

Observar e imaginar el espacio ha sido una actividad ligada a la humanidad desde sus albores. En él siempre hemos buscado respuesta a inquietantes preguntas sobre nuestra propia naturaleza, nuestra posición en el Universo, la presencia de vida en otros planetas o su origen en el nuestro. Los enormes avances en ciencia y tecnología que han caracterizado la segunda mitad del siglo XX y el comienzo del XXI permiten ahora explorar los secretos mejor guardados del espacio, utilizando sofisticados instrumentos a bordo de aeronaves o instalados en Tierra. Los resultados que se obtienen son a menudo sorprendentes, y no dejan de abrir nuevos y apasionantes interrogantes para la física y la biología. Así, diversas observaciones recientes han sugerido la presencia de metano en la atmósfera de Marte, y entre las hipótesis que se han planteado no se descarta su posible origen biológico (presente o pasado). Todavía más reciente ha sido la publicación de la NASA sobre el descubrimiento de TRAPPIST-1, un sistema solar situado a unos 40 años-luz de la Tierra en el que existen tres planetas que podrían tener agua en superficie y potencialmente albergar vida.

Para conocer mejor estos temas hemos tenido el placer de entrevistar a José Juan López Moreno, astrofísico, profesor de investigación del CSIC y miembro del Departamento de Investigación del Sistema Solar del Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC, Granada). El Dr. López Moreno es experto en el estudio de atmósferas planetarias y ha contribuido como científico en varias misiones espaciales en las que ha participado España. En esta ocasión, ha accedido a mantener una conversación con *Encuentros en la Biología* sobre el misterio del metano en Marte, que nos ha llevado todavía más allá, hasta Europa, Encelado, Titán y el sistema TRAPPIST-1.



Foto 1. Entrevistado. Crédito: Instituto de Astrofísica de Andalucía.

EEB: ¿Cómo y cuándo se detectó metano en Marte por primera vez?

JJLM: Hay varias publicaciones sobre la detección del metano en la atmósfera de Marte. La primera publicación en 2004 estaba basada en medidas realizadas desde la Tierra, meses después se publica la

detección realizada con el instrumento PFS, un fotómetro infrarrojo a bordo de Mars Express y en órbita alrededor de Marte. Posteriormente utilizando espectroscopía de alta resolución se publicaron medidas de la distribución de metano realizadas desde telescopios terrestres.

EEB: ¿Qué concentración de metano se registra en Marte? ¿Es constante y regular en el tiempo y en el espacio?

JJLM: Las concentraciones de metano registradas en Marte se encuentran en los límites de detección de la instrumentación utilizada hasta hoy. Los resultados obtenidos hasta el momento son muy diferentes, muy variables y muestran variaciones que no somos capaces aún de explicar con los conocimientos de física atmosférica actual.

EEB: ¿Cuáles son los posibles orígenes del metano marciano?

JJLM: El metano en la Tierra tiene un origen biológico, sin embargo es muy poco probable que el metano marciano tenga ese origen. El origen del metano en Marte hay que buscarlo en procesos geológicos producidos en el subsuelo en los que materiales como la Olivina, en contacto con agua a alta temperatura pudiera producir metano y éste emergería a la superficie.

EEB: ¿Y los sumideros? ¿Cómo desaparece el metano en Marte? ¿A qué ritmo lo hace?

JJLM: El metano, una vez liberado en la atmósfera se somete a procesos de oxidación y de fotodisociación que lo destruyen. Si no hay reposición desde la superficie, el metano acaba desapareciendo en la atmósfera. El tiempo medio de supervivencia del metano en la atmósfera de Marte es de varios años hasta su desaparición.

EEB: ¿Es este hallazgo un indicio de posible vida en Marte?

JJLM: Como hemos explicado antes, creemos que es muy poco probable que el metano de Marte tenga un origen biológico.

EEB: ¿Existen otras causas abióticas capaces de justificar la presencia de metano en Marte? ¿Podría explicarlas para nuestros lectores?

JJLM: Procesos geológicos ocurridos en el subsuelo de Marte pueden generar la liberación de metano.

EEB: ¿Es la primera vez que se presta atención al enigma del metano?

JJLM: La búsqueda de vida, presente o pasada, en Marte ha sido desde siempre uno de los focos de atención de la investigación espacial. La posible presencia de metano en su atmósfera abrió la puerta a la búsqueda de su origen que podría llevar a la confirmación de la presencia de procesos biológicos que lo produjeran. Las observaciones hasta el momento muestran una variabilidad de metano en la atmósfera que no somos capaces de explicar. Eso hace aún mayor el interés en conocer cómo nace y cómo desaparece el metano en Marte.

EEB: ¿Qué es la misión ExoMars?

JJLM: Es una misión de exploración, es el primer paso de un ambicioso proyecto de exploración del planeta Marte que podría culminar con la presencia humana de Marte. Claro que ese es un objetivo a muy largo plazo. ExoMars está dedicado a estudiar las condiciones de habitabilidad de Marte. Primero con el actual orbital TGO y después, en 2020 con el aterrizaje de un vehículo equipado con un potente laboratorio en su superficie. Este primer paso será continuado con una misión que tomará muestras de la superficie y las traerá de vuelta a la tierra para su estudio.

EEB: ¿Qué papel juega el Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC) en esta misión?

JJLM: El IAA-CSIC participa en uno de los cuatro instrumentos que van a bordo de la nave orbital TGO, el instrumento NOMAD.

EEB: ¿Qué es NOMAD? ¿Cómo funciona?

JJLM: NOMAD es un espectrógrafo con dos canales, uno en infrarrojo y otro en el visible y ultravioleta cercano.

Funciona en varios modos de observación: Ocultación solar, midiendo cómo la atmósfera de Marte absorbe la luz procedente del sol, y otra en visión directa tanto al limbo del planeta como mirando desde el satélite hacia la superficie.



Foto 2. El «NOMAD (Nadir and Occultation for Mars Discovery)» es uno de los cuatro instrumentos de la sonda espacial Exomars TGO («Trace Gas Orbiter») que se ha construido con la colaboración de nuestro entrevistado y su equipo. Fue lanzada al espacio el 14 de marzo del 2016. Créditos: Agencia Espacial Europea.

EEB: ¿ExoMars incluye la discriminación isotópica del carbono para investigar el origen del metano marciano?

JJLM: Efectivamente, la enorme resolución espectral NOMAD permitirá determinar no solo la concentración de los gases minoritarios de su atmósfera, sino también la distribución de los distintos isótopos (deuterio frente a hidrógeno, ^{13}C y ^{14}C frente a ^{12}C) Estas determinaciones de las composiciones isotópicas nos darán mucha luz sobre el origen y evolución de estos gases en la atmósfera.

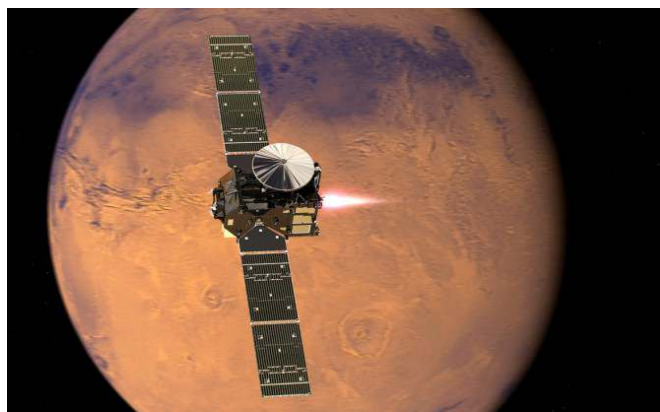


Foto 3. La ExoMars TGO empezó a frenar en marzo de este año y aún tardará nueve meses en adaptar su velocidad a la órbita elíptica que han diseñado los astrónomos. Así tendrá acceso a los primeros 200 km de la tenue atmósfera marciana. Créditos: Agencia Espacial Europea.

EEB: ¿Está midiendo metano sólo en la atmósfera marciana, o lo hace también en el suelo?

JJLM: NOMAD tiene varios modos de operación, además de estudiar la distribución de gases a lo largo de la atmósfera, también tiene un modo de observación de NOMAD mirando hacia el suelo sincronizado con la cámara de alta resolución.

EEB: ¿Es posible cartografiar la distribución espacial del metano en Marte?

JJLM: Efectivamente, mediremos tanto como se distribuye en altura como la distribución geográfica con objeto de intentar localizar las fuentes de producción (y eventualmente las pérdidas) y poderlas asociar a la geología (montañas, valles, fallas etc.) de la superficie.

EEB: ¿Qué otros compuestos minoritarios, además del metano, están determinando en la atmósfera de Marte? ¿Alguno de ellos puede tener conexión con procesos biológicos actuales o pasados?

JJLM: El vapor de agua, el monóxido de carbono, el oxígeno, en cualquiera de sus formas: atómico, molecular u ozono, son muy importantes para entender el comportamiento global de la atmósfera marciana. NOMAD está también diseñado para detectar otros compuestos como el metanol y el formaldehído que se formarían por la acción del sol y otros compuestos sobre el metano atmosférico.

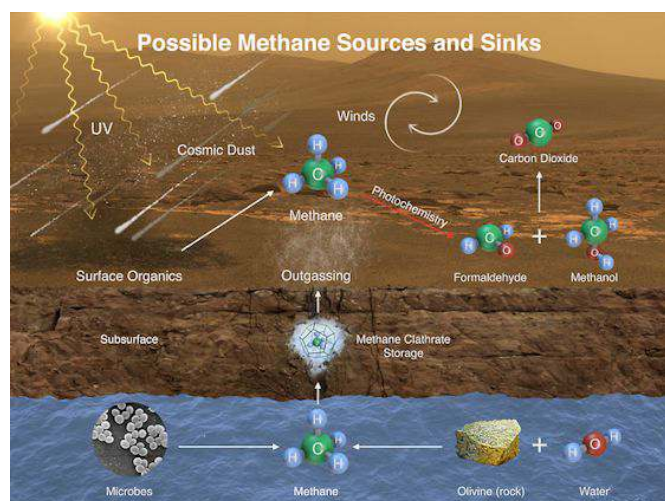


Foto 4. El metano se puede originar de forma abiótica a partir de la olivina y el agua, ¡pero no se puede descartar que sean los microbios también! Esto podría provocar inyecciones periódicas desde la corteza a la atmósfera, donde la vida media del metano es efímera por culpa de la foto-oxidación. Créditos: NASA/JPL-Caltech/SAM-GSFC/Univ. of Michigan

EEB: Otro reciente hallazgo señala la pasada ausencia de CO_2 atmosférico suficiente para mantener agua líquida en la superficie de

Marte, sin embargo, existen pruebas sólidas de la presencia de flujos de agua en ese mismo pasado. ¿Qué posible explicación podría darse al fenómeno?

JJLM: La explicación no puede ser otra que, en un tiempo anterior, la atmósfera de Marte fuera mucho más densa que en la actualidad. Esa atmósfera, debido a la menor gravedad de Marte, se ha ido perdiendo.

EEB: ¿Existe algún otro gas capaz de mantener la temperatura y presión superficial suficientes para permitir la presencia de agua líquida en Marte?

JJLM: La primitiva atmósfera de Marte pudo estar compuesta en una mayor proporción que la actual de nitrógeno molecular y gases nobles que fueron barridos por el viento solar. El CO_2 es un gas con peso molecular suficiente para mantener un alto nivel de presión en las condiciones de gravedad de Marte, pero la realidad es que su concentración actual no es lo suficientemente alta para que la presión permita la presencia de agua líquida.

EEB: ¿Cree que esta misión puede ayudar a comprender el origen de la vida en la Tierra?

JJLM: Si encontráramos indicios de que el origen del metano marciano pudiera ser orgánico, se abriría, claramente, una vía de investigación de sumo interés y que aportaría grandes conocimientos para entender el origen de la vida tanto en Marte como en nuestro planeta.

EEB: ¿Cree que la exploración humana es imprescindible para comprender por completo los misterios marcianos?

JJLM: La exploración humana es, claramente, la que permite realizar investigaciones más completas desde todos los puntos de vista, sin embargo, actualmente la tecnología de la que disponemos y el altísimo coste que supondría el desarrollo de ésta, está muy lejos de permitir un viaje tripulado a la superficie de Marte y regreso.

EEB: ¿Qué papel juega el avance técnico al respecto?

JJLM: Fundamental. Hay que desarrollar mucha robótica previamente a una misión humana. Pensemos que despegar de la superficie de Marte es algo más fácil que hacerlo desde la Tierra pero muchísimo más difícil que hacerlo desde la Luna y esto complica sobremanera la realización de una misión humana.

El diseño y ejecución de una misión que aterrice en Marte, tome muestras y regrese a la Tierra es un paso imprescindible antes de intentar una misión humana a su superficie.

EEB: Seguro que conoce el hallazgo de las siete «casi-Tierras» en el sistema TRAPPIST-1.

40 años-luz es demasiado lejos para las sondas, pero ¿se podría utilizar «algo» para hacer lo mismo que en Marte en esos planetas?

JJLM: La distancia al sistema TRAPPIST-1, aunque astronómicamente se puede pensar que es pequeñísima, no permite su exploración «in situ» con instrumentación científica realizada en La Tierra. Nuestros esfuerzos se deben dirigir a perfeccionar los sistemas de observación, tanto desde la superficie de la Tierra como a bordo de naves espaciales, para poder aumentar el detalle de las observaciones de éste y de otros muchos sistemas planetarios ya conocidos o por conocer.

EEB: ¿Podría existir alguna característica en la composición atmosférica de alguno de estos planetas que descartasen cualquier posibilidad de generación abiótica?

JJLM: Claro, cuando contemos con instrumentación capaz de obtener espectros de estos planetas, y con ello la detección de determinados gases (metano, amoníaco, vapor de agua, oxígeno, etc.) podremos entender mucho sobre su capacidad para albergar vida.

EEB: En su opinión, ¿A cuál de estos objetivos cree que debería dedicarse mayor esfuerzo con el objetivo de encontrar posible actividad biológica pasada o presente: Marte, Europa, Próxima b o TRAPPIST-1? ¿Nos recomienda algún otro sitio más atractivo en este aspecto?

JJLM: Yo tengo debilidad por un cuerpo del sistema solar que esconde en su superficie el milagro del estado líquido. El estado líquido es un rarísimo estado de la materia. Tanto es así que en la Tierra sólo hay dos compuestos que permanecen de forma estable es su superficie en estado líquido: uno es el agua, y ésta se mantiene porque hay mucha, y el otro compuesto es el mercurio. Cualquier otro líquido que se deje en la superficie de la tierra se evaporará (o sea pasará a estado gaseoso) y no volverá a ser líquido nunca más. El estado líquido permite la realización de reacciones químicas mucho más complejas y a velocidades mucho mayores que las reacciones que se dan entre sólidos y entre gases. Este hecho ha permitido el desarrollo en la Tierra de esa química tan compleja que ha dado lugar a la vida.

Pues bien, el único cuerpo del Sistema Solar en cuya superficie sabemos que hay algún compuesto en estado líquido es Titán en cuya superficie el metano y el etano pueden encontrarse en estado líquido. La exploración de Titán mediante una misión de más larga duración que la que la sonda Huygens a bordo de la misión Cassini realizó, sería fundamental para el conocimiento de posibles formas orgánicas complejas así como de la evolución de la atmósfe-

ra terrestre. Añadamos al hecho de la presencia de elementos líquidos en su superficie, que la atmósfera de Titán está compuesta principalmente, al igual que la nuestra, de nitrógeno lo que permite pensar que la atmósfera presente de Titán es parecida a la que pudo tener la Tierra en sus primeros estadios de formación.

Hay en el Sistema de Saturno otro satélite, Encelado, que nos ofrece a través de sus géiseres del polo sus chorros de vapor de agua mezclado con compuestos orgánicos que expulsa desde sus océanos interiores. Una misión que vuelva a Titán y estudie a fondo Encelado es, para mí, la prioridad número uno en la exploración espacial.

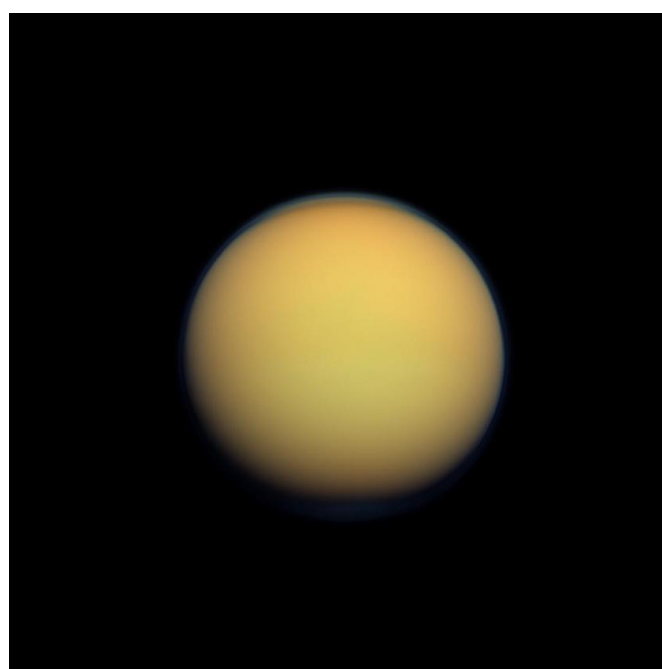


Foto 5. Titán, la luna gigante de Saturno (vista por la sonda Cassini) es uno de los astros preferidos de nuestro invitado. Sus condiciones permiten la existencia de mares y ríos, no de agua, sino de metano. ¿Qué seres vivos se podrían desarrollar en tal disolvente apolar? Créditos: NASA

EEB: ¿Cuál es la base física que permitirá a telescopios como el JamesWebb analizar atmósferas tan lejanas como las de planetas del recién descubierto TRAPPIST-1?

JJLM: Su altísima resolución espacial permitirá ayudar a distinguir qué parte de la información que recibimos procede de la estrella central y qué parte de cada uno de los planetas que la rodean.

EEB: ¿Qué sistemas de propulsión viables a medio plazo permitirían emprender misiones robóticas a sistemas «ceranos» como Próxima Centauri?

JJLM: La propulsión basada en energía nuclear, con los enormes riesgos que conlleva, sería la única que

permitiría realizar naves que pudieran ser aceleradas hasta alcanzar la altísima velocidad para intentar conseguir llegar a esos sistemas cercanos en un tiempo a escala con la vida humana.

EEB: ¿Hay alguna característica en la fina atmósfera del satélite Europa que pudiera suponer un problema para una futura misión robótica a su superficie? ¿O considera que el mayor desafío para dicha sonda sería el viaje interplanetario?

JJLM: El viaje interplanetario a Europa no es complicado y se ha realizado ya en varias ocasiones. La misión Juice que la ESA planea lanzar al sistema de Júpiter en 2022 hará sobrevuelos a Europa aunque no está previsto el aterrizaje en su superficie. Un aterrizaje de este tipo sí puede presentar graves inconvenientes al carecer de atmósfera densa. Por otro lado, la enorme interacción de los motores que permitieran su aterrizaje sobre la superficie de Europa, podrían arruinar los resultados de la propia misión debido a la contaminación de agentes externos.

EEB: ¿Existe algún mecanismo que permita a Europa mantener un núcleo activo capaz de generar energía interna?

JJLM: Efectivamente, se piensa que las mareas producidas por su rotación alrededor de Júpiter, pueden proporcionar energía en su núcleo. También se ha pensado en la posibilidad de la presencia de un núcleo metálico fundido que al enfriarse proporcione energía.

EEB: Una pregunta filosófica: Si, finalmente encontramos un modo viable para terraformar Marte, ¿cree que el ser humano está éticamente legitimado para colonizarlo, especialmente si se descubrieran indicios de vida pasada microbiana?

JJLM: No veo ningún inconveniente ético en colonizar Marte para adecuarlo a aceptar presencia huma-

na en él. En caso de que se encontrara vida microbiana en él y que ésta estuviese basada en mecanismos distintos a los que ocurren en nuestro planeta, habría que estudiar cómo preservarla y cómo permitir su evolución.

EEB: ¿Les ha costado mucho trabajo convencer a las autoridades para que financien el proyecto NOMAD de Exomars?

JJLM: Me costó mucho trabajo conseguir que el proyecto fuera aprobado inicialmente por ESA y NASA y posteriormente por ESA y ROSCOSMOS (la agencia espacial rusa) y lo conseguimos.

Convencer a las autoridades españolas para que lo financiaran me ha resultado una labor imposible: *no lo han financiado*. Han sido nuestros colegas belgas y del Reino Unido los que han corrido con el 95 % de los gastos que correspondían a España en el consorcio inicial que propuso el instrumento.

EEB: Por último, una cuestión que puede resultar interesante a muchos estudiantes de educación secundaria y universitaria: ¿qué les recomienda si están interesados en trabajar en astrofísica o exobiología en su futuro profesional? ¿Qué recorrido curricular y académico cree que sería más apropiado?

JJLM: No soy muy dado a dar consejos, pero está claro que una fuerte formación en matemáticas, física, química y biología, además de un buen conocimiento de nuevas tecnologías (electrónica y computación) es fundamental como base del desarrollo de una carrera en astrofísica o en exobiología. Cualquiera de los estudios de ciencias e ingenierías es una buena base. Luego, una estancia en un buen centro de investigación en España o en el extranjero es imprescindible. Combinar la carrera entre España y centros de élite extranjeros dará resultados científicos de primera línea.

LOS *cabellos de Venus*: RESURGIR DE LA VIDA TRAS EL CATACLISMO*Venus hairs: LIFE COMEBACK AFTER THE CATACLYSM*

por CRISTIAN RAMÍREZ RODRÍGUEZ

ALUMNO DEL GRADO EN BIOLOGÍA. FACULTAD DE CIENCIAS. UNIVERSIDAD DE MÁLAGA.

macahon96@gmail.com

Palabras clave: volcán, recolonización marina, bacterias oxidadoras de azufre, El Hierro

Enviado: 12 de junio de 2017

Keywords: volcano, marine recolonization, sulfur oxidizing bacteria, El Hierro island

Aceptado: 3 de julio de 2017

La erupción submarina del volcán Tagoro en las aguas de la isla El Hierro en 2011 brindó a un grupo científico internacional, formado por españoles, italianos e ingleses, en colaboración con el Instituto Español de Oceanografía, la excepcional oportunidad de estudiar *in situ* y a una corta escala de tiempo el proceso de recolonización y recuperación de un ecosistema recién destruido por masivas emisiones de CO₂ y H₂S junto a un gran aumento en la temperatura y turbidez del agua y una importante reducción en la concentración de O₂ disuelto. La pieza clave de este proceso, objeto principal de la investigación, resultan ser unos agregados bacterianos en forma de misteriosos y llamativos filamentos grisáceos que han crecido alrededor del cono volcánico del Tagoro en una extensión de casi 2000 m², denominados como *cabellos de Venus* por su curiosa morfología.

The submarine eruption of Tagoro volcano in the vicinity of El Hierro island in 2011 renewed an exceptional exceptional opportunity to study in situ and to a short timescale the process of recolonization and recovery of an ecosystem recently destroyed by the massive emissions of CO₂ and H₂S with the accompanying features of great increase in water temperature and turbidity and a significant loss of dissolved O₂. The main object of the investigation were bacterial aggregates in the form of mysterious and striking grayish filaments that have grown around the volcanic cone of the Tagoro in an extension of almost 2000 m², named Hair of Venus by its curious morphology.

Introducción

La dramática fragilidad de los ecosistemas contrasta, casi de forma incongruente, con la espeluznante velocidad con que la vida reconquista regiones devastadas por cataclismos aniquiladores. La isla de El Hierro vivió en 2011 un episodio de inusitada violencia geológica del que, probablemente, surja el germen de una nueva isla canaria. Como siempre, son los microbios los que inician los cimientos del nuevo ecosistema.

Un peligroso sistema de estudio...

El transporte al lugar de interés así como la recolección de muestras, no exentos de peligro, se hicieron con un buque y un submarino autónomo sumergible del Instituto Español de Oceanografía (IEO). Se recolectaron tanto muestras del medio físico para su caracterización y análisis geoquímico como muestras biológicas de los *cabellos de Venus* y otros organismos procariotas y eucariotas asociados para comprender mejor sus interacciones. A continuación tuvo lugar la preparación y observación en distintos tipos de microscopía para caracterización morfológica. Se realizaron también ensayos de actividades

enzimáticas extracelulares. Finalmente se procedió a la extracción y secuenciación de ADN de muestras aisladas de estos agregados microbianos y también de muestras microbianas conjuntas para ser ambas posteriormente sometidas a análisis bioinformáticos y poder así hacer comparaciones filogenómicas y metabólicas.

...rinde resultados impresionantes

Los análisis del medio físico muestran un sustrato de lavas basálticas formadas por silicatos, hierro, aluminio, calcio, magnesio, titanio y por concentraciones variables de sulfuros. Además a nivel biótico, este último dato queda corroborado por la morfología a microscopía de los filamentos y su alto contenido en sulfuro. Estas características la sitúan dentro del orden de bacterias filamentosas oxidadoras de azufre *Thiotrichales* donde destacan los géneros *Beggiatoa* y *Thioploca*. Sin embargo a diferencia de estos, los *cabellos de Venus* no poseen vacuolas, dándole así la condición de candidato a un nuevo género y especie al que han denominado *Thiolava veneris* después de los análisis metagenómicos que muestran una identidad máxima del 51 % con la especie conocida más cercana.

Sin duda lo más llamativo de la investigación es el potencial metabólico tan amplio que posee este organismo. Debido a las exigencias del entorno, de características extremas por las altas concentraciones de sulfuros, la escasez de luz y de oxígeno y la temperatura que supone vivir en los alrededores de un volcán submarino, eran de esperar resultados a destacar en términos metabólicos.

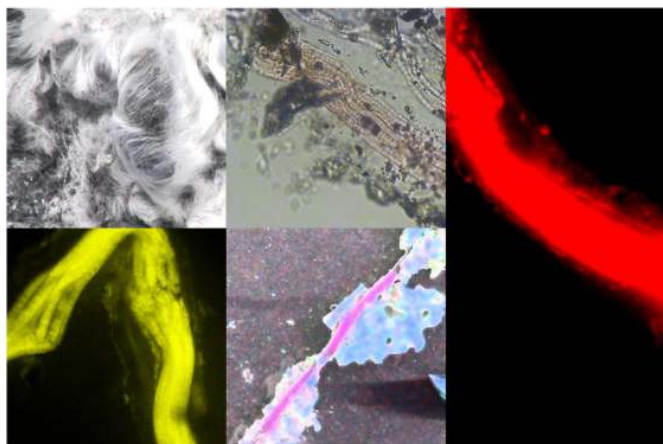


Figura 1. Imágenes macroscópicas y microscópicas de los filamentos de los *cabellos de Venus* ordenados de mayor a menor escala. Derechos de la imagen: Roberto Danovaro y otros (2017). *A submarine volcanic eruption leads to a novel microbial habitat. Nature Ecology & Evolution.*

En los análisis llevados a cabo se han hallado genes implicados en el ciclo del ácido tricarboxílico como proceso para explotar sustratos orgánicos, tres vías distintas para la fijación de carbono, oxidación no asimilativa de H_2S a SO_4^{2-} y la oxidación de tiosulfato. Además destaca la capacidad de nitratorreducción asimilativa y no asimilativa (NO_3^- a NH_4^+) que se dan de manera compartimentada. Otro resultado llamativo fue el hallazgo de genes codificadores de hidrogenasas resistentes a la oxidación. Este dato sugiere una vía de obtención de energía a partir de hidrógeno molecular. Por último, cabe destacar el descubrimiento de una proteína que guarda una similitud del 60 % con una conocida ATPasa translocadora de metales pesados. Esto le aporta una gran importancia ecológica debido a su capacidad para detoxificar medios con alto contenido en metales pesados.

Este gran abanico metabólico y, principalmente, la intrincada y diversa combinación de rutas metabólicas implicadas en la asimilación de carbono inorgá-

nico, no han sido anteriormente descritas para ningún genoma bacteriano. Sorprendentemente, existe una ausencia de genes implicados en cualquier tipo de fotosíntesis, por lo que se excluye este proceso del metabolismo de los *cabellos de Venus*.

Con respecto al total de organismos presentes en las muestras recogidas se encuentran desde una importante diversidad de procariotas (principalmente del filo Proteobacteria) hasta un conjunto considerable de metazoos pasando por distintas fases larvarias y adultas de fauna bentónica demostrando el potencial de los *Cabellos de Venus* para albergar y mantener los ciclos de vida completos de muchas especies de organismos para las que estos agregados suponen una importante fuente de alimento y sustento. Solamente la comunidad procariota de Woody Crack, situada en la dorsal centro-atlántica, posee una similitud del 15 % con la estudiada en el Tagoro, siendo la más parecida a éste.

Conclusión (por ahora)

Los resultados de la investigación, por el momento, dan a conocer las peculiares adaptaciones metabólicas del candidato *Thiolava veneris* como motor principal del ecosistema que se sustenta sobre estos agregados bacterianos. También aporta un mayor conocimiento en relación con la recuperación de la vida tras una catástrofe natural como es la erupción de un volcán submarino y la creación de nuevos hábitats por parte de una biodiversidad amplia y anteriormente desconocida.

Referencias

- ¹Roberto Danovaro y otros (2017). A submarine volcanic eruption leads to a novel microbial habitat. *Nature Ecology & Evolution*. doi:10.1038/s41559-017-0144
- ²Hisaya Kojima y otros (2015). Ecophysiology of Thioploca ingrica as revealed by the complete genome sequence supplemented with proteomic evidence. *The ISME Journal* (2015) 9, 1166–1176; doi:10.1038/ismej.2014.209
- ³Chernitsyna S M y otros. *Microbiology* (2016) 85: 562. doi:10.1134/S0026261716050027
- ⁴Buck K R y otros. (2014), Thioploca spp. sheaths as niches for bacterial and protistan assemblages. *Mar Ecol*, 35: 395–400. doi:10.1111/maec.12076
- ⁵M G Prokopenko y otros (2013). Nitrogen losses in anoxic marine sediments driven by Thioploca-anammox bacterial consortia. *Nature* 500, 194–198. doi:10.1038/nature12365

Ámbito y política editorial

La revista *Encuentros en la Biología* (ISSN 1134-8496) es una revista de divulgación científica con carácter interdisciplinar, está editada por la Universidad de Málaga y publica periódicamente (primavera, verano, otoño, invierno) aquellas contribuciones originales que se enmarcan en un ámbito de encuentro entre las ciencias biológicas y las demás fuentes de conocimiento científico; esto es, conocimiento testado experimentalmente y avalado al menos por una fuente primaria de documentación. Aceptará también la edición de biografías de autores relevantes, de reseñas de libros y trabajos especializados, de imágenes para la portada, la sección «La imagen comentada» y otras secciones especializadas, así como noticias, comunicaciones y eventos relacionados con la biología. La editorial valorará positivamente la contribución de los trabajos en un formato ameno y accesible para estudiantes y profesores de todas las áreas de la biología, al igual que la presentación de las últimas novedades científicas en este área.

Encuentros en la Biología es un foro de difusión abierto para todas aquellas personas que estén interesadas en enviar sus aportaciones. Las contribuciones así presentadas deberán ajustarse a la política editorial y a las normas que a continuación aparecen como «Instrucciones para los Autores». La revista se reserva el derecho a realizar cuantas modificaciones en forma y diseño estime oportunas.

Instrucciones para los autores

1. Todas las contribuciones presentadas deberán ser inéditas o contar con la autorización expresa del organismo que posea los derechos para su reproducción, en cuyo caso la edición incluirá la referencia de su autoría. Los manuscritos recibidos serán además sometidos a revisión con medios técnicos para detección de plagios.
2. Cada contribución constará de un título, el nombre completo del autor o autores, su afiliación (institucional, académica o profesional), su dirección postal, correo electrónico y teléfono. Para distinguir la afiliación de diferentes autores utilice símbolos (*, †, ‡, §, ¶, etc.) después del nombre de cada uno.
3. El documento se puede enviar en formato txt, rtf, sxw/odt (OpenOffice/LibreOffice), doc/docx (MS-Word) o tex (LaTeX). Debido a las restricciones de espacio, la extensión no debe superar las 1600 palabras; en caso contrario, el editor se reserva el derecho a dividirlo en varias partes que aparecerán en números distintos.
4. Los nombres de las proteínas se escribirán en mayúsculas y redondilla (ABC o Abc). Los de genes y especies aparecerán en cursiva (*ABC*, *Homo sapiens*). También se pondrán en cursiva los términos que se citen en un idioma distinto al castellano.
5. Los autores que no sean castellanohablantes pueden remitir sus manuscritos en inglés. Una vez aceptado, el equipo editorial elaborará un resumen en castellano.
6. Las tablas, figuras, dibujos y demás elementos gráficos deberán adjuntarse en ficheros independientes. Cuando sea posible, utilice el formato vectorial no propietario pdf, svg, eps o ps. En caso de fotografías o figuras tipo *bitmap* se pueden enviar en formato jpg, tif o png con una resolución mínima de 300 ppp. Existe la posibilidad de incorporar breves animaciones en formato gif a baja resolución.
7. Las referencias bibliográficas se citarán dentro del propio texto, numeradas por orden de aparición. Al final del mismo, se incluirá la sección de *Bibliografía* o *Referencias* de acuerdo con el estilo del siguiente ejemplo:
¹Einstein Z y Zwestein D. Spatial integration in the temporal cortex. *Res Proc Neurophysiol Fanatic Soc* 1: 45-52, 1974.
²Sóbol I. *Método de Montecarlo*. MIR, Moscú. 1976.
 Si hay más de dos autores, se citará el primero seguido de «y otros».
 Si el texto principal no incluye referencias bibliográficas, se ruega a los autores que aporten 3-4 referencias generales «para saber más» o «para más información».
8. Se anima a contribuir a la sección *la imagen comentada* con imágenes originales o de libre distribución (300 ppp de resolución como mínimo) acompañadas en documento aparte con un breve comentario de unas 300 palabras relacionado con la misma (descripción, información, técnica, etc.).
9. Se considerará cualquier contribución para las distintas secciones de la revista.
10. Envío de contribuciones: el original se enviará por correo a los coeditores o a cualquier otro miembro del comité editorial que consideren más afín al tema de la contribución. Como último recurso, se pueden enviar por correo postal acompañados de un CD. No se devolverá ningún original a los autores.
11. La aceptación de todas las contribuciones se hará a petición de los miembros del equipo editorial, manteniendo en todo caso los co-editores la decisión final sobre la misma. También se podrá sugerir al autor mejoras formales o de contenido para adaptar el artículo al perfil de la revista. La notificación se enviará por correo electrónico al autor que figure como corresponsal.