

OKEANOS

ISSN: 2444-4758



P.V.P. 4,95 €

Microplásticos

Amenaza de los ecosistemas marinos

Tiburones y rayas

Comportamiento de emergencia
del nido en neonatos de tortuga boba

La respiración del plancton
en el afloramiento peruano

Isla Príncipe. El último paraíso

Un vacío en el Pacífico llamado el Niño Costero

Editor Jefe Dr. José Juan Castro Hernández (Universidad de Las Palmas de Gran Canaria)

Editor Técnico D. Jorge A. Liria (Mercurio Editorial)

Coordinadores de sección. Artículos científicos Dr. Aridane González González (LaberMer, Institut Universitaire Européen de la Mer Plouzane, Francia); Dr. Jesús Martínez Martínez (Departamento de Física, Universidad de Las Palmas de GC)

Personajes y efemérides D. Airam Sarmiento Lezcano y D. Amir Cruz Makkí (Sociedad Atlántica de Oceanógrafos)

Agenda Dr. Juan Fco. Betancort Lozano (Sociedad Atlántica de Oceanógrafos)

Noticias y Libros Dra. Miriam Torres Padrón (Departamento de Química, Universidad de Las Palmas de GC)

Entrevistas Aridane González González y Juan Fco. Betancort Lozano

Monstruos Marinos Dr. José J. Castro y Dr. Luis Felipe López Jurado (Inst. Univ. EcoAqua, Univ. de Las Palmas de GC)

Fotografía Dr. Aketza Herrero Barrencua y Dr. Yeray Pérez González (Sociedad Atlántica de Oceanógrafos)

Mantenimiento Web Dr. Francisco J. Machín Jiménez (Universidad de Las Palmas de GC)

Maquetación y cuidado de la revista D. Jorge A. Liria

Edición papel y on-line: Mercurio Editorial

(www.mercurioeditorial.com)

Correo electrónico: jose.castro@ulpgc.es

Teléfono: (+34) 928454549

ISSN: 2444-4758 DL GC 639-2015

- 04** El reglamento de aleta adherida en las pesquerías de tiburones, ¿es realmente eficaz? Sara Rendal Freire
- 07** AGENDA
- 08** Tiburones y rayas. Los elasmobranchios y las competencias espaciales pesqueras en Canarias. Alberto Bilbao Sieyro, Yeray Pérez González, Ángel Lobo Rodrigo, Rosa Rodríguez Bahamonde, Lorena Couce Montero, David Jiménez Alvarado, José Juan Castro Hernández.
- 12** Los microplásticos. Amenaza de los ecosistemas marinos. Alicia Herrera, Ana Liria, Patricia Ostiategui y May Gómez
- 18** Un paraíso al borde del colapso. El blanqueamiento del coral pone en riesgo su futuro. Gonzalo Pérez-Rosales Blanch
- 23** EFEMÉRIDES. El viaje científico de Alejandro Malaspina por el Océano Pacífico
- 24** Alerta CO2. La nitrificación como una de las estrategias de resiliencia de nuestro planeta. Mayte Tames-Espinosa y May Gómez
- 28** Comportamiento de emergencia del nido en neonatos de tortuga boba (*Caretta caretta*) Luis Felipe López Jurado, Ana Liria-Loza y Nayra Hernández Acosta
- 32** Excavación paleontológica en Órzola (Lanzarote). Juan Francisco Betancort Lozano
- 34** La respiración del plancton en el afloramiento peruano. Ted Packard, Natalia Osma, Igor Fernández-Urruzola, Louis A. Codispoti, John P. Christensen, May Gómez
- 37** OKEANOS DE FOTOS. Aketza Herrero
- 41** Isla de Príncipe. Proyectos por la sostenibilidad. Aketza Herrero Barrencua
- 43** Isla de Príncipe. El último paraíso. Aketza Herrero Barrencua
- 45** Foro Océanos 2017. Canarias y el Cambio Climático
- 46** Un vacío en el Pacífico llamado El Niño Costero. Pedro Rau
- 50** Cocina curiosa. ¿A qué sabe el calamar gigante? Ángel Guerra, Clyde F.E. Roper y Michel Segonzac
- 54** NOTICIAS DE AVANCES EN CIENCIAS MARINAS
- 56** Variaciones del ciclo gonadal del erizo blanco en Magallanes, extremo sur de Chile Eduardo Almonacid, Sylvia Oyarzún y Claudio Vargas
- 61** UN MAR PARA COMERSELO. Vieja marinada . Abraham Ortega García
- 62** MONSTRUOS MARINOS (4). Las sirenas y los manatíes. José Juan Castro Hernández y Luis Felipe López Jurado
- 64** Un Mar de Ciencias 2017. Juan Francisco Betancort Lozano
- 64** 3ª Edición del Programa de Prácticas de Ciencias para alumnos de 4º de ESO de Gran Canaria. J. F. Betancort
- 66** RESEÑAS BIBLIOGRÁFICAS.

La nitrificación como una de las estrategias de resiliencia de nuestro planeta

Alerta CO₂

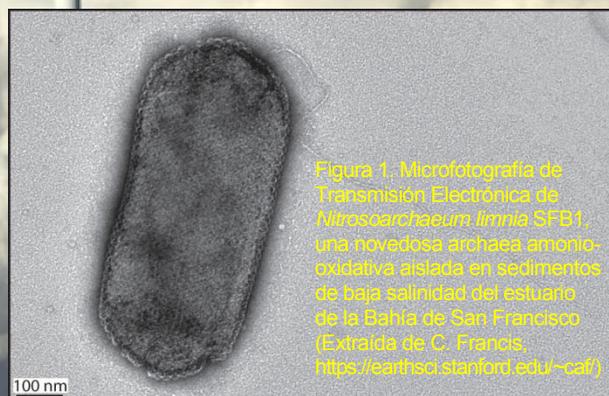


Figura 1. Micrografía de Transmisión Electrónica de *Nitrososphaera limbia* SPB1, una novedosa bacteria amonio-oxidativa aislada en sedimentos de baja salinidad del estuario de la Bahía de San Francisco (Extraída de C. Franco, <https://eartharxiv.org/doi/10.1101/154701>)

Mayte Tames-Espinosa y May Gómez

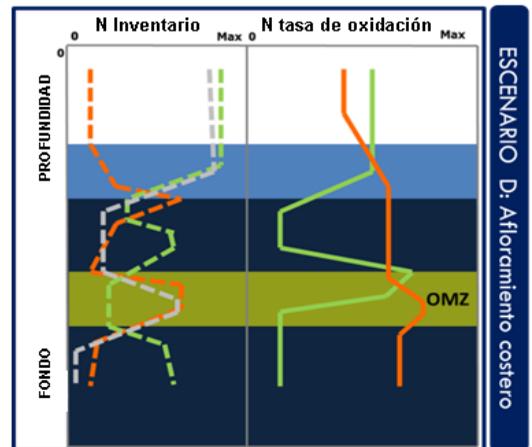
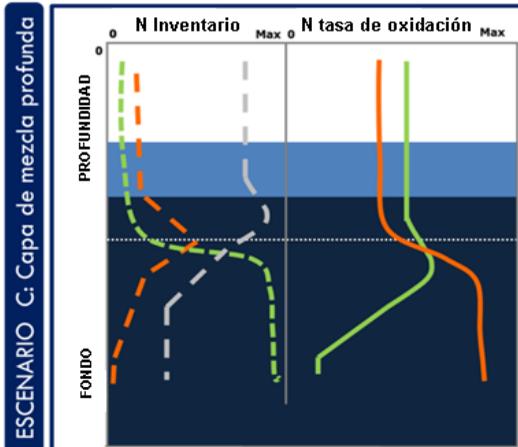
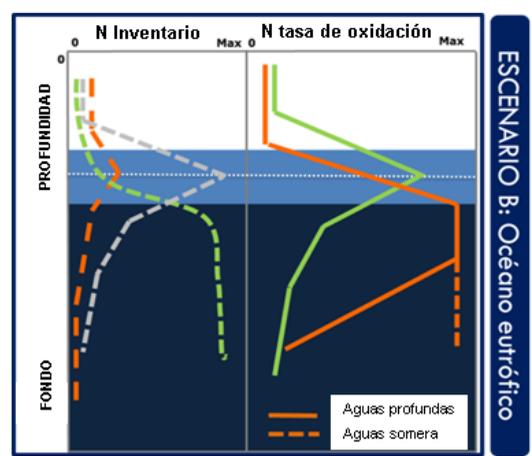
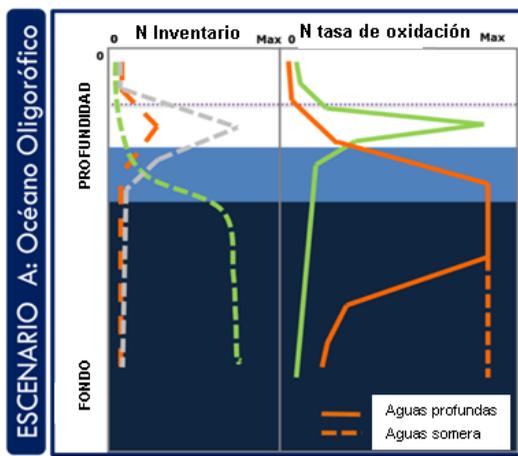
Grupo de Ecofisiología de Organismos Marinos (EOMAR), IU-ECOQUA, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, España

Vivimos en tiempos de cambio: cambios en la sociedad, en la cultura, en la economía... y en el medio que nos rodea. En la actualidad, no podemos negar el impacto que provocamos en nuestro entorno, siendo uno de sus efectos principales los acelerados cambios en el clima. Una de sus causas principales parece ser el efecto invernadero provocado por el aumento del CO₂ atmosférico. En este escenario, conocer los procesos que permiten su fijación desde el entorno resulta de especial interés para entender la capacidad de mitigación existente en el medio ambiente.

¿Cómo el océano participa en la capacidad de resiliencia del planeta en este ámbito? Existen organismos fotosintéticos y quimiosintéticos que tienen como fuente de carbono el CO₂, de tal manera que lo fijan creando materia orgánica. Parte de la ésta

llega a alcanzar el océano profundo, donde el carbono puede quedar almacenado durante miles de años. La principal diferencia entre estas dos clases de organismos es su fuente de energía: mientras que los organismos fotosintéticos la obtienen de la luz, los quimiosintéticos la consiguen por medio de reacciones químicas.

Los organismos fotosintéticos han sido intensamente estudiados a lo largo de la historia^{1,2}. Sin embargo, los hallazgos relacionados con los organismos quimiosintéticos, compuestos principalmente por bacterias (y las recientemente conocidas *archaea*) (Fig. 1), siguen sorprendiéndonos diariamente. Dentro de este grupo, merecen una mención especial los organismos nitrificantes, formados por una comunidad compuesta, por un lado, de organismos que obtienen la energía mediante la oxidación de amonio (NH₄⁺) a nitrito (NO₂⁻), y por otro, de aquellos que lo hacen mediante la oxidación de NO₂⁻ a nitrato (NO₃⁻).



Conocer los procesos que permiten su fijación desde el entorno resulta de especial interés para entender la capacidad de mitigación existente en el medio ambiente.

Pero, ¿por qué son importantes estos organismos?

Curiosamente, estos microorganismos tienen la capacidad de influir en la fijación del CO_2 de manera tanto directa (son organismos autótrofos) como indirecta, generando compuestos del nitrógeno (NO_2^- y NO_3^-) que son utilizados por el resto de la comunidad autótrófica como fuente de energía o nutrientes. Por otra parte, a diferencia de los organismos fotosintéticos, además de captar CO_2 , también consumen O_2 para la oxidación de los compuestos de nitrógeno. En las últimas décadas se ha profundizado en su estudio, y su actividad ha sido medida de muy diferentes maneras (análisis de la variación de la concentración de nutrientes en incubaciones, medición de estos nutrientes en el medio natural, medición a partir de la fijación de CO_2 , mediciones por medio de isótopos...), aportando un mayor conocimiento del proceso. Sin embargo, aún sigue siendo particularmente complicada su cuantificación a niveles globales.

El conocimiento de la comunidad nitrificante es muy difícil dado que está formado por organismos especialmente pequeños: no sólo no superan las $3\mu\text{m}$, sino que gran parte de la comunidad es menor de $1\mu\text{m}$ (*archaea*). Su existencia ha pasado desapercibida durante décadas, e incluso hoy en día, el cuantificar su influencia con exactitud sigue siendo un reto. Afortunadamente, el desarrollo de nuevas técnicas, como puede ser el análisis molecular (tanto de ADN como de ARN), está arrojando luz sobre estos grandes desconocidos, incidiendo en el hecho de que procesos como la nitrificación en el océano, y con ello la fijación de CO_2 asociada, han sido subestimados a lo largo del tiempo por la comunidad científica.

En este sentido, la nitrificación en el océano, como todos los procesos biológicos, se ve afectada principalmente por algunos factores ambientales. En particular la luz, la estratificación de la columna de

agua, la concentración de O_2 y la disponibilidad de nutrientes parecen ser los factores esenciales en su distribución³. En la Figura 2 se destaca la variabilidad de la distribución de este proceso en la columna de agua en océano abierto. En ella se pueden observar las diferencias existentes entre las zonas pobres en nutrientes (oligotróficas) y las zonas de afloramientos o ricas en nutrientes (eutróficas), así como la influencia de la combinación de estas condiciones y el resto de factores ambientales.

¿En las aguas canarias se da este proceso?

En Canarias, las condiciones del agua pueden variar mucho en función de la época del año, el régimen de vientos que esté dominando o incluso si nos encontramos al norte o al sur de las islas. Durante los meses de verano, por ejemplo, nos encontramos una situación en la que existen muy pocos nutrientes y, debido a la temperatura superficial, la columna de agua está muy estratificada. Así, de acuerdo a la figura 2, hay varios escenarios posibles. En el Escenario A podemos observar qué ocurre con la distribución de la comunidad nitrificante en estas circunstancias. La carencia de nutrientes deriva en que exista poca biomasa al limitar el crecimiento de la comunidad planctónica. Esto, a su vez, permite que la luz penetre más en la columna de agua, dando lugar a una capa eufótica más profunda, ya que su atenuación por la profundidad es más paulatina.

Debido a esta ampliación de la capa eufótica, y a la estratificación de la columna de agua, la disponibilidad de NH_4^+ alcanza su valor máximo en una zona donde aún hay cierta intensidad lumínica, permitiendo que la oxidación de NH_4^+ se produzca en presencia de luz. Asimismo, aunque los organismos oxidantes del NO_2^- son más sensibles a este factor, la atenuación paulatina de la luz permite su distribución en función de su intensidad alcanzando los valores máximos en la zona de penumbra. En estas circunstancias, específicas de zonas oligotróficas, esta comunidad se vuelve esencial, ya que se ha comprobado que son capaces de regenerar hasta el 100% de los nutrientes derivados del nitrógeno que necesitan los organismos fotosintéticos presentes en estas zonas. Esto hace que sean los responsables de mantener el abastecimiento de recursos que sostienen la escasa producción primaria que se genera en estas áreas⁴.

Y en las zonas con mucho aporte de nutrientes, ¿también son importantes?

Aunque esta situación no es común en las Islas Canarias, hay zonas especialmente influenciadas

por el hombre que, en verano, pueden derivar en situaciones como la descrita en el Escenario B (Fig. 2). En el Mar Báltico, por ejemplo, nos podemos encontrar con una columna de agua muy estratificada, con, además, altas concentraciones de nutrientes. La comunidad fitoplanctónica, concentrada en las capas más altas de la columna, da lugar a una alta producción primaria y, con ello, a un aumento drástico de la biomasa. La luz se atenúa rápidamente en la columna de agua, generando una capa eufótica muy poco profunda. En estas zonas, los máximos de NH_4^+ se encuentran ya en la zona oscura, y el proceso de su oxidación se concentra en la zona donde la intensidad de luz es menor del 0,01% de la superficial. La oxidación de NO_2^- comienza a darse también en esta zona, pero se realiza principalmente en ausencia de luz, en la zona afótica. En este caso su importancia reside en que, incluso donde no se produce la fijación de CO_2 por la comunidad fotosintética, sigue existiendo cierta capacidad de resiliencia por parte de esta comunidad. Sin embargo, el exceso de nutrientes de origen antropogénico y el consumo de O_2 , tanto por esta comunidad como por el resto de los organismos heterótrofos, hace que estas zonas tengan graves problemas de anoxia en profundidad.

No obstante, en los océanos también hay zonas donde los fuertes vientos evitan que la columna de agua se mantenga estratificada. Este factor, en combinación con la orografía costera, permite la ascensión de nutrientes desde capas más profundas, donde los organismos responsables de la remineralización de nutrientes (entre ellos los nitrificantes) han sintetizado compuestos esenciales para la comunidad fitoplanctónica superficial. Los escenarios C y D (Fig. 1) son dos ejemplos de estas circunstancias. Con una capa de mezcla muy profunda, cualquier punto por encima del comienzo de la termoclina permanente permite observar valores similares tanto de nutrientes, como de oxidación de NH_4^+ como de NO_2^- , independientemente de la intensidad de luz. Esto es debido a que la mezcla afecta tanto a nutrientes como a la comunidad existente desde una zona a otra de la columna de agua, no permitiendo su distribución heterogénea en función de la luz.

En el escenario D (Fig.1) los organismos se encuentran asociados a una zona de afloramiento permanente, caracterizadas por ser zonas de gran productividad, con importantes pesquerías, que suelen encontrarse en los márgenes continentales al este de los grandes océanos (por ejemplo: los afloramientos del Sahara, Namibia, Perú o California).

En estas zonas, pueden producirse en profundidad zonas de mínimo de oxígeno (OMZ, en sus siglas en inglés) debido a la gran proliferación de materia orgánica derivada de las floraciones (blooms) fitoplanctónicas, generados por el aporte continuo de nutrientes. Los organismos de esta comunidad específica se encuentran adaptados a estas condiciones de bajos niveles de O_2 , habiendo desarrollado rutas metabólicas algo diferentes para realizar tanto la oxidación del NH_4^+ como la del NO_2^- ⁵. La oxidación de NH_4^+ adquiere valores máximos al comienzo de esta zona, en la denominada oxiclina, mientras que la oxidación de NO_2^- se realiza dentro de la propia OMZ. Lamentablemente, durante el proceso emiten como subproducto el óxido nitroso (N_2O), un gas de efecto invernadero que también destruye la capa de ozono. La proliferación de estas zonas con OMZ es uno de los problemas ambientales que se están estudiando en la actualidad, sobre todo en zonas donde la eutrofización por el impacto antropogénico es la causa principal de las mismas (por ejemplo, en el Mar Báltico).

¿Qué papel jugamos nosotros?

En la actualidad, existen multitud de investigaciones relacionadas con la nitrificación que resaltan la necesidad de mejorar los modelos de flujos de carbono planteados hasta la fecha, incluyendo este importante proceso quimiosintético y su variabilidad en los océanos. El conocer con mayor exactitud este proceso, permite profundizar en la influencia del océano como sumidero de CO_2 y, por ende, en la capacidad de resiliencia de nuestro planeta. Sin embargo, tal y como se puede extraer de lo dicho anteriormente, el ser humano está influyendo a distintos niveles en esta capacidad, donde las emisiones de CO_2 es sólo uno de nuestros impactos. La proliferación de zonas de mínimo de oxígeno por un aporte masivo de nutrientes, está derivando en otros efectos contraproducentes, como por ejemplo la emisión de N_2O , por parte de la comunidad nitrificante. Es nuestra responsabilidad el ser conscientes del impacto que estamos produciendo en el medio natural, y el actuar en consecuencia. En este caso, un cambio en las fuentes energéticas que son actualmente la base de nuestra economía y la exigencia de una mejora continua en los procesos de depuración y gestión de vertidos, así como un consumo responsable, sería esencial para minimizar el impacto de nuestra sociedad. Ignorar nuestros efectos hace que llevemos al límite la capacidad de resiliencia de los ecosistemas... y desconocemos los nuevos escenarios a dónde nos pueden llevar.



Bibliografía

- (1) Ducklow, H.W., & S.C. Doney. 2013. *Ann. Rev. Mar. Sci.*, 5, 525-533.
- (2) Williams, P.J.L.B., P.D. Quay, T.K. Westberry, & M.J. Behrenfeld 2013. *Ann. Rev. Mar. Sci.*, 5, 535-549
- (3) Tames-Espinosa M., M. Gómez, & T. Packard. 2013. A new conceptual model of nitrification: A key factor in resolving the metabolic state of the ocean. Master Thesis Oceanog. ULPGC. <http://hdl.handle.net/10553/10885>
- (4) Clark, D.R., A.P. Rees, & I. Joint. 2008. *Limnol. Oceanog.*, 53(1), 52.
- (5) Lam, P., & M.M.M. Kuypers. 2011. *Ann. Rev. Mar. Sci.*, 3, 317-345.