

OKEANOS

Revista de la Sociedad Atlántica de Oceanógrafos

Nº 10 enero-junio 2020

ISSN: 2444-4758



P.V.P 9,10 €

La herramienta Marxan
Conservación de cetáceos
El nuevo recurso es el Océano
Los fondos de rodolitos
Patrimonio arqueológico subacuático en Canarias

Ordenación Espacial Marina

Una eficaz
herramienta para
la gestión del
mar canario

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 (Universidad de Las Palmas de GC) y D. Airam Guerra Marrero (Sociedad Atlántica de Oceanógrafos)

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

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** Ordenación Espacial Marina. Una eficaz herramienta para la gestión del mar canario. Ricardo Haroun
-
- 08** Ordenación espacial marina y la aplicación de la herramienta Marxan para modelizar y promover la conservación de la biodiversidad marina en las aguas canarias. Andrea Zanella, Manuel Alejandro García Mendoza y Ricardo Haroun
-
- 13** Conservación de cetáceos y planificación del espacio marino en las Islas Canarias. Inma Herrera, Manuel Carrillo y Ricardo Haroun
-
- 20** El nuevo recurso es el Océano. Marco legal de la ordenación espacial marina en Canarias. Elena Proletti
-
- 26** Los fondos de rodolitos. El valor oculto de los ecosistemas marinos. Marcial Cosme, Francisco Otero-Ferrer y Ricardo Haroun
-
- 36** Pesca, energías marinas, recursos minerales y la planificación espacial marina. Inma Herrera, Dunia Mentado Rodríguez y Francisco Javier González
-
- 44** Patrimonio arqueológico subacuático en las Islas Canarias. La biblioteca digital de arqueología náutica y la planificación marina, nuevas posibilidades. Filipe de Castro Viera y Vicente Benítez Cabrera
-
- 50** ENTREVISTA A: Inmaculada (Inma) Herrera Rivero.
-
- 54** AGENDA enero-junio 2020
-
- 56** La plataforma MarSP Canarias. Andrej Abramic, Alejandro García, Inma Herrera, Andrea Zanella y Ricardo Haroun
-
- 60** OKEANOS DE FOTOS. Ken Thongpila
-
- 76** El Programa de Observación Global Argo. Alberto González Santana y Pedro Vélez Belchí
-
- 84** Sobre la influencia de las condiciones oceanográficas en la siniestralidad registrada en las playas de Canarias. Francisco Machín y Ángel Rodríguez-Santana
-
- 92** La asombrosa vida de *Trichodesmium*. Javier Berdún Quevedo, Asier Furundarena Hernández y Sara Rendal Freire
-
- 96** Espacio Marino del Oriente y Sur de Lanzarote-Fuerteventura. ¿Por qué protegerlo? Pablo Martín-Sosa Rodríguez
-
- 100** Las Palmas: puerto ballenero. Un primer paso de la Alemania Nazi hacia la Antártica (1936-1939). Juan Pérez-Rubín Feigl
-
- 106** Islas, turismo y cambio climático. Abel López-Díez, Jaime Díaz Pacheco y Pedro Dorta Antequera
-
- 112** ENTREVISTA A: Marisol Izquierdo López.
-
- 116** EFEMÉRIDES. Marie Tharp. Dibujando el fondo oceánico. Airam Sarmiento Lezcano
-
- 118** MONSTRUOS MARINOS (9). El tiburón duende. José Juan Castro
-
- 120** NOTICIAS OKEANOS. José J. Castro
-
- 124** UN MAR PARA COMERSELO. Guelde (*Thalassoma pavo*). Ahumado con parmentier de papaya, huevas de parchita y gelee de vodka Blat Abraham Ortega García
-
- 126** RESEÑAS BIBLIOGRÁFICAS



La asombrosa vida de *Trichodesmium*

Javier Berdún Quevedo, Asier Furundarena Hernández y Sara Rendal Freire

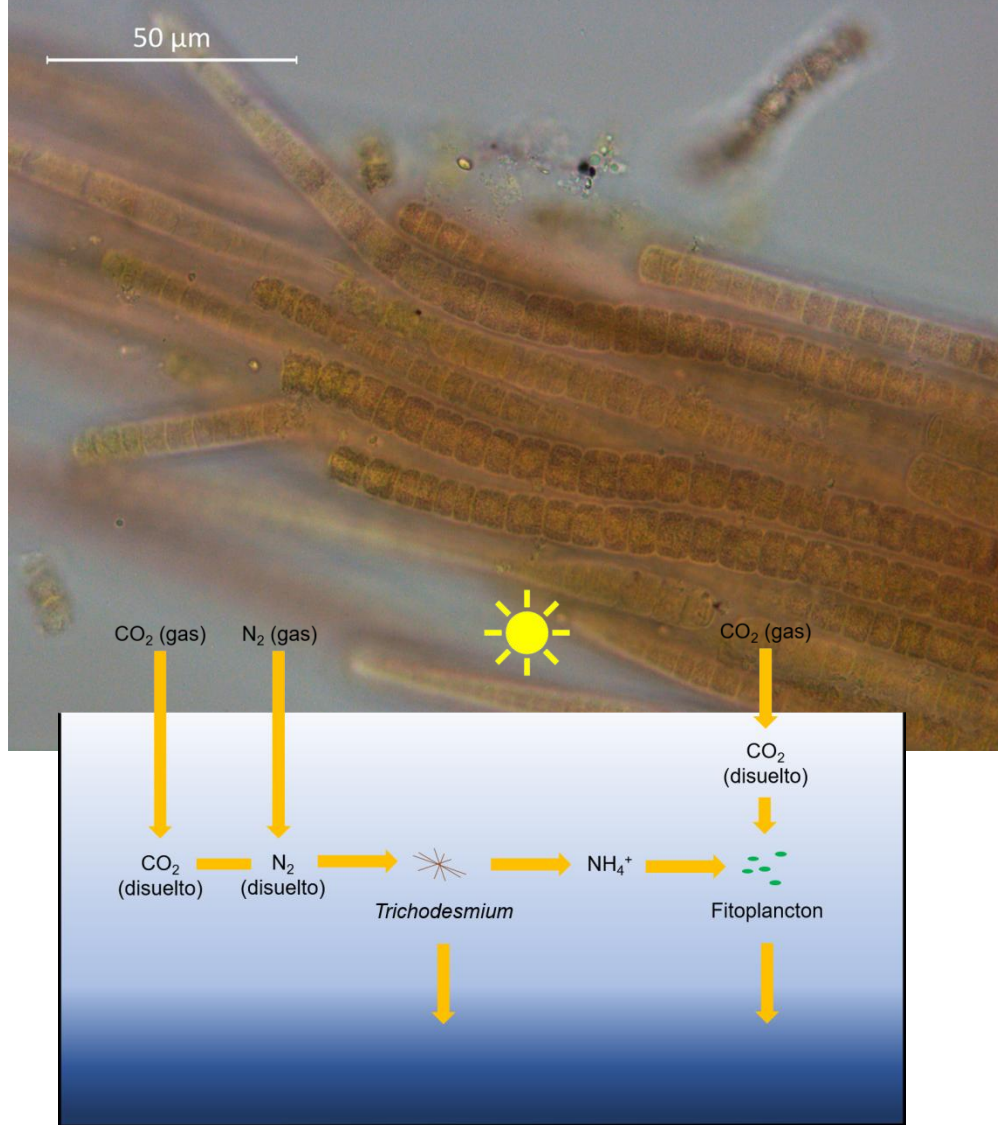
Instituto Universitario de Oceanografía y Cambio Global, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. E-mail: jberdunquevedo@gmail.com, asier.furundarena@gmail.com, sara.rendal@gmail.com

¿Recuerda el lector aquellas manchas que rodeaban el Archipiélago Canario en el verano de 2017? Aquellas mal llamadas microalgas eran, en realidad, una cianobacteria denominada *Trichodesmium*, que ya había protagonizado otros episodios en las islas en agosto de 2004 y octubre de 2011. Esta cianobacteria —es decir, una bacteria con la capacidad de realizar la fotosíntesis—, lejos de ideas preconcebidas, es especial por diversos motivos que se explican a lo largo de este artículo.

El primero radica en su capacidad diazotrófica, esto es, su habilidad para capturar nitrógeno atmosférico (N_2), lo que la diferencia de la mayor parte del fitoplancton marino que depende de otras formas de nitrógeno, como el amonio (NH_4^+) o los nitratos,

para desarrollarse. Dicha habilidad le ha permitido proliferar en zonas con bajo contenido en nutrientes en la mayor parte de los mares y océanos tropicales y subtropicales del mundo. Asimismo, por sus capacidades fotosintética y diazotrófica, juega un papel fundamental en los ciclos biogeoquímicos marinos y, por tanto, en la regulación del clima y en el secuestro de carbono de origen antropogénico en aguas más profundas (Fig. 2).

Trichodesmium se agrupa en filamentos, denominados tricomas, que pueden estar formados por hasta 100 células (Fig. 1). Estos, a su vez, pueden agregarse formando densas colonias que presentan morfologías diversas, siendo las más conocidas las formas *tuft* y *puff* (Fig. 3). La agrupación en colonias otorga a *Trichodesmium* ciertas ventajas adaptativas. Una de ellas consiste en ser capaces de regular su flotabilidad mediante vacuolas de gas que tienen en su interior, lo que les permite realizar migraciones verticales en la columna de agua, con el objetivo de encontrar nutrientes, como fosfatos, que son poco



Detalle de tricomas de *Trichodesmium erythraeum* (autor: Emilio Soler Onís). (Figura 1)

Esquema del papel de *Trichodesmium* en los ciclos biogeoquímicos marinos del nitrógeno y el carbono. (Figura 2)

Colonias de *Trichodesmium* con morfología *puff* (izq.) y *tuft* (dcha.) (autor: Abby Heithoff). (Figura 3)

abundantes en las aguas superficiales donde suele vivir.⁽¹⁾ De este modo son capaces de llegar hasta 200 metros de profundidad⁽²⁾ donde la concentración de nutrientes es mayor. También, cada colonia supone un pequeño ecosistema compartido por virus, bacterias y algunos microorganismos eucariotas, entre otros. Esta comunidad le confiere todavía más ventajas a *Trichodesmium*. Por ejemplo, las bacterias asociadas a las colonias producen unas pequeñas moléculas capaces de solubilizar el ión hierro Fe^{3+} (muy poco soluble) a complejos de Fe^{2+} , imprescindible para *Trichodesmium*, y que son transportados posteriormente al interior de sus células.⁽³⁾

Cuando se dan las condiciones adecuadas, la pequeña cianobacteria es capaz de generar proliferaciones masivas (*blooms*) (Fig. 4), que incluso pueden ser observadas desde el espacio (Figs. 5 y 6). Estas condiciones son: temperaturas elevadas de entre 23 y 30 °C, disminución de la turbulencia y estratificación de la columna de agua, y, generalmente, deposición previa de aerosoles atmosféricos⁽⁴⁾.

Todas ellas se dan, especialmente, en aguas tropicales y subtropicales del Pacífico Sur-occidental y del Océano Atlántico, incluyendo las aguas del Archipiélago Canario. Allí habita durante todo el año, sobre todo, en la costa sur de las islas, donde las estelas de agua cálida y la protección del viento predominante se añaden para resultar en un paraíso para *Trichodesmium*.

Normalmente, estos *blooms* se generan en aguas abiertas y, posteriormente, son transportados a la costa por las corrientes. Allí, la intensa irradiación superficial hace que las células, colmadas de nutrientes, presenten un crecimiento abundante. Las distintas poblaciones se van acumulando en la superficie debido al incremento de la estratificación del agua, en muchas ocasiones, formando largas extensiones en forma de hileras (Fig. 3). Después de unos días, la suma del estrés lumínico y oxidativo y, a menudo, el agotamiento de nutrientes conducen a las células a aumentar la producción de caspasas, unas enzimas que tienen un papel principal en el proceso conocido como “Muerte Celular Programa-

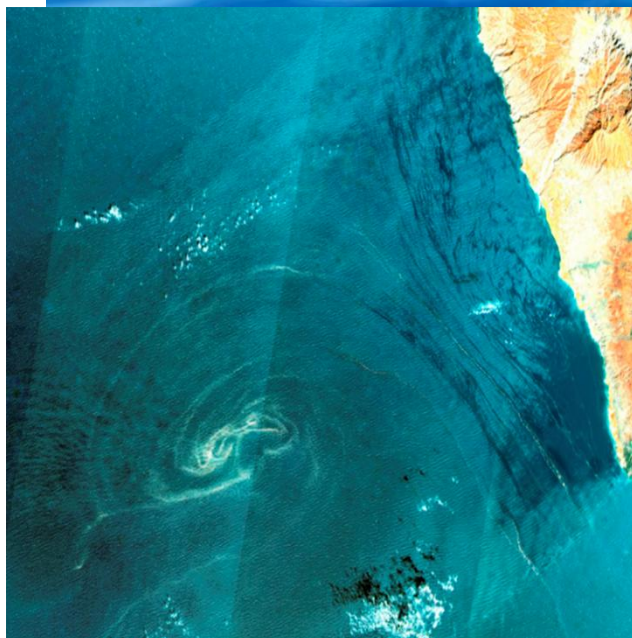
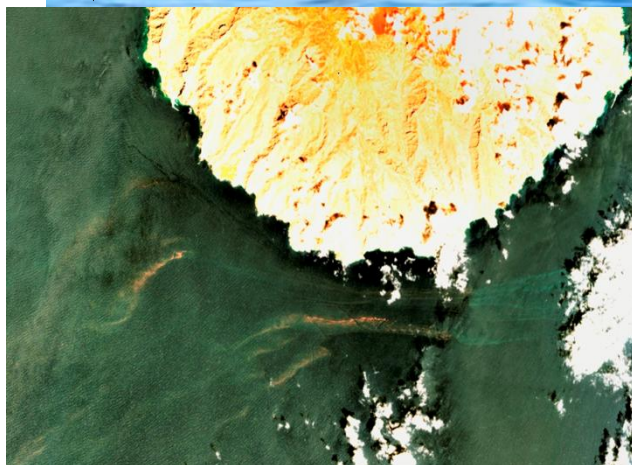
da”, que lleva al colapso del *bloom* en pocos días.⁽⁵⁾ El resultado de este proceso se resume en la fragmentación de los tricomas, la desnaturalización del ADN y la exudación de grandes cantidades de distintos tipos de partículas, amonio y pigmentos al medio, que confiere al agua un aspecto lechoso, olor fuerte y un color verde-rosado. Finalmente, el *bloom* colapsa y se hunde de manera definitiva, contribuyendo enormemente al secuestro de carbono y nitrógeno en mares tropicales y subtropicales.⁽⁶⁾

Cuando un *bloom* de *Trichodesmium* se encuentra en fase terminal, no solo libera al medio grandes cantidades de nitrógeno (en forma de amonio), pigmentos y carbono orgánico disuelto, sino que también libera una amplia variedad de metabolitos secundarios, como toxinas. Aunque hay poca información al respecto, se cree que muchas de esas toxinas poseen un efecto disuasorio sobre sus depredadores.⁽⁷⁾ Sin embargo, no es tóxica para el ser humano y, cuando ocurre un *bloom*, se recomienda sencillamente no bañarse cerca del mismo.

La aparición de *blooms* de *Trichodesmium* es un fenómeno que está lejos de convertirse en algo esporádico en Canarias. Al igual que lo que ha venido sucediendo durante las últimas décadas, la temperatura del mar seguirá aumentando progresivamente, lo que conducirá a una mayor estratificación de las aguas superficiales. Estos dos factores, sumados a las frecuentes deposiciones de polvo atmosférico en la región, presumiblemente favorecerán el incremento, tanto en frecuencia como en intensidad de este tipo de eventos. Ante este escenario, es muy relevante, tanto a nivel científico como social, aumentar el conocimiento sobre la formación, desarrollo y colapso de los *blooms* por dos motivos fundamentales. En primer lugar, para entender los impactos potenciales (positivos y negativos) que pueda tener el colapso de los *blooms* sobre los ecosistemas costeros. Y, en segundo lugar, por la trascendencia a la hora de tomar acciones de prevención sanitaria en costas y playas donde puedan llegar las proliferaciones. Aunque no suponga un riesgo preocupante para la salud humana, la liberación excesiva al medio marino de material orgánico podría provocar el crecimiento de especies tóxicas de fitoplancton, como ya ha sucedido en la zona del Golfo de México hace más de dos décadas.⁽⁸⁾

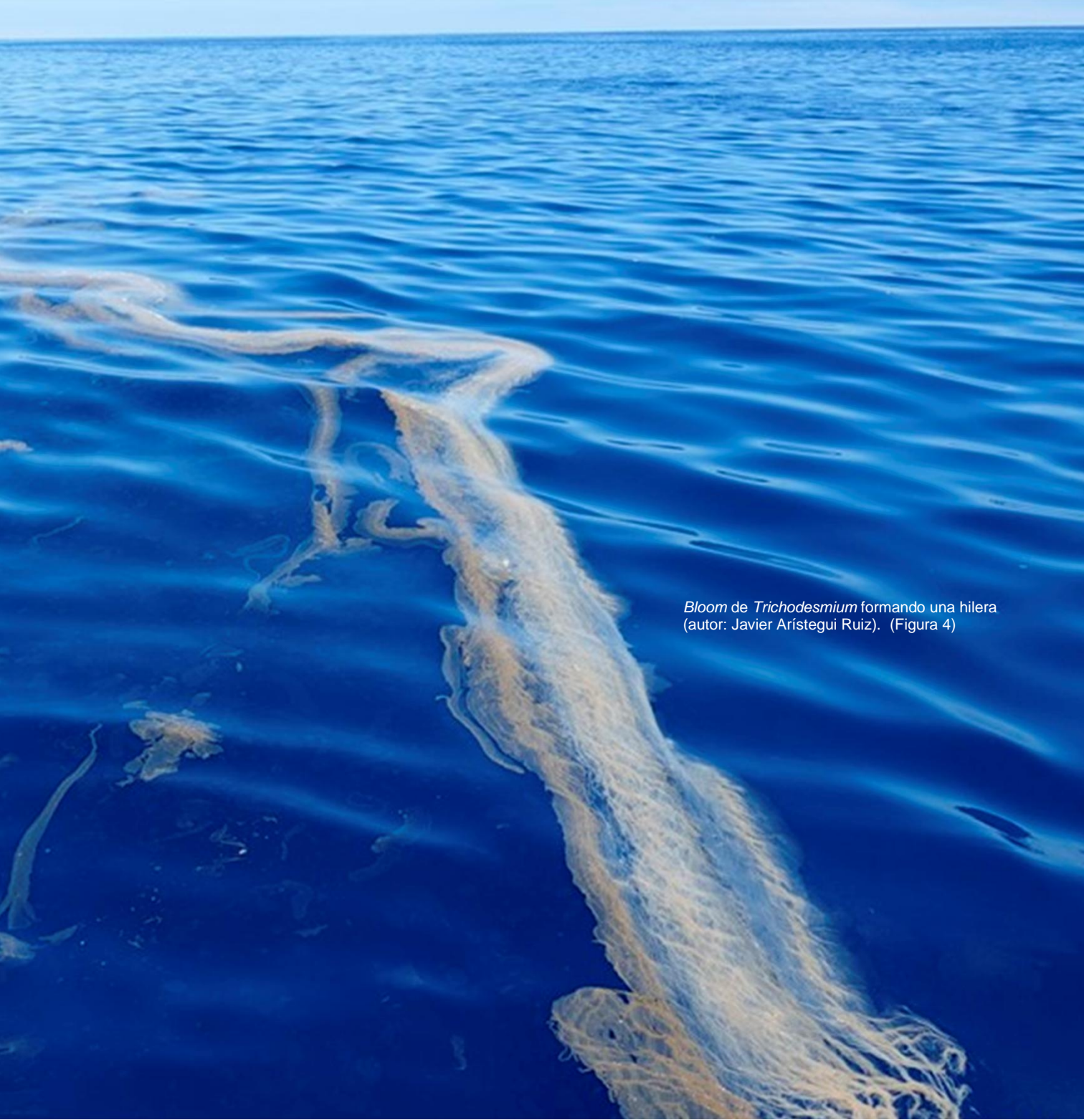
Por ello, el proyecto “Seguimiento de floraciones de ‘microalgas’ nocivas: Desarrollo de un modelo predictivo”, cofinanciado por el programa operativo FEDER Canarias (2014-2020), nace con el fin de profundizar y entender los factores causantes de los *blooms* de *Trichodesmium* en las Islas Canarias, así como su desarrollo y colapso.

Bloom de 2017 en el sur de La Gomera (fuente: escenas Sentinel 2 proporcionadas por Antonio Juan González Ramos y Josep Coca Sáez de Albéniz). (Figura 5)



Bloom de 2017 en el oeste de La Palma (fuente: escenas Sentinel 2 proporcionada por Antonio Juan González Ramos y Josep Coca Sáez de Albéniz). (Figura 6)

Para el desarrollo del proyecto se cuenta con un equipo constituido por profesionales e investigadores de distintos laboratorios, centros, instituciones y empresas a nivel nacional e internacional, que trabajan para conocer mejor los secretos que todavía esconde esta pequeña cianobacteria de asombrosa vida: *Trichodesmium*.



Bloom de Trichodesmium formando una hilera
(autor: Javier Arístegui Ruiz). (Figura 4)

Bibliografía

- (1) White, A.E., Y.H. Spitz & R.M. Letelier. 2006. *Marine Ecology Progress Ser*, 323: 35–45.
- (2) Kromkamp, J. & A.E. Walsby. 1992. *Marine pelagic cyanobacteria*, 239-248.
- (3) Achilles, K.M., T.M. Church, S.W. Wilhelm, G.W. Luther & D.A. Hutchins. 2003. *Limnology and Oceanography*, 48: 2250–2255.
- (4) Orcutt, K.M., F. Lipschultz, K. Gundersen, R. Arimoto, A.F. Michaels, A.H. Knap & J.R. Gallon. 2001. *Deep-Sea Research Part II*, 48:1583–1608.
- (5) Berman-Frank, I., K.D. Bidle, L. Haramaty & P.G. Falkowski. 2004. *Limnology and Oceanography*, 49: 997–1005.
- (6) Capone, D.G., J.A. Burns, J.P. Montoya, A. Subramaniam, C. Mahaffey, T. Gunderson, A.F. Michaels & E.J. Carpenter. 2005. *Global Biogeochemical Cycles*, 19: GB2024.
- (7) Layton, B.E., A.J. D'Souza, W. Dampier, A. Zeiger, A. Sabur & J. Jean-Charles. 2008. *Journal of Molecular Evolution*, 66: 539–554.
- (8) Lenos, J.M. & C.A. Heil. 2010. *Journal of Plankton Research*, 32: 1421–1431.