



OKEANOS

Revista de la Sociedad Atlántica de Oceanógrafos / Nº 20-21 enero-diciembre 2025

Foto: Aketza Herrero

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)**Personajes y efemérides** D. Aíram Sarmiento Lezcano (Sociedad Atlántica de Oceanógrafos)**Noticias y Libros** Dra. Miriam Torres Padrón (Departamento de Química. Universidad de Las Palmas de GC) y D. Aíram Guerra Marrero (Sociedad Atlántica de Oceanógrafos)**Entrevistas** Juan Fco. Betancort Lozano**Monstruos Marinos** Dr. José J. Castro (Inst. Univ. EcoAqua. Univ. de Las Palmas de GC)**Fotografía** Dr. Aketza Herrero Barrencia

(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**Número 20-21 (enero-diciembre 2025)**

Edición papel y on-line: Mercurio Editorial

(www.mercurioeditorial.com)

Correo electrónico: jose.castro@ulpgc.es

Teléfono: (+34) 928454549

Mercurio Editorial

Oficina comercial

c/ Berbiquí, 17-19

Polígono Industrial Santa Ana

28529 Rivas-Vaciamadrid (Madrid)

Impreso en Reprográficas Malpe, SA

Calle de la Calidad, 34 (Polígono Industrial Los Olivos)

28906 Getafe (Madrid)

ISSN: 2444-4758

DL: GC 639-2015

03 EDITORIAL**05** El Mar Menor y los metales: una relación histórica.

Juan Santos Echeandía, Patricia Bernárdez Rodríguez y Paula Sánchez Marín

11 Una estrategia de país por la conservación de la biodiversidad marina de las Islas Canarias: las islas Galápagos del océano Atlántico.

José Juan Castro Hernández, Sebastián Rodríguez Alfaro y María Esther Torres Padrón

21 El tiburón solrayo: un enigma de las profundidades. Felipe Ravina Olivares**25** Estudio del entorno submareal en el proyecto AMPLÍA: Un universo oculto a plena vista bajo las olas.

David Jiménez-Alvarado, Lorena Couce-Montero, Aíram Guerra-Marrero, Ana Espino-Ruano, Julián Cabana-Gandiaga, Raibel Núñez, Aíram Sarmiento-Lezcano y José Juan Castro Hernández

29 Carbono Azul: la importancia de conocer su composición y sus relaciones químicas para fomentar la mitigación y la conservación.

José R. Sierra-Salcedo, David González-Santana, J. Magdalena Santana-Casiano, Melchor González-Dávila, Aridane G. González

33 Respuesta del hierro (Fe) en un océano acidificado.

J. Magdalena Santana-Casiano, Melchor González-Dávila, Aridane G. González, David González-Santana

39 Proto-oceanografía: las pistas que nos dejaron los navegantes del siglo XVI que empezaron a entender el océano.

Francisco José Machín Jiménez y Eugenio Fraile Nuez

43 Confirmación de la presencia de *Ocypode italica* (Brachyura: Ocypodidae) en el Plioceno de las Islas Canarias orientales (Fuerteventura). Implicaciones paleoecológicas. Juan Francisco Betancort**49** Navegando entre redes y recuerdos: el viaje de Francisco Saavedra Socorro, "Paco el del Cabildo".

Kevin M. Díaz-Hernández, Carla Duran Castella, Olga Guinovart I Vendrell, Ariadna Herrera Freixes, Sylvie Martins Lima e Inma Herrera

53 La amenaza del Cambio Climático sobre la estabilidad de la Cinta Transportadora Global. Cristina Arumí-Planas**57** Eugenie Clark: de la Gran Manzana a las profundidades del océano. Raibel Núñez-González y Kimberlyn Fonseca-Pérez**61** El tiburón peregrino, un gigante errante. José J. Castro**65** Siete notas para describir el océano. Francisco Machín**69** La modelización marina: una ventana al futuro de nuestros océanos.

Inés Hernández García, Albert Oliver Serra y Francisco José Machín Jiménez

73 RESEÑAS BIBLIOGRÁFICASFOTOGRAFÍA DE PORTADA: AKETZA HERRERO
(Caballito de mar pigmeo *Hippocampus bargibanti*).

Editorial

Miriam Torres Padrón

Decana de la Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria

Esta aventura comenzó hace ya diez años, en 2015. Nuestro principal propósito, cuando la iniciamos, fue “ofrecer un foco de atención a las actividades desarrolladas por los miembros de la comunidad oceanográfica” (*Okeanos*, 2015). Es cierto que navegar el océano no es tarea fácil, aunque la Sociedad Atlántica de Oceanógrafos (SAO), principal precursora de esta publicación, sabe de ello por lo que ha navegado, sino que ha sabido mantener el rumbo, a pesar de las circunstancias.

Así, durante estos años, dentro del proyecto de *Okeanos*, hemos adaptado nuestros artículos científicos a un lenguaje cercano a la sociedad porque el estudio del océano “está comenzando”, como siempre comentamos los que nos dedicamos a estudiarlo y si para nosotros es un sistema de ecuaciones complejo, en el que no conocemos la mayoría de sus variables, para la sociedad es un misterio que, en ocasiones, se transforman en interpretaciones erróneas de lo que en él está ocurriendo.

El año 2017 fue un año especial para la SAO. Organizamos el Foro Océanos, a partir del cual se redactó y firmó el Compromiso por el Océano, documento que recogía toda una serie de estrategias locales encaminadas a aumentar la resiliencia de los ecosistemas marinos del archipiélago canario, como una contribución más a la conservación del océano mundial. Este documento fue consensuado con los diferentes estamentos de la sociedad canaria, desde pescadores hasta administraciones públicas, sentando los pilares para una estrategia común como base para una mayor conciencia colectiva y de acciones encaminadas a la sostenibilidad, fundamentadas sobre cinco líneas de trabajo: (1) biodiversidad marina, (2) pesca y acuicultura, (3) contaminación, (4) uso de las costas, y (5) educación ambiental e investigación.

Ocho años más tarde, en junio de 2025, la Unión Europea (UE) ha adoptado el Pacto Europeo por el Océano, con el fin de apoyar la conservación de los océanos, la ciencia y la pesca sostenible y que contribuirá, según sus notas de prensa, a promover una economía azul próspera apoyando el bienestar de las personas que viven en las zonas costeras.

De este modo, partiendo de la UE, se generará un marco único de actuación, con un enfoque de colaboración amplio, que implicará a todas las partes, definiendo seis ámbitos de actuación: (1) proteger y restablecer la salud de los océanos apoyando a los países de la UE en sus esfuerzos por restaurar los hábitats marinos costeros degradados; (2) impulsar la competitividad de la economía azul sostenible de la UE, en particular reforzando la industria marítima de la UE e introduciendo una estrategia de relevo generacional azul, a fin de fomentar el acceso de los jóvenes profesionales a los ámbitos de la investigación marina, la tecnología oceánica y la pesca sostenible; (3) apoyar a las comunidades costeras e insulares y a las regiones ultraperiféricas mediante la presentación de estrategias nuevas o actualizadas para estas regiones y comunidades; (4) mejorar la seguridad y la defensa marítimas mediante el refuerzo de la cooperación en materia de guardacostas y la seguridad de las fronteras marítimas en la UE; (5) impulsar la investigación, el conocimiento, las capacidades y la innovación sobre el océano proponiendo una ambiciosa Iniciativa de Observación Oceánica de la UE y; (6) reforzar la diplomacia europea y la gobernanza internacional de los océanos intensificando su lucha contra la pesca ilegal, no declarada y no reglamentada.

Además, la UE se compromete a reducir a la mitad la contaminación por plásticos y nutrientes y a restaurar el 20 % de los ecosistemas marinos de Europa de aquí a 2030. El Pacto Europeo por el Océano se completará con una Ley del Océano antes de que finalice 2027, que deberá contribuir a garantizar la ejecución de las prioridades del Pacto usando, para ello, un cuadro de indicadores con el que se hará un seguimiento de los avances.

Por último, recientemente, en enero de 2026, se alcanzó la firma del Tratado de los Océanos (o Tratado de Alta Mar) cuyo principal objetivo es preservar y garantizar un uso sostenible de dos tercios

de los océanos, evaluando el impacto de actividades económicas o creando una red mundial de Áreas Marinas Protegidas de alta mar, entre las que podría estar la corriente de Canarias, de la costa de África Occidental en la zona atlántica.

En este nuevo número de *Okeanos*, se presenta el estudio del entorno submareal realizado dentro del proyecto AMPLÍA y la diversidad de organismos intermareales en las islas orientales del archipiélago canario. Además, nos introduciremos en los bosques submarinos de Canarias y conoceremos algo más sobre uno de los animales más enigmáticos del océano; el tiburón solrayo.

Abordaremos cómo los navegantes del siglo XVI, que empezaron a entender el océano, nos dejaron los primeros datos oceanográficos, cómo siete “notas musicales” pueden describir el océano y ayudan a la modelización marina, que abre una ventana al futuro de nuestros océanos.

El cambio climático es una evidencia científica que podría afectar a la estabilidad de la Cinta Transportadora Global y modificar la respuesta del hierro (Fe) en un océano acidificado, aunque su conocimiento y estudio también permite hablar sobre el carbono azul, con el fin de crear medidas que permitan fomentar la mitigación y la conservación.

El Mar Menor, área de especial protección de importancia para el Mediterráneo, ha sufrido una gran presión antropogénica que se ha visto reflejada, no sólo en episodios conocidos de eutrofización sino en los elevados niveles de metales de los sedimentos.

Por último, conoceremos un poco más a Eugenie Clark, pionera en la investigación de los organismos del Mar Rojo y fundadora del laboratorio marino de Mote y precursora en el estudio de los tiburones. En casa, nos quedamos con Francisco Saavedra Socorro, “Paco el del Cabildo”, navegando entre redes y recuerdos.

Estamos ante el marco ideal para establecer las estrategias adecuadas para poner a Canarias en el mapa mundial. Tuvimos la visión amplia en el Foro Océanos. Ahora toca seguir el camino trazado observando, trabajando y estudiando, siempre, para conseguir lo mejor que nos ha dado el planeta: su riqueza y equilibrio.

El Mar Menor y los metales: una relación histórica

**Juan Santos Echeandía, Patricia Bernárdez Rodríguez
y Paula Sánchez Marín**

Centro Oceanográfico de Vigo (IEO, CSIC), Subida Radio Faro, 50-52, 36390 Vigo, Pontevedra,
España. Email: juan.santos@ieo.es

El Mar Menor, situado al suroeste de la Península Ibérica y perteneciente a la Región de Murcia, es la laguna hipersalina más grande del Mediterráneo (Fig. 1). Ocupa una superficie de 135 km² y es una zona de interés ambiental y de gran valor ecológico. Se trata de un área protegida y el conjunto de la laguna y sus humedales periféricos han sido designados como Área de Especial Protección de importancia para el Mediterráneo. Sus humedales cuentan con el número 706 RAMSAR. Además, desde el año 2022 el mar Menor cuenta con personalidad jurídica propia (Ley 19/2022).

Pese a todo esto, se trata de una laguna con una fuerte presión antropogénica proveniente de diferentes actividades que se han ido acumulando a lo largo de los años y que son principalmente la agricultura, los asentamientos urbanos y la minería. Todo ello ha hecho que, en la última década, el equilibrio del ecosistema haya ido empeorando hasta casi el colapso, con recurrentes eventos de eutrofización y anoxias severas. Estos episodios han provocado mortalidades masivas de peces y otros organismos marinos que se acumulaban en las playas de todo el entorno del Mar Menor. Además, ha provocado la desaparición de buena parte de las praderas de plantas y algas marinas que ocupaban el fondo de la laguna lo que ha llevado al sistema a un desequilibrio.

Sin embargo, estos eventos de eutrofización, que principalmente se asocian a la entrada masiva de nutrientes a la laguna desde la rambla del Albujón (única entrada perenne de agua dulce superficial a la laguna) y a través de las aguas subterráneas del acuífero del cuaternario¹, son solo la parte visible de un problema que lleva años gestándose tras la continua antropización de la laguna y su entorno, debido a la aparición de diferentes presiones humanas. De ellas, la más importante y sostenida en el tiempo ha sido la actividad minera, que ha provocado una entrada continua de metales a la laguna constituyendo un problema histórico en el Mar Menor. La Sierra Minera de la Unión, situada al sur del Mar Menor, es un complejo geológico con alto valor asociado a la extracción de diversos metales que allí se acumulan como por ejemplo el arsénico, la plata, el plomo, el zinc y el cadmio. Este complejo minero ha sido explotado a lo largo de la historia, con los primeros registros que datan de la época de los fenicios y romanos hace más de 2.000 años². Tras varias décadas en los que no consta actividad alguna, las minas vuelven a ser explotadas hacia el año 1800 con una extracción casi de manera continuada hasta el año 1990 cuando se cerró la actividad de forma definitiva. La extracción de mineral llevada a cabo en estas minas, situadas junto al margen sur del Mar Menor ha tenido consecuencias sobre las concentraciones de metales en la laguna a distintos niveles y en diferentes matrices ambientales como son los sedimentos, el agua y los organismos marinos que habitan en la laguna.

La explotación de las minas lleva asociado la generación de grandes cantidades de residuos con restos metálicos a los cuales hay que buscar un lugar para reubicarlos. Durante muchos años, estos residuos se vertieron sin control en zonas de la ladera norte de la Sierra Minera que acaba en las orillas de la parte sur del Mar Menor. Esta disposición voluntaria, unida a los vientos y lluvias torrenciales típicas de esta región, ha provocado una entrada continua de los residuos en las aguas de la laguna para depositarse finalmente en el fondo. Se ha estimado que los niveles de metales en el sedimento superficial de la cubeta sur del Mar Menor alcanzan los 6400 ppm de Pb y 6200 ppm de Zn. Para tener una idea de la magnitud de estas concentraciones, los niveles de estos metales en las zonas costeras de las desembocaduras de los ríos Tinto y Odiel, afectados por la minería, en el Golfo de Cádiz, no superan las 100 ppm para el Pb ni las 300 ppm para el Zn^{3,4}.

Estos elevados niveles de metales en los sedimentos del Mar Menor son una amenaza para el ecosistema, ya que, aunque puedan estar asociados a las partículas de sedimento en estado latente, bajo determinadas condiciones ambientales, pueden llegar a liberarse a la columna de agua pasando a la fase disuelta y provocar efectos tóxicos sobre los organismos de la laguna.

Con el fin de estudiar como los eventos ambientales singulares afectan al ciclo biogeoquímico de los metales en el Mar Menor, se llevó a cabo el proyecto SEEME (www.seemeproject.org; PID2019-109355RA-I00. MCIU/AEI/FEDER, UE) entre los años 2020-2023. Dentro de este proyecto se realizaron 12 muestreos de agua durante diferentes épocas del año y en diferentes condiciones ambientales. A saber, en condiciones estacionarias, después de lluvias torrenciales, durante episodios de eutrofización y tras fuertes vientos y resuspensión de sedimentos. Se tomaron muestras en varios puntos de la laguna distribuidos de forma homogénea (Fig. 1).

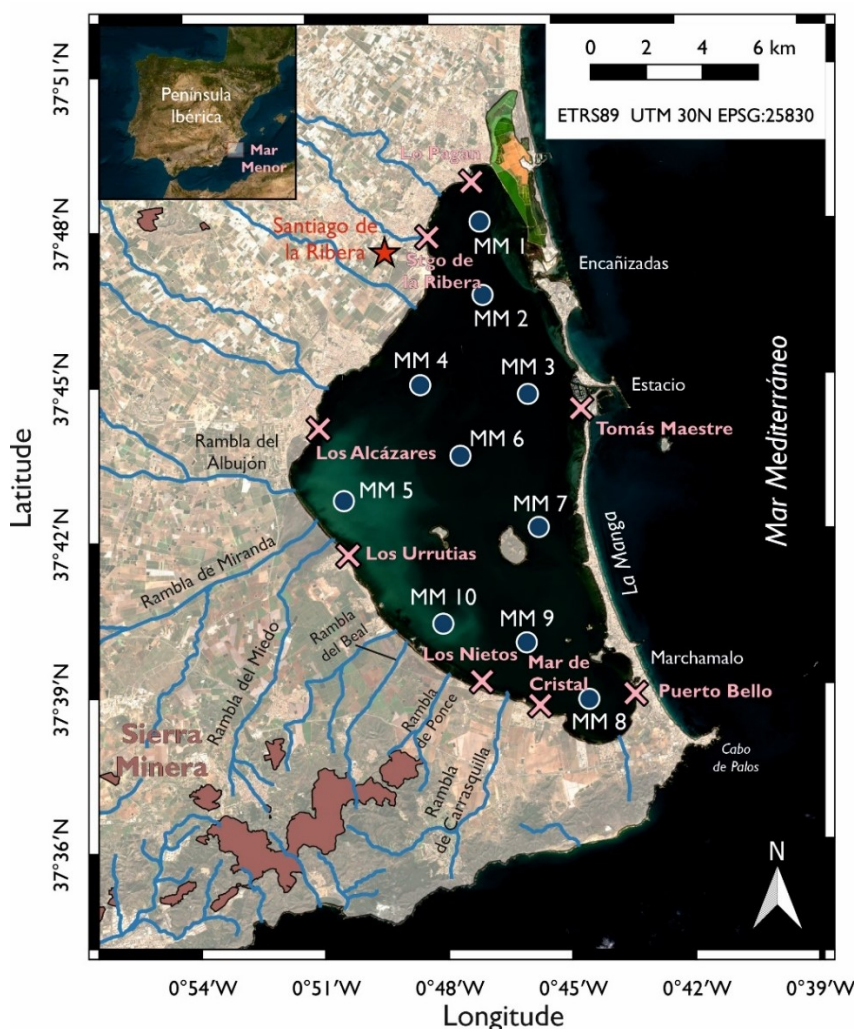


Figura 1. Zona de estudio con los puntos de muestreo contemplados dentro del proyecto tanto en la laguna como en la zona litoral. También se representan las diferentes entradas de agua dulce superficial y la zona minera.

Los principales resultados del proyecto muestran que cada uno de los eventos mencionados anteriormente tuvieron influencia sobre los niveles de metales en el agua de la laguna y en su ciclo biogeoquímico. Uno de los eventos que afectó de manera importante fue la resuspensión de sedimentos tras fuertes vientos continuados que ocurrió en el mes de marzo de 2022⁵. El muestreo se realizó tras 3 días consecutivos de fuertes vientos de levante con velocidades medias que llegaron a alcanzar los 140 km/h (Fig. 2). Esto

provocó una elevada turbidez en las aguas de la laguna, principalmente en la orilla oeste de la misma alcanzando valores de hasta 275 NTU cuando en condiciones normales, en esa zona, los niveles se encuentran en torno a los 8 NTUs (Fig. 3). Como se ha comentado anteriormente, los niveles de metales en el sedimento, especialmente en la cubeta sur adyacente a la sierra minera, son muy elevados por lo que la resuspensión de los sedimentos va a tener consecuencia sobre los niveles de metales en la columna de agua como se observó en este caso. Los niveles aumentaron principalmente en la fracción particulada, triplicando los valores que se han medido previamente en condiciones estacionarias. Sin embargo, también se vio afectada en menor medida la fracción disuelta duplicando e incluso triplicando los valores para metales como el cadmio, el zinc y principalmente el plomo (Fig. 4).

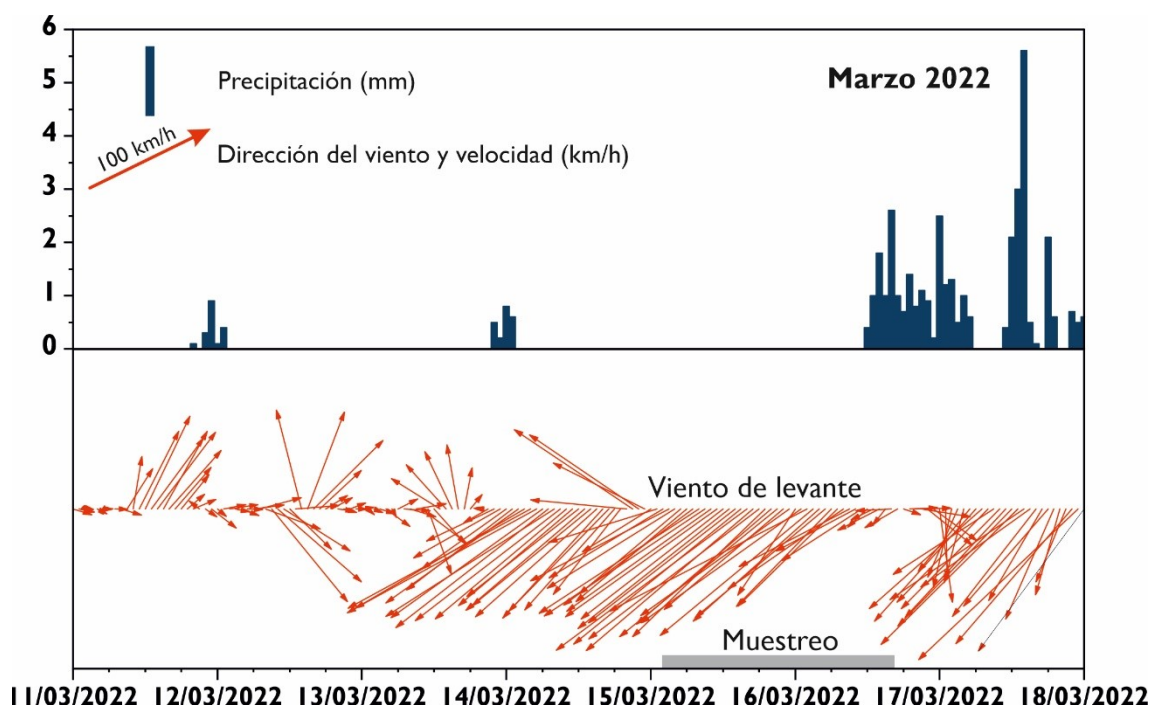


Figura 2. Precipitaciones (mm), velocidad y dirección del viento (km/h) durante los días previos y durante el muestreo.

Este estudio muestra la importancia de monitorizar los sistemas costeros antropizados con una periodicidad lo suficientemente alta como para poder evaluar los efectos de los incrementos en los niveles de contaminantes, en este caso metales, sobre los organismos que habitan en la laguna del Mar Menor. Bajo determinadas condiciones ambientales, como las mostradas en este estudio, los niveles pueden llegar a superar los establecidos en la Directiva Marco de Aguas (200/60/CE)⁶ pudiendo provocar daños sobre el ecosistema. Aunque pudiera parecer que el problema de la contaminación por metales en el Mar Menor cesó con el cierre de las minas a mediados de los años 90 del siglo pasado, la realidad es bien diferente. Los residuos mineros siguen ocupando grandes extensiones del entorno del Mar Menor y las minas a cielo abierto siguen expuestas a las inclemencias del tiempo. Por tanto, los vientos fuertes y las lluvias torrenciales siguen arrastrando metales hacia la laguna hoy en día. A esto se unen las elevadas concentraciones de metales presentes en los fondos del Mar Menor y que están aparentemente inmovilizadas, pero esperando a hacerse biodisponibles para los organismos del ecosistema en el caso de que se den las condiciones fisicoquímicas idóneas para su redisolución en el agua de la laguna.

A pesar de que el estudio mostrado anteriormente se trata del más completo que evalúa las concentraciones de metales traza disueltos y en partículas en este ecosistema altamente antropizado, todavía es necesaria más investigación en este ámbito. Los trabajos futuros deberían centrarse en investigar cómo los acontecimientos medioambientales singulares, agravados por el cambio global, afectan a los ciclos de los metales en las zonas costeras, especialmente aquellas altamente antropizadas, con el fin de prevenir el deterioro de sus ecosistemas y poder hacer un uso sostenible de los mismos.

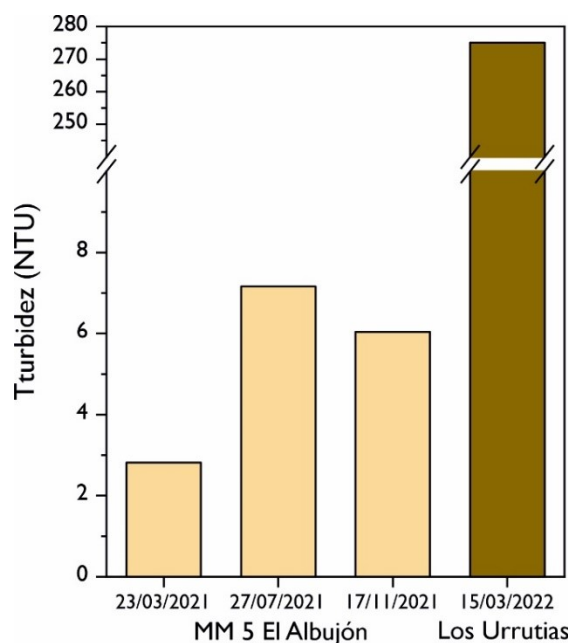


Figura 3. Niveles de turbidez (NTU) en la estación de muestreo número 5 (MM5 en el mapa) durante los muestreos previos (2021) y durante el muestreo de fuertes vientos (2022).

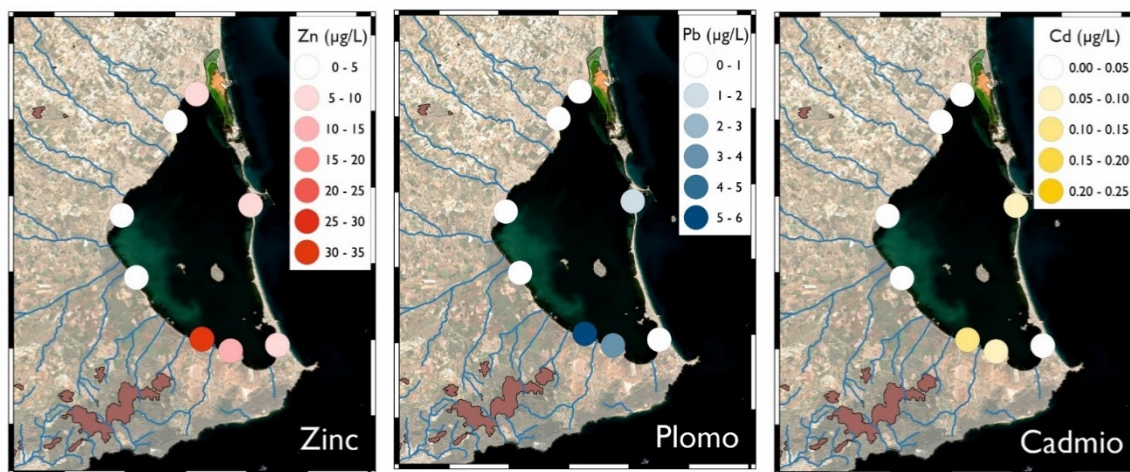


Figura 4. Concentraciones de Cd, Pb y Zn disueltos (µg/L) en diferentes zonas litorales de la laguna durante el evento de resuspensión que tuvo lugar en marzo de 2022.

Bibliografía

- (1) Rodríguez-Puig, J., Rodellas, V., Diego-Feliu, M., Alcolea, A., Jiménez-Martínez, J., Alorda-Montiel, I., Alorda-Kleinglass, A., Pereira, F., Manzano, M., Gilabert, J., Garcia-Orellana, J. (2025). Journal of Hydrology Open source preview, 2025, 661, 133616.
- (2) Pérez-Ruzafa, A., Dezileau, L., Martínez-Sánchez, M.J., Pérez-Sirvent, C., Pérez-Marcos, M., von Grafenstein, U., Marcos, C. (2023). Science of the Total Environment, 902, 166417.
- (3) Van Geen, A., Adkins, J.F., Boyle, E.A., Nelson, C.H., Palanques, A. (1997). Geology 25(4), pp. 291-294.
- (4) Hanebuth, T.J.J., King, M.L., Mendes, I., Lebreiro, S., Lobo, F.J., Oberle, F.K., Antón, L., Ferreira, P.A., Reguera, M.I. (2018). Science of the Total Environment 637-638, pp. 561-576.
- (5) Santos-Echeandía, J., Bernárdez, P., Sánchez-Marín, P. (2023). Science of the Total Environment, 905, 167806.
- (6) Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2000.

Una estrategia de país por la conservación de la biodiversidad marina de las Islas Canarias: las islas Galápagos del océano Atlántico

**José Juan Castro Hernández, Sebastián Rodríguez Alfaro
y María Esther Torres Padrón**

Facultad de Ciencias del Mar, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, Edif. de Ciencias Básicas, Campus Universitario de Tafira, 35017 Las Palmas de Gran Canaria, España.

Sin duda alguna, las islas Galápagos son un referente mundial cuando se habla de evolución, de biodiversidad y de protección. En este sentido, la apuesta progresiva de Ecuador por la conservación de este enclave único es un ejemplo a seguir: en 1974, se decide la protección de una franja marina de 2 millas náuticas alrededor de cada isla; en 1986, se declara Reserva de Recursos Marinos, con el fin de controlar la pesca ilegal y la sobreexplotación de los recursos marinos y, finalmente, en 1998, se amplía con la creación la Reserva Marina de Galápagos (RMG). En 2001, se consigue el reconocimiento de la Unesco al designarla Patrimonio Natural de la Humanidad (Tabla 1).

Esta designación no hace más que reafirmar la importancia de la RMG para la conservación de su extraordinario patrimonio natural singular, así como reconocer el esfuerzo de Ecuador en la gestión ambiental de una parte muy valiosa del legado natural mundial. Entre estos valores destacan la alta biodiversidad marina con más de 2.900 especies, un gran porcentaje (aproximadamente, el 20%) de las mismas son endémicas, destacando tiburones, tortugas, iguanas y leones marinos, entre otras especies. Pero, además, su ubicación geográfica en medio de la interacción de varias corrientes oceánicas (como la del Perú, Cromwell y Panamá) crea un mosaico de hábitats marinos que favorecen esta alta y excepcional diversidad (Tabla 1).

En 2022, Ecuador dio un paso más y amplió la RMG hasta alcanzar los 198.000 km² con la creación de la Reserva Marina Hermandad, permitiendo así la inclusión de amplios espacios marinos que son utilizados como corredores por especies altamente migradoras, como los cetáceos. Esta nueva declaración refleja el esfuerzo de Ecuador por fortalecer la conservación del «Corredor Marino del Pacífico Este Tropical» del que también forman parte Colombia, Panamá y Costa Rica.

Casi en el otro extremo del planeta, y en contextos geológicos y oceanográficos algo análogos, se encuentra el archipiélago canario (Fig. 1). Sin embargo, las Islas Canarias, ubicadas en el margen septentrional del Gran Ecosistema Marino de la Corriente de Canarias (Canary Current Large Marine Ecosystem, CCLME), no tienen el reconocimiento internacional de las islas Galápagos, aunque presenta una biodiversidad terrestre y marina más excepcional si cabe. Con más de 2.300 especies de plantas vasculares terrestres (590 endémicas), 719 especies de macroalgas marinas (25 de ellas endémicas) y 5.935 especies de animales marinos censados (mayormente invertebrados con más de 5.038, pero también de peces -más de 800 especies de peces óseos y 85 de rayas, tiburones y quimeras-, 6 tortugas marinas, 38 cetáceos y 39 aves marinas)^{1,2}, las islas Canarias son uno de los puntos reconocidos de biodiversidad terrestre y marina más importantes del planeta (Tabla 2).

La diferencia fundamental entre Canarias y Galápagos radica en su ubicación: Canarias está en dirección transversal a la Corriente de Canarias y a relativamente poca distancia al continente más próximo (a solo 95 Km de la costa del noroeste de África), mientras que las islas Galápagos están separadas unos 900 Km de la costa de América del Sur (Tabla 3). Por ello, Canarias goza de una biota más rica, a pesar de contar con casi 600 Km² menos de superficie emergida. Esto, a pesar de las grandes profundidades, superiores a 2000 m, que separan a las islas Canarias de la plataforma continental africana, permite un mayor intercambio y flujo de especies entre los sistemas insulares y el área continental marina y terrestre, cuestión que es más difícil en las Galápagos.

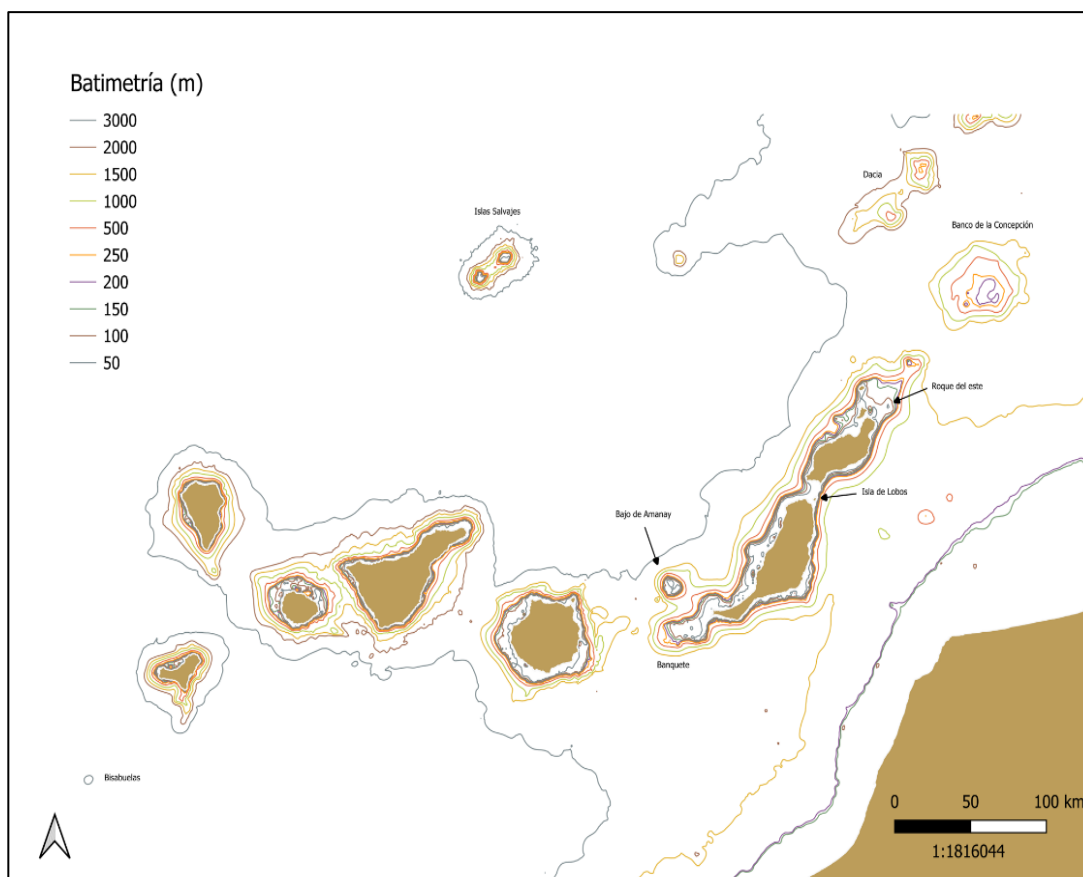


Figura 1. Archipiélago canario incluyendo los montes submarinos al norte de Lanzarote y las Islas Salvajes (en litigio con Portugal).

La diferencia fundamental entre Canarias y Galápagos radica en su ubicación: Canarias está en dirección transversal a la Corriente de Canarias y a relativamente poca distancia al continente más próximo (a solo 95 Km de la costa del noroeste de África), mientras que las islas Galápagos están separadas unos 900 Km de la costa de América del Sur (Tabla 3). Por ello, Canarias goza de una biota más rica, a pesar de contar con casi 600 Km² menos de superficie emergida. Esto, a pesar de las grandes profundidades, superiores a 2000 m, que separan a las islas Canarias de la plataforma continental africana, permite un mayor intercambio y flujo de especies entre los sistemas insulares y el área continental marina y terrestre, cuestión que es más difícil en las Galápagos.

Las islas Canarias juegan un papel crucial en la dinámica marina de la Corriente de Canarias, una corriente fría que fluye hacia el sur a lo largo de la costa noroeste de África. La presencia del archipiélago altera esta corriente, creando remolinos y zonas de surgencia que enriquecen las aguas, favoreciendo la productividad biológica y la diversidad de especies marinas^{3,4}. Es decir, la biodiversidad marina presente en las aguas de Canarias es consecuencia directa de esta dinámica oceánica, pero también de su estructura geológica submarina y su relativa proximidad al continente africano y al mar Mediterráneo. No obstante, las islas se encuentran separadas entre sí y del continente africano por profundidades que oscilan entre los 1300 y 3000 m, configurándose como estructuras cuasi verticales, con plataformas insulares muy estrechas y abruptas, e independientes del continente. Estas estrechas plataformas concentran la mayor parte de la biodiversidad en una franja nerítica muy reducida (entre los 5 y 50 m de profundidad se han censado 2.379 especies, el 40% del total)⁵, con una importante conectividad con la fauna epipelágica y mesopelágica oceánica, estableciéndose intensos flujos ecológicos de transferencia de energía entre las capas superficiales y el océano profundo⁶.

Es esta proximidad entre los ecosistemas neríticos y los oceánicos profundos lo que permite que Canarias tenga hasta 38 poblaciones de especies de cetáceos, como calderones tropicales, delfín mular, delfín

moteado del Atlántico, zifio de Cuvier y de cachalotes, que son residentes en las islas de manera permanente o temporal. Por ello, en Canarias se localiza el Primer Santuario de Ballenas de Europa, una distinción otorgada por la Alianza Mundial de Cetáceos en 2021 (<https://worldcetaceanalliance.org/tenerife-la-gomera/>). Esta presencia de poblaciones de cetáceos en nuestras aguas no es por causalidad sino porque, en la proximidad de las islas, a profundidades que oscilan entre los 400 y 800 m se desarrolla una inmensa capa de organismos marinos (capa de Reflexión Profunda o DSL), principalmente conformada por pequeños crustáceos, cefalópodos y peces, que migran todas las noches hasta la superficie, sirviendo de alimento a peces, incluidos los atunes, y a cetáceos. También es el hogar del huidizo calamar gigante (*Architeuthis dux*), del que se alimentan los cachalotes y del cual existen múltiples registros de varamientos en las islas.

Además, las islas Canarias, con su singularidad de ecosistemas volcánicos oceánicos, juegan un papel importante dentro del CCLME, tanto desde el punto de vista ecológico como económico y geopolítico. Este gran ecosistema marino, uno de los más productivos del mundo (en 2024 fue la 7ª región más importante en pesca, según la Organización para la Alimentación y Agricultura -FAO- de Naciones Unidas), abarca una vasta región del Atlántico nororiental frente a las costas de África Occidental e incluye las zonas económicas exclusivas de países como Marruecos, Mauritania, Senegal, Gambia y España (a través de Canarias). Este gran conjunto, las islas actúan como un punto de conectividad ecológica entre Europa, África y el Atlántico tropical, sirviendo de corredor y hábitat de paso para multitud de especies migratorias de alto valor ecológico, como cetáceos, tortugas marinas, atunes y otros grandes peces pelágicos oceánicos, y aves marinas.

¿Cuál es nuestro actual marco de protección de la biodiversidad marina?

La protección marina en Canarias comenzó en 1995 con la declaración de la Reserva Marina de los islotes al norte de Lanzarote y, a partir de ahí, se han ido incluyendo otras figuras de protección como las reservas marinas de interés pesquero en El Hierro (1996) y La Palma (2001), así como los espacios que configuran la Red Natura 2000 sobre las que, en gran medida, se solapan las áreas marinas de las Reservas de la Biosfera de todas las islas. En total, según los datos del Ministerio de Transición Ecológica y Reto Demográfico con fecha de diciembre de 2024 existen, aproximadamente, 37.132 Km² de mar canario protegido sobre el papel (el 7,6% de los 486.168 Km² del espacio total marino que abarca la demarcación canaria) (Tabla 1).

Es evidente que no todo este espacio tiene un mismo nivel de protección o de desarrollo de sus respectivos planes de gestión, y que existe una desigual limitación en las actividades extractivas y de otra naturaleza que se pueden desarrollar en los diferentes espacios protegidos. Exceptuando las exiguas áreas de protección integral de las tres reservas marinas de interés pesquero, donde está prohibida la pesca y cualquier otra actividad, y que solo representan el 0,002% del total de la demarcación, en el resto del área protegida los ciudadanos difícilmente notarán diferencias con el 92,4% del área no protegida. En toda el área de las reservas marinas de interés pesquero no se puede realizar pesca submarina y el número de pescadores recreativos con acceso es limitado (aquellos que por sorteo obtengan autorización pueden pescar también los 5 Kg/día que establece la ley para el conjunto de recreativos en toda la demarcación). En cambio, los pescadores profesionales que cuenten con autorización de acceso no tienen límites de capturas, como fuera de las reservas, pero eso sí, solo pueden pescar con anzuelo.

De hecho, aunque 37.132 Km² del mar canario está protegido, más del 50% de los stocks de las especies más pescadas en las islas se encuentran sobrexplotados (posiblemente, sería aún más si se pudiesen incluir los datos de las capturas obtenidas con la pesca recreativa, toda vez que esos datos no son recopilados por la administración)⁷.

Es evidente que el reto es avanzar en la efectividad de esta protección de manera óptima, conjugando los múltiples intereses existentes y los que han de venir de la mejor manera posible, estableciendo las oportunas medidas que ayuden a la necesaria transición del modelo actual, que se ha demostrado poco sostenible, por otro que nos lleve a un justo equilibrio entre el desarrollo económico, medido y planificado, y la mejora y conservación de la biodiversidad de nuestro océano.

¿Como se puede conservar toda nuestra biodiversidad?

En 2014, la Unión Europea (UE) estableció una directiva marco para la ordenación del espacio marítimo con el fin de fomentar el crecimiento sostenible de las economías marítimas, el desarrollo

sostenible de los espacios marinos y el aprovechamiento sostenible de los recursos marinos, teniendo en cuenta las interacciones entre tierra y mar y la cooperación transfronteriza.

En España, esta directiva se traspuso en forma de real decreto en 2017 y en 2023 se aprobó el Real Decreto 150/2023, por el que se aprueban los planes de ordenación del espacio marítimo de las cinco demarcaciones marinas españolas (POEM), una de ellas, la demarcación canaria.

Es muy complicado establecer una estrategia única y consensuada que permita conjugar la conservación y la reconstrucción, en algunos casos, del inmenso y frágil patrimonio natural que tenemos y el uso del espacio marino para el desarrollo económico de las islas, donde la pesca, la acuicultura, el tráfico marítimo y el turismo juegan un papel prioritario. Tampoco hay que olvidar el papel que tendrá que jugar, próximamente, el desarrollo energético a través de los parques eólicos marinos. Sin embargo, ahora se alinean múltiples factores que puede significar una oportunidad única que Canarias no debe dejar pasar.

Canarias representa un importante refugio de biodiversidad marina y tiene un valor desproporcionado en relación con su tamaño territorial, lo que la convierte en un espacio clave ineludible para cumplir metas internacionales como el Convenio sobre la Diversidad Biológica (Cumbre de la Tierra, celebrada en Río de Janeiro en junio de 1992), el objetivo 30x30 del Marco Mundial de Biodiversidad de Kunming-Montreal (el “acuerdo 30x30” consiste en proteger 30% del planeta y restaurar 30% de los ecosistemas terrestres y marinos degradados de aquí a 2030) y el Pacto Europeo por el Océano de la UE, que España ha asumido plenamente.

El Pacto Europeo por los Océanos es una estrategia global adoptada por la Comisión Europea para proteger el océano, promover una economía azul próspera y apoyar el bienestar de las personas que viven en las zonas costeras. El Pacto Europeo por los Océanos reúne todas las políticas de la UE relativas al océano en un único marco de referencia y aborda las importantes amenazas a las que se enfrenta el océano, las comunidades costeras, islas y regiones ultraperiféricas.

Según palabras de la presidenta de la Comisión Europea, Ursula von der Leyen, pronunciadas en junio de 2025, el Pacto por los Océanos pretende apoyar el crecimiento marítimo de las comunidades costeras y hacerlas más resilientes a los efectos del cambio climático. En estas políticas, la pesca a pequeña escala aparece como un actor prioritario, no con el objetivo de su modernización sino porque ha de ser sostenible. Se debe integrar como un elemento necesario para compatibilizar la soberanía alimentaria con su sostenibilidad, reduciendo la sobreexplotación de los stocks. Para ello, la Comisión pretende realizar una inversión de 1.000 millones de euros en conservación e investigación, a través de 50 proyectos en todo el mundo. Se busca, en palabras de la presidenta de la Comisión, “invertir en quienes viven en el mar y en los científicos y conservacionistas que tratan de protegerlo”. Por ello, un tercio del dinero irá a investigación y proyectos científicos.

Y, en este objetivo europeo de conservación de los océanos, Canarias tiene que estar en primera línea como área estratégica para la conservación de la biodiversidad marina del Atlántico Norte y Oriental. El objetivo no es solo que Canarias sea uno de esos 50 proyectos, tiene que ser la apuesta canaria, española y europea de conservación en su propio, en nuestro propio, territorio.

Pero el que Canarias sea en uno de esos 50 proyectos del Pacto por los Océanos no garantiza nuestra capacidad para mantener la sostenibilidad de nuestro entorno marino de manera prolongada en el tiempo, por lo que debemos usar nuestras singularidades como ventajas, convertir nuestras dificultades de hoy en oportunidades para el futuro.

Nuestra aproximación con Galápagos plantea retos y dificultades no sencillas de abordar. Es evidente que Galápagos no afronta los mismos problemas ambientales que Canarias y, por ello, tampoco los mismos riesgos de fracaso. Así, mientras que el conjunto de las Islas Galápagos no llega a los 200 mil habitantes y no superan los 330 mil turistas anuales, Canarias presentan una población residente de 2.260.000 habitantes y recibe en un solo día los turistas que Galápagos recibe en todo un año (302.767 turistas diarios en 2024, con 100.227.490 pernотaciones) (Tabla 3). Toda esta población real (344,46 hab/Km² de Canarias frente a los 3,23 hab/Km² de Galápagos) genera un nivel ingente de perturbaciones (i.e.: ocupación del espacio, necesidad de agua y alimentos, residuos, vertidos al mar, etc.), que no son fáciles de gestionar e integrar en un ecosistema tan frágil.

Sin duda, Canarias es uno de los territorios insulares más densamente poblados de Europa, claramente por encima de la mayoría de las islas mediterráneas y atlánticas. El archipiélago es, realmente,

una excepcionalidad en el contexto europeo y mundial al combinar, simultáneamente, una alta densidad poblacional con la mitad del territorio terrestre protegido en un espacio fragmentado, volcánico y con recursos limitados. Es el espacio europeo con más presión humana por km² “no protegido”, con una densidad real sobre suelo “disponible” que supera fácilmente los 600–700 hab/km², lo que explica los conflictos territoriales/habitacionales, la saturación de las infraestructuras (carreteras, depuradoras, etc.) y la tensión social y ambiental.

Por ello, poner en marcha un modelo económico y de protección de los espacios marinos que implique el abandono radical del que actualmente tenemos y que sostiene, a duras penas, a la población residente en las islas sería un suicidio social colectivo. Pero sí es evidente que hay que poner en marcha políticas que ayuden en la necesaria transición que compatibilicen el turismo masivo del que dependemos, en primera instancia, con el bienestar económico del conjunto de la población residente y la conservación tanto del territorio como de la biodiversidad terrestre y marina. Y esto implica replantearse cuestiones muy delicadas, entre otras, el crecimiento poblacional y la residencia, así como un techo bien definido al número de turistas y de los recursos que se destinan a ello (espacio, agua, energía, recursos para la gestión de su impacto, ...).

No cabe duda de que la superpoblación, y el turismo como parte significativa de esa superpoblación, es el gran problema. Pero también el turismo debe ser una parte de la solución, es la única herramienta que, por propio interés de subsistencia económica, hoy nos permitiría disponer de los mecanismos necesarios de amortiguación de su impacto y poner en marcha, de manera sostenida en el tiempo, estrategias de transición a un nuevo modelo más sostenible, sin necesidad de una transformación radical de lo que ya somos.

Por todo ello, estar en el centro del Pacto por los Océanos es una meta en sí misma, no porque aporte los recursos para la sostenibilidad futura, como balón de oxígeno necesario, sino porque da el reconocimiento internacional que se necesita para que se establezcan los cambios normativos que nos lleven a un modelo más sostenible, incluyendo el control de la residencia. El reconocimiento institucional externo del valor de nuestra biodiversidad y su fragilidad permitirá que tanto la sociedad civil como, particularmente, la industria y, a través de ellos, las administraciones y la clase política, se hagan conscientes de que sin ese esfuerzo continuado y eficaz por la conservación, estamos abocados a la desaparición como sistema social y económico viable.

Los recursos económicos para implementar las políticas sociales, de mejora de infraestructuras (sanitarias, educativas, viarias, habitacionales, energéticas, etc., y, por supuesto, de conservación e investigación) han de ser provistas en parte por el turismo, pero no como una carga, sino como una garantía de calidad y de provisión de recursos turísticos excepcionales (de naturaleza y de sociedad, de seguridad y bienestar). Deben ser las más de 100 millones de pernoctaciones anuales las que nos deben ayudar a construir y soportar los mecanismos de cambio, para la transición hacia la sostenibilidad que reclama la población y la UE en su Pacto por los Océanos.

Sí, estamos hablando de las tasas turísticas destinada a políticas de mejora del entorno natural y social en beneficio del propio turista. Si el contexto natural y social es atractivo, excepcional y seguro, el turista será fidelizado y la industria sostenida (aunque habrá que hacerla también sostenible en lo ambiental y social). Este tipo de tasas turísticas ya se aplican, de manera frecuente, en muchos destinos de nuestro país y en muchos lugares y ciudades europeas con mucha presión turística, sin que ello haya implicado un factor de reducción del número de visitantes en esos lugares, más bien al contrario. En la práctica, las tasas turísticas parecen tener un impacto limitado en la cantidad total de turistas que visitan una ciudad o región, si son percibidas y utilizadas como herramientas de gestión de turismo sostenible o de financiación de servicios locales. Esto se aprecia tanto en Barcelona y Baleares, como en Lisboa o Ámsterdam, donde los registros disponibles y los análisis de expertos indican que los destinos han mantenido o seguido creciendo en llegadas pese a las tasas, aunque no se tenga una medición estadística controlada que pueda atribuir exactamente el crecimiento o descenso a la política fiscal^{8,9} (Tabla 4 y Fig. 2).

La tasa turística media europea, excluyendo destinos urbanos considerados de lujo como París o Ámsterdam, se estima en 2,8 €/persona/noche, lo que hubiese significado una recaudación de, aproximadamente, 280 millones de euros solo en 2024, presupuesto similar a lo que dedica el Gobierno de Canarias al mantenimiento de las dos universidades públicas, más de 3 veces los presupuestado para

construcción de vivienda pública en 2026 o más de 5 veces lo dedicado a políticas de conservación y restauración de la naturaleza. Este dinero podría ayudar a facilitar la transición a un modelo más sostenible de aquellos colectivos que se verán más afectados por las necesarias medidas de conservación que hay que implementar en el mar, como pueden ser las comunidades costeras y los profesionales de la pesca que podrían verse limitados en el uso de artes de pesca menos sostenibles y/o de acceso a determinados caladeros y especies muy sensibles o sobreexplotadas. También, una parte debería ser destinada a mejorar de los sistemas de recogida y tratamiento de residuos urbanos, a la completa depuración y reutilización de aguas urbanas, entre otras políticas necesarias tanto ambientales como sociales y científicas. Otra parte de los fondos debería ser destinados a la mejora en la recogida de información científica que permitan un mayor conocimiento del sistema natural, particularmente el marino, de modo que se disponga de mecanismos que permitan la adecuada toma de decisiones en políticas de gestión y conservación del casi medio millón de Km² que representa el mar en torno a las islas.

La coordinación necesaria entre administraciones públicas, empresas y sociedad para optar al Pacto por los Océanos

Aunque aún no hay una convocatoria pública detallada que permita tener un marco burocrático de referencia, ni una fecha prevista de lanzamiento (no antes de 2027), es evidente que hay que comenzar ya a realizar el trabajo social y técnico necesario para optar a ser uno de los 50 proyectos financiados por parte de la Comisión Europea en el Pacto por los Océanos.

La propuesta debe contribuir claramente a alguno o varios de los objetivos estratégicos del Pacto, tales como la protección y restauración de la salud de los océanos, que, en nuestro caso, debe incluir toda la zona económica exclusiva nacional que rodea al archipiélago (casi medio millón de Km²) y, de ser posible, también debe buscar la interconectividad biológica con el resto de la región macaronésica, particularmente con Madeira. Debe ser una propuesta que incluya y favorezca a la pesca artesanal, para garantizar su sostenibilidad y la de la soberanía alimentaria de las islas, haciéndola compatible con la buena salud ambiental de la biodiversidad y ecosistemas marinos. Pero, también, ser compatible con la principal industria del país, el turismo. Esto implica, necesariamente, invertir en investigación orientada a ganar conocimientos que ayuden a la ordenación y gestión sostenible del mar en su conjunto. Implica un nuevo modelo de gobernanza del océano, más participativo y dinámico, pero también más afianzado en la ciencia y no en la subjetividad e intereses particulares, casi siempre dañinos.

Hay que identificar claramente los objetivos que se persiguen, sobre todo los de largo plazo, y en qué medida contribuyen a metas como restaurar los hábitats, aumentar la sostenibilidad de las pesquerías de pequeña escala o desarrollar tecnologías de observación oceánica que sostengan un sistema de toma de decisiones en la gobernanza que ayuden a compatibilizar la buena salud ambiental y las actividades económicas que afectan al océano, directa o indirectamente, en el mar o desde tierra.

El Pacto de los Océanos tiene un objetivo de escala global y financiará proyectos no sólo dentro de la UE, por lo que estos deberán demostrar su impacto real, lo que no solo obligará a que la propuesta tenga un huella con dimensión internacional (contribuyendo a políticas marinas europeas y globales), sino que debe proveer de indicadores cuantificables de los beneficios ambientales (impactos favorables sobre la biodiversidad), pero también científicos, sociales y económicos, estos últimos manteniendo en el centro de acción a las comunidades costeras.

Canarias tiene capacidad científica y técnica, así como experiencia, demostrada en cientos de convocatorias de proyectos científicos de la UE, tanto por parte de las dos universidades públicas canarias (destacando la Facultad de Ciencias del Mar y los institutos de investigación de la ULPGC asociados), como de las entidades científico-técnicas dependientes del Gobierno de Canarias (ITC o PLOCAN) y del Instituto Español de Oceanografía (IEO-CSIC) vinculado al Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades. Todas estas instituciones científicas cuentan con una notable proyección internacional y regional, a través de múltiples colaboraciones con instituciones similares de Portugal, Francia y países del noroeste africano en proyectos de evaluación, gestión y ordenación de los recursos y espacio marino. No obstante, sería también de interés contar con el apoyo de organizaciones no gubernamentales con implantación internacional como WWF y Oceana, entre otras.

El desarrollo de esta estrategia de país por la conservación de la biodiversidad marina necesita, además, de una notable implicación del conjunto de consejerías del Gobierno de Canarias, en estrecha

colaboración con el resto de las administraciones locales y, particularmente, con ministerios clave del Gobierno de España (i.e. Ministerio de Transición Ecológica y Reto Demográfico, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación y Ministerio de Economía, entre otros posibles). Esta implicación debe estar enfocada no solo a establecer un plan financiero y de sostenibilidad económica que haga efectiva la adecuación del modelo económico actual al propósito de gestión y conservación de todo el espacio marino que rodea a las islas (La ZEE), sino de liderazgo social de manera que arrastre y convenza al conjunto del tejido social en la necesidad de alcanzar la sostenibilidad y compatibilidad de todas las acciones con la conservación de nuestro singular patrimonio natural. Y no hay caminos cortos ni libres de problemas para lograrlo.

Aunque la propuesta se pueda circunscribir inicialmente a la restauración de ecosistemas marinos, investigación y cuantificación de amenazas a la biodiversidad, desarrollo de estrategias de pesca sostenible o iniciativas que integren a las comunidades costeras, ajustándolo a las exigencias que establezca el Pacto, esta estrategia de país requiere de una ambición y mirada mucho más larga en el tiempo. Hay que establecer un plan de trabajo claro, aunque, inicialmente, ajustado a un cronograma donde queden reflejadas todas las fases necesarias exigidas por el Pacto por los Océanos. Este debe, por una vez, tener una vigencia que sobrepase la vida media de los gobiernos que han de ponerlo en marcha, desarrollarlo y adecuarlo continuamente a las necesidades que vayan surgiendo por la propia naturaleza dinámica del océano y de la sociedad. Por eso, necesita de un consenso social amplio. Debe ser un plan de vida que ha de estar vivo y que implique a varias generaciones.

El plan debe tener un presupuesto detallado, plurianual, para cada una de las fases y las posibles fuentes de financiación (i.e. fondos europeos, fondos propios, contribución de empresas y/o fundaciones, tasas turísticas, etc.) y las necesarias justificaciones de los costes estimados (como puede ser el facilitar la transición de colectivos vulnerables, empresas e infraestructuras de un modelo a otro). Este plan financiero no debe limitarse a las anualidades que abarque la convocatoria, sino que debe estar armado para asegurar la continuidad y sostenibilidad de la estrategia a largo plazo, mucho después de que acabe la posible financiación del Pacto por los Océanos.

Es obligatorio anticiparse al lanzamiento de la convocatoria y alcanzar el necesario consenso político y social para afrontar el reto (un objetivo de país), aunque no se reciba el apoyo financiero del Pacto por los Océanos. Incluso se deben establecer las alianzas internacionales precisas (i.e., con Portugal, Marruecos, Cabo Verde, ...) que le den la complicidad y conectividad espacial necesaria para garantizar la buena salud de especies clave, cuya supervivencia va más allá de nuestras fronteras. Y esta tarea de consenso debe ser abanderada por el Gobierno de Canarias, liderando, incluyendo a todos los segmentos de la sociedad en el objetivo. En caso contrario, quizás la universidad, o las universidades, deberían tomar el testigo, para generar el caldo de opinión e inquietud social preciso, ya que el propósito es lo suficiente importante y vital para invertir el tiempo y los recursos humanos, económicos y técnicos que sean necesarios.

Tabla 1
Comparativa entre la protección de las Islas Galápagos y las Islas Canarias.

	Galápagos	Canarias
Extensión terrestre protegida	97,5%	40,6% (3013,4 Km ²)
Año protección	1959	2011
Extensión marina protegida	193.000 km ² (97,4%)	28.000 km ² (5,25%)
Inicio de la protección	1998 y ampliada en 2022	1995 (RM La Graciosa)
Gran sistema marino	Corriente de Humboldt	Corriente de Canarias
Reconocimiento UNESCO	2001	-
Área de no pesca	30.000 km ² (15,2 %)	972,3 km ² (0,002%)
Zona pescable	Solo el 5% permite pesca artesanal regulada.	99,998%
Zonas críticas protegidas	30.000 km ² ecosistemas oceánicos críticos, rutas migratorias y zonas de alimentación de especies amenazadas.	73,8 km ² (154 ZEC o LIC marinos)
Corredor marino	Zona Hermandad. Ballenas jorobadas, mantas, tortugas y tiburones ballena.	-
Otras figuras de protección	Parque nacional terrestre, reserva de la biosfera, Humedales Ramsar (aves migratorias) y Estación Darwin.	4 parques nacionales terrestre, 7 reservas de la biosfera, 3 reservas marinas de interés pesquero.
Amenazas	Pesca ilegal, plásticos y cambio climático afectan sus arrecifes.	Sobrepesca, pesca ilegal, plásticos, vertidos de aguas residuales y cambio climático.

Tabla 2
Comparativa en la biodiversidad de las Islas Galápagos y las Islas Canarias (en verde aquellos indicadores de mayor biodiversidad en las Islas Canarias comparados con las Islas Galápagos) (información de especies de Canarias extraído de Biota, Gobierno de Canarias).

Grupo taxonómico	Hábitat	Galápagos	Canarias
Bacterias			98
Algas	Terrestre		468 especies (210 protistas, algas unicelulares y afines, 10 Chlorophyta y 522 briófitos) (14 endémicas).
	Marino		1558 (838 protistas y algas unicelures, 151 Phaeophytas, 127 Chlorophytas, 1 Charophyta y 441 Rhodophytas) (25 endémicas)
Hongos	Terrestre		2464 (167 endémicos)
	Marino		17
Líquenes y afines	Terrestre		1748 (73 endémicos)
	Marino		7 (2 endémicos)
Plantas vasculares	Terrestre	500	2327 (590 endémicas)
	Marino		3
Invertebrados	Terrestre	2.000 (50% endemismos)	8838 (3600 endémicas)
	Marino		5038 (153 endémicos)
Anfibios	Terrestre		3
Reptiles	Terrestre	24 (21 endémicas)	18 (14 endémicas)
	Marino		6
Peces	Terrestre	306	15
	Marino		814 (3 endémicos y 85 condrichtios)
Aves	Terrestre	29 (aprox. 50% endémicas)	196 (110 nidificantes -70 sedentarias, 9 endémicas y 30 subespecies autóctonas).
	Marino	19 (5 endémicas)	39 (11 nidificantes).
Mamíferos	Terrestre	6	21 (2 especies endémicas -murciélago y musaraña-, 18 introducidas).
	Marino	24 (2 endémicas)	38
Especies animales	Marino	2.900 (20% endémicas)	5935 (156 endémicas)
Total	Terrestre		16379 (4472 endémicas)
	Marino	2900 (20% endémicas)	7618 (184 endémicas)

Tabla 3
Geografía poblacional de las Islas Galápagos y las Islas Canarias.

	Galápagos	Canarias
Nº de islas	119 (13 islas mayores y resto islotes)	13 (8 islas principales y resto islotes)
Extensión terrestre	8.010 km²	7.447 km²
Extensión marina	198.000 km²	29.120 km² (línea de base) 486.168,2 km² (ZEE)
Geología	Volcánica	Volcánica
Habitantes	28.583 (2022)	2.262.404 (2025)
Distancia más próxima al continente	900 km al oeste de Ecuador	95 km al oeste del Sáhara Occidental
Area urbana	2,5%	6%
Densidad de Población	3,23 hab/ Km²	344,46 hab/ Km²
Turismo	Turismo regulado: Solo operadores autorizados pueden ofrecer tours de buceo y snorkel.	Turismo masivo (302.767 turistas diarios; 100.227.490 pernотaciones). Canarias recibe el 1% del turismo mundial. 1,8% del territorio urbano está dedicado a alojamiento turístico (600.000 plazas alojativas).
Nº de turistas anuales	329.475 (2023)	17.767.833 (2024)

Tabla 4
Año de implantación de la tasa turística y rangos de gravamen en diferentes lugares turísticos de Europa (* el gravamen depende de la categoría del alojamiento y/o la temporada). Además, se incluye su impacto sobre el número de visitantes a partir del año de implantación.

Destino	Año de implantación	Valor típico (€/persona/noche	Comportamiento del turismo
*Baleares	2012	0,50-4,00	Llegadas internacionales han seguido creciendo.
*Cataluña (no Barcelona)	2012	1,20-6,00	Crecimiento de turismo sostenido (Cataluña ha visto aumentos de llegadas desde 2012) e incluso en 2025 creció el 10% vs Madrid.
*Barcelona	2021	6,00-11,00	No hay evidencia clara de reducción de turistas — cifras generales siguen altas. Hay percepción de saturación.
Lisboa	2015	4,00	No hay evidencia pública de caída del turismo tras su introducción; Lisboa siguió aumentando viajeros.
Azores	2025	2,00	Sin datos
*Portimão (Algarve)	2024	1,00-2,00	Sin datos
Praga	2020	0,50-2,00	No hay indicios de caída de turistas.
*Roma	2020	1,50-7,50	No hay indicios de caída de turistas.
*París	2010	0,65-15,60	Turismo sigue muy alto tras subidas recientes
Amsterdam	2018	12,5% del alojamiento	No ha reducido turismo.

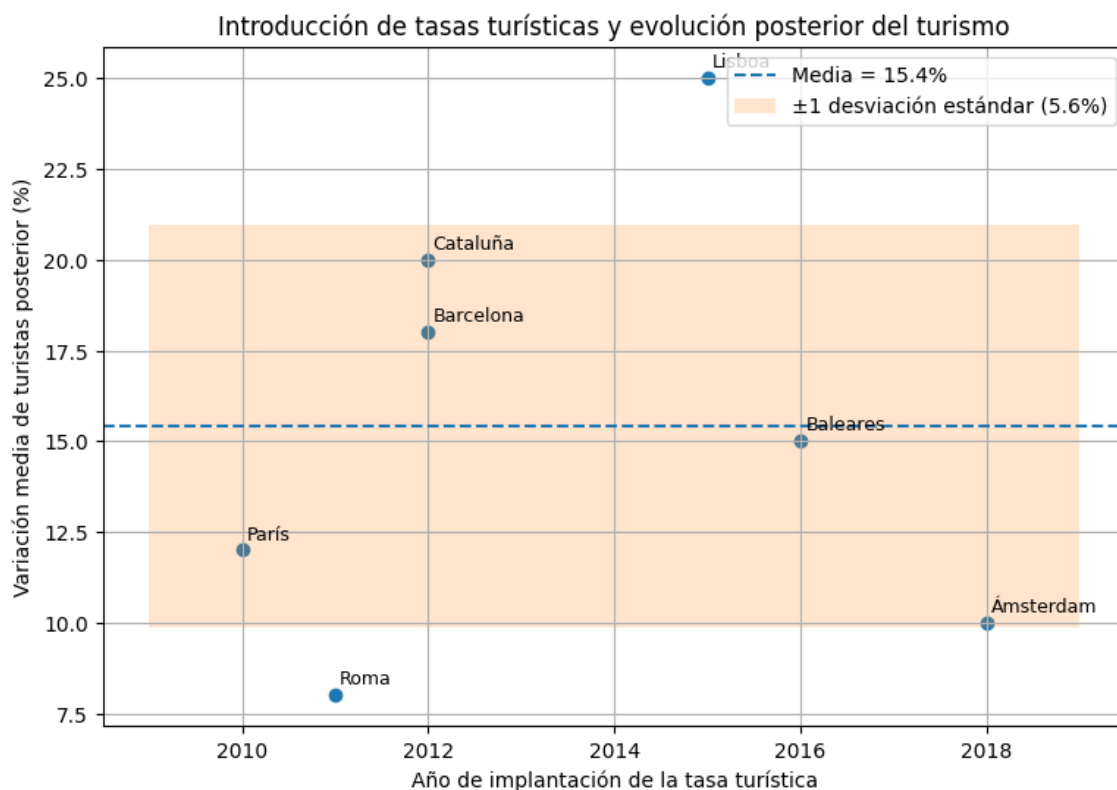


Figura 2. Relación, en % de visitantes, entre el año de introducción de la tasa turística y la variación media del número de turistas en los años posteriores. Cada punto representa un destino europeo. La línea discontinua indica la media de crecimiento posterior (15,4 %), y la banda sombreada su desviación estándar. Por ejemplo, Lisboa ha crecido un 25% respecto a 2015 y Ámsterdam un 10% respecto a 2018. No se observan caídas sistemáticas del turismo tras la implantación de la tasa, lo que sugiere una baja elasticidad de la demanda turística frente a este tipo de gravámenes.

Bibliografía

- (1) García-Rey, E. (2017). Checklist of birds of the Canary Islands/Lista de las aves de las Islas Canarias 2017. Sociedad Ornitológica de Canarias (SOC). Tenerife. Spain.
- (2) Moro, L., Martín, J.L., Garrido, M.J., Izquierdo, I. (eds.). (2003). Lista de especies marinas de Canarias (algas, hongos, plantas y animales). Consejería de Política Territorial y Medio Ambiente del Gobierno de Canarias, 250 pp.
- (3) Barton, E.D., Aristegui, J., Tett, P., Cantón, M., García-Braun, J., et al. (1998). Prog. Oceanog., 41(4):455-504, [https://doi.org/10.1016/S0079-6611\(98\)00023-8](https://doi.org/10.1016/S0079-6611(98)00023-8)
- (4) Pelegrí, J.L., Aristegui, J., Cana, L., González-Dávila, M., Hernández-Guerra, A., et al. (2005). J. Mar. Syst., 54:3-37.
- (5) Hernández, C.L., Perales, C., Pascual, P., Martín-Sosa, P., et al. (2012). Estrategia marina Demarcación Canaria: Parte I. Marco General. Evaluación inicial y buen estado ambiental. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/costas/temas/proteccion-medio-marino/l_Marco%20General_Canarias_tcm30-130932.pdf](https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/costas/temas/proteccion-medio-marino/l_Marco%20General_Canarias_tcm30-130932.pdf)
- (6) Wienerroither, R., Uiblein, F., Bordes, F., Moreno, T. (2009). Mar. Biol. Res., 5(4): 328–344. <https://doi.org/10.1080/17451000802478055>
- (7) Castro, J.J., Divovich, E., Delgado de Molina-Acevedo, A., Barrera-Luján, A., Riera, R. (2019). Sci. Mar., 83(1). <https://doi.org/10.3989/scimar.04837.18A>
- (8) Deutsche Welle. Do tourism taxes actually deter travelers? https://www.dw.com/en/do-tourism-taxes-actually-deter-travelers/a-71789838?utm_source=chatgpt.com (última visita 07/01/2026).
- (9) National Geographic. A look at Europe's tourist taxes—have they helped curb overcrowding? https://www.national-geographic.com/travel/article/europe-tourist-tax-impact?utm_source=chatgpt.com (última visita 07/01/2026).

organiza:



Universidad
Internacional
de Andalucía



Cátedra UNIA-UICN
de Conservación de la Naturaleza

Lugar

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DE ANDALUCÍA
SEDE TECNOLÓGICA DE MÁLAGA
MUELLE DE CÁNOVAS S/N

CINEFÓRUM

PROYECCIÓN DE DOCUMENTAL Y COLOQUIO

DÍA MUNDIAL DE LOS OCÉANOS

LUNES 8 DE JUNIO DE 2026, 17:00 H



INSCRIPCIÓN

Programa

17:00-18:30 **Proyección**
18:30-19:00 **COFFEE-BREAK**
19:00-20:30 **COLOQUIO**

PARTICIPAN

NIEVES CRUZ SALCEDO

Consejería de Sostenibilidad
y Medio Ambiente

PILAR MARÍN CABEZA

UICN-Med

JESÚS BELLIDO LÓPEZ

Comité Español de la UICN

MANUEL SÁNCHEZ DE PEDRO

Tecobarro Soluciones S.L.

MODERA

JULIO DE LA ROSA ÁLAMOS

Aula del Mar CEI-Mar UGR

O C É A N O S

con

DAVID ATTENBOROUGH

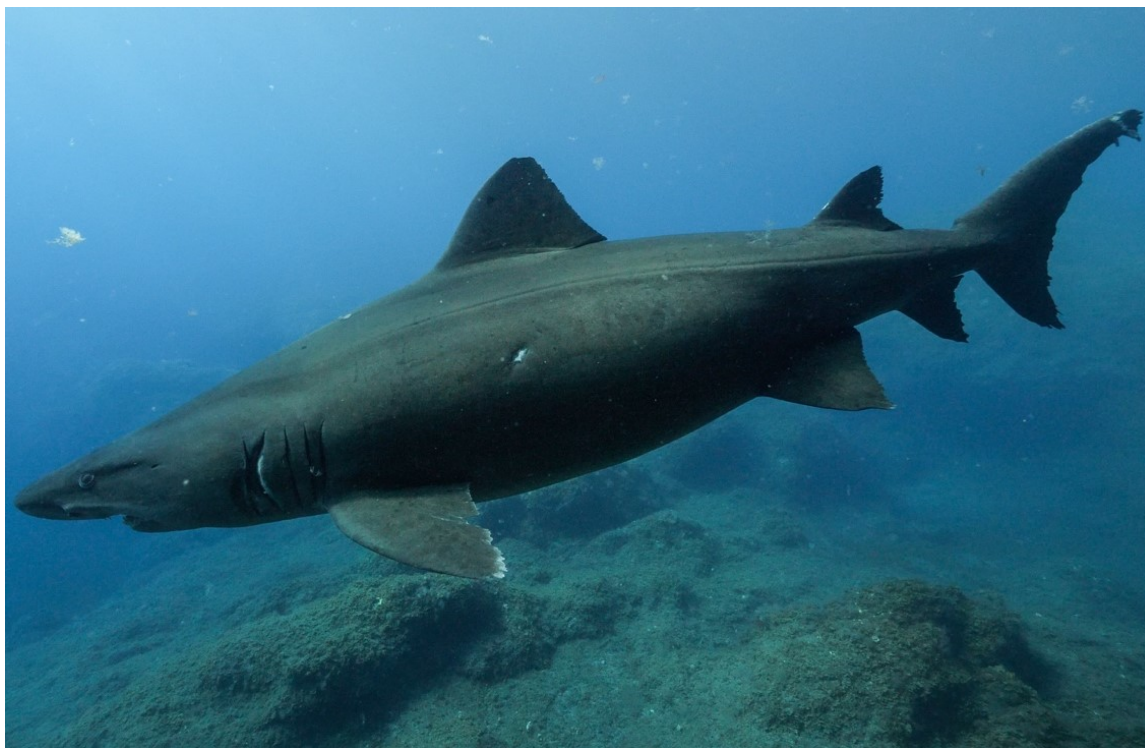
El tiburón solrayo: un enigma de las profundidades

Felipe Ravina Olivares

https://www.instagram.com/felipe_ravina/reels/



Durante los meses de agosto y septiembre de 2025 tuvieron lugar diferentes avistamientos de una hembra de tiburón solrayo (*Odontaspis ferox*) en la isla de El Hierro. Con la esperanza de encontrarla y filmarla, nos dirigimos hacia la Isla del Meridiano, pero al llegar las noticias no eran muy positiva, pues llevaba sin verse más de una semana. Pero en el mar, la paciencia es muy importante y teníamos varios días para intentarlo.

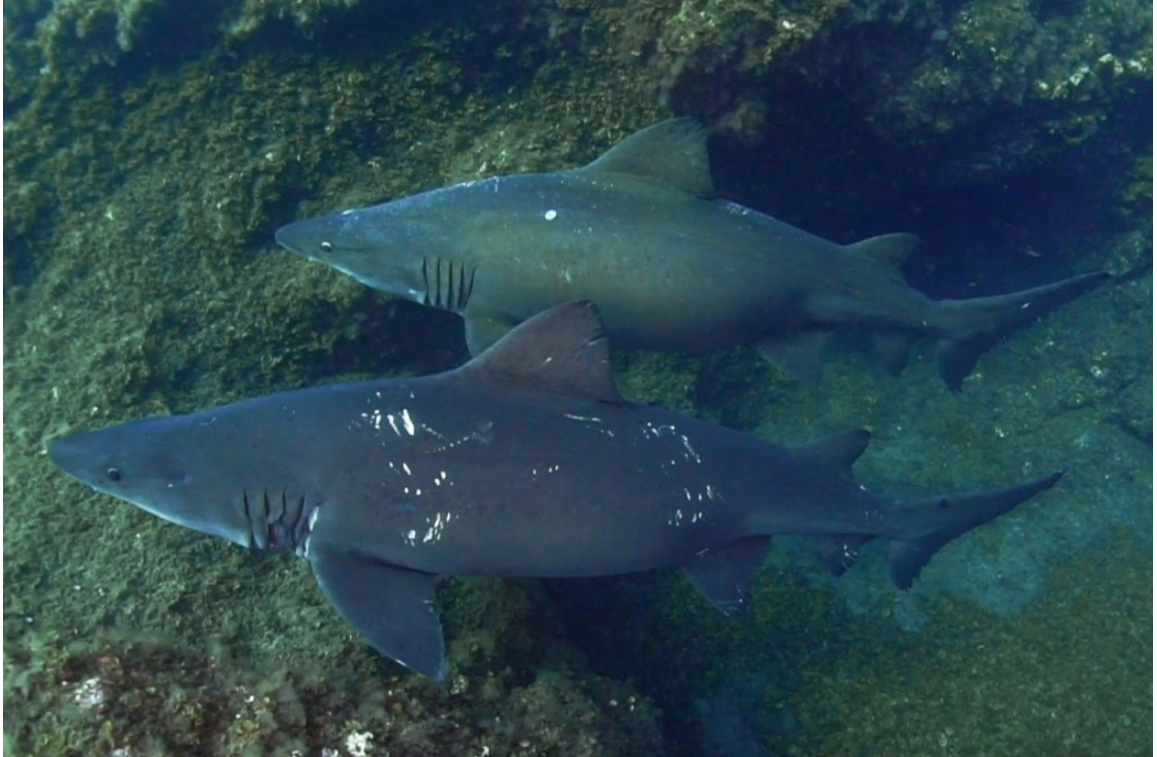


Hembra de tiburón solrayo (*Odontaspis ferox*) avistado en la isla de El Hierro en 2025.

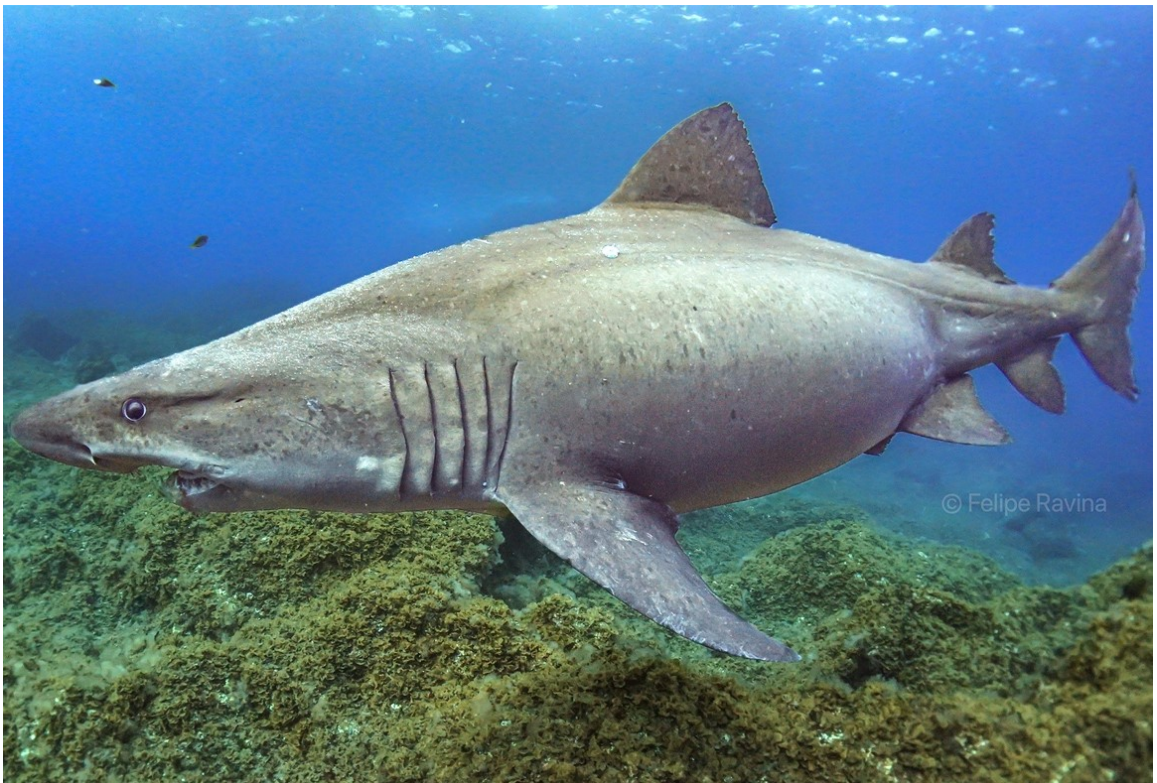
El primer día, las condiciones eran inmejorables. El mar estaba completamente en calma y la visibilidad era perfecta, pero la hembra de tiburón solrayo no estaba allí. Encontramos morenas negras, tamboriles espinosos, gallos azules, un ratón..., pero no había ni rastro del escualo. Teniendo en cuenta que llevaba más de una semana sin verse, empezábamos a ser pesimistas, hasta que, de repente, una gran sombra apareció. Era ella acercándose lentamente hacia nosotros, cerca del fondo. Un animal de aspecto prehistórico y del que prácticamente no hay información científica. Vive en aguas profundas, llegando a 1000 metros de profundidad y, El Hierro, es uno de los pocos lugares del mundo donde se observan en aguas muy someras. Otro de los pocos lugares donde se observa esta especie en zonas poco profundas es la isla colombiana de Malpelo y, por eso, este tiburón es también conocido como “monstruo de Malpelo”.

El animal dio varias vueltas y desapareció en la profundidad. Fue un encuentro breve tras 6 años desde la última vez que había tenido la suerte de observar a este imponente tiburón en libertad, que es el ejemplo perfecto de que las apariencias engañan. Cada varios años, en la isla herreña, aparecen hembras de esta especie. El último avistamiento anterior fue en 2019, siendo tres hembras diferentes las que se observaron, algo fuera de lo común, ya que lo habitual es que solo aparezca una. En dicha ocasión cada hembra pudo ser identificada por las diferentes marcas y cicatrices que tienen en su cuerpo, especialmente en sus aletas. Pero la hembra de 2025 no era ninguna de las que se registraron en 2019, sin embargo, tras revisar el archivo de años anteriores, resultó ser la hembra que se observó en 2018. Es decir, siete años después, esta hembra regresó al mismo lugar donde la vi por primera vez. Además, aquella ella fue el primer tiburón solrayo que vi, y desde entonces no había vuelto a aparecer.

En la actualidad, esta especie sigue siendo un enigma. Nunca se puede predecir cuándo aparecerá. Y, cuando tenemos el privilegio de observarla, tampoco podemos predecir en qué momento volverá a las profundidades. ¿Por qué vienen a esta zona? ¿Cuánto tiempo llevan viniendo? ¿Están siempre en El Hierro? ¿O migran a otros lugares? Son muchas preguntas que hacen los científicos, y todas aun sin respuesta. Lo único que está claro es que es una especie que vive muy alejada del ser humano, afortunadamente.



Dos hembras de tiburón solrayo nadando en paralelo observadas en 2019.



Hembra de tiburón solrayo, aparentemente preñada, avistada en 2019.



Aleta dorsal de la hembra avistada en 2018.



Aleta dorsal de la hembra avistada en 2025.



Estudio del entorno submareal en el proyecto AMPLÍA: Un universo oculto a plena vista bajo las olas

David Jiménez-Alvarado¹, Lorena Couce-Montero¹, Airam Guerra-Marrero^{1,2}, Ana Espino-Ruano¹, Julián Cabana- Gandiaga¹, Raibel Nuñez¹, Airam Sarmiento-Lezcano^{1,3} y José Juan Castro Hernández¹

¹ IU-Ecoaqua, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, Edificio de Ciencias Básicas, Tafira, 35018, Las Palmas de Gran Canaria, España. ² Universidad del Atlántico Medio | Ctra. de Quilmes, 37, 35017, Las Palmas de Gran Canaria, España. ³ Centro Oceanográfico de A Coruña, Instituto Español de Oceanografía, IEO-CSIC, 15001 A Coruña, España.

Más allá de donde llega la marea baja se extiende la zona submareal, un espacio del océano que permanece siempre sumergido y que alberga una vida abundante y diversa. Aunque invisible desde la orilla, el submareal es uno de los ecosistemas más ricos del planeta, extendiéndose desde el final de la zona intermareal hasta las profundidades donde la luz solar deja de penetrar con fuerza, hasta una profundidad próxima a los 50 m. Su importancia radica en que es un hábitat clave para miles de especies que dependen de sus condiciones estables y de su alta productividad biológica^{1,2}. En Canarias se estima que aproximadamente el 45% de la biodiversidad se localiza en esta franja de profundidad.

En este entorno se desarrollan bosques submarinos de algas pardas y praderas de fanerógamas marinas, que proporcionan alimento, refugio y zonas de cría a numerosos peces e invertebrados^{3,4}. Las algas y plantas marinas, además, contribuyen a la oxigenación del agua y a la fijación de los sedimentos, protegiendo así los fondos costeros, actuando como un filtro natural y un sumidero de carbono gracias a las diferentes especies que en él habitan, sobre todo las algas, ayudando a mantener la calidad del agua y a mitigar los efectos del cambio climático⁵. Estos ecosistemas forman la base de una compleja red trófica en la que cada organismo, desde los pequeños moluscos hasta los grandes depredadores, cumple un papel esencial en el equilibrio del medio marino⁶ y su pérdida o degradación, causada principalmente por actividades humanas o por el calentamiento global, tendría consecuencias graves para la biodiversidad y para las comunidades humanas que dependen del mar⁷. Por ello, conocer y proteger esta frágil franja costera, que es el submareal, es fundamental para conservar la salud de los océanos y garantizar un futuro sostenible para el planeta.

El Proyecto AMPLÍA es una iniciativa científica liderada por la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (ULPGC) y financiada con fondos europeos Next Generation de la UE. Su objetivo principal es diagnosticar el estado de los ecosistemas marinos de las Islas Canarias orientales para proponer la ampliación y/o reestructuración de los espacios marinos protegidos dentro de las Reservas de la Biosfera. Para ello, una parte esencial del trabajo de AMPLÍA se ha centrado en la evaluación del medio submareal, un entorno de gran biodiversidad y productividad. Para su estudio, los equipos científicos han aplicado metodologías de censos visuales a través del conteo de especies e individuos en transectos lineales de ancho fijo con ayuda de equipos de buceo autónomo, una metodología que permite registrar sistemáticamente las especies de peces, invertebrados y algas presentes en la zona evaluada (Fig.1). Además, se ha hecho uso de herramientas como los laser subacuáticos, que permiten realizar mediciones del tamaño de cada individuo muestreado (Fig. 2) y, en los lugares de difícil acceso se ha contado con la ayuda de un vehículo submarino guiado por control remoto (ROV) dotado de cámaras de video. Estas investigaciones han sido llevadas a cabo en distintos puntos de las islas de Gran Canaria, Fuerteventura, Lanzarote y La Graciosa, evaluando sus diferentes vertientes geográficas, lo que ha proporcionado información clave para mejorar la gestión de los ecosistemas costeros y orientar estrategias de conservación que favorezcan la sostenibilidad ambiental y socioeconómica del archipiélago.



Figura 1. Miembro del equipo de investigación del Proyecto AMPLÍA, realizando la evaluación de zona submareal con el uso de transectos lineales de ancho fijo.



Figura 2. Fotograma de un espécimen de vieja (*Sparisoma cretense*) sobre cuyo cuerpo se aprecia la luz de los láseres subacuáticos y que permiten tener una referencia (10 cm) para medir la longitud del cuerpo pez.

Se han llevado a cabo 92 buceos en 40 puntos de la provincia oriental, lo que ha supuesto la realización de un total de 322 transectos (161 mil m²). Gracias a esta metodología se han podido registrar 71 especies de peces como el mero (*Epinephelus marginatus*) con 8 de ellas pertenecientes al grupo de los elasmobranquios (tiburones y rayas), 43 invertebrados como el erizo común (*Paracentrotus lívidus*) el coral naranja (*Dendrophyllia ramea*) (Fig. 3). Esto ha permitido constatar que existe

una riqueza, número de especies presentes en un área determinada, similar en las diferentes zonas evaluadas, destacando la zona de Puerto del Carmen en el suroeste de Lanzarote, Morro Jable en el sur de Fuerteventura y el suroeste de Gran Canaria, donde los peces destacan de manera muy significativa (Fig. 4). De la misma forma, se ha podido constatar que la costa de Morro Jable, en el sur de Fuerteventura, Pasito Blanco, en el sur de Gran Canaria, y Roncadores, al norte de Lanzarote, presentan la mayor biomasa (mayor número de individuos por metro cuadrado evaluado) (Fig. 5).

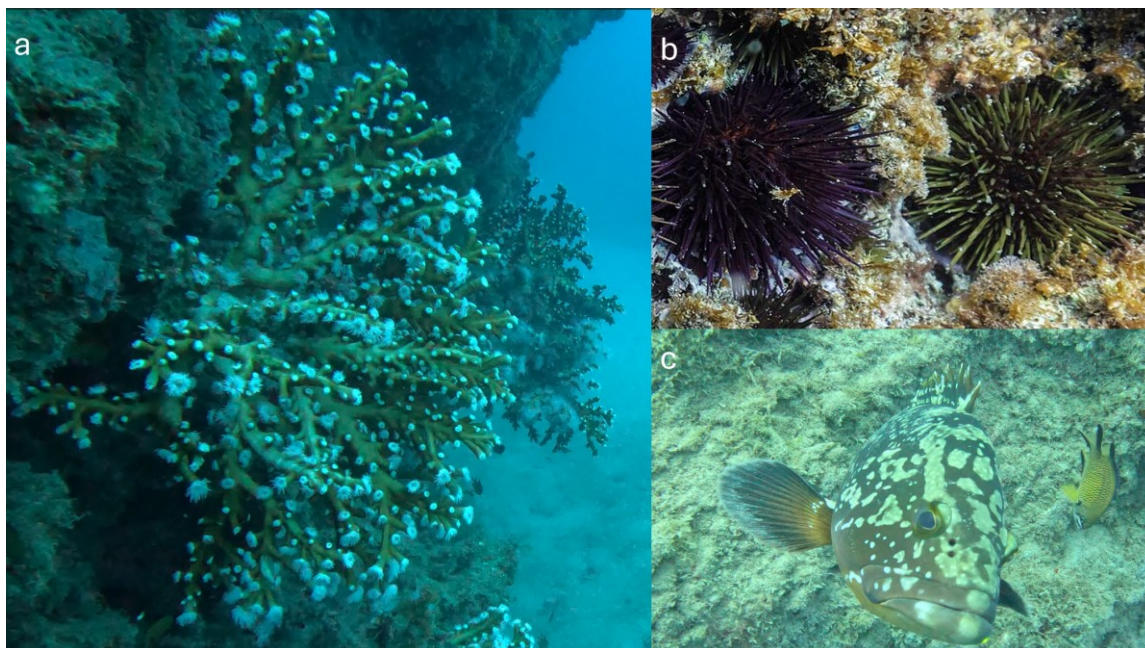


Figura 3. Muestra de las diferentes especies evaluadas en el transcurso de la investigación llevada a cabo en el Proyecto AMPLÍA: a) Coral naranja (*Dendrophyllia ramea*), b) Erizo común (*Paracentrotus lívidus*), c) Mero (*Epinephelus marginatus*).

Gracias a toda esta información recopilada, será posibles precisar que áreas dentro de cada una de las islas orientales tiene una importancia ecológica destacable y, por lo tanto, susceptibles de adquirir un rol prioritario para la conservación de las especies. Pero también a la hora de establecer que áreas cuya protección deberían tener una mayor relevancia dentro de las Reservas de La Biosfera cara a reconstruir y sostener los stocks y poblaciones de especies vitales que proveen los servicios ecosistémicos esenciales, necesarios y estratégicos para las comunidades humanas de las islas, desde los pescadores a la industria turística. Estas zonas, que deben ser designadas como núcleo dentro de la estructuración espacial de las reservas de la biosfera, una vez evaluadas todas la consideraciones biológicas, económicas y sociales, tras un proceso de extensa participación ciudadana.

Agradecimientos

Nos gustaría agradecer encarecidamente a todos los colaboradores que han hecho posible esta evaluación en las diferentes zonas seleccionadas, en particular a los integrantes de los centros de buceo de Océanos de Fuego en Lanzarote, Amanay, Deep Blue y Jandía Buceo en Fuerteventura y al centro de buceo Zeus Diving en Gran Canaria. Es proyecto AMPLÍA ha sido concedido a la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria y financiado con Fondo “Next Generation” de la Unión Europea en la convocatoria de subvenciones para la financiación de actuaciones en Reservas de la Biosfera en el marco del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia, en convocatoria pública en régimen de concurrencia competitiva de la Consejería de Transición Ecológica, Lucha contra el Cambio Climático y Planificación Territorial del Gobierno de Canarias (BOC núm. 134/2022, de 7 de julio).

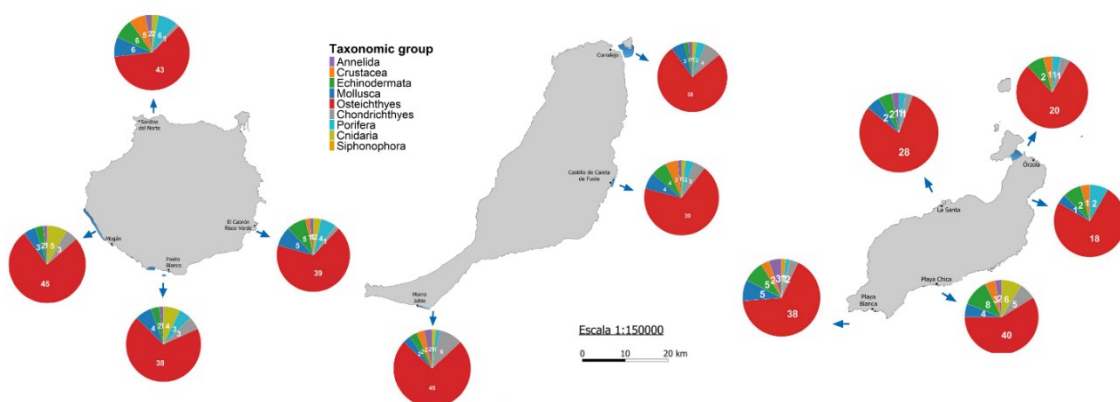


Figura 4. Riqueza total por grupos taxonómicos presentes en cada una de las zonas evaluadas en las diferentes islas orientales de Gran Canaria, Fuerteventura y Lanzarote.

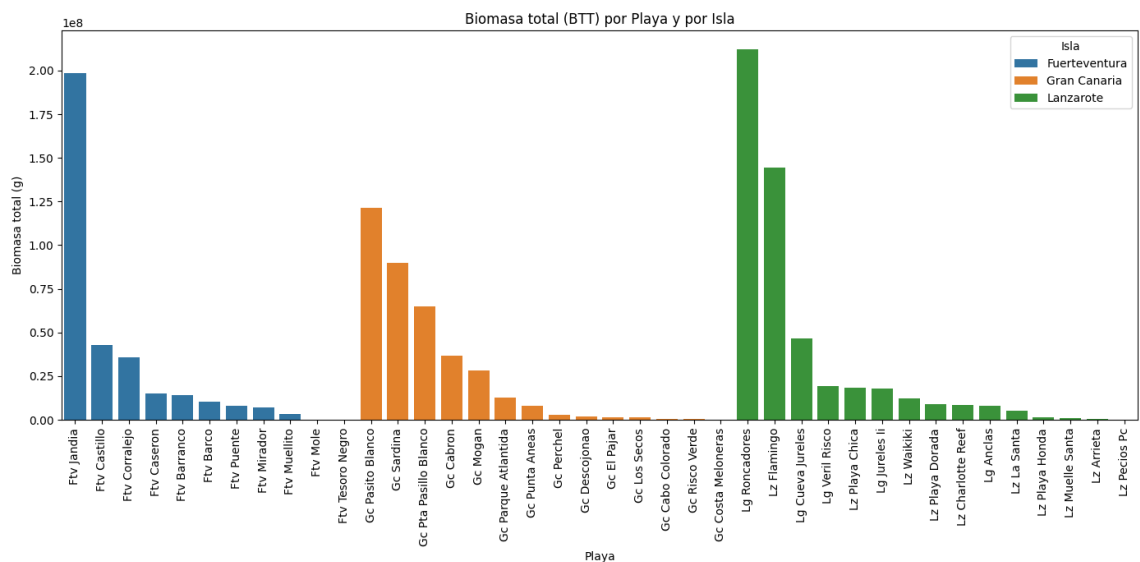


Figura 5. Biomasa total por transecto para cada una de las zonas evaluadas en cada una de las tres islas de Fuerteventura (color azul), Gran Canaria (color naranja) y Lanzarote (color verde).

Bibliografía

- (1) Gray, J.S. (2002). *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 244:285-297 <https://doi.org/10.3354/meps244285>
- (2) Solan, M., Aspdén, R.J., Paterson, D. (eds) (2012). *Marine Biodiversity and Ecosystem Functioning: Frameworks, methodologies, and integration* (online edn, Oxford Academic, 17 Dec. 2013), <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780199642250.001.0001>, accessed 15 Oct. 2025.
- (3) Palma, Á.T., Ojeda, F.P. (2002). *Rev. Chile. Hist. Nat.*, 75(1):189-200. <https://dx.doi.org/10.4067/S0716-078X2002000100018>
- (4) Guerra-Marrero, A., Bonino-Pérez, A., Espino-Ruano, A., Couce-Montero, L., Jiménez-Alvarado, D., Castro, J.J. (2023). *Animals*, 13, 1427. <https://doi.org/10.3390/ani13081427>
- (5) Creed, J.C., Aranda, L.S., de Sousa, J.G., Brito do Bem, C.B., Dutra, B.S.V.M., Lanari, M., de Sousa, V.E., Magalhães, K.M., Magris, R.A., Vivanco-Bercovich, M., et al. (2023). *Sustainability*, 15, 14722. <https://doi.org/10.3390/su152014722>
- (6) Bravo, G., Livore, J.P., Bigatti, G. (2020). *Front. Mar. Sci.*, 7:578595. <https://doi.org/10.3389/fmars.2020.578595>
- (7) Hanley, M.E., Firth, L.B., Foggo, A. (2024). *Ann Bot.* 2024 Mar 8;133(1):1-16. <https://doi.org/10.1093/aob/mcad185>.

Carbono Azul: la importancia de conocer su composición y sus relaciones químicas para fomentar la mitigación y la conservación

José R. Sierra-Salcedo, David González-Santana, J. Magdalena Santana-Casiano, Melchor González-Dávila, Aridane G. González

Instituto de Oceanografía y Cambio Global, IOCG. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, ULPGC.

El cambio climático constituye uno de los mayores desafíos ambientales, sociales y económicos del siglo XXI y sus efectos se sienten con especial intensidad en las regiones insulares, como el archipiélago canario. A lo largo de los años los humanos hemos introducido y alterado los ciclos de primarios de producción en los ecosistemas marinos¹ y, en este contexto, es importante desarrollar estrategias de mitigación y adaptación en zonas costeras para minimizar su impacto.

Una de las estrategias más prometedoras en este ámbito es la conservación y restauración de los ecosistemas costeros y marinos, capaces de capturar y almacenar carbono atmosférico durante siglos. Se le conoce como carbono azul, un recurso natural clave y todavía poco valorado, que puede marcar la diferencia, ganando cada vez más atención como soluciones complementarias en el escenario más amplio de lucha contra el cambio climático. Esto es especial porque se conoce poco sobre su distribución en Canarias, su composición química y la relaciones con otros parámetros físico-químicos, como la presión parcial de CO₂, el pH, la temperatura, la concentración de carbono orgánico disuelto (DOC) o la concentración de metales.

Carbono azul: un tesoro ecológico y climático

El concepto de carbono azul hace referencia al carbono capturado por determinados ecosistemas marinos y costeros, como las praderas fanerógamas marinas, los manglares y las marismas. En Canarias, este papel recae principalmente en las praderas de *Cymodocea nodosa*, que se desarrollan a lo largo de las costas de las islas centrales —Fuerteventura, Gran Canaria y Tenerife—, con una distribución vertical que abarca desde los 2 hasta los 35 metros de profundidad, con algunas excepciones². Estos hábitats actúan como sumideros naturales de carbono al retener CO₂ en los sedimentos durante siglos o milenios³. Estos ecosistemas marinos ofrecen un almacenamiento de carbono estable y duradero, lo que les convierte en una herramienta muy útil para la mitigación al cambio climático. Conocer la distribución de estas zonas y la cantidad de carbono acumulado en los sedimentos asociados resulta esencial para establecer prioridades de conservación y diseñar políticas climáticas³.

Además de ser tan valioso para la acción climática, su papel es mucho más amplio ya que juega múltiples funciones ecológicas. Entre ellas la protección contra la erosión, favorecen la biodiversidad porque son zonas de refugio, cría y alimentación de muchos organismos marinos, así como mejoran la calidad del agua, entre otras. A pesar de ello, en Canarias, en las últimas décadas se ha producido una regresión muy severa de sus poblaciones debido a la presión humana y al impacto climático, especialmente por el aumento de la temperatura y la acidificación oceánica.

La investigación científica: descifrando el potencial del carbono azul

Con el objetivo de entender mejor la dinámica del carbono azul en Canarias, la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, a través del grupo QUIMA (IOCG), lidera el proyecto Multi-COast

(Análisis multidisciplinar de sumideros de carbono azul en aguas costeras - TED2021-130892B). Este ambicioso estudio se ha centrado en cuantificar el contenido de Carbono Azul en sedimentos de dos zonas de Canarias (Gran Canaria y Tenerife) y tres hábitats cercanos: seadales, zona de algas y arenal (Figura 1). También se han medido otros parámetros físico-químicos para ver posibles relaciones con el Carbono Azul.

Es importante conocer esta dinámica marina ya que las zonas costeras se comportan como una ligera fuente de CO₂ desde el mar hacia la atmósfera en Canarias⁴. De hecho, otros investigadores también han demostrado que algunos ecosistemas de praderas marinas, que tradicionalmente se consideraban sumideros de carbono, pueden actuar en determinados casos como fuentes de CO₂ hacia la atmósfera. Estos datos, obtenidos por van Dam y colaboradores⁵, demuestran que el comportamiento de estos hábitats es más complejo de lo que se pensaba y que su contribución neta al ciclo global del carbono podría estar sobreestimada. En este sentido, el proyecto Multi-COast busca evaluar si las praderas canarias presentan dinámicas similares, lo que podría cambiar significativamente la percepción actual sobre el potencial de mitigación de estos ecosistemas en el archipiélago.

Este potencial se enmarca en un hecho más amplio: invertir en el desarrollo sostenible de los ecosistemas de carbono azul aporta numerosos beneficios, especialmente para las comunidades locales. Entre ellos se incluyen una mayor protección costera, una mejora de la productividad pesquera y una mayor resiliencia ante las crisis medioambientales, lo cual contribuye directamente al bienestar humano y a la seguridad alimentaria⁶. Esto refuerza la idea de que el almacenamiento de carbono marino no es solo una cuestión medioambiental, sino también una prioridad socioeconómica y política. De esta forma, este proyecto servirá como un ensayo preliminar para profundizar y en estrategias de conservación y gobernanza del Carbono Azul en Canarias.

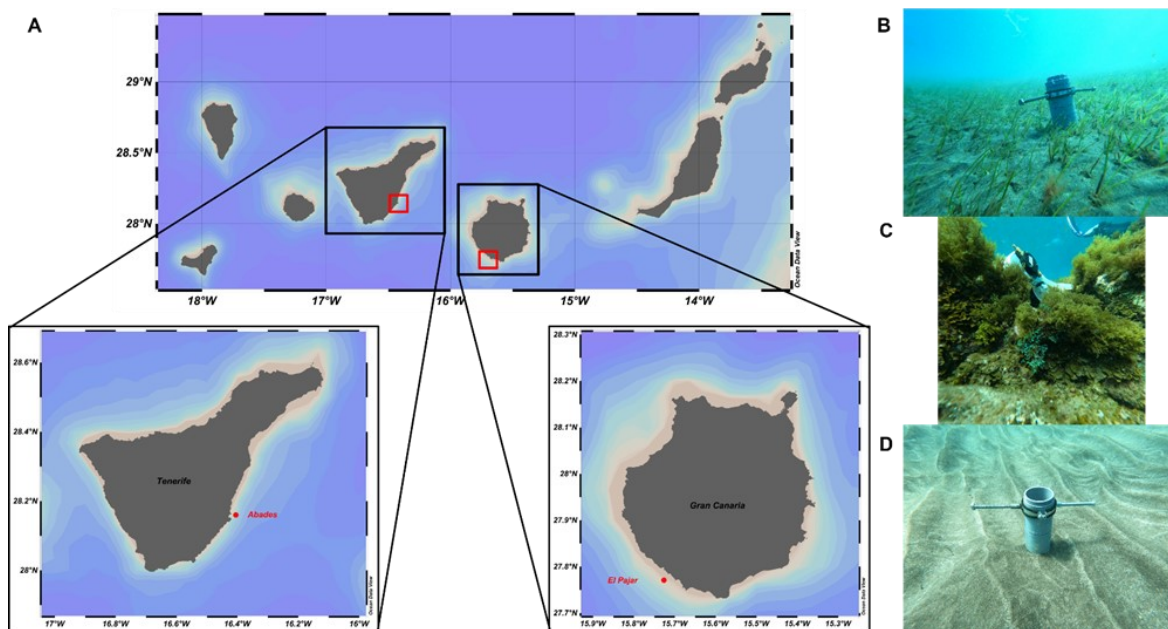


Figura 1. Mapa de localización de zonas de estudio (A). Hábitats de recolección de muestras y datos: Sebadal (B), cubierta algal (C), fondos arenosos circundantes (D).

Retos y amenazas para el futuro del carbono azul en Canarias

Los ecosistemas marinos canarios enfrentan múltiples desafíos que ponen en riesgo su capacidad para capturar carbono y mantener sus funciones ecológicas. Por un lado, la presión humana sobre las zonas costeras, derivada de la urbanización, la construcción de infraestructuras turísticas y los vertidos de aguas residuales, provoca la degradación directa de hábitats clave como los seadales. Por otro lado, los efectos del cambio climático, como el aumento de la temperatura superficial del mar y la acidificación oceánica - que conllevan a la proliferación de especies invasoras - están alterando de forma acelerada la estructura y

composición de los ecosistemas costeros. Los efectos combinados de estos dos factores (cambio climático y actividades humanas) no solo disminuyen la productividad de estos ecosistemas, sino que también están socavando su capacidad para actuar como sumideros de carbono eficaces⁷.

Además, la falta de datos precisos sobre la cantidad real de carbono almacenado en las aguas canarias limita la implementación de estrategias efectivas de conservación, siendo esto un desafío clave para liberar todo el potencial del carbono azul y la gestión sostenible de los valores del ecosistema de carbono involucrados^{8,9}. El establecer datos de referencia precisos y comprender la variabilidad de los depósitos de carbono en el espacio y el tiempo permite a los responsables políticos y conservacionistas priorizar las acciones donde más se necesitan y donde pueden producir el mayor beneficio tanto para el clima como para las sociedades locales. Sin estudios multidisciplinares que integren parámetros biológicos, químicos y físicos, resulta imposible evaluar con rigor el papel de Canarias en la mitigación del cambio climático y el manejo de las reservas ecosistémicas que actualmente no son áreas protegidas. Esto expone a la mayoría a una alta vulnerabilidad frente a perturbaciones antropogénicas, induciendo a la remineralización de las reservas de carbono en CO₂ y, en última instancia, contribuye a los niveles atmosféricos de gases de efecto invernadero¹⁰. Si no se implementan medidas proactivas de conservación y restauración, se prevé que Tenerife y Gran Canaria (dos de las principales islas del archipiélago) pierdan hasta el 50% y el 30% de sus praderas marinas actuales, respectivamente¹¹. De ahí la importancia de realizar un seguimiento periódico de estos hábitats, no solo para detectar cambios ecológicos y posibles degradaciones, sino también para informar la planificación espacial, la designación de áreas marinas protegidas y la implementación de iniciativas de restauración¹². Por estos motivos, la investigación en curso pretende llenar este vacío de conocimiento, proporcionando información esencial para la toma de decisiones y para el diseño de políticas públicas basadas en evidencias científicas.

Agradecimientos

Multi-COast (Análisis multidisciplinar de sumideros de carbono azul en aguas costeras - TED2021-130892B).

Bibliografía

- (1) Bindoff, N. L., Cheung, W. W. L., Kairo, J. G., Arístegui, J., Guinder, V. A., Hallberg, R., Hilmi, N., Jiao, N., Karim, M. S., Levin, L., O'Donoghue, S., Purca Cuicapusa, S. R., Rinkevich, B., Suga, T., Tagliabue, A., Williamson, P. (2019). Changing ocean, marine ecosystems, and dependent communities. In H.-O. Pörtner, D. C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, & N. M. Weyer (Eds.), IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate (pp. 447–587). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009157964.007>
- (2) Pavón-Salas, N., Herrera, R., Hernández-Guerra, A., Haroun, R. (2000). J. Coast. Res., 16(2), 329–335. <http://www.jstor.org/stable/4300041>
- (3) Lovelock, C. E., Reef, R. (2020). One Earth, 3(2), 195–211. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2020.07.010>
- (4) González, A.G., Aldrich-Rodríguez, A., González-Santana, D., González-Dávila, M., Santana-Casiano, J. M. (2024). Front. Mar. Sci., 11, 1337929. <https://doi.org/10.3389/fmars.2024.1337929>
- (5) Van Dam, B., Polsenaere, P., Barreras-Apodaca, A., Lopes, C., Sanchez-Mejia, Z., Tokoro, T., et al. (2021). Global Biogeochemical Cycles, 35, e2020GB006848. <https://doi.org/10.1029/2020GB006848>
- (6) Feng, C., Ye, G., Zeng, J. et al. (2023). Nat. Commun., 14, 6144. <https://doi.org/10.1038/s41467-023-41870-x>
- (7) Gao, G., Beardall, J., Jin, P., Gao, L., Xie, S., Gao, K. (2022). J. Appl. Ecol., 59, 1686–1699. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.14173>
- (8) Hilmi, N., Chami, R., Sutherland, M.D., Hall-Spencer, J.M., Lebleu, L., Benitez, M. B., Levin, L.A. (2021). Front. Clim., 3, 710546. <https://doi.org/10.3389/fclim.2021.710546>
- (9) Laffoley, D. (2020). Protecting and effectively managing blue carbon ecosystems to realise the full value to society: A sea of opportunities (Opinion piece). WWF-UK. https://www.wwf.org.uk/sites/default/files/2020-11/WWF_blue_carbon020.pdf
- (10) Atwood, T. B., Witt, A., Mayorga, J., Hammill, E., Sala, E. (2020). Front. Mar. Sci., 7, 165. <https://doi.org/10.3389/fmars.2020.00165>
- (11) Montero-Hidalgo, M., Tuya, F., Otero-Ferrer, F., Haroun, R., Santos-Martín, F. (2023). Sci. Total Environ., 872, 162244. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.162244>
- (12) Veiras-Yanes, J., Martín-García, L., Casas, E., Arbelo, M. (2023). Environ. Sci. Proc., 29, 10. <https://doi.org/10.3390/ECRS2023-15856>

AVENTURA. ACCIÓN. VIDA MARINA.



INTERNATIONAL
OCEAN
FILM TOUR **VOL.12**

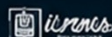
12.07.2026

LA OLIVA FUERTEVENTURA | AUDITORIO DE CORRALEJO

OBTÉN TU
ENTRADA
AHORA



INTERNATIONA**OCEAN**FILMTOUR.ES



PRODUCCIONES



Respuesta del hierro (Fe) en un océano acidificado

**J. Magdalena Santana-Casiano, Melchor González-Dávila,
Aridane G. González, David González-Santana**
Instituto de Oceanografía y Cambio Global (IOCAG),
Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (ULPGC)

El hierro (Fe) es un elemento fundamental para la vida en los océanos, pero se desconocen muchos procesos que afectan a su química y que tienen relación con el cambio climático o la propia entrada de gases de origen volcánico. En ambos casos se produce acidificación del océano o del agua de mar y esto produce un impacto en la química del Fe y en su ciclo biogeoquímico. Por ello surge de la necesidad de comprender la química del Fe, además de entender como esos dos procesos, uno natural y otro antropogénico afectan a su comportamiento.

FeRIA es un proyecto financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación y liderado por investigadores del grupo QUIMA del Instituto de Oceanografía y Cambio Global (IOCAG) de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (ULPGC). También participan investigadores de la Universidad de La Laguna, la Universidad de Aveiro (Portugal), la Universidad de British Columbia (Canadá), el CNRS (Francia) y el Centro de Investigaciones Oceanológicas (Baja California). Por lo tanto, es un proyecto que agrupa a investigadores/as de diferentes lugares del mundo para conocer en mayor profundidad la química del Fe, usando Canarias como lugar de referencia internacional y como laboratorio natural.

El objetivo principal del proyecto FeRIA es analizar la especiación y persistencia del hierro en el océano, así como su interacción con la materia orgánica, en un contexto de acidificación oceánica y calentamiento global. Esto se lleva a cabo teniendo en cuenta dos escenarios, uno de emisiones naturales de dióxido de carbono (CO_2) asociados a regiones volcánicas y el otro de emisiones antropogénicas de CO_2 relacionadas con el cambio climático. Para comprender el posible impacto que el cambio climático, la acidificación y el calentamiento de los océanos tienen en el ciclo biogeoquímico del Fe, es necesario realizar un estudio multidisciplinar que combine diferentes campos de investigación, como el sistema CO_2 -carbonatos, la química marina del Fe y su interacción con la materia orgánica. Todo ello se encuentra incluido dentro del proyecto FeRIA.

Antecedentes de estudios de metales y ciclos biogeoquímicos en el océano

En las últimas décadas, el conocimiento sobre los ciclos biogeoquímicos de los metales traza y el carbono ha experimentado un notable avance gracias a la implementación de programas y proyectos a nivel internacional. En particular, proyectos asociados al programa GEOTRACES han contribuido significativamente al entendimiento actual de los ciclos biogeoquímicos de los metales traza en los distintos océanos. Además, proyectos como CARBOOCEAN o CARBOCHANGE han contribuido a comprender los efectos de las emisiones de CO_2 en términos de acidificación y calentamiento. Otros proyectos, como EPOCA y BIOACID, se han centrado principalmente en el estudio de la acidificación desde una perspectiva biológica. Todos han ido sumando respuestas que han permitido mejorar el conocimiento de los ciclos biogeoquímicos en los océanos.

En la actualidad y centrado más en las observaciones del CO_2 como en la acidificación oceánica, existen redes internacionales como GOA-ON, en la cual el grupo QUIMA participa activamente y aporta datos del Océano Atlántico. Además, se ha establecido una red de observación europea del CO_2 (ICOS-ERIC), para realizar mediciones específicas de este gas a través de series temporales. El grupo QUIMA es responsable de la única línea voluntaria de buques de observación española en esta red, que abarca desde las Islas Canarias hasta Barcelona.

En relación con los metales traza, el programa GEOTRACES (An International Study of the Marine Biogeochemical Cycles of Trace Elements and Isotopes) sigue estando activo y QUIMA contribuye al mismo con sus investigaciones como parte del grupo GEOTRACES-Spain.

A pesar de los avances logrados en estas áreas durante las últimas décadas, la investigación sobre la influencia del aumento de CO₂ en términos de acidificación y calentamiento, así como la investigación sobre la biogeoquímica de los metales traza, aún se abordan como disciplinas independientes. Aunque se cuenta con un conocimiento más detallado de la química del CO₂, se requiere mayor comprensión del comportamiento químico de los metales traza en el entorno marino, especialmente en lo que respecta al Fe y su interacción con la materia orgánica y en entornos costeros.

En los últimos años, se ha avanzado en el estudio de los metales traza a través del programa GEOTRACES, el cual ha evolucionado para incluir el nuevo programa BIOGEOTRACES. Este programa investiga las interacciones de metales traza esenciales, como el hierro, cobalto y zinc, con los microorganismos en diferentes regiones oceánicas. Como resultado de su relevancia, el programa GEOTRACES ha sido seleccionado como una de las primeras acciones de la Década de los Océanos por las Naciones Unidas.

Es importante destacar que GOA-ON también está presente a través de "La Acción de la Década de los Océanos de GOA-ON" con el objetivo de proporcionar a la sociedad pruebas observacionales y científicas necesarias para identificar, monitorear, mitigar y adaptarse de manera sostenible a la acidificación del océano a nivel local y global (OARS). Además, el proyecto europeo COMFORT ha despertado un gran interés, y el grupo QUIMA participa en él aportando estudios sobre la química del hierro en modelos globales de CO₂.

¿Qué sabemos sobre la acidificación oceánica?

El océano desempeña un papel esencial en el ciclo del carbono y en la regulación del clima, ya que absorbe alrededor del 25% del CO₂ emitido por actividades humanas. Sin embargo, esta absorción tiene consecuencias importantes. Cuando el CO₂ se disuelve en el agua de mar, afecta al sistema de carbonato y provoca una disminución del pH, un proceso conocido como acidificación oceánica. Desde la era preindustrial, el pH de las aguas superficiales ha disminuido aproximadamente 0,1 unidades de pH y se espera que disminuya aún más en 0,3 a 0,4 unidades si las emisiones de CO₂ siguen aumentando al ritmo actual.

Estudios realizados en estaciones de monitoreo como ESTOC en el Atlántico y HOT en el Pacífico han demostrado que el pH en los océanos ha disminuido en aproximadamente 0,0016-0,0019 unidades por año en las últimas décadas debido al aumento de la presión parcial de CO₂ en el océano¹. Estos cambios no se limitan solo a las aguas superficiales, sino que también afectan a todas las capas del océano, como se ha observado en el océano Atlántico en la estación ESTOC (Fig. 1).

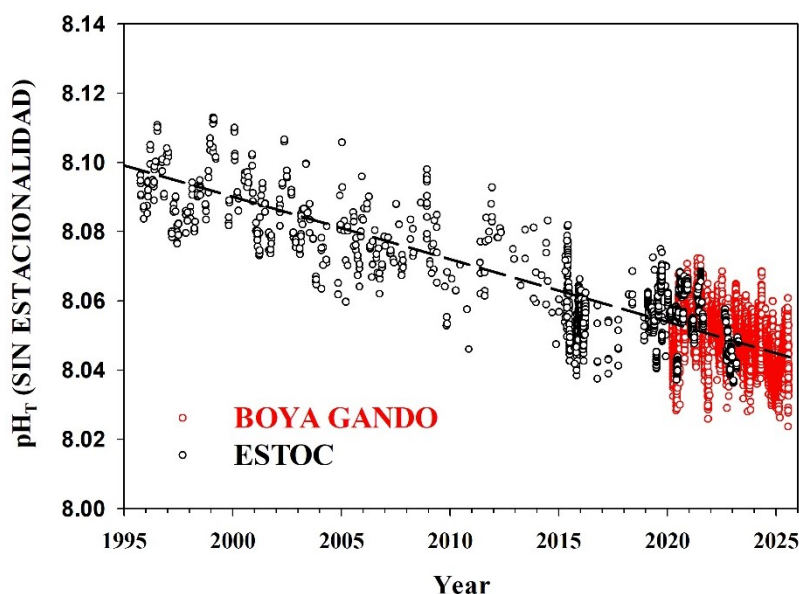


Figura 1. Evolución del pH (en escala total) en estaciones de series temporales localizadas en Gando (Gran Canaria) y ESTOC.



Figura 2. Muestreo en la zona costera de La Palma.

Además de las emisiones antropogénicas de CO₂, las regiones volcánicas, los volcanes submarinos y las áreas hidrotermales también emiten CO₂ al océano, contribuyendo así al proceso de acidificación. Se estima que el flujo volcánico global de CO₂, considerando las dorsales, arcos y plumas volcánicas, es aproximadamente 7,2 x 10⁸ kg al día, aportando alrededor de 0,1 ± 0,02 gigatoneladas de CO₂ al año al total que llegan al océano. En lugares como Canarias, por ejemplo, se han observado flujos de CO₂ significativos en el volcán submarino Tagoro, durante la etapa posteruptiva, donde se estimó un flujo de aproximadamente 6,0 x 10⁵ ± 1,1 x 10⁵ kg al día. Este flujo alteró el equilibrio químico en el agua circundante, disminuyendo el pH en 0,25-0,3 unidades y aumentando la acidez en un 20%. Por lo tanto, la acidificación oceánica puede ocurrir de dos maneras. En primer lugar, debido a las emisiones de CO₂ generadas por actividades humanas, que se transfieren al océano y resultan en la acidificación oceánica. En segundo lugar, debido a las emisiones volcánicas naturales que entran en contacto con el agua de mar, lo que puede generar variaciones más extremas en el pH². Pero la emisión de CO₂ por las actividades humanas también provocan el aumento de la temperatura, tanto en la atmósfera como en el océano³. Además, las áreas afectadas por los fluidos hidrotermales experimentan un calentamiento que afecta a las zonas circundantes. Estos dos escenarios conducen a cambios en el pH y la temperatura en el océano. El primero, relacionado con las emisiones de CO₂ y gases de efecto invernadero, tiene un efecto global y continuo. El segundo, asociado con las emisiones volcánicas, es más localizado en espacio y tiempo, con intensidades variables⁴.

Teniendo todo esto en cuenta, Canarias representa un laboratorio natural para conocer el impacto de ambos tipos de acidificación oceánica en la química del Fe. Además, el desarrollo de proyectos de investigación multidisciplinar como FeRIA hacen que Canarias se convierta en un lugar de interés internacional, atrayendo talento y cooperación para mejorar el desarrollo científico. Por eso, en el proyecto FeRIA se desarrollan estudios en diferentes islas. Hay que destacar los estudios realizados en la isla de La Palma (Fig. 2).

¿Cómo afectan estos cambios de pH del océano a la química del Fe?

En cuanto al efecto de la acidificación oceánica en los ciclos biogeoquímicos, se sabe que afecta al comportamiento y la especiación de los metales traza. Debido a esto, es necesario llevar a cabo estudios relacionados con el efecto del pH en los ciclos biogeoquímicos de los metales en el entorno marino ya que, en ciertas áreas, estos metales pueden controlar la producción primaria en el océano, como es el caso del Fe. Pocos estudios han considerado como la acidificación oceánica afecta a la especiación inorgánica de los metales⁵. En agua de mar, tanto los iones OH⁻ como los iones CO₃²⁻ forman complejos fuertes con metales. Se estima que, debido a la acidificación oceánica, la concentración de estos aniones disminuirá en un 82% y un 77% en aguas superficiales, respectivamente, produciendo cambios en la especiación de aquellos metales que forman complejos fuertes con estas especies inorgánicas y aumentando su concentración como iones libres a un pH más bajo. Estos cambios en la especiación también afectarán a la actividad química y, por lo tanto, a la termodinámica y cinética química de los metales.

Los estudios realizados por el grupo QUIMA^{6,7,8} muestran los cambios producidos en la especiación inorgánica de Fe(II) en diferentes condiciones experimentales y cómo afecta a la cinética de oxidación y a la persistencia de Fe(II) en el entorno marino. Esto es importante ya que el Fe, que se encuentra como Fe(II) o Fe(III), es más bioasimilable en su forma disuelta y principalmente la forma reducida. Además, debido a que la especiación de la mayoría de los metales está controlada por el pH, una condición más ácida en el océano puede alterar la fracción biodisponible de los mismos. Sin embargo, una fracción significativa del metal se encuentra complejada con compuestos orgánicos en el entorno marino, donde el efecto del pH aún está poco estudiado.

En cuanto a las condiciones redox del medio, la concentración de Fe(II) disuelto en las aguas superficiales y profundas depende de la velocidad de oxidación de Fe(II). En aguas ricas en oxígeno, el Fe(II) se oxida rápidamente (segundos a minutos) en función del pH, la temperatura y la fuerza iónica^{6,8,9}. Además, es un proceso que depende de otros factores, como puede ser la concentración de metales esenciales como el cobre (Cu), tal como estudiaron Pérez-Almeida y colaboradores¹⁰. Sin embargo, existen muy pocos estudios que presenten datos sobre las velocidades de oxidación de Fe(II) y su permanencia en el océano en medidas in situ. Por ello, es fundamental combinar estudios en laboratorio con medidas en el mar. En este sentido, Canarias ofrece una oportunidad casi única para este tipo de estudios.



Figura 3. Muestreo de ciclo diario del Fe en zonas costeras de Canarias.

Canarias como laboratorio natural para el estudio de la acidificación oceánica y la química del Fe

Canarias ofrece un entorno natural perfecto para estudiar el efecto de la acidificación y el calentamiento del océano en la química del hierro desde dos perspectivas diferentes. Por un lado, la perspectiva antropogénica se enfoca en las emisiones de CO₂ a la atmósfera y su transferencia al océano. Por otro lado, la perspectiva natural se relaciona con las emisiones de gases hidrotermales y volcánicos en el océano.

Este proyecto innovador busca investigar la especiación química y física del hierro, así como la cinética de oxidación del Fe(II), bajo condiciones de acidificación y calentamiento, desde ambas perspectivas. Aunque ambas situaciones generan acidificación, las emisiones volcánicas introducen otros componentes químicos que pueden alterar el comportamiento del hierro. Un ejemplo de estas oportunidades científicas es el muestreo de 24 horas para conocer el ciclo biogeoquímico del Fe en zonas costeras (Fig. 3).

Estos estudios nos ayudarán a determinar si las regiones afectadas por las emisiones volcánicas de CO₂ pueden servir como "laboratorios naturales" para comprender los océanos del futuro, donde la acidificación y el calentamiento sean resultado exclusivamente de factores climáticos. Además, se busca establecer las primeras estaciones de series temporales de metales traza en las Islas Canarias, en el marco de un enfoque multidisciplinario. Esto daría un salto cualitativo y cuantitativo a Canarias como laboratorio internacional de metales traza en el océano.

En Canarias, el grupo QUIMA lleva estudiando más de 25 años la química de metales traza, especialmente el Fe. Con este nuevo proyecto se da un paso adelante para combinar cuestiones de alto interés para la comunidad científica, como es el conocer en mayor profundidad cómo funcionan los procesos químico-físicos donde el Fe está implicado.

Agradecimientos

Ministerio de Ciencia e Innovación por la concesión del proyecto "Fe Response In an Acidified ocean" FeRIA, PID2021-123997NB-I0.

Bibliografía

- (1) Bates, N.R., Astor, Y.M., Church, M. J., Currie, K., Dore, J.E., González-Dávila, M., ..., Santana-Casiano, J.M. (2014). *Oceanog.*, 27(1), 126-141.
- (2) Santana-Casiano, J.M., Fraile-Nuez, E., González-Dávila, M., Baker, E.T., Resing, J.A., Walker, S.L. (2016). *Sci. Rep.*, 6(1), 25686.
- (3) González, A. G., Aldrich-Rodríguez, A., González-Santana, D., González-Dávila, M., Santana-Casiano, J. M. (2024). *Front. Mar. Sci.*, 11, 1337929.
- (4) González-Santana, D., Santana-Casiano, J.M., González, A. G., González-Dávila, M. (2022). *Front. Mar. Sci.*, 9, 952203.
- (5) Millero, F. J., Woosley, R., DiTolio, B., Waters, J. (2009). *Oceanog.*, 22(4), 72-85.
- (6) González-Dávila, M., Santana-Casiano, J.M., Millero, F.J. (2005). *Geochim. Cosmochim. Acta*, 69(1), 83-93.
- (7) González, A.G., Santana-Casiano, J.M., Pérez, N., González-Dávila, M. (2010). *Environ. Sci. Technol.*, 44(21), 8095-8101.
- (8) Santana-Casiano, J.M., González-Dávila, M., Millero, F.J. (2006). *Mar. Chem.*, 99(1-4), 70-82.
- (9) González-Santana, D., González-Dávila, M., Lohan, M.C., Artigue, L., Planquette, H., Sarthou, G., ..., Santana-Casiano, J.M. (2021). *Geochim. Cosmochim. Acta*, 297, 143-157.
- (10) Pérez-Almeida, N., González, A.G., Santana-Casiano, J.M., González-Dávila, M. (2019). *Chem. Geol.*, 506, 149-161.

Proto-oceanografía: las pistas que nos dejaron los navegantes del siglo XVI que empezaron a entender el océano

Francisco José Machín Jiménez¹ y Eugenio Fraile Nuez²

¹ Oceanografía Física y Geofísica Aplicada. IU Ecoaqua. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Las Palmas de Gran Canaria. ² Centro Oceanográfico de Canarias. IEO-CSIC. Santa Cruz de Tenerife.

Cuando Cristóbal Colón zarpó del puerto de Palos en 1492, no tenía teorías físicas sobre la circulación oceánica. En su primera etapa hacia el suroeste, se vio favorecido por la Corriente de Canarias y los alisios, vientos que continuaron soplando cuando su travesía giró hacia el oeste, momento en que apareció una nueva corriente oceánica que, sin saberlo, ya lo empujaba hacia América: la Corriente Ecuatorial del Norte¹. Lo que Colón sí hizo fue registrar con detalle fenómenos como el cambio de color del agua, la presencia de sargazo flotante y el comportamiento del viento, elementos que hoy consideraríamos datos oceanográficos. Aunque no lo bautizó con ese nombre, fue el primer europeo en describir lo que más tarde conoceríamos como el Mar de los Sargazos, una región del Atlántico Norte donde se acumulan grandes cantidades de algas flotantes del género *Sargassum* en aguas sorprendentemente tranquilas.

Estas observaciones empíricas de Colón inauguran una tradición que otros navegantes del siglo XVI continuarían de forma igualmente reveladora. Así, otro ejemplo notable es el de Juan Ponce de León. Zarpó desde Puerto Rico en dirección noroeste y, el 27 de marzo de 1513, durante su viaje hacia la península de Florida, se encontró con una corriente tan fuerte que sus barcos retrocedían a pesar de llevar el viento a favor. Nuevamente sin saberlo, había entrado en contacto con la Corriente del Golfo, uno de los sistemas de transporte oceánico más importantes del planeta². Aunque la descripción de Ponce de León es empírica y anecdótica, constituye la primera observación europea documentada de esta corriente. Conviene tener presente que la Corriente del Golfo es, por su intensidad, la más importante del Atlántico Norte: puede alcanzar velocidades superiores a 1 metro por segundo, lo cual es extraordinariamente alto para una corriente oceánica. Esta fuerza explica por qué la expedición de Ponce de León se vio sorprendida por el retroceso, a pesar del viento favorable.

Pero quizá el caso más asombroso sea el de Andrés de Urdaneta. En 1565, después de zarpar desde México para acompañar a Miguel López de Legazpi en la fundación de la colonia de Cebú, en Filipinas, Urdaneta fue el encargado de encontrar una ruta de regreso a América^{3,4}. Lo consiguió navegando primero hacia el norte, hasta alcanzar latitudes cercanas a Japón, donde encontró una corriente que lo impulsó hacia el este. Esa corriente era la Kuroshio, la "corriente negra", que junto con los vientos del oeste le permitió regresar a Acapulco el 8 de octubre de 1565. Al igual que Ponce de León con la Corriente del Golfo, Urdaneta identificó empíricamente una de las grandes corrientes del planeta. Entre ambos, descubrieron los dos flujos más potentes de los giros subtropicales del hemisferio norte.

Más allá de sus hazañas, estos navegantes tenían una tarea constante y exigente: llevar un registro escrito de la navegación. En sus cuadernos de bitácora o en los llamados derroteros, anotaban cada día el rumbo, la velocidad estimada, las condiciones del viento, las corrientes observadas, las mareas, el color del agua o la presencia de algas. No lo hacían por afición, sino por necesidad estratégica y administrativa. Las expediciones dependían del apoyo económico de la Corona o de casas comerciales, y al regresar, esos registros eran revisados por autoridades náuticas como la Casa de Contratación de Sevilla o los cosmógrafos reales. El valor de estos documentos no era solo práctico, sino también geopolítico: ayudaban a mejorar mapas, consolidar rutas y justificar posesiones. Hoy, esos manuscritos se conservan en archivos como el de Indias en Sevilla, y constituyen fuentes primarias de extraordinario valor para entender cómo se construyó el conocimiento del océano antes de que existiera la oceanografía como ciencia. Sin modelos físicos ni teorías formales, pero con un profundo conocimiento empírico del mar, esos navegantes dejaron registros que, siglos después, resultarían cruciales para el desarrollo de la ciencia.

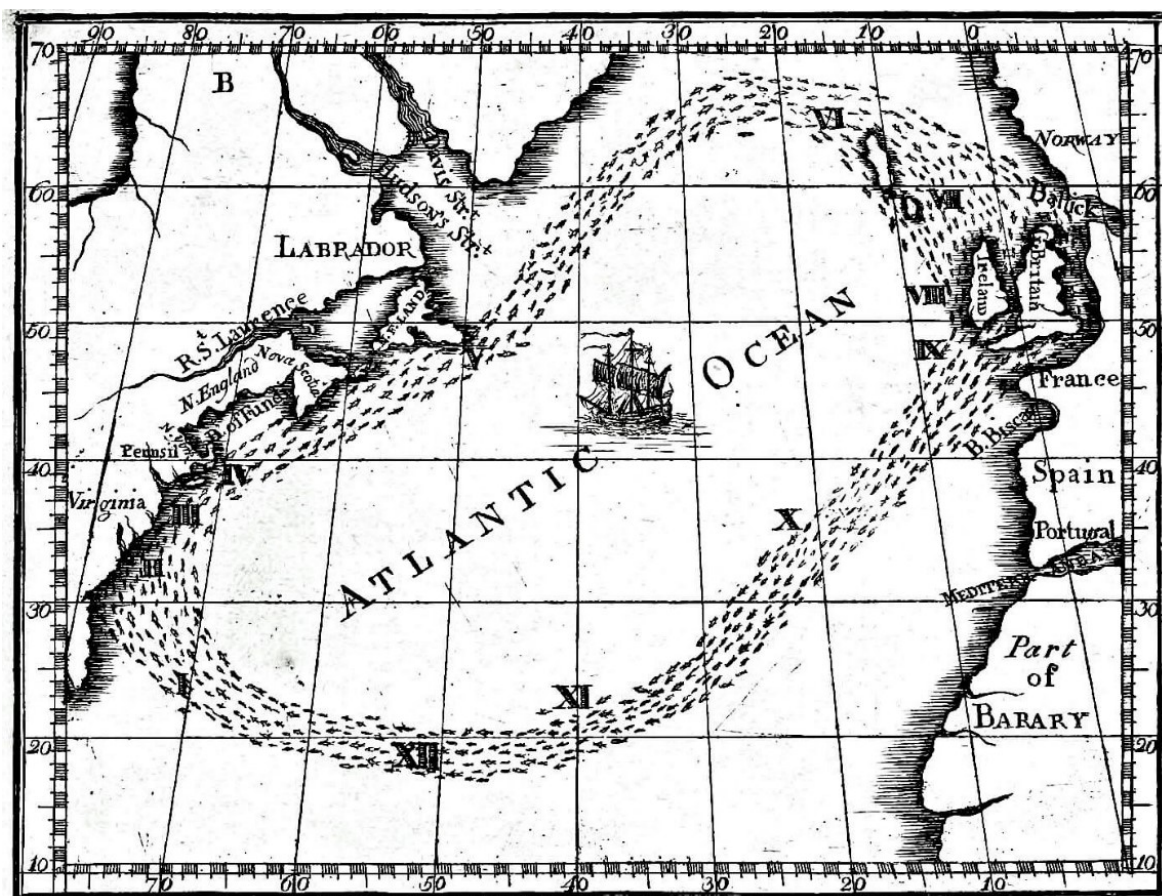


Figura 1. Mapa de la Corriente del Golfo confeccionado por Benjamin Franklin a finales del siglo XVIII⁵.

Cuando Benjamín Franklin y Timothy Folger cartografiaron la Corriente del Golfo en el siglo XVIII⁶, lo hicieron a partir del saber de los balleneros (Fig. 1). Y cuando Matthew Fontaine Maury publicó *"The Physical Geography of the Sea"*, en 1855, se basó en miles de cuadernos de bitácora de capitanes que habían observado patrones sin entender del todo sus causas⁷. Esa transición entre observación empírica y ciencia organizada también se refleja en las grandes expediciones científicas de los siglos XVIII y XIX. La *Endeavour* de James Cook, el *Beagle* que llevó a Darwin, o el *Challenger*, considerado el primer crucero oceanográfico moderno, prolongaron aquella tradición de registrar el mar con rigor, pero ya con objetivos explícitamente científicos y con instrumentos cada vez más precisos.

Esta herencia de observaciones acumuladas y espíritu explorador no se apagó con la llegada de la ciencia moderna. De hecho, pervive hasta bien entrado el siglo XXI, como lo demuestra el Proyecto Malaspina 2010, impulsado por el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)⁸. Esta travesía recuperó, más de dos siglos después, el afán científico de la histórica expedición de Alejandro Malaspina (1789–1794), que había navegado por los extensos dominios ultramarinos del Imperio español con el objetivo de observar, medir y comprender el entorno natural (Fig. 2). Siguiendo ese legado, la expedición Malaspina del siglo XXI surcó los océanos durante más de siete meses, a bordo de los buques *Hespérides* y *Sarmiento de Gamboa*, con una tripulación internacional compuesta por personal científico, técnico y de divulgación. Su misión: estudiar cómo el cambio global afecta al océano y explorar su biodiversidad desde un enfoque multidisciplinar. Separadas por más de 200 años, ambas expediciones comparten una misma inquietud: conocer el mar a fondo y poner ese conocimiento al servicio de la humanidad.



Figura 2. Ruta de la expedición Malaspina 2010-2011. https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/4f/Expedici%C3%B3n_Malaspina_2010-2011.png. NACLE2, Public domain, via Wikimedia Commons.

La ciencia moderna de la oceanografía se consolidó en el siglo XX, con teorías sobre la rotación terrestre, la convección térmica y los sistemas acoplados atmósfera-océano. Ese conjunto de observaciones, acumuladas durante siglos por navegantes que no se consideraban científicos, bien podría entenderse como una proto-oceanografía empírica: una forma de conocimiento basada en la experiencia, la repetición y el registro riguroso, sin la cual la oceanografía moderna no habría tenido cimientos sobre los que construirse.

No hacían ciencia en el sentido moderno, pero sus cuadernos abrieron rutas —literales y conceptuales— que la oceanografía acabaría siguiendo.

Bibliografía

- (1) Columbus, C. (1492). Diario de a bordo. Archivo General de Indias, Sevilla. [Edición facsimilar en: Fernández de Navarrete, M. (1825). Colección de los viajes y descubrimientos que hicieron por mar los españoles desde fines del siglo XV. Madrid: Imprenta Real].
- (2) Quesada, F.R. (2019). El descubrimiento de la Corriente del Golfo. FrQuesada. <https://www.frquesada.com/el-descubrimiento-de-la-corriente-del-golfo>
- (3) <https://rutaelcano.com/mapa-diario-expedicion-legazpi-urdaneta-arellano/>
- (4) Jáuregui-Lobera, I. (2022). Navegación e historia de la ciencia: Fray Andrés de Urdaneta y el Tornaviaje. Revista Española de la Historia de la Ciencia y la Técnica Médica, 45(2): 99–113. https://scielo.isciii.es/scielo.php?pid=S2529-850X2022000400009&script=sci_arttext
- (5) Library of Congress (2016). Charting the Gulf Stream. Maps Blog. <https://blogs.loc.gov/maps/2016/01/charting-the-gulf-stream>
- (6) Franklin, B. & Folger, T. (1768). Chart of the Gulf Stream. Publicado en 1786 por William Faden, Londres. Véase también: Richardson, P.L. (1980). The Benjamin Franklin and Timothy Folger charts of the Gulf Stream. Oceanus, 23(4): 40–44. <https://www2.whoi.edu/staff/prichardson/wp-content/uploads/sites/75/2018/11/Richardson-1980-The-Benjamin-Franklin-and-Timothy-Folger-charts-of-the-Gulf-Stream.pdf>
- (7) Maury, M.F. (1855). The Physical Geography of the Sea. Harper & Brothers, New York, 274 pp. <https://archive.org/details/physicalgeograph01maur>
- (8) Proyecto Malaspina. [https://es.wikipedia.org/wiki/Expedici%C3%B3n_Malaspina_\(2010-2011\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Expedici%C3%B3n_Malaspina_(2010-2011))

V JORNADAS DE INVESTIGACIÓN EN EL PARQUE NATURAL BAHÍA DE CÁDIZ

Conocer para conservar

Investigación, conservación y gestión
para un territorio único



19 DE JUNIO DE 2026
09:00 h



SALÓN DE GRADOS 2
DEL CASEM



INICIO:
09:00 h

Confirmación de la presencia de *Ocypode italica* (Brachyura: Ocypodidae) en el Plioceno de las Islas Canarias orientales (Fuerteventura). Implicaciones paleoecológicas

Juan Francisco Betancort

Sociedad Atlántica de Oceanógrafos (SAO). Las Palmas de Gran Canaria, Islas Canarias, España.

Los depósitos sedimentarios marinos de edad pliocena de las Islas Canarias orientales, Fuerteventura, Lanzarote y Gran Canaria, son una rica muestra de la compleja biodiversidad de la cuenca atlántico-mediterránea en este periodo. Se trata de complejos conglomerados fosilíferos con materiales volcánicos en algunos puntos, que aparecen a cota variable en estas tres islas, entre 30 y 1150 metros sobre el nivel del mar actual^{1,2}. En Gran Canaria aparecen asociados en dos localidades a lavas almohadilladas que han sido posibles datar radiométricamente. Así, aparecerán bajo pillow lavas en el Barranco de Tamaraceite, datadas en 4,8 Ma, y en La Esfinge, datadas en 4,2 ma^{1,2}. En el Janubio, Lanzarote, una tercera datación de coladas sobre estos niveles arroja una edad de 8,3 Ma.

El estudio de la fauna presente en estos niveles^{1,2,3,4,5} es coherente con los datos disponibles de edades radiométricas propuesta citándose entre otros taxones: *Sideastraea miocenica* Osasco 1897; *Clypeaster aegyptiacus* Wright, 1861; *Gryphaea virleti* Deshayes, 1832; *Nerita emiliana* Mayer, 1872; *Persististrombus coronatus* (Defrance, 1827); *Anadara glandiformis* (Lamarck, 1822); *Rothpletzia rudista* Simonelli in Rothpletz and Simonelli, 1890; *Patella ambroggii* Lecoq, 1952, *Isognomon soldanii* (Deshayes, 1836), *Carcharocles megalodon* (Agassiz, 1843), *Paratodus benedeni* (Le Hon, 1871), *Cosmopolitodus hastalis* (Agassiz, 1843), *Galeocerdo aduncus* Agassiz, 1843 y *Archosargus cintus* (Agassiz, 1843). Asimismo, en Gran Canaria se han descrito restos fósiles de fanerógamas marinas del género *Halodule*⁶.

El género *Ocypode* Weber, 1795, también conocido como cangrejos fantasmas, está presente en las costas tropicales y subtropicales de todo el planeta⁷. Se trata de cangrejos de tamaño pequeño-medio excavador de galerías en playas, estuarios, deltas y lagunas costeras, especialmente abundante en ecosistemas de manglar. Las referencias fósiles de este género son relativamente escasas. Radwanski y colaboradores⁸ interpretan un conjunto de estructuras de bioturbación como galerías habitacionales de cangrejos fantasma en sedimentos miocenos de Ucrania. Estos autores destacan a gran variabilidad en las morfologías de sus madrigueras, pero en general presentan forma de Y.

La primera referencia⁴ de crustáceos pertenecientes a este género en Canarias se registran en los niveles de edad Pliocena de Cofete, en Fuerteventura. Estos materiales fueron interpretados como *Ocypode itálica* Garassino, De Angeli, Pasini & Tangocci, 2010 a partir de un ejemplar prácticamente completo para el Plioceno de la Toscana con una anchura de caparazón de 44,55 milímetros⁹.

En Fuerteventura los niveles sedimentarios marinos de edad pliocena se disponen sobre los materiales del denominado Complejo Basal y el Ciclo Antiguo de la formación de la isla. Se encontrarán a lo largo de toda la costa este de Fuerteventura, desde el NE, en la región de El Cotillo apareciendo de forma prácticamente continua, hasta el extremo sur de la isla en la Península de Jandía y ascienden hacia el norte por el litoral sur hasta la región de Costa Calma.

Los afloramientos de Cofete se localizan a 50 metros sobre el nivel actual del mar y están conformados por arenas finas ricas en fósiles con una potencia de circa un metro, sobre un pequeño conglomerado fosilífero de unos 0,2 metros de espesor. En estas arenas se observan estructuras de bioturbación. A

muro, están sobre acumulaciones de coladas basálticas agrupadas dentro de coladas filonianas del tramo inferior del Edificio Jandía y, a techo, en los niveles sedimentarios marinos fosilíferos se disponen eolinitas de edad pliocena, parcialmente cubiertas por aluviales y depósitos de ladera¹⁰.

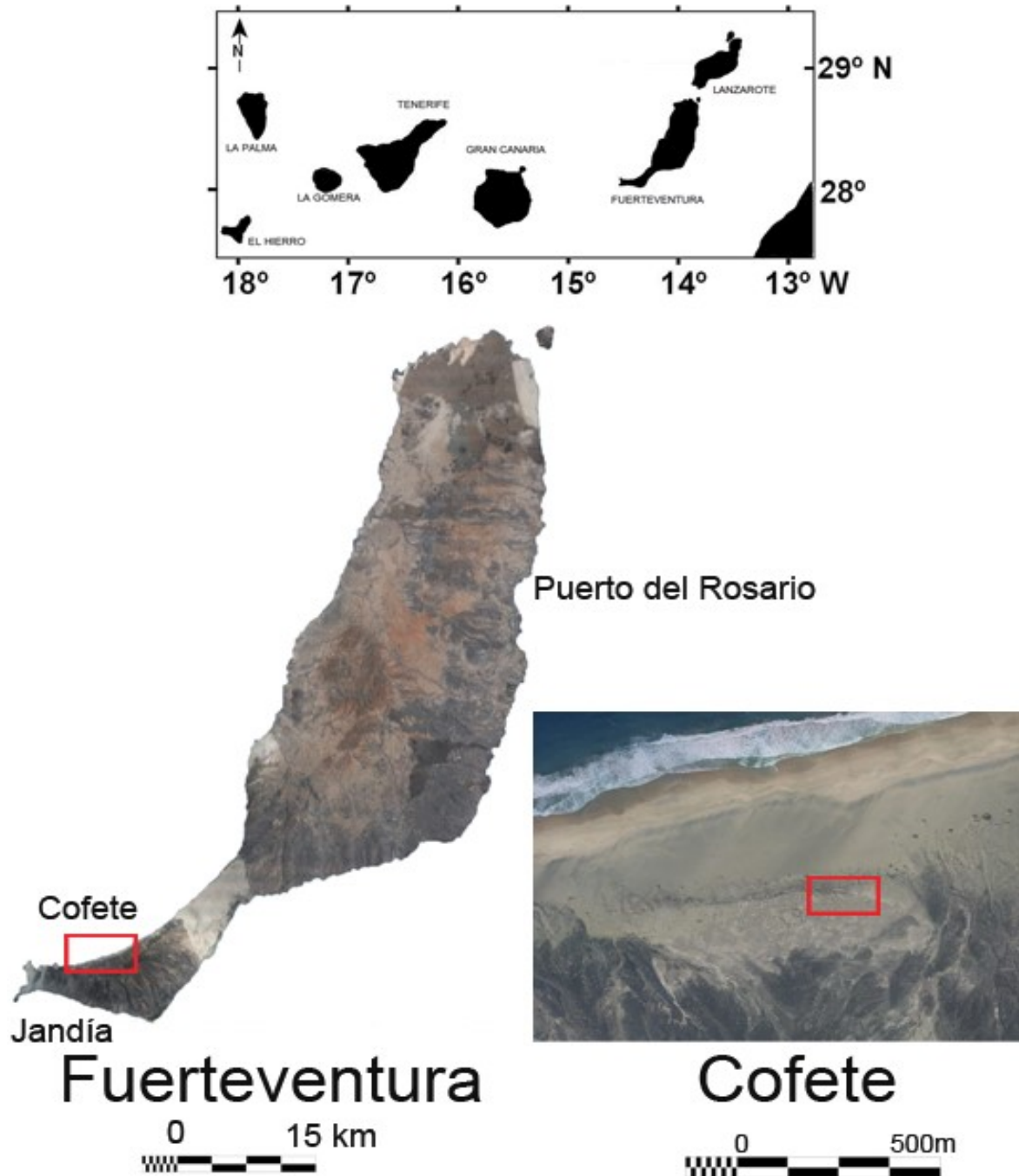


Figura 1. Localización de los depósitos fosilíferos de edad pliocena de Cofete. Fuerteventura.



a



b

Figura 2. Vista de los afloramientos pliocenos de Cofete. a.-Vista desde la playa de los niveles a 50 metros de altura. b.- Vista de Roque del Moro desde los niveles fosilíferos.

Paleontología Sistemática		
Phylum	Arthropoda	Latreille, 1829
Subphylum	Crustacea	Brünnich, 1772
Clase	Malacostracea	Latreille, 1802
Orden	Decapoda	Latreille, 1802
Infraorden	Brachyura	Linnaeus, 1758
Familia	Ocypodidae	Rafinesque, 1815
Subfamilia	Ocypodinae	Rafinesque, 1815
Género	<i>Ocypode</i>	Weber, 1795
Especie	<i>Ocypode itálica</i>	Garassino, De Angeli, Pasini & Tangocci, 2010

En el sitio de Cofete, en las dunas fósiles de la playa de Barlovento, Fuerteventura, aparecen una gran cantidad de restos sin conexión anatómica y, en su mayoría, rellenos del sedimento que forma la matriz del afloramiento (tabla 1). Todos los materiales se localizan en una superficie de aproximadamente un metro cuadrado. La mayoría de las piezas de mayor tamaño (propoditos y meropoditos) se encuentran adheridas lateralmente unas a otras y pertenecen al menos a dos ejemplares, uno de ligeramente mayor tamaño que el otro (los restos fósiles actualmente se encuentran en los fondos de las colecciones paleontológicas de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria).

Tabla 1. Restos de *Ocypode itálica* encontrados en Canarias.

Elemento	Nº	Descripción
Quelípedo derecho	2	Pinza completa, rellena de sedimento. 2.7 cm de longitud máxima y 2 centímetros de ancho máximo.
		Fragmento de pinza incluido en un bloque de sedimento; conserva dactilopodio.
Quelípedo izquierdo	2	a) Fragmento medio, relleno de sedimento, de 1,8 cm de longitud máxima y 2 cm de ancho máximo.
		b) Fragmento medio, relleno de sedimento, de 2 cm de longitud máxima y 1 cm de ancho máximo.
Dedo fijo	1	Chela izquierda. 1,2 cm de longitud máxima.
Dactilopodio	1	Chela izquierda. 1,1 cm de longitud máxima.
Carpo	2	Carpos de los quelípedos incompletos y rellenos de sedimento.
Dáctilo	7	5 fragmentos incompletos de diferente tamaño, rellenos con sedimentos. 2 fragmentos dentro de sedimentos.
Propodio	16	14 fragmentos sueltos o agrupados por los laterales de forma paralela. 2 fragmentos dentro de sedimentos.
Carpo	3	Carpos de las patas, incompletos y rellenos de sedimento.
Mero	6	5 fragmentos dentro de sedimentos. 1 fragmento independiente parcialmente roto en sus extremos y relleno de sedimento.
Isquio	1	Fragmento en mal estado de conservación.
Fragmento de cefalotórax		Fragmento de la cara dorsal, región cardíaca – intestinal de 3,2 cm de longitud, relleno de sedimento. Numerosos fragmentos sueltos.

Ocypode se define originalmente para el Plioceno superior de Poggibonsi, región de la Toscana, Italia, siendo tanto el ejemplar original descrito por Garassino y colaboradores^{11,12} y Di Cencio y colaboradores⁹ de la misma localidad y piso estratigráfico. En Canarias las dataciones de lavas almohadilladas sincrónicas con estos niveles lo ubican en el Plioceno Medio-Inferior¹. Los cangrejos fantasmas, género *Ocypode*, junto con otros géneros de cangrejos como los cangrejos violinistas, género *Uca*, y los denominados camarones del fango del género *Callinassa*, se desarrollan en medios litorales y someros, de sedimentos finos a muy finos a fangosos¹³, donde excavan madrigueras. Los cangrejos fantasmas presentan una alimentación tipo oportunista; pudiendo alimentarse tanto de algas como actuar como carroñeros. Robertson y Pfeiffer¹⁴ describen la producción y acumulación de pellets por *Ocypode quadrata* asociada a la acción de forrajear algas de sustratos arenosos.

Las galerías construidas por *Uca láctea* son verticales, similares a “chimeneas de fango” excavadas desde la superficie en sustratos fangosos intermareales con vegetación tipo manglar¹³. En la superficie suele aparecer un domo o cono de sedimentos, de sección circular a elíptica generalmente rodeado de pellets. Así, junto con los restos fósiles en Cofete, Fuerteventura, en los depósitos sedimentarios de edad pliocena de El Guincho, Costa Norte de Gran Canaria, se identifican galerías similares a las descritas por Radwanski y colaboradores⁸ y adjudicadas a cangrejos del género *Ocypode*.

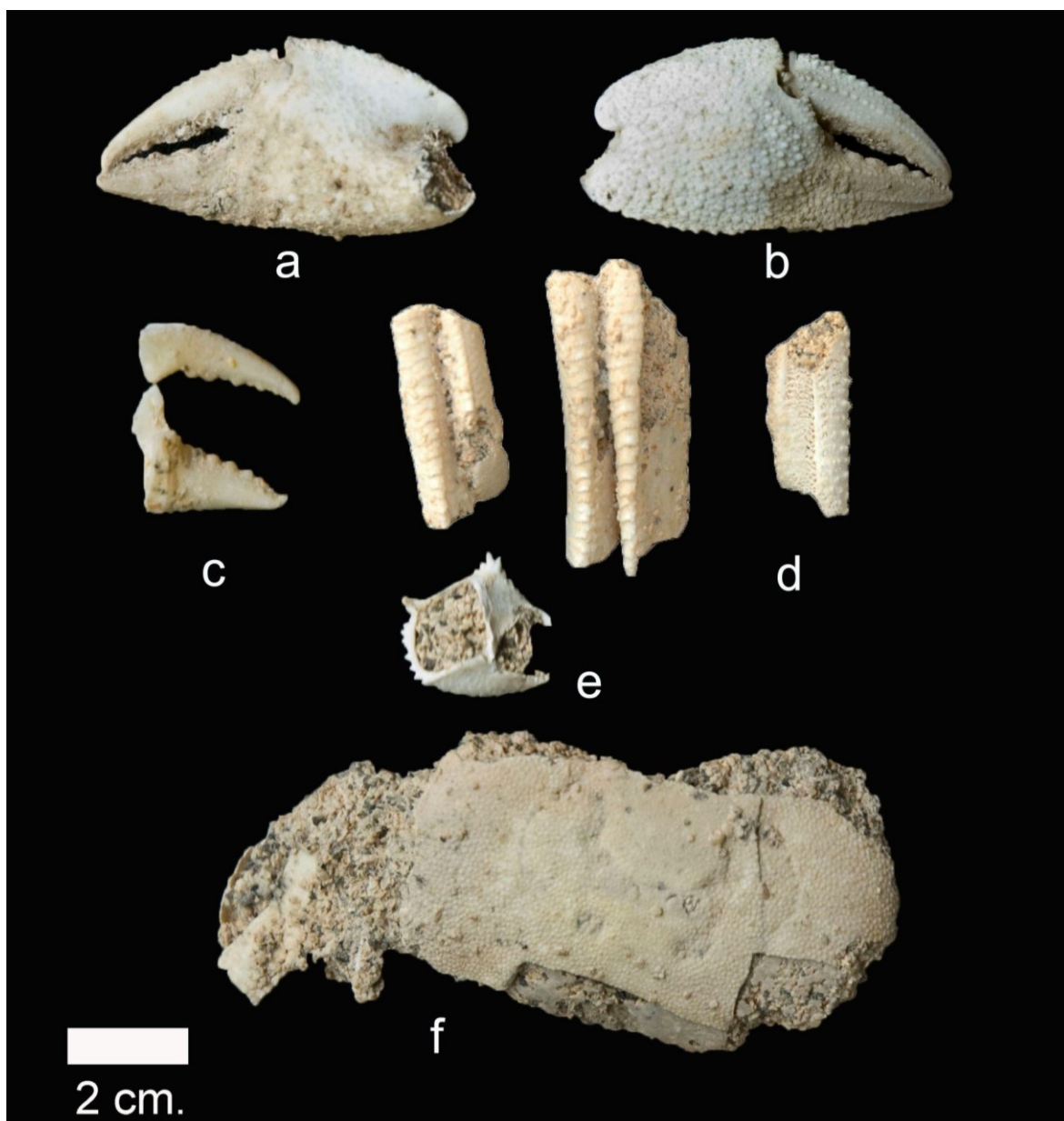


Figura 3. Restos de *Ocypode italica* encontrados en Canarias. a y b quelipedos; c dedo fijo y dactilopodio izquierdo; d propodios; e carpo, f fragmento de caparazón, vista dorsal⁴.

El cangrejo fantasma del Atlántico, *Ocypode cuadrata*, está presente en las costas del Atlántico occidental, desde Rhode Island, Estados Unidos, hasta Brasil, Antillas e islas del Caribe. Ha sido citado fósil en sedimentos pleistocenos de Florida. Si bien está adaptado a la vida terrestre, excavan madrigueras en la zona límite superior de la marea, llegando a adentrarse significativamente en dunas costeras. Esto es coherente con la distribución de las estructuras de bioturbación descritas por Radwanski y colaboradores⁸, sucediéndose estructuras asociadas a *Ocypode* desde dunas costeras fósiles y la región de trasplaya y borde superior de la marea, donde aparecen madrigueras conferidas a *Callinassa*. Este modo de vida supone que *Ocypode cuadrata* estará expuesto a depredación por animales terrestres. Las madrigueras de este cangrejo descritas por Seike y Curran¹⁵, son similares a las observadas en los niveles sedimentarios de edad pliocena de El Guincho, Costa de Arucas, y en los afloramientos del paseo de Chill, en Gran Canaria, con forma de Y o J.

Conclusiones

Se describe la presencia de al menos dos ejemplares *Ocypode italica* en el Plioceno de Cofete, en la isla de Fuerteventura (Islas Canarias), junto a madrigueras construidas en arenas pliocenas con abundante bioturbación. Estas madrigueras se encuentran en varios puntos del Archipiélago, destacando El Guincho en Gran Canaria, que son coherentes con las asociadas a este género. Estos resultados extienden la distribución de *Ocypode italica* al Plioceno de las islas atlánticas. No es posible obtener datos del tamaño total de estos cangrejos en Canarias, pero parecen ser, atendiendo a la longitud de las quelas, similar a los ejemplares de la localidad donde se describen originalmente.

Es significativo que sólo se hayan encontrado un total de 4 ejemplares de *Ocypode italica*, entre cuerpos semi completos y fragmentos, en dos únicos puntos del planeta: en la localidad originaria de Poggibonsi, La Toscana (Italia), del Plioceno superior y en Cofete, en Fuerteventura (Islas canarias, España), también de edad pliocena.

Bibliografía

- (1) Meco, J., Koppers, A.A.P., Miggins, D.P., Lomoschitz, A., Betancort, J.F. (2015). *Palaeogeo.*, *Palaeoclim.* *Palaeoecol.*, 435, 53-69.
- (2) Meco, J., Lomoschitz, A., Koppers, A.P., Miggins, D.P., Huertas, M.J., Betancort, J.F., Soler-Onís, E. (2020). *J. Afr. Earth Sci.*, 164, 19 pp.
- (3) Rothpletz, A., Simonelli, V. (1890). *Zeitschrift der deutschen geologischen Gesellschaft.* 42, 677-739.
- (4) Betancort, J.F., Lomoschitz, A., Meco, J. (2014). *Riv. It. Paleont. Stratigraf.* 120 (1):337-349.
- (5) Betancort, J.F., Lomoschitz, A., Meco, J. (2016). *Est. Geol.*, 72(2), 15 pp.
- (6) Tuya, F., Betancort, J.F., Haroum, R., Espino, F., Lomoschitz, A., Meco, J. (2017). *Aquat. Bot.*, 143,1-7.
- (7) Sakai, K., Türkat, M. (2013). *Mem. Queensland Mus. Nat.*, 56(2):665-793.
- (8) Radwanski, A., Wysocka, A., Görka, M. (2012). *Acta Geol. Polon.* 6282:217-229,
- (9) Di Cencio, A., Casati, S., Collatera, A. (2019). *Atti Soc. Tosc. Sci. Nat. Serie B*, 126:29-34.
- (10) Balcells, R., Barrera, J.L., Gómez, J.A. (1992) *Mapa Geológico de España*, escala 1:100.000, 21-21/21-22, Isla de Gran Canaria. *Mapas y Memoria* 323 pp.
- (11) Garassino, A., De Angeli, A., Pasini, G., Tangocci, F. (2010) *Atti Soc. It. Sci. Nat. Mus. Cív. Sto. Nat. Milano.* 151(II):135-144.
- (12) Garassino, A., Pasini, G., De Angeli, A., Charbonnier, S., Famiani, F., Baldanza, A., Bizzarri, R. (2012). *Ann. Paléont.*, 98:1-61.
- (13) De, C. (2015). *Palaent. Elect.*, 18.2.26A:1-22.
- (14) Robertson, J.R., Pfeiffer, W.J. (1982). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 56:1165-177.
- (15) Seike, K., Curran, A. (2014). *Span. J. Palaeont.*, 29(I):61-70.

Navegando entre redes y recuerdos: el viaje de Francisco Saavedra Socorro, “Paco el del Cabildo”

**Kevin M. Díaz-Hernández¹, Carla Duran Castella¹, Olga Guinovart I Vendrell¹,
Ariadna Herrera Freixes¹, Sylvie Martins Lima¹, Inma Herrera²**

¹ Máster en Gestión Sostenible de Recursos Pesqueros, Facultad de Ciencias del Mar, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (ULPGC), Tafira, España. ² Grupo de Investigación en Biodiversidad y Conservación (BIOCON), Instituto Universitario ECOAQUA, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (ULPGC), Telde, España

El hombre, los fogones y el mar

Entre las casitas que miran al océano en el barrio marinero de San Cristóbal nació, el 21 de enero de 1938, Francisco Saavedra Socorro, a quien todos conocen con cariño como Paco el del Cabildo. Su apodo, heredado de generaciones de familiares que trabajaron para el Cabildo de Gran Canaria, se convirtió en un sello de identidad entre los vecinos: “ahí van los del Cabildo”, decían con una mezcla de respeto y afecto. Desde niño, Paco vivió fascinado por el mar. Su escuela estaba a dos minutos de casa, pero la llamada del “charco”, como él dice, era más fuerte que cualquier lección escrita en una pizarra. “Nací en un charco”, repite con una sonrisa pícaro, recordando aquellos días en los que prefería el rumor de las olas al sonido del timbre escolar.

A lo largo de su vida, Paco combinó dos pasiones inseparables: el mar y la cocina. Se formó en la Escuela de Hostelería de Gran Canaria, donde comenzó fregando platos hasta llegar a ser profesor de cocina. Su talento lo llevó a ganar el Primer Premio de Gastronomía Canaria, gracias a un plato tan humilde como ingenioso: los chuchos. Con paciencia y su mojo verde con cilantro, Paco transformó aquel pez sin valor en una delicia digna de premio. Autor del Recetario de Pescado Fresco, Paco recoge en él diez recetas tradicionales canarias que van desde el sancocho hasta el atún con tomate, todas elaboradas con respeto y sencillez.

En el mar, trabajó en un total de siete embarcaciones. Su primer barco aún navegaba a vela y remo. El más grande, de 9,70 metros de eslora, lo bautizó con orgullo como “Mi Nombre”. Siempre fue un hombre de inventos: ideó artes de pesca propias y capturó especies que pocos habían visto, como la carañuela, un cangrejo esquivo que solo él lograba atrapar.

La Cooperativa: unión y memoria viva

El 13 de agosto de 1968, junto a otros seis pescadores, Paco fundó la Cooperativa de Pescadores de San Cristóbal (Pescatobal). Inspirados por el espíritu de compañerismo y supervivencia, levantaron una organización que hoy cuenta con 23 embarcaciones y 47 pescadores activos. Dentro de la cooperativa, Paco creó un pequeño Museo del Pescador, donde guarda con cariño artes y aparejos antiguos. Durante la pandemia, comenzó a confeccionar ropa y complementos con restos de redes y cuerdas, una ocurrencia que, dice riendo, nació cuando tuvo que “ensancharse los pantalones” durante el confinamiento.

La directora de administración de Pescatobal, María Dolores Guedes Socorro (Loli), nos cuenta que los mayores retos actuales son facilitar el relevo generacional, modernizar la flota y hacer frente a la competencia desleal. Uno de sus proyectos más ilusionantes es el Turismo Marino, que busca abrir las puertas del mar a quienes deseen conocer la pesca artesanal desde dentro.



Francisco Saavedra Socorro, "Paco el del Cabildo".



Paco en el Museo del Pescador con sus aparejos y enseres.

Cambios, enseñanzas y legado

Con más de ochenta años, Paco sigue saliendo al mar de vez en cuando. Habla con respeto de las transformaciones que ha visto: los motores, las máquinas, la tecnología. “Antes todo era a pulso y a viento. “Ahora las máquinas ayudan, pero la mar sigue mandando igual”, dice con la sabiduría de quien ha aprendido a escuchar al océano. Sin embargo, su mirada se vuelve seria cuando habla del futuro. “Hoy hay demasiadas trabas. El pescador quiere trabajar, pero no lo dejan”, lamenta. Aunque no recomienda el oficio a las nuevas generaciones, sabe que el amor por el mar no se apaga. “La procesión se lleva por dentro”, concluye con ternura. Sus compañeros lo definen como un referente, un hombre generoso que siempre comparte su conocimiento y su buen humor. Entre bromas y recuerdos, Paco enseña a los jóvenes cómo armar una carañuela o cómo leer el viento. Más que técnicas, les transmite pasión: esa fuerza invisible que lo ha acompañado toda su vida.

El viaje continúa

Su vida es una red tejida con recuerdos, esfuerzo y sal. Entre fogones, redes y mareas, Paco el del Cabildo seguirá navegando en la memoria de su gente. Su historia, contada con humildad y sonrisa, es también la historia del mar de Canarias: un mar que da, que enseña y que, sobre todo, une. “No me imagino lejos del mar”, dice Paco. “Es mi casa, mi refugio y mi libertad.”

Receta de Paco: Alacha en escabeche

Limpia las alachas y colócalas en un recipiente cubriéndolas con una mezcla de agua, vinagre y sal. Déjalas reposar tres días para que se maceren. Luego cambia el agua y cúbrealas de nuevo con una mezcla más suave, más agua, menos vinagre y solo un toque de sal. Tras uno o dos días más, pruébalas: cuando estén a tu gusto, estarán listas para disfrutar.

Agradecimientos

Nuestro agradecimiento a María Dolores Guedes Socorro, directora de administración de la Cooperativa de Pescadores de San Cristóbal – Pescatobal, por su apoyo y dedicación al sector pesquero. Y, sobre todo, a Francisco Saavedra Socorro, por abrirnos las puertas de su vida y compartir con generosidad sus recuerdos, su amor por la mar y su sabiduría tejida entre redes, fogones y mareas. Su historia no solo ilumina la memoria de una comunidad, sino que también nos recuerda el valor de quienes han hecho del mar su hogar y su destino.

La amenaza del Cambio Climático sobre la estabilidad de la Cinta Transportadora Global

Cristina Arumí-Planas

Unidad Océano y Clima, Instituto de Oceanografía y Cambio Global, IOCAG, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, ULPGC, Unidad Asociada ULPGC-CSIC

Nuestro planeta Tierra se encuentra envuelto en un manto de agua que cubre aproximadamente el 70% de su superficie. Por esta razón una gran parte de la vida en la Tierra vive en los océanos, incluyendo desde pequeños microorganismos hasta el animal más grande del mundo, las majestuosas ballenas azules. Nuestros océanos también desempeñan un papel esencial en la regulación del clima en todo el mundo. Una pregunta fundamental es ¿Cómo pueden los océanos tener tanta influencia en nuestro clima? La respuesta yace en una red de corrientes marinas que entrelazan todos los océanos del mundo, científicamente conocida como la cinta transportadora global de los océanos. Las corrientes superficiales, impulsadas principalmente por vientos dominantes, transportan aguas cálidas y salinas hacia latitudes más altas en el hemisferio norte (por ejemplo, la corriente del Golfo de México en el océano Atlántico Norte). A su vez, las corrientes profundas transportan aguas más frías y densas hacia el hemisferio sur debido a las diferencias en la salinidad, la temperatura y la densidad del agua. Este interminable vaivén de corrientes marinas no solo redistribuye calor, nutrientes y salinidad a lo largo y ancho de nuestro planeta, sino que también desempeña un papel vital en la regulación de la atmósfera¹.

¿Qué se prevé que ocurra en un futuro?

El Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC) remarca que la cinta transportadora global es fundamental para mantener en equilibrio nuestro clima terrestre. La circulación oceánica es un componente clave del sistema climático y es esencial para el intercambio de calor y carbono entre los océanos y la atmósfera, sin embargo, la cinta transportadora global ha estado bajo amenaza en los últimos años. El calentamiento global impulsado por la actividad humana ha desencadenado una serie de cambios preocupantes en los océanos. El aumento de las temperaturas superficiales del mar, la acidificación de las aguas marinas y el deshielo acelerado de los glaciares son solo algunos de los síntomas de un planeta que está luchando por adaptarse a las presiones humanas. Estos cambios están afectando directamente a la cinta transportadora global, debilitando su estabilidad y poniendo en peligro su funcionamiento.

Uno de los escenarios más alarmantes que los científicos han podido predecir es el colapso de la cinta transportadora global. Investigaciones recientes han revelado que el aumento de agua dulce en el Atlántico Norte –como resultado del derretimiento de los casquetes polares– podría ser la chispa que encienda esta catástrofe climática. Con el fin de evaluar el impacto de posibles cambios en la cinta transportadora global y predecir escenarios futuros, los científicos han optado por utilizar modelos computacionales de simulación oceánica en los que añaden gradualmente agua dulce en el océano Atlántico Norte, y los resultados han sido aterradores². A medida que se incrementaba la cantidad de agua dulce en el hemisferio norte, la fuerza de la cinta transportadora global disminuía, ¡hasta llegar a detenerse por completo!

El papel del transporte de agua dulce en el Atlántico Sur

Diferentes científicos han relacionado la estabilidad de la cinta transportadora global con el transporte de agua dulce debido a la cinta transportadora global a 34.5°S en el océano Atlántico Sur. Actualmente, se sabe que el signo de este transporte nos proporciona información sobre la estabilidad de este mecanismo de circulación oceánica global: un signo positivo indica un único estado estable, mientras que un signo negativo sugiere la existencia de dos estados estables³.

Para investigar y conocer mejor el transporte de agua dulce debido a la cinta transportadora global en el océano Atlántico a 34,5°S, se han llevado a cabo 49 transectos desde Sudamérica hasta Sudáfrica a lo largo de 18 años (desde 2002 hasta 2019). En estos transectos se han utilizado dispositivos llamados XBT, que miden la temperatura oceánica a diferentes profundidades y transfieren los datos en tiempo real al barco desde el que son lanzados (Fig. 1).

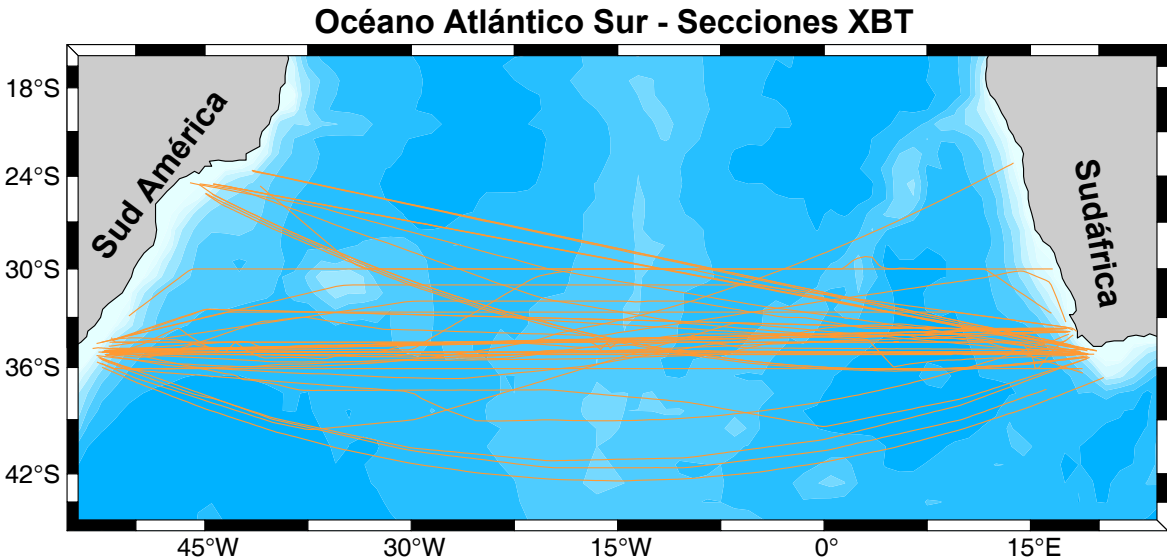


Figura 1. Secciones transatlánticas XBT en el océano Atlántico Sur (Modificado de Arumí-Planas et al., 2024).

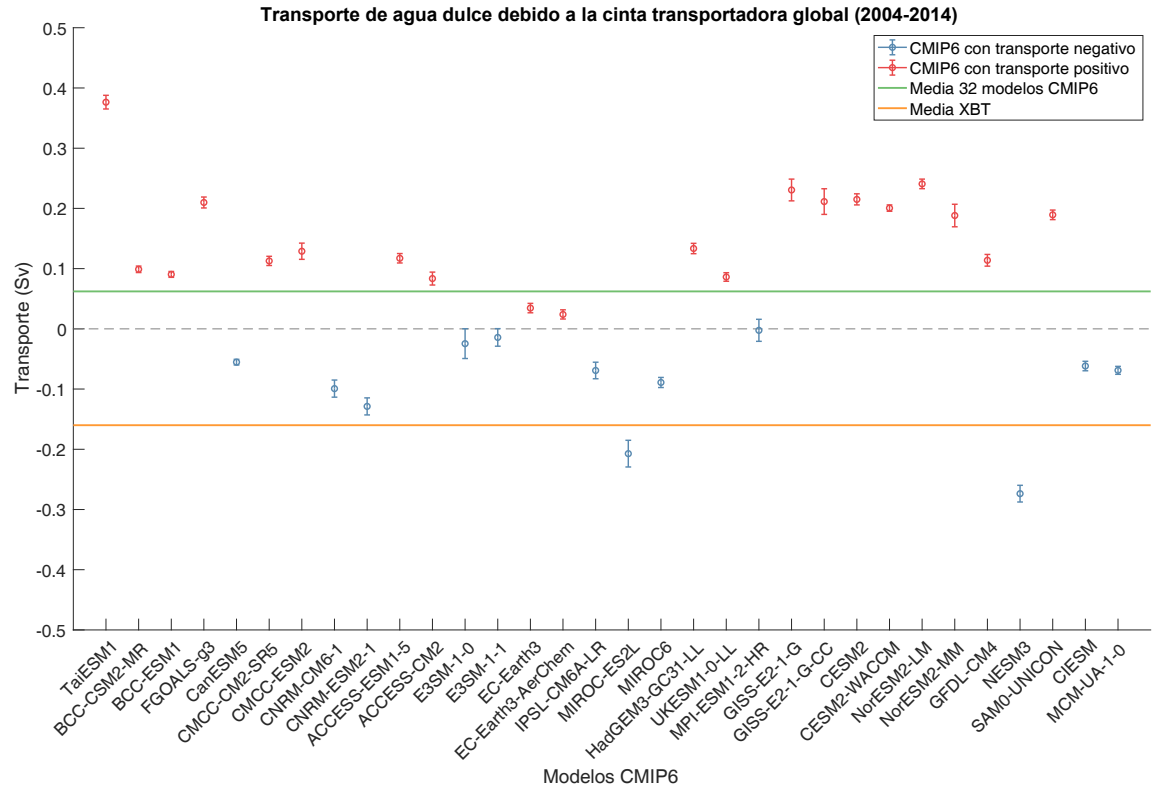


Figura 2. Transporte de agua dulce debido a la cinta transportadora global en el Atlántico Sur (Modificado de Arumí-Planas et al., 2024).

Además de los datos de los XBT (observaciones), se han utilizado datos de 32 modelos acoplados de océano y atmósfera (simulaciones), conocidos como modelos CMIP6, los cuales son usados para realizar los informes del IPCC. Estos datos se emplearon para estudiar la estabilidad de la cinta transportadora global a través del signo del transporte de agua dulce en el Atlántico Sur. La comparación de los datos observacionales con los simulados durante el mismo período (2004-2014) muestra resultados en muchos casos contradictorios (Fig. 2). Mientras que los resultados observacionales (XBT), en línea con la bibliografía, identifican una doble estabilidad de la cinta transportadora global (signo negativo), más de la mitad de las simulaciones (CMIP6) indican una única estabilidad (signo positivo).

Para estudiar con más detalle las diferencias observadas en el signo del transporte, se ha estudiado el perfil vertical de salinidad. Estos perfiles muestran que las simulaciones que muestran un signo contrario a las observaciones (signo positivo, líneas rojas) presentan aguas superficiales más dulces y aguas profundas más salinas en comparación con los modelos que coinciden con el signo de las observaciones (signo negativo, líneas azules) (Fig. 3).

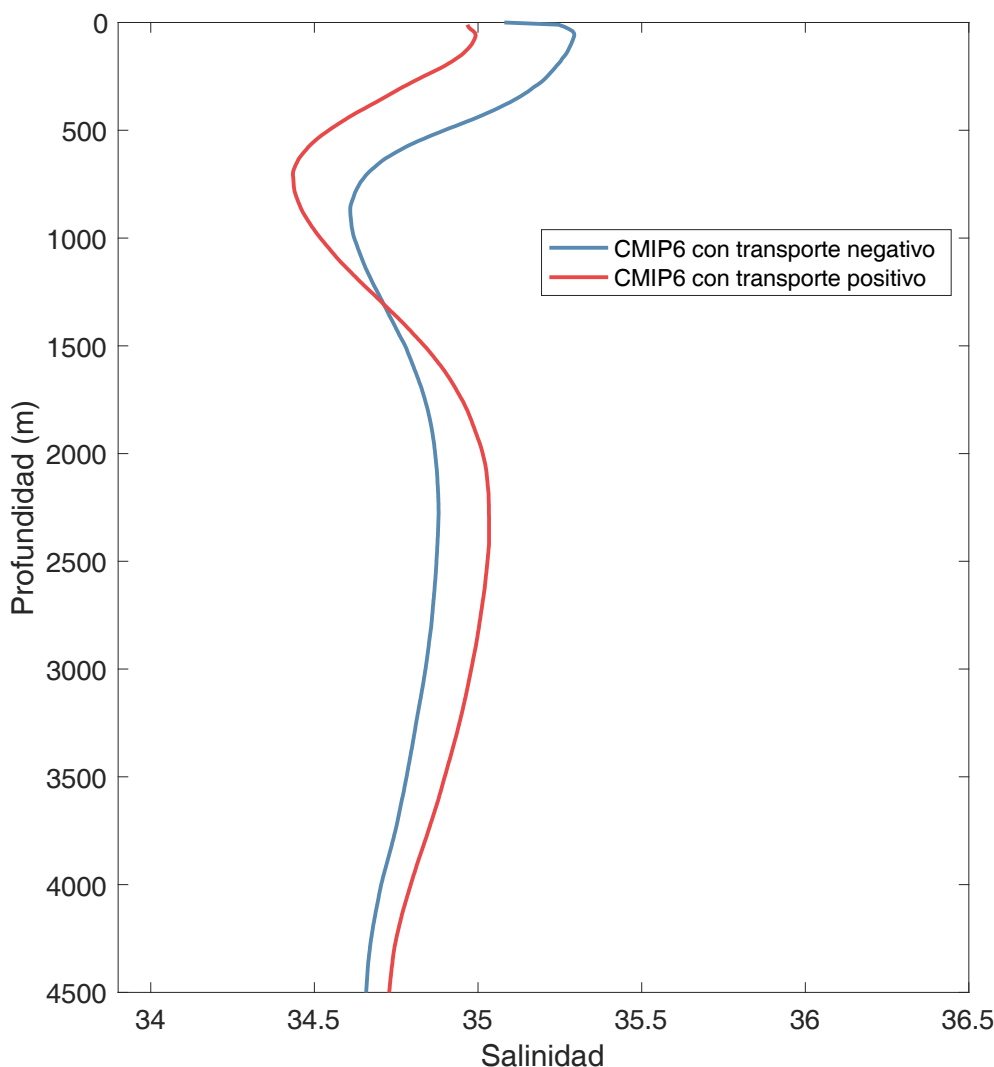


Figura 3. Perfiles de salinidad desde la superficie hasta el fondo según los 32 modelos CMIP6. Las líneas azul y roja de menor intensidad representan los perfiles de salinidad individuales de los modelos, mientras que las líneas de color más intenso muestran la media de cada uno de los dos grupos (Modificado de Arumí-Planas et al., 2024).

En consecuencia, este estudio destaca la importancia de mejorar la representación de los modelos climáticos CMIP6, especialmente en lo que respecta al sesgo de salinidad. Estos conocimientos son esenciales para mejorar la precisión de los modelos climáticos y las predicciones futuras en los informes del IPCC.

¿Cuáles serían las consecuencias de un colapso de la cinta transportadora global?

Imagina un mundo donde la cinta transportadora global se detiene y el equilibrio climático de nuestro mundo se desmorona. Si todas las corrientes marinas se parasen, el océano se enfriaría en las zonas cercanas a los polos y se calentaría en las regiones tropicales. No obstante, el impacto no se limitaría exclusivamente a los océanos, ya que dicho colapso de la cinta transportadora global tendría repercusiones globales, afectando prácticamente todos los rincones de nuestro planeta Tierra⁴. Por ejemplo, en Europa, las temperaturas podrían descender significativamente, mientras que, en los trópicos, tales como las Islas Canarias, las temperaturas aumentarían notablemente. Asimismo, áreas tan diversas como el Amazonas también experimentarían cambios drásticos. Su patrón de precipitaciones se invertiría, convirtiéndose la época seca en lluviosa y viceversa, poniendo en peligro la biodiversidad y la sustentabilidad de estas selvas tropicales. En resumen, un colapso de la cinta transportadora global afectaría a todos los ecosistemas del planeta.

Es evidente que el estudio de la estabilidad de la cinta transportadora global es esencial para comprender los efectos del cambio climático en nuestro planeta. Sin embargo, este desafío no es nada sencillo; la inmensidad y complejidad de nuestros océanos hace que la recopilación de datos sea un gran reto. Afortunadamente, los rápidos avances en tecnología y modelado oceánico están ofreciendo nuevas herramientas para afrontar este desafío. Dado que el destino de este conjunto de corrientes oceánicas vitales está estrechamente relacionado con nuestro futuro, la investigación para comprender mejor su funcionamiento es un desafío que concierne a todos. En consecuencia, es crucial adoptar medidas para disminuir nuestras emisiones de gases de efecto invernadero y mitigar los efectos del cambio climático en nuestros océanos.

Agradecimientos

Este estudio ha sido apoyado por los proyectos SAGA (RTI2018-100844-B-C31, RTI2018-100844-B-C32 y RTI2018-100844-B-C33) y SACO (PID2022-139403NB-C21 and PID2022-139403NB-C22), financiados por el Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades del Gobierno de España y Feder. Este trabajo ha sido realizado como parte del trabajo de Cristina Arumí-Planas en el IOCAG, dentro del programa de doctorado en Oceanografía y Cambio Global. Cristina Arumí-Planas agradece el programa de becas de la Agencia Canaria de Investigación, Innovación y Sociedad de la Información (ACIISI) y al Fondo Social Europeo Plus (FSE+) Programa Operativo Integrado de Canarias 2021-2027, Eje 3 Tema Prioritario 74 (85%) programa de "Apoyo al personal investigador en formación" TESIS2021010028 y "Estancias Breves en España y en el Extranjero 2022" EST2022010028, y también a la NOAA de Miami por darle la oportunidad de realizar el estudio en su centro.

Cristina Arumí está realizando su tesis doctoral en el programa de Doctorado de Oceanografía y Cambio Global (DOYCAG) de la ULPGC.

Bibliografía

- (1) Arumí-Planas, C., Pérez-Hernández, M.D., Pelegrí, J. L., Vélez-Belchí, P., Amelianov, M., Caínzos, V., Cana, L., Firing, Y. L., García-Weil, L., Santana-Toscano, D., Hernández-Guerra, A. (2023). Journal of Geophysical Research: Oceans, 128(5), 1-21. <https://doi.org/10.1029/2022JC019614>
- (2) Ditlevsen, P., Ditlevsen, S. (2023) Warning of a forthcoming collapse of the Atlantic meridional overturning circulation. Nat Commun 14, 4254. <https://doi.org/10.1038/s41467-023-39810-w>.
- (3) Arumí-Planas, C., Dong, S., Perez, R., Harrison, M. J., Farneti, R., Hernández-Guerra, A. (2024). Journal of Geophysical Research: Oceans, 129, e2023JC020558. <https://doi.org/10.1029/2023JC020558>
- (4) Jackson, L.C., Kahana, R., Graham, T., Ringer, M. A., Woollings, T., Mecking, J. V., Wood, R.A. (2015). Global and European climate impacts of a slowdown of the AMOC in a high resolution GCM. Clim Dyn 45, 3299–3316. <https://doi.org/10.1007/s00382-015-2540-2>

Eugenie Clark: de la Gran Manzana a las profundidades del océano

Raibel Núñez-González y Kimberlyn Fonseca-Pérez

1- Instituto Universitario Ecoaqua, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Edif. Ciencias Básicas, Campus Universitario de Tafira, 35017 Las Palmas de Gran Canaria. 2- Bióloga e ilustradora científica, animadora en Lanius Animatics. Web: Ilustración científica | Kimberlyn Fonseca-Pérez, Instagram: @kimbis_bio_illustrations



Hija de padre estadounidense y de madre japonesa (Fig. 2), Eugenie pasó su niñez en la ciudad de Manhattan, Nueva York. Su padre murió cuando ella era aún muy pequeña y fue criada principalmente por su madre y sus abuelos. Por mucho tiempo, al acompañar a su madre al centro de la ciudad cuando ésta iba al trabajo, Eugenie pasó muchísimas horas visitando el acuario de Nueva York, creando en ella un gran interés en el estudio de los peces, en especial por los tiburones. Su admiración por el biólogo, naturalista y explorador estadounidense William Beebe quien coinventó la batisfera y realizó exploraciones de las profundidades del océano, junto con su pasión por los animales marinos, la impulsaron a estudiar zoología en Universidad de Hunter (1942) y posteriormente hizo un Máster en la Universidad de Nueva York (1946).

Tras finalizar sus estudios universitarios, comienza su carrera como asistente de investigación en la Institución Scripps de Oceanografía en La Jolla, California entre los años 1946 y 1947. En esta etapa

aprendió a bucear usando uno de los primeros equipos completos de buceo autónomo desarrollados por el ejército estadounidense. Al terminar este período en este reconocido instituto, tiene una de las oportunidades más importantes de su carrera: trabajar en el estudio de la vida marina de Filipinas junto con el Servicio de Pesca y Vida Silvestre de los Estados Unidos, pero debido a su herencia japonesa por parte de su madre, el FBI no le permite llevar a cabo dicha exploración. En el año 1948 fue parte del prestigioso Laboratorio de Biología Marina en Woods Hole. En 1949 la Oficina de Investigación Naval de los Estados Unidos le asigna el trabajo de investigar, recolectar e identificar especies de peces venenosos de los South Seas, Florida, y es durante esta expedición que comienza a desarrollar sus capacidades como buceadora (Fig. 2).

Fue pionera en la investigación de los organismos del Mar Rojo, durante su beca Fulbright en 1952, llevada a cabo desde la estación Biológica Marina Al-Ghardaqa, en Egipto, un sitio prácticamente inexplorado para la época. Aquí, las colonias de anguilas jardineras fueron uno de sus organismos de estudio. Adicionalmente se centró en la reproducción vivípara de los peces platy (*Xiphophorus maculatus*) y cola de espada (*Xiphophorus hellerii*), lo que le permitió obtener su doctorado en la Universidad de Nueva York, en 1950, por lo que fue considerada la primera persona de Estados Unidos en lograr exitosamente la inseminación artificial en peces.



Figura 1: Foto de Eugenie Clark durante una de sus salidas de campo para recolectar especímenes (extraída de https://ocean.si.edu/sites/default/files/styles/full_width_largest/public/2023-11/eugenie_Clark_1_cropped.jpg.webp?itok=DwoRKKin)

En 1955, Eugenie ayudó a fundar el antiguo Laboratorio Marino Cape Haze en Placida, Florida (actualmente conocido como Laboratorio Marino de Mote), con la ayuda económica del empresario William H. Vanderbilt, y del que fue directora hasta el año 1967. En este laboratorio, y junto con su creciente grupo de investigadores asociados, estudió cientos de especies de peces de la costa del estado de Florida.

Además de ello, entre los años 1948 y 1966, también fue miembro del Museo Americano de Historia Natural de Nueva York. Dentro de los aportes que tuvo durante este período trabajó como investigadora asociada en el Departamento de Comportamiento Animal y en el Departamento de Peces, lo que sería fundamental para obtener información necesaria para sus posteriores trabajos de investigación. También creó una colección de diapositivas fotográficas (1950-1959) sobre los trabajos de campo

realizados en sus expediciones, y organismos recolectados. Muchas de las muestras tomadas durante este período forman parte de las colecciones del museo.

Al fundar el Laboratorio Marino de Mote, un investigador le solicita colaboración para una investigación sobre el cáncer y le pide capturar algunos tiburones que le permita estudiar el hígado de estos animales. Esta solicitud incentiva a Clark a crear un espacio de cría de tiburones vivos, lo cual a su vez da pie a que en 1958 comience su investigación sobre el comportamiento de los tiburones, inicialmente con el tiburón limón (*Negaprion brevirostris*). Uno de los avances científicos de esta investigadora fue entrenar a los ejemplares capturados para que realizaran una acción concreta: presionar un objetivo y así recibir alimento como recompensa. Sus resultados demostraron la capacidad de los tiburones de aprender nuevas conductas, contradiciendo creencias antiguas sobre las capacidades de estos animales.

Debido a su extensa investigación con tiburones, no solo en cautividad sino también en vida silvestre, se convirtió en defensora de estos peces cartilaginosos, incentivando a la gente a protegerlos y a disipar el miedo por estos grandes depredadores (Fig. 3).

En el año 1968 se unió a la plantilla de profesores de la Universidad de Maryland, período en el que realizó uno de sus descubrimientos más interesantes: en 1972, encontró un tipo de pez lenguado, comúnmente llamado Lenguado del Moisés del Mar Rojo ("Red Sea Moses sole"), de nombre científico *Pardachirus marmoratus*, que habita en el fondo del Mar Rojo y el Golfo Pérsico, en profundidades de hasta 50 m, y que genera sustancias tóxicas para "repeler" a su principal depredador: los tiburones.

En 1973, cuando es nombrada profesora titular de la Universidad de Maryland, su exhaustiva investigación la lleva a visitar las costas mexicanas, donde había informes que indicaban que algunas especies de tiburones yacían sin casi reaccionar dentro de una cueva. Su estudio del comportamiento y de las condiciones de la zona, en donde había presencia de corrientes de agua dulce, ayudaron a confirmar su hipótesis de que estas filtraciones de agua dulce en esa zona ayudaban a peces como las rémoras a eliminar los parásitos de los tiburones en la zona de las cuevas. Adicionalmente, logró desmentir la creencia que decía que los tiburones necesitaban estar en constante movimiento para poder respirar.

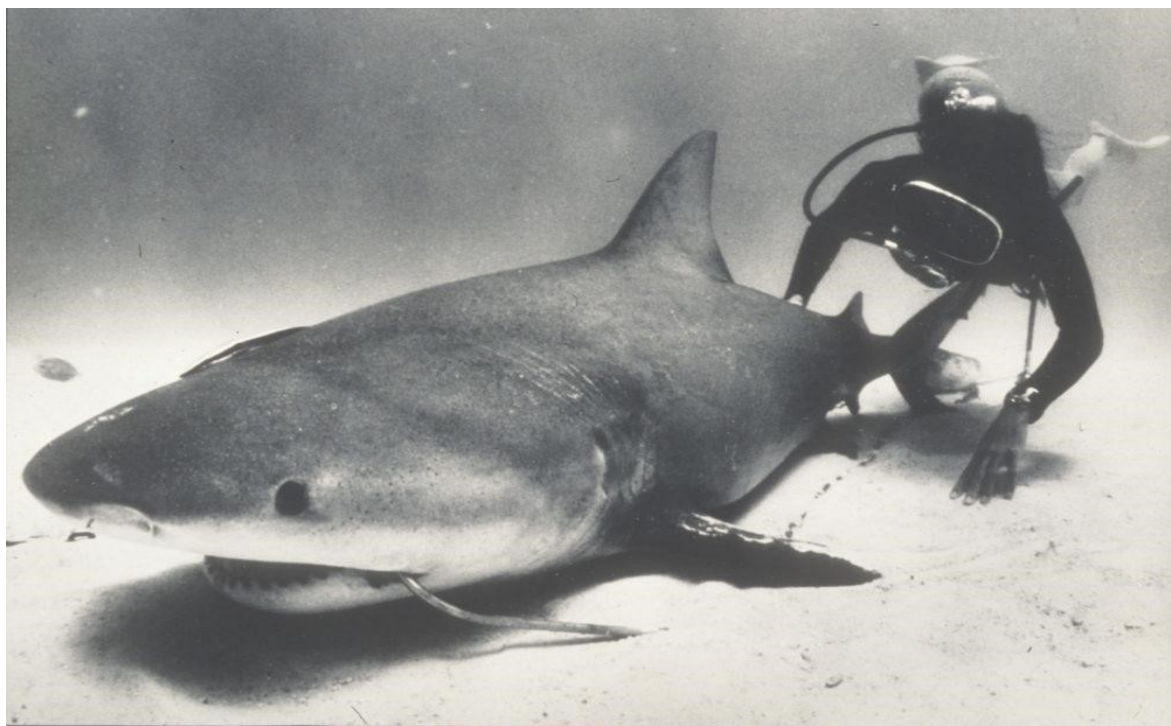


Imagen 3: Eugenie Clark en su investigación con tiburones toro en México, en el año 1974 (Foto de David Doubilet).

En el año 1992 se retira de sus labores como investigadora, pero continúa como profesora emérita en la Universidad de Maryland. En 1995 hace otro descubrimiento en una de las especies de peces más grandes del planeta, encontrando que los tiburones ballena paren vivas a sus crías (peces vivíparos).

Pero su influencia no sólo quedó en innumerables publicaciones científicas. Eugenie Clark contribuyó ampliamente con la revista National Geographic, escribió las memorias Lady with a Spear (1953) y The Lady and the Sharks (1969), y además fue coautora del libro infantil The Desert Beneath the Sea (1991), sobre sus investigaciones en los fondos arenosos del Mar Rojo. Hizo su última inmersión a la edad de 92 años, en 2014, y al año siguiente publicó los resultados de esa investigación. Ese mismo año, en febrero, muere en la ciudad de Sarasota del estado de Florida, en Estados Unidos debido a que padecía de cáncer. En el año 2022, el servicio postal de los Estados Unidos creó un sello postal para conmemorar el que sería su cumpleaños número 100.

Bibliografía

<https://www.heroinas.net/2024/05/eugenie-clark-ictiologa-y-pionera-en-el.html>
<https://www.britannica.com/biography/Eugenie-Clark>
<https://densho.org/catalyst/eugenie-clark-swam-with-sharks-and-blazed-a-path-for-women-in-science/>
<https://oceanicas.ieo.es/historias-de-pioneras/eugenie-clark/>
<https://ocean.si.edu/ocean-life/sharks-rays/eugenie-clark-shark-lady>
<https://www.iucnredlist.org/species/46095532/46665074>
<https://sites.google.com/mote.org/eugenie-clark/explore/impact?authuser=0>
https://www.columbian.com/wp-content/uploads/2015/08/Obit_Eugenie_Clark.JPEG-008.jpg

El tiburón peregrino, un gigante errante

José J. Castro

Instituto Universitario EcoAqua, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, Edif. Ciencias Básicas, Campus de Tafira, s/n, 35019 Las Palmas de Gran Canaria, Islas Canarias, España.

El tiburón peregrino (*Cetorhinus maximus*) es el segundo pez más grande del mundo, solo superado por el tiburón ballena, y puede alcanzar hasta los 15 metros de longitud y pesar alrededor de 10 toneladas (el mayor ejemplar medido con exactitud fue atrapado en una red de pesca en la bahía de Fundy, Canadá, en 1851, y tenía una longitud total de 12,27 m y pesaba unas nueve toneladas). Su impresionante tamaño y silueta que, a primera vista, dibujan la imagen de lo que podría ser un gran depredador es en realidad un pacífico e inofensivo animal, que se alimenta filtrando plancton, que se desplaza lenta y tranquilamente por los océanos del mundo. Una característica distintiva es su potente pedúnculo caudal, con fuertes quillas laterales, y una aleta caudal casi simétrica, en forma de media luna, que le permite desplazarse con eficiencia a pesar de su descomunal tamaño.

Este gigante pertenece al grupo de los elasmobranquios, como los tiburones y rayas, y sus hábitos de gran migrador se ven favorecidos por presentar un cuerpo fusiforme, alargado y robusto, típico de los tiburones que nadan largas distancias. Sin embargo, no es un tiburón cualquiera y desde la distancia resulta inconfundible. Con un cuerpo, de entre gris oscuro, marrón o azul grisáceo, con zonas más claras en la parte ventral, presenta una piel es muy rugosa, cubierta por dentículos dérmicos grandes y puntiagudos que, más que mejorar su velocidad, le sirven como protección. Pero su característica más llamativa es la enorme boca arqueada, situada en posición subterminal (ligeramente por debajo del hocico), que mantiene abierta mientras nada lentamente. Y, detrás de ella, las cinco enormes hendiduras branquiales, que casi rodean completamente la cabeza, equipadas con largas espinas branquiales en forma de “pelos”, que funcionan como una red natural para capturar el zooplancton y pequeños peces. Aunque tiene más de 200 filas de dientes diminutos en forma de gancho, estos no están diseñados para cortar, sino que parecen tener un papel secundario en su biología.

Son grandes migradores oceánicos que se desplazan siguiendo patrones estacionales. Aunque se ignora con exactitud las áreas que visita en los patrones (rutas) de sus desplazamientos, se cree que durante el invierno pueden pasar largas temporadas en aguas profundas, a cientos o miles de metros de profundidad, alimentándose. En las proximidades del verano se acercan a la costa para aparearse y reproducirse. A pesar de su tamaño, es considerado inofensivo para el ser humano. No suele evitar embarcaciones ni buceadores, y tolera su presencia con tranquilidad, pero si es acosado puede reaccionar defensivamente.

Este gigante de los océanos se estima que pueden vivir hasta unos 50 años, pero su tasa de crecimiento poblacional es muy baja debido a la tardía madurez sexual, bajos niveles de fecundidad y prolongados periodos de gestación.

Un alimento modesto para un cuerpo descomunal

A diferencia de los tiburones depredadores, el tiburón peregrino se alimenta filtrando el agua para obtener el zooplancton, al igual que el tiburón ballena (*Rhincodon typus*) y el tiburón bocagrande (*Megachasma pelagios*). Nada lentamente con la boca completamente abierta, de modo que el agua entra de manera pasiva y atraviesa las branquias, donde el zooplancton (principalmente pequeños crustáceos, como copépodos) y peces diminutos) quedan atrapados. Se estima que puede filtrar hasta 6000 litros de agua por hora).

A diferencia del tiburón bocagrande o del tiburón ballena, el peregrino no succiona activamente el agua, sino que aprovecha el movimiento de su nado para que el agua fluya a través de su sistema filtrador.



Vista frontal de un tiburón peregrino *Cetorhinus maximus* (Fuente: NOAA Fisheries Service. National Oceanic and Atmospheric Administration, EE. UU., 28 junio 2011).

En aguas templadas y frías, pero no heladas

Este primitivo tiburón (el registro fósil directo del género *Cetorhinus* se remonta al Oligoceno-Mioceno, hace unos 35-29 millones de años, y ha mantenido su forma corporal casi invariable) presenta una distribución casi cosmopolita en aguas templadas y frías, generalmente entre 8 y 16 °C, de los tres grandes océanos, incluso en regiones subárticas (nunca se le ha avistado en aguas de la Antártida).

Es un animal pelágico-oceánico y altamente migratorio. Realiza desplazamientos de miles de kilómetros y puede descender a grandes profundidades, incluso hasta 900 metros o más en invierno, buscando concentraciones de plancton. Durante el verano es más común verlo cerca de la superficie y en zonas costeras, incluyendo bahías y puertos.

Suele observarse solo, en parejas o en pequeños grupos de tres o cuatro individuos, aunque se han registrado agregaciones mucho mayores. En algunas regiones costeras se han documentado concentraciones de más de mil ejemplares.

Un largo embarazo

Los tiburones peregrinos se desplazan a zonas costeras entre finales de primavera y verano, donde tiene lugar el cortejo. Esta especie es poliginándrica, lo que significa que tanto las hembras como los machos tienen múltiples parejas.

Durante el cortejo se ha observado a las hembras de tiburón peregrino saltando fuera del agua, y se piensa que su objetivo es atraer a los machos. Este comportamiento demuestra que las hembras de tiburón peregrino están listas para aparearse. En Escocia se ha podido grabar a grupos de peregrinos, en encuentros rápidos entre tiburones, donde machos y hembras se asocian y comienzan nadando juntos en un círculo cerrado desde la superficie hasta el fondo marino, descendiendo en espiral en un patrón tridimensional. En estas agregaciones los peregrinos nadan con la boca cerrada, no se alimentan, y realizan movimientos verticales con la cabeza, como si asintieran, al tiempo que los machos adquieren una coloración más oscura. Nunca se ha observado el apareamiento, pero si se han observado a hembras con cicatrices en las aletas pectorales, lo que refleja un apareamiento reciente, similar a lo descrito en otras especies de tiburones.

Los tiburones peregrinos tienen un ovario ligeramente diferente al de otros tiburones. A medida que las hembras alcanzan la madurez sexual, sus ovarios comienzan a producir grandes cantidades de huevos pequeños (aproximadamente 6 millones de huevos de 0 a 5 mm de diámetro), que contienen una pequeña cantidad de yema. Sus huevos se parecen mucho a los de los peces óseos.

Tienen úteros grandes, de hasta 1 m, revestidos con miles de proyecciones filiformes llamadas trofonemas, que ayudan a nutrir a los embriones después de la fertilización, como en todos los demás elasmobranquios vivíparos (la estructura del ovario sugiere que *Cetorhinus* es ovíparo, pero la del útero muestra claramente que es vivíparo u ovovivíparo). Los embriones recién fertilizados dan lugar a pequeños tiburones peregrinos que se van a alimentar de los huevos no fertilizados (oofagia) presentes en el útero hasta que alcanzan el tamaño del nacimiento (Solo se ha documentado una hembra embarazada con seis crías casi a término).

Este proceso de gestación en las hembras dura aproximadamente tres años, según el recuento de anillos vertebrales. Se cree que las hembras de tiburón peregrino viven un estilo de vida algo oculto durante tres años consecutivos.

Al nacer, las crías de tiburón peregrino miden entre 1,5 y 2 m y se alejan nadando de su madre inmediatamente. Alcanzan la madurez sexual cuando los machos tienen entre 4,6 y 6,1 m, alrededor de los 8 años. Sin embargo, las hembras la alcanzan entre los 8,1 y 9,8 m, o después de unos 11,5 años.

A partir de datos de capturas comerciales, se estima que en la población hay un claro predominio de las hembras, de modo que la proporción de sexos se establece en un macho por cada 30 hembras.

El tamaño sí que importa, negativamente

Debido a su gran tamaño, en el pasado reciente, el tiburón peregrino ha sido explotado de manera intensa, ya que proporciona hasta una tonelada de carne y cientos de litros de aceite de hígado, el cual representa hasta el 25% de su peso corporal. También se comercializan sus aletas, piel y cartílago. No obstante, aunque ya no es una especie objetivo principal de grandes pesquerías por su baja abundancia, sigue siendo capturado de forma incidental y sus aletas tienen un alto valor en el comercio internacional. Se estima que sus poblaciones globales han disminuido entre un 50% y un 80% en los últimos 50 años. Actualmente, la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) lo ha clasificado como en peligro de extinción en su lista roja de especies amenazadas.

Como resultado de la rápida disminución de los ejemplares, el tiburón peregrino se halla parcialmente protegido y el comercio de sus productos está restringido o prohibido en muchos países. Están totalmente protegidos en la Unión Europea, el Reino Unido, Malta y EE.UU., así como en gran parte de las aguas del Océano Atlántico y grandes zonas del Mediterráneo. La pesca de tiburones peregrinos es también ilegal en Nueva Zelanda. La Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES) ha incluido al tiburón peregrino en el Apéndice II, lo

que significa que una supervisión cuidadosa de su comercio y, de ser necesario, se facilitará la intervención en las pesquerías.

Además, en varias zonas del mundo se ha convertido en una especie emblemática para el ecoturismo, generando ingresos mediante safaris fotográficos y actividades de observación responsable. En este sentido, la Shark Trust ha establecido un código de conducta para los navegantes que se encuentren con tiburones peregrinos, garantizando así una perturbación mínima. Los navegantes deben reducir la velocidad de sus embarcaciones y pasar con cuidado hasta que los tiburones peregrinos hayan abandonado el área.

Siete notas para describir el océano

Francisco Machín

Oceanografía Física y Geofísica Aplicada, IU-Ecoaquia, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria

La música es uno de los lenguajes más universales que existen. Con muy pocos elementos —siete notas, un puñado de ritmos, un pulso constante y un timbre propio— es capaz de generar una complejidad prácticamente infinita. Desde una balada hasta una pieza de metal, todo surge de reglas básicas aplicadas a distintas escalas de tiempo, intensidad y textura.

Algo similar ocurre en oceanografía. Las ecuaciones que describen el movimiento de los fluidos, las ecuaciones de Navier-Stokes, también se construyen a partir de un conjunto reducido de componentes. En su forma más simple, las ecuaciones de momento contienen siete términos fundamentales: aceleración local, tres formas de advección, fuerza de Coriolis, gradiente horizontal de presión y viscosidad vertical. Son los ladrillos que sostienen toda la dinámica del océano. Igual que las notas no definen una melodía por sí mismas, estos términos no explican un movimiento aislado: el océano emerge de cómo se combinan.

Los siete términos: las notas del océano

Cada término aporta un tipo de acción: uno acelera, otros transportan, otro curva el movimiento, otro suaviza diferencias con la profundidad (Fig. 1). Juntos componen el lenguaje básico de la dinámica oceánica. Cualquier corriente, remolino u onda interna nace de una interacción particular entre ellos. En este sentido, las siete notas y los siete términos cumplen el mismo papel: son elementos mínimos a partir de los cuales se construye un universo entero.

♪ Do	♪ Re	♪ Mi	♪ Fa	♪ Sol	♪ La	♪ Si
$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} - f v = -\frac{1}{\rho_0} \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial z} \left(A_v \frac{\partial u}{\partial z} \right)$						
aceleración local	advección zonal	advección meridional	advección vertical	fuerza de Coriolis	gradiente horizontal de presión	viscosidad vertical

Figura 1. Ecuación de momento en la dirección x con sus siete términos fundamentales, cada uno asociado a una “nota” musical.

Armonías oceánicas: cuando los términos se equilibran

En música, la armonía determina si una pieza suena estable, tensa o abierta. En el océano, la armonía es el equilibrio entre los términos de Navier–Stokes. La circulación de gran escala suele apoyarse en un acorde casi perfecto: el equilibrio geostrófico, donde el gradiente de presión se compensa con la fuerza de Coriolis. Es un balance estable que explica muchas de las corrientes dominantes del planeta.

En otras situaciones, la armonía es distinta. En la capa de Ekman, la fuerza de Coriolis se equilibra con la viscosidad vertical, generando giros en espiral característicos en la columna de agua. Y en escalas pequeñas, donde los términos no alcanzan un equilibrio claro, aparece la turbulencia, una armonía densa y cambiante que nunca se resuelve del todo. Cada proceso oceánico puede entenderse como un acorde distinto dentro de un mismo sistema de reglas.

Ritmo, pulso y timbre: el carácter del movimiento

La música no depende solo de las notas: el ritmo, el pulso y el timbre determinan su identidad. En el océano, sus equivalentes físicos cumplen funciones similares. El ritmo es la escala temporal del proceso.

Hay ritmos diarios (las mareas), ritmos de semanas o meses (remolinos de mesoescala), ritmos estacionales (afloramiento) y ritmos climáticos que duran décadas. Todos dan un carácter distinto al movimiento. Por otro lado, el pulso es la rotación de la Tierra, donde la fuerza de Coriolis marca una cadencia omnipresente que condiciona cómo se curvan las corrientes y cómo se propagan las ondas. Es el latido interno del sistema oceánico. Y el timbre depende de las propiedades del fluido: temperatura, salinidad, estratificación. Un océano fuertemente estratificado permite ondas internas elegantes y suaves; uno débilmente estratificado favorece mezclas más agitadas. Igual que un violín y una trompeta dan colores distintos a la misma nota, distintos perfiles de densidad dan colores distintos al movimiento.

Las melodías del océano: de baladas a riffs

La melodía es la línea que se mueve sobre la armonía (Fig. 2). Es lo que recordamos, lo que tarareamos, lo que da identidad a una pieza. Aunque nace de un conjunto limitado de notas, su forma puede ser suave o quebrada, rápida o lenta, luminosa u oscura. En el océano, la melodía son las soluciones físicas: las trayectorias reales del agua.

La circulación meridional profunda, que conecta las cuencas del planeta, avanza con un ritmo lento y estable, como una balada que sostiene la estructura general del clima. Los remolinos de mesoescala se comportan como un coro polifónico: voces que entran y salen, se desplazan, se superponen y generan texturas cambiantes a lo largo de semanas. Las ondas internas oscilan como líneas melódicas suspendidas, semejantes al fraseo sutil de un arpa o un vibrafono dentro de un océano estratificado. Los jets —la Corriente del Golfo, Kuroshio o Canarias— son los solos de guitarra de esta composición: trazos largos, definidos y protagonistas, que imponen su dirección y organizan todo lo que ocurre alrededor.

En el extremo opuesto, la turbulencia recuerda al metal: energía concentrada en escalas pequeñas, cambios bruscos y ausencia de un equilibrio estable. Su estructura es densa, saturada e impredecible, como si varias notas tensas convivieran sin llegar a resolverse.

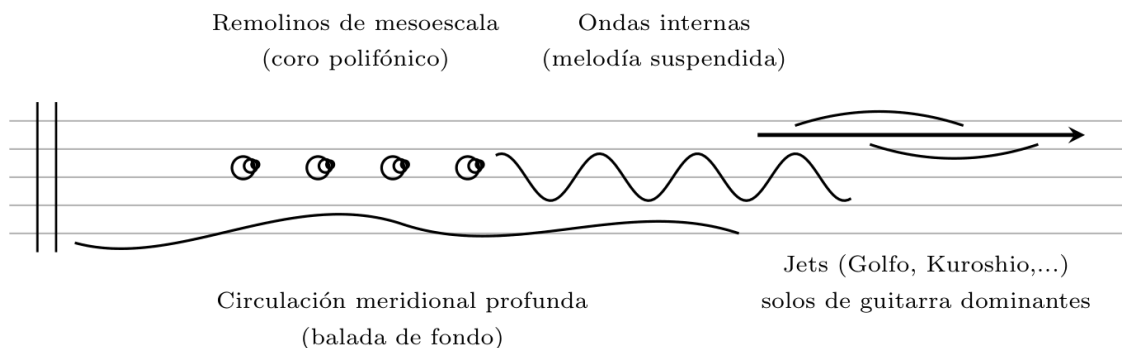


Figura 2. Esquema conceptual del “pentagrama oceánico”: distintos procesos dinámicos del océano representados como motivos musicales sobre un mismo sistema de referencia.

Conclusión: dos lenguajes, una misma lógica

Con siete notas se puede componer toda la música que conocemos. Con siete términos se puede describir todo el movimiento del océano. En ambos casos, la complejidad surge cuando elementos simples se organizan en distintas escalas, ritmos y combinaciones. Mirar el océano desde la música no lo simplifica: lo hace más reconocible. Nos recuerda que, detrás de cada corriente o remolino, hay un lenguaje estructurado que transforma reglas básicas en una enorme diversidad de formas. Y quizá también que, en la ciencia como en la música, la belleza aparece cuando entendemos cómo suena lo que no podemos ver.

De igual manera que cada persona tiene un estilo musical o una canción favorita, en ciencia también hay términos que, por su carácter, nos acompañan más que otros. En mi caso, el que siempre me ha fascinado es el gradiente horizontal de presión. Es el término capaz de poner en marcha un

fluido inmóvil, el que despierta al océano cuando aparece un contraste de temperatura o salinidad. Tiene algo de gesto fundacional: es como esa batuta que se eleva antes del primer compás, silenciosa pero cargada de energía, anunciando que algo va a ocurrir (Fig. 3). Basta una diferencia mínima para que el agua comience a moverse, primero con timidez y luego con decisión, igual que una melodía que emerge de la nada y, sin avisar, marca el rumbo de toda la pieza que está por empezar.

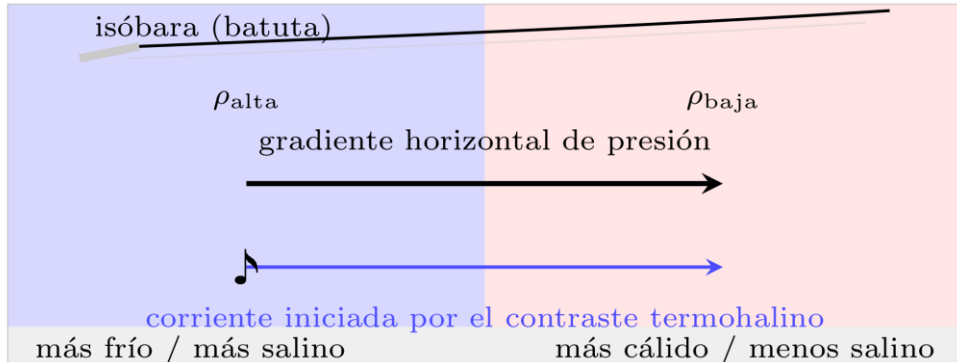


Figura 3. Un contraste termohalino genera un gradiente horizontal de presión capaz de iniciar el flujo. La isóbara inclinada actúa como una “batuta” que marca el gesto inicial a partir del cual el océano empieza a moverse.

Agradecimientos

A quienes me enseñaron a mirar más allá de las ecuaciones... y a escuchar más allá de la música.

Bibliografía

- (1) Cushman-Roisin, B. (1996). Introduction to Geophysical Fluid Dynamics. Prentice Hall, Upper Saddle River (USA), 320 pp.
- (2) Ellingsen, K.E., Hewitt, J.E. y Thrush, S.F. (2007). *J. Sea Res.*, 58:291-301.

DISFRUTA  RESPETA

SOMOS MAR

por un litoral con

0% PLÁSTICOS y 100% VIDA



Ayuntamiento
de Las Palmas
de Gran Canaria



La modelización marina: una ventana al futuro de nuestros océanos

Inés Hernández García¹, Albert Oliver Serra² y Francisco José Machín Jiménez³

1 Centro Oceanográfico de Canarias, IEO-CSIC, Santa Cruz de Tenerife, España. 2 Modelización y Simulación Computacional, SIANI, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, Las Palmas de Gran Canaria, España. 3 Oceanografía Física y Geofísica Aplicada, IU Ecoaqua, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, Las Palmas de Gran Canaria, España.

Desde tiempos remotos, la observación ha sido nuestra gran aliada para comprender los océanos. Las primeras expediciones científicas medían la temperatura del agua, las corrientes y las mareas, construyendo poco a poco el conocimiento sobre el comportamiento del mar. Con el tiempo, satélites, boyas y vehículos autónomos han ampliado nuestra capacidad de observación, permitiéndonos vigilar el océano con gran detalle. Sin embargo, sigue siendo imposible medirlo todo, en todas partes y en todo momento. Aquí es donde entra en juego la modelización marina, una herramienta clave que nos permite completar la imagen, rellenando los vacíos de información y ayudándonos a comprender mejor cómo funcionan los procesos del océano.

Los modelos numéricos nos permiten representar el océano a través de ecuaciones basadas en las leyes de la física. Con ellos podemos responder preguntas fundamentales: ¿Cómo se mueven las corrientes marinas?, ¿Cómo interactúan el océano y la atmósfera?, ¿De qué manera se dispersan los contaminantes en el mar? Estas simulaciones nos ofrecen una visión global y continua del comportamiento oceánico, algo que las observaciones, por sí solas, no pueden proporcionar.

El desarrollo de la modelización numérica en geociencias está estrechamente ligado a la evolución de la computación. Un hito fundamental en esta historia ocurrió en 1945, cuando se puso en marcha la primera computadora electrónica de propósito general, el ENIAC (Electronic Numerical Integrator and Computer). Su programación estuvo a cargo de seis mujeres pioneras: Kay McNulty, Betty Jennings, Betty Snyder, Marlyn Wescoff, Fran Bilas y Ruth Lichterman, quienes fueron esenciales en el diseño de las primeras simulaciones computacionales (Fig. 1). Su trabajo no solo impulsó el desarrollo de la computación, sino que también abrió la puerta a la modelización numérica en disciplinas como la meteorología y la oceanografía.

Los modelos que simulan las corrientes oceánicas se basan en los principios de la mecánica de fluidos y la termodinámica. Concretamente, se usan las ecuaciones de Navier Stokes (Fig. 2), que describen el movimiento de los fluidos, junto con las ecuaciones que representan la evolución de la temperatura y salinidad del océano. Resolverlas numéricamente en una malla tridimensional nos permite simular la evolución de las corrientes marinas, la formación de remolinos y otros fenómenos oceanográficos. Dependiendo de los procesos físicos que queramos analizar, podemos trabajar con modelos de alta resolución para estudiar procesos costeros o usar modelos globales que analizan la circulación oceánica a gran escala y su influencia en el clima.

El inicio de la modelización numérica en oceanografía se remonta a finales de la década de 1960, con el trabajo pionero de Kirk Bryan y Michael Cox en 1966¹. Sus estudios sentaron las bases de los modelos oceánicos tridimensionales, permitiendo por primera vez simular la circulación oceánica global mediante ecuaciones físicas resueltas numéricamente. Bryan es considerado el padre de la modelización numérica en oceanografía, ya que su trabajo permitió que, décadas después, los modelos de circulación general oceánica se integraran en modelos climáticos globales.

La modelización marina ha sido clave en muchos casos concretos. En la gestión de pesquerías, los modelos han sido fundamentales para definir cuotas sostenibles, como en el caso del atún rojo en el Atlántico, permitiendo regular la actividad pesquera sin comprometer la viabilidad de la especie.

También nos han ayudado a comprender mejor fenómenos climáticos como El Niño y La Niña, que influyen en los patrones de lluvia y temperatura en todo el planeta.

Además de su papel en la gestión ambiental, la modelización oceánica es clave para la predicción meteorológica. La circulación oceánica regula el clima de la Tierra, transportando calor y afectando los patrones meteorológicos a gran escala. Al integrar modelos oceánicos y atmosféricos, podemos hacer predicciones más precisas sobre huracanes, cambios en los patrones de precipitaciones o incluso el derretimiento de los polos.

Pero la modelización no solo se usa para analizar el clima o la contaminación. También es una herramienta crucial para estudiar procesos ambientales complejos, como la acidificación del océano y la proliferación de algas nocivas. Incorporar procesos biogeoquímicos en los modelos nos ayuda a entender cómo el aumento del CO₂ está afectando la química del agua y sus consecuencias en la vida marina. También se han desarrollado modelos específicos para predecir la dispersión de microplásticos, que permiten identificar las zonas donde tienden a acumularse y diseñar estrategias de limpieza más efectivas.

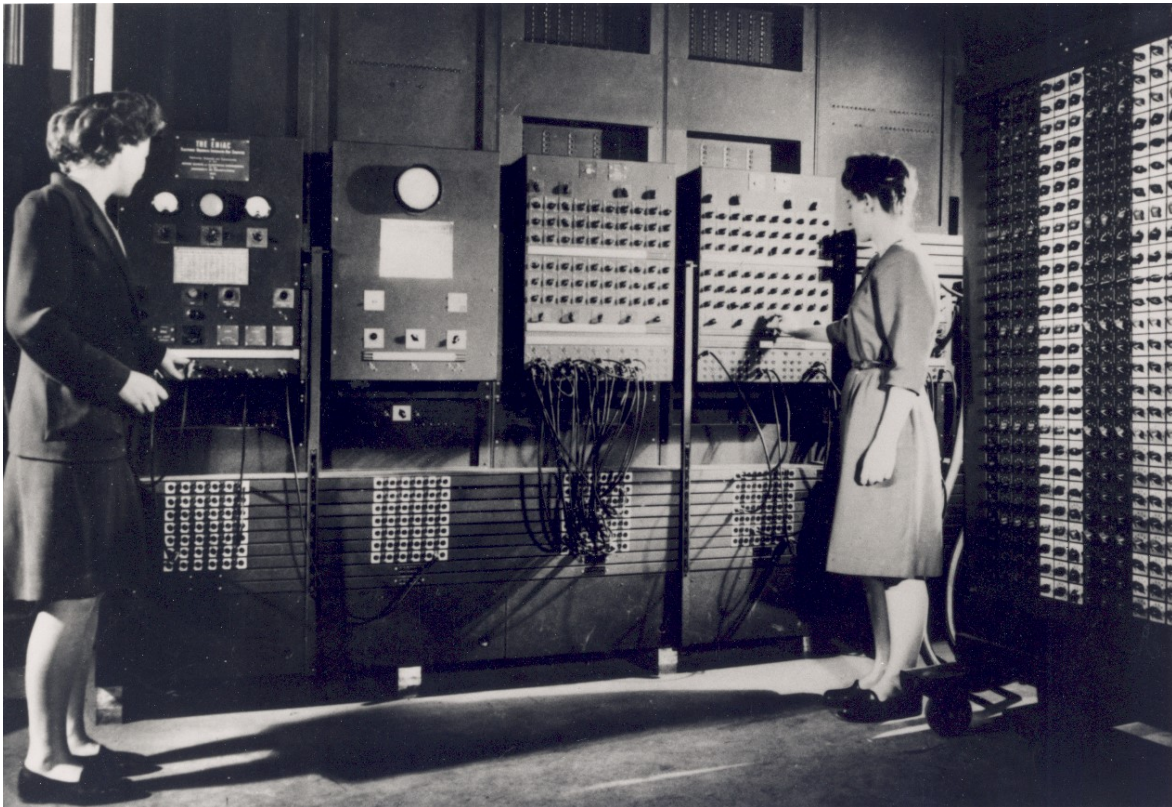


Figura 1. Betty Jennings (izquierda) y Fran Bilas (derecha) preparan ENIAC en 1946 para una demostración.

$$\frac{\partial \mathbf{u}}{\partial t} + (\mathbf{u} \cdot \nabla) \mathbf{u} + f \mathbf{k} \times \mathbf{u} = -\frac{1}{\rho} \nabla p + \nu \nabla^2 \mathbf{u} + \mathbf{F},$$

$$\nabla \cdot \mathbf{u} = 0,$$

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \mathbf{u} \cdot \nabla \rho = D \nabla^2 \rho$$

Figura 2. Ecuaciones de Navier-Stokes.

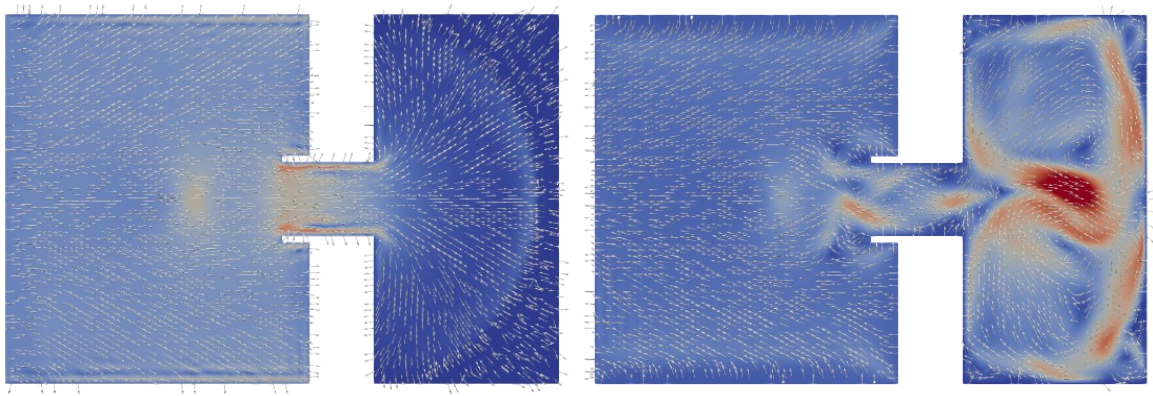


Figura 3. Modelización del movimiento de un fluido en un canal costero que conecta el océano con una bahía interior. Se muestra el comportamiento del fluido para dos instantes: a la izquierda para 5 segundos de simulación y a la derecha para 52 segundos de simulación (Hernández-García, 2025)².

A pesar de todos los avances, la modelización marina sigue enfrentándose a grandes desafíos. Uno de ellos es la capacidad computacional, ya que los modelos de alta resolución requieren enormes cantidades de datos y procesamiento. Otro es la dificultad de representar procesos a pequeña escala, como la turbulencia oceánica, que introduce incertidumbre en las predicciones (Fig. 3). Además, la integración de datos observacionales en los modelos sigue siendo un reto clave para mejorar su precisión y utilidad.

Sin embargo, el futuro de la modelización oceánica es prometedor. La inteligencia artificial y el aprendizaje automático están revolucionando el campo, permitiendo mejorar la eficiencia de los modelos, optimizar el análisis de datos y generar predicciones más precisas. Estos avances están dando lugar a modelos más dinámicos, con aplicaciones que van desde la investigación científica hasta la gestión sostenible del medio marino.

Comprender y predecir el comportamiento del océano es un reto que requiere la colaboración de investigadores de diferentes disciplinas. La modelización no solo nos ofrece una ventana al futuro de nuestros océanos, sino que también se ha convertido en una herramienta indispensable para su conservación en un mundo en constante cambio.

Bibliografía

- (1) Bryan K., Cox M. (1966). A numerical investigation of the oceanic general circulation. *Tellus*, 18(1):54–80.ç
- (2) Hernández-García, I. (2025). Advances in the modelling of spatio-temporal variability from large to mesoscale oceanographic features off northwest Africa: a finite element method approach with HDG. Tesis doctoral. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.

GORGONIAS

y otros Corales de Profundidad mediante Restauración Ecológica y Mitigación de los Impactos de la Pesca (RESCAP)

Las Gorgonias y Corales de profundidad son habitantes clave de ecosistemas vulnerables amenazados por el cambio climático, las actividades humanas, como la pesca de profundidad. La restauración ecológica activa y la mitigación de impactos, especialmente de las capturas accidentales, son esenciales para promover la recuperación de estas especies tan valiosas. El proyecto RESCAP busca desarrollar e implementar soluciones innovadoras para restaurar sus poblaciones en áreas prioritarias del Atlántico noroccidental (Canarias, Azores y Madeira) y el Mediterráneo noroccidental (Mar de Alborán y Golfo de León).

Proyecto RESCAP

RESCAP es un proyecto de colaboración internacional que implementa soluciones innovadoras para la protección y conservación de Gorgonias y Corales de profundidad en áreas marinas vulnerables del Atlántico noroccidental y el Mediterráneo noroccidental. El Proyecto (2021/2024) está financiado por la Fundación Biodiversidad, del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO), a través del "Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia (PRTR)" en el marco del programa Pleamar, cofinanciado por la Unión Europea por el FEMPA. Participan 9 entidades de España, Portugal, Reino Unido y Noruega.

Método de restauración activa

Evaluación

Selección de áreas idóneas.

Diseño de la restauración y selección de colonias donantes en áreas sanas. Cria de colonias y fragmentos en viveros en tierra o en el mar. Implantación mediante fijación y estructuras de asentamiento en áreas degradadas y/o de alta mortalidad.



Seguimiento

Se supervisa el crecimiento para garantizar poblaciones viables y poder medir el éxito final.

Mitigación

Se prueban y desarrollan soluciones innovadoras en las flotas pesqueras de profundidad para reducir las capturas accidentales y su impacto en los fondos marinos y las especies. Se estudian mejoras en los artes de pesca, gestionando las operaciones de la pesca y promoviendo buenas prácticas para su conservación. El conocimiento generado se transfiere a la comunidad pesquera y científica, así como a los organismos públicos para implantar medidas que propicien una pesca sostenible que respete los ecosistemas marinos vulnerables.

Componente social



Gracias a las soluciones prácticas de adaptación de la comunidad pesquera y de gestores de los recursos marinos, se favorecerá la coexistencia de las necesidades de las personas con la conservación de los ecosistemas marinos.

REPÚBLICA: El proyecto de restauración marina y mitigación se puede transferir a otras áreas marinas y replicarse en colaboración con los usuarios y gestores pesqueros en beneficio de todos.



Década de las Naciones Unidas de las Ciencias Oceánicas para el Desarrollo Sostenible



VICIPRESIDENCIA TERCERA DEL GOBIERNO
MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y EL RETO DEMOGRÁFICO



Unión Europea
Fondo Europeo Marítimo y de Pesca (FEMP)

Proyecto cofinanciado por la Unión Europea a través del Fondo Europeo Marítimo y de Pesca (FEMP)

Ecosistemas marinos vulnerables



Las gorgonias son **CORALES BLANDOS** (Anthozoa), que construyen y proporcionan estructuras tridimensionales clave para la biodiversidad marina. Son fundamentales para mantener la salud de los océanos, ya que proporcionan múltiples servicios ecológicos esenciales y contribuyen a la resiliencia de los ecosistemas.

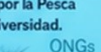


Captura no intencionada de fauna marina, que incluye especies vulnerables. Un grave problema de conservación en la pesca de profundidad, responsable de la degradación de los ecosistemas marinos vulnerables, junto con el cambio climático y otras presiones antropogénicas.

Colaboración

Nueve entidades participan en el proyecto RESCAP (2021/2024).

- Centros de estudio e institutos del Mar.
- Entidades públicas de gestión marina.
- Pescadores e industria pesquera.
- ONGs y Asoc. de la Soc. civil por la Pesca Marina de profundidad y Biodiversidad.



Muy eficaz

90% supervivencia de las colonias restauradas

40% reducción capturas accidentales

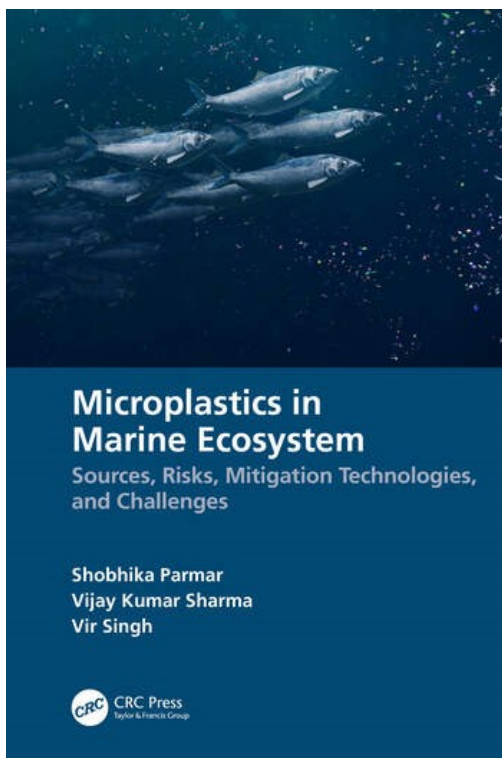
Trabajo global



Estudios

Los estudios científicos permiten comprender su biología, ecología, rol ecosistémico, respuesta al cambio global, para conservar y restaurar sus poblaciones.

Libros



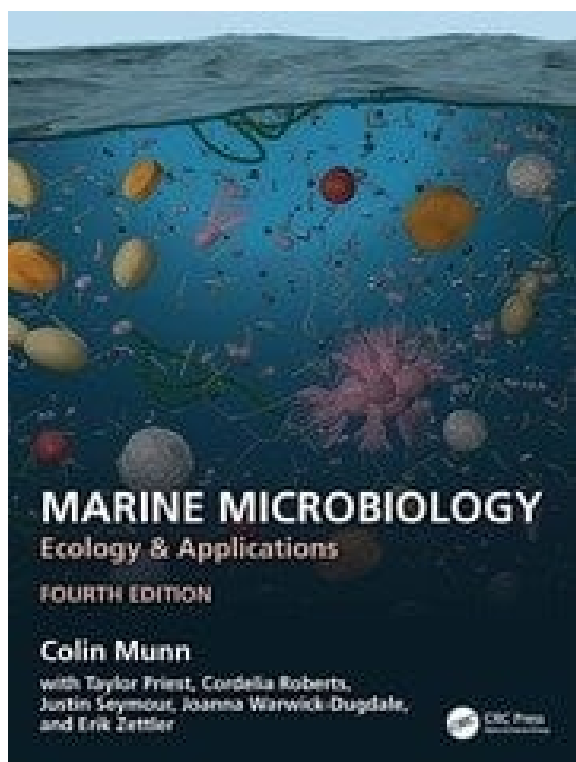
Microplastics in Marine Ecosystem
(*Microplásticos en los ecosistemas marinos*)
Fecha de edición: Enero 2025
Autor: Shobhika Parmar, Vijay Kumar Sharma y Vir Singh
Editorial: CRC Press
ISBN-13: 978-1032319322
Precio aproximado: 44,79 €

Este libro aborda cuestiones relacionadas con la contaminación por microplásticos, incluyendo sus fuentes y su destino ambiental. Se centra en los impactos de la contaminación por microplásticos en la vida marina y la salud humana. Se incluyen los métodos de estudio convencionales disponibles y las soluciones futuras para la prevención y el control de la contaminación marina por microplásticos, como la biodegradación bacteriana y hongos marinos, la tecnología de membranas y los microbios modificados mediante bioingeniería, así como las limitaciones y los desafíos futuros.



The Science of Ocean Pollution
(*La Ciencia de la Contaminación Oceánica*)
Fecha de edición: Diciembre 2025
Autor: Frank R. Spellman
Editorial: Routledge
ISBN-13: 978-1032526416
Precio aproximado: 28,79 €

El medio marino sostiene casi la mitad de la producción primaria universal y gran parte de ella da soporte a la pesca mundial. *La Ciencia de la Contaminación Oceánica* ofrece una cobertura exhaustiva de la situación actual de la contaminación en los océanos del mundo. Si bien nuestro bienestar está íntimamente ligado e interconectado con el mar y sus recursos naturales, la humanidad ha alterado sustancialmente el océano en tan solo unos siglos. Este libro examina las escorrentías y vertidos, los plásticos, los derrames de petróleo y otros contaminantes que flotan en nuestros mares, así como los métodos para remediarlos de la mejor manera posible.



Marine Microbiology

(Microbiología marina)

Fecha de edición: Octubre 2025

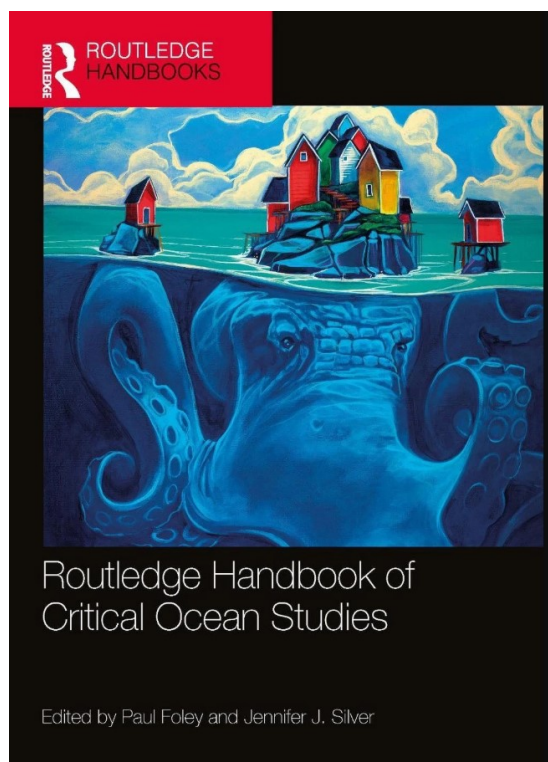
Autores: Colin Munn, Taylor Priest, Cordelia Roberts, Justin Seymour, Joanna Warwick-Dugdale y Erik Zettler

Editorial: CRC Press

ISBN-13: 978-1032850887

Precio aproximado: 88,00 €

Este libro recoge importantes hallazgos en microbiología marina obtenidos a partir del desarrollo de la secuenciación de alto rendimiento, la metaómica y las tecnologías unicelulares, así como la capacidad de analizar e interpretar grandes conjuntos de datos. Además, presenta importantes avances en temas como la fisiología de los microbios planctónicos y su papel en los procesos oceánicos. Además, aborda los impactos del aumento de los niveles de CO₂ y el cambio climático en la estructura de la comunidad microbiana y los procesos oceánicos, así como la evolución de los virus, los orgánulos y la vida eucariota. También se analizan las interacciones de los microbios con la contaminación plástica y las enfermedades emergentes de la vida marina y su control.



Handbook of Critical Ocean Studies

(Manual de estudios oceánicos críticos)

Año de edición: Diciembre 2025

Autor: Paul Foley y Jennifer J. Silver

Editorial: Routledge

ISBN-13: 978-1032324715

Precio aproximado: 224,00 €

Este manual ofrece un análisis interdisciplinario y profundo de los estudios oceánicos críticos. Si bien la aplicación académica del análisis crítico a los estudios oceánicos, costeros e insulares se ha expandido en las últimas décadas, los estudios se están fragmentados entre disciplinas y publicaciones. Este manual reúne perspectivas del área de las humanidades, las ciencias sociales, las artes y otras formas de conocimiento para identificar perspectivas clave del diverso y dinámico campo de los estudios oceánicos críticos. El libro examina las maneras en que los investigadores mejoran la comprensión de las relaciones ambientales y sociales y las injusticias en y alrededor del océano. Este manual invita al análisis crítico y moldeará las agendas de investigación para satisfacer las demandas de nuevos conocimientos en un mundo cambiante.



Innovations in the Blue Economy

(Innovaciones en la Economía Azul)

Año de edición: Enero 2026

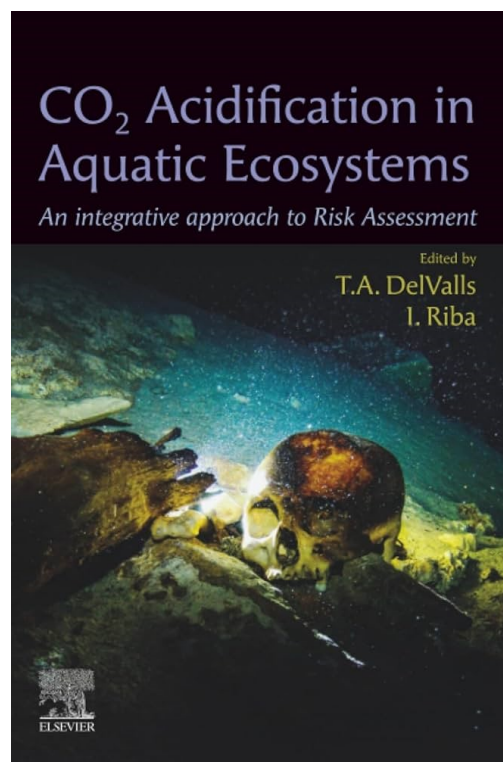
Editor: José Carlos Magalhães Pires

Editorial: Academic Press

ISBN-13: 978- 0443334924

Precio aproximado: 158,00 €

Innovaciones en la Economía Azul: Prácticas Sostenibles en el Cultivo de Macroalgas y Microalgas Marinas explora las últimas tecnologías, avances e investigaciones en curso en torno al cultivo sostenible de microalgas y algas marinas. Las estrategias de cultivo, los desafíos, las aplicaciones, los productos y las consideraciones regulatorias se abordan desde una perspectiva interdisciplinaria para brindar a los lectores una comprensión holística. Escrito por expertos internacionales, el libro está estructurado sistemáticamente para ser accesible a lectores de múltiples sectores. Las estrategias de cultivo se describen e ilustran mediante estudios de casos aplicados que muestran iniciativas exitosas de cultivo a gran escala.



CO₂ Acidification in Aquatic Ecosystems

(Acidificación por CO₂ en ecosistemas acuáticos)

Año de edición: Junio 2022

Editores: T.A. Del Valls e I. Riba

Editorial: ELSEVIER

ISBN-13: 978-0128235522

Precio aproximado: 126,00 €

CO₂ Acidification in Aquatic Ecosystems se centra en la caracterización de diferentes aspectos de la ciencia ecosistémica para describir los problemas asociados a la acidificación por CO₂ en los ecosistemas acuáticos. Este amplio análisis analiza los efectos de la acidificación en todos los océanos y zonas costeras. Además, el libro describe enfoques integradores basados en estudios de caso globales para determinar los impactos asociados a este tipo de acidificación. Permite al lector comprender las diferentes fuentes de CO₂ en los ecosistemas acuáticos y los distintos enfoques y líneas de evidencia disponibles para caracterizar el impacto de esta acidificación.

¿DICES O HACES?



HAZTE SOCIO/SOCIA

900 100 014 dicesohaces.org

Cada vez más cerca de las personas

