

# OKEANOS

Revista de la Sociedad Atlántica de Oceanógrafos

Nº 10 enero-junio 2020

ISSN: 2444-4758



P.V.P 9,10 €

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

## Ordenación Espacial Marina

Una eficaz  
herramienta para  
la gestión del  
mar canario

# Editorial

El océano es en el imaginario humano la simbología de la inmensidad, la propia esencia de la libertad, de lo inabarcable, de espacios sin fronteras. Este concepto de inmensidad fue incluso recogido en el *Mare liberum*, tratado legal redactado por el jurista holandés Hugo Grocio, en el siglo XVII, según el cual los mares no podían ser sujetos de apropiación, porque no eran susceptibles de ocupación, como las tierras, y por ello debían ser libres para todos. Pero este principio de mares sin fronteras cambió rápidamente a partir del siglo XVIII, cuando se comenzaron a introducir medidas que aseguraban el control estatal de las franjas marinas próximas a tierra, inicialmente hasta las 3 millas, distancia marcada por el alcance de una bala de cañón. Esta soberanía sobre lo que denominó Mar Territorial ha ido evolucionando hasta lo que actualmente se conoce como Zona Económica Exclusiva (ZEE), establecida a partir de la III Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar de 1982. El establecimiento del Mar Territorial y de la ZEE se fundamenta en la necesidad de protección de los recursos marinos (pesca, minerales, etc.), de modo que se evita así la sobreexplotación de los mismos. Sin embargo, la fijación de estas zonas de soberanía exclusiva no han sido herramientas que hayan garantizado que la mayoría de los recursos vivos marinos mundiales no hayan sido sometidos a sobrepesca, ni evitado que casi el 10% de los mismos se encuentren actualmente agotados.

Posiblemente, y a pesar de la “fronterización” parcial del mar (porque aún hay aguas internacionales de libre acceso), la base de esta sobreexplotación de los recursos sigue estando en el dilema que planteó, en 1968, Garrett Hardin en su *Tragedia de los Comunes*, donde describe como varios individuos, motivados sólo por el interés personal y actuando independientemente pero racionalmente, terminan por destruir un recurso compartido limitado (el común) aunque ninguno de ellos les convenga que tal destrucción suceda. Es decir, el establecimiento de las zonas económicas exclusivas por sí mismas no evitan la sobreexplotación, sólo establece que actores (los propios) serán los que tengan acceso a esos recursos, pero no impide que estos repitan el modelo de acción descrito por Hardin. Es decir, bajo estas limitaciones espaciales sigue subsistiendo el principio de que “*el mar es de todos*” y, por tanto, de nadie. En este “*mar de todos*” también subyace un modo de explotación del mar nada racional, ya que sigue funcionando la idea de “*lo que no pesco yo lo pesca otro y para que lo pesque otro lo pesco yo*”. Además, esta falta de ordenación racional en el acceso a los recursos marinos, o al mar en sí mismo como recurso de ocio, provoca conflictos entre diferentes actores, con intereses contrapuestos, que en casos extremos pueden dar lugar a situaciones sociales tensas (e.g. conflictos entre pescadores artesanales e industriales o entre tráfico marítimo y acuicultura offshore, o entre maniobras militares y turismo, etc.). Por ello, y en aras de hacer más efectiva la conservación de los recursos marinos y los sistemas económicos dependientes de dichos recursos, es necesaria una ordenación espacial de estas actividades más racional y orientada a establecer reglas de acceso que limiten dichos conflictos de intereses, pero que fundamentalmente aseguren la sostenibilidad de las actividades económicas y la protección, cuando no la recuperación, de las poblaciones naturales de dichos entornos marinos. En este sentido, el proyecto MarSP (Planificación Espacial de la Macaronesia) es una oportunidad para que los diferentes actores, con interés en los recursos que proporciona nuestro mar, establezcan un sistema de ordenación y explotación que permita poner rumbo a un uso más racional y sostenible del océano.

Damos así comienzo a la décima campaña científica de *Okeanos* a la que le damos la bienvenida en nombre de la tripulación de nuestro buque. Le invitamos a que tome el timón y nos acompañe en esta nueva travesía. Leve anclas y fije rumbo hacia el conocimiento.



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

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

**Coordinadores de sección. Artículos científicos** Dr. Aridane González González (Universidad de Las Palmas de GC) y D. Airam Guerra Marrero (Sociedad Atlántica de Oceanógrafos)

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

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

**Noticias y Libros** Dra. Miriam Torres Padrón (Departamento de Química. Universidad de Las Palmas de GC) y D. Airam Guerra Marrero (Sociedad Atlántica de Oceanógrafos)

**Entrevistas** Aridane González González y Juan Fco. Betancort Lozano

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

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

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

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

Edición papel y on-line: Mercurio Editorial

(www.mercurioeditorial.com)

Correo electrónico: jose.castro@ulpgc.es

Teléfono: (+34) 928454549

ISSN: 2444-4758 DL GC 639-2015

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



# Ordenación Espacial Marina

## Una eficaz herramienta para la gestión del mar canario

### Ricardo Haroun

Grupo en Biodiversidad y Conservación, IU-ECOQUA, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, Crta. Taliarte s/n, 35214 Telde, España.

Los océanos, es decir, el mar que nos rodea, es probablemente la última parte de nuestro planeta sin planeamiento, con expectativas de posibles conflictos entre sus múltiples usuarios. En la actualidad más de 3.000 millones de personas dependen directamente de la biodiversidad marina y costera. Al mismo tiempo, empezamos a comprender que la pérdida y degradación de ecosistemas marinos y costeros, por el cambio climático o por otras causas derivadas de actividades humanas, aumentan la vulnerabilidad de las comunidades costeras, lo que permite explicar muchos de los movimientos migratorios actuales.

Organizaciones internacionales, tales como el Programa de Medio Ambiente de las Naciones Unidas, la UNESCO,<sup>(1)</sup> la Iniciativa Blue Solutions<sup>(2)</sup> o desde la propia Unión Europea,<sup>(3)</sup> entre otras, están llevando a cabo diversas iniciativas para fomentar y desarrollar conocimiento aplicado que nos permita promover una gestión sostenible y una gobernanza más equitativa de nuestro planeta azul, evitando o reduciendo hasta unos niveles ambientalmente aceptables los impactos negativos de las actividades humanas en el medio marino.

Dentro de estas iniciativas, la ordenación del espacio marítimo representa un avance sustancial, una aproximación metodológica nueva que ha nacido para dar apoyo a la toma de decisiones más adecuadas para la gestión sostenible y responsable del medio





Atardecer en Canarias (izda.),  
Azores (sup.) y Madeira (inf.).



marino. Cada vez resulta más evidente que esta ordenación es del todo necesaria para:

- Identificar y minimizar conflictos entre usuarios del medio marino (energía, industria, administraciones, conservación, usos recreativos, ...) que utilizan la misma área.
- Coordinar decisiones con una base científica robusta para la gestión responsable del mar/océano.
- Fomentar un desarrollo sostenible, participativo e inclusivo, desde un enfoque ecosistémico.

Es decir, se trata de elaborar una visión o una estrategia con una sólida base científica, para el uso responsable de un espacio marino dado, ya sea a gran escala de cuenca marina, a nivel nacional o a nivel regional, que presenta varias ventajas: (1) ayu-

dar a comunicar los beneficios de un proceso de ordenación del espacio marino, (2) estimular el debate público y los diálogos con las partes interesadas, (3) aumentar conciencia de las tendencias futuras, (4) definir prioridades para el espacio marítimo y (5) garantizar compromiso con las acciones necesarias para alcanzar el futuro deseado.

Como reconoce la propia Comisión Europea, “La Ordenación del Espacio Marítimo es un instrumento clave de la política marítima integrada, ya que permite coordinar su actuación a las autoridades públicas y las partes interesadas y optimiza el empleo del espacio marítimo para favorecer el desarrollo económico y el medio ambiente marino”.<sup>(3)</sup> En el denominado Libro Azul de la Unión Europea se reconoce que la ordenación del espacio marino es una valiosa herramienta para mejorar la toma de decisiones en la gestión del medio marino.<sup>(4)</sup> La definición de una visión o de unos escenarios posibles de ordenación a nivel nacional o regional, con una perspectiva a largo plazo, proporciona un marco de arbitraje adecuado entre las distintas actividades humanas en competencia y gestiona su impacto en el medio ambiente marino. Por lo tanto, la ordenación espacial marina tiene por objetivo equilibrar los intereses sectoriales y lograr el uso responsable de los recursos marítimos que se ajuste a la estrategia de desarrollo sostenible de la Unión Europea. En este sentido, la propia Comisión Europea hace hincapié en que esta ordenación debe basarse en las características específicas de las regiones o subregiones marítimas concretas. Se trata de un proceso que consiste en la recopilación de datos, la consulta de las partes interesadas y el desarrollo participativo de un plan, con las fases ulteriores de aplicación, evaluación y revisión.

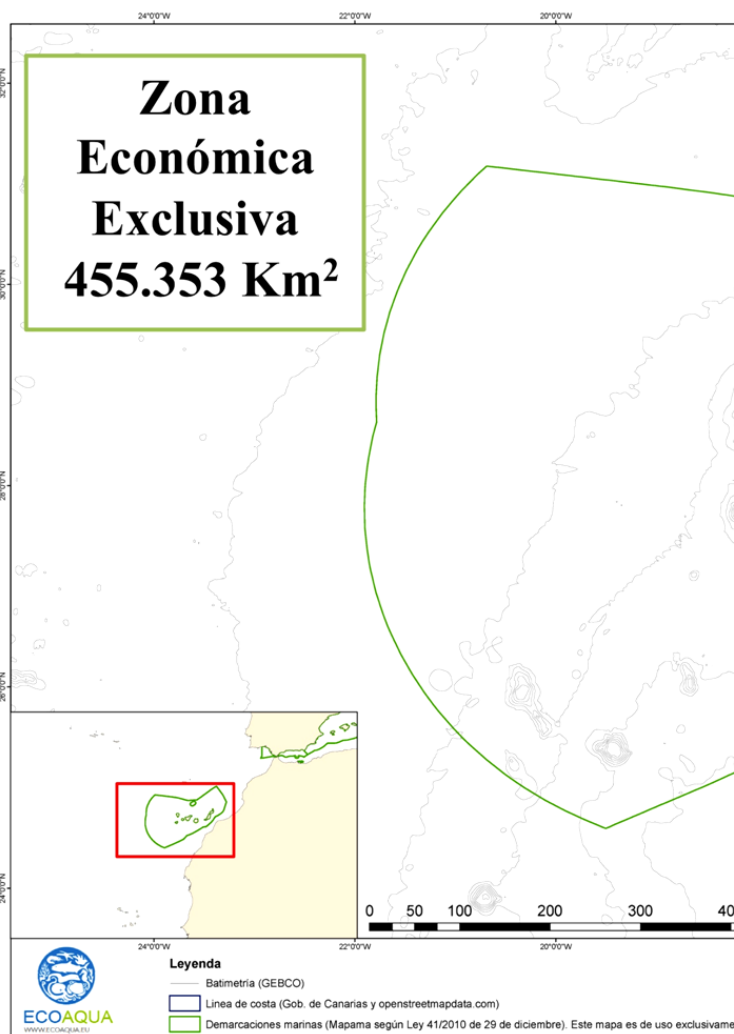
La Dirección de Asuntos Marítimos de la Unión Europea resalta a la acuicultura, el turismo costero y marítimo, la biotecnología azul, la energía oceánica, y la explotación minera de los fondos marinos como los sectores clave del Crecimiento Azul en los mares europeos. Evidentemente, sectores como la pesca, la conservación o el tráfico marítimo son actividades tradicionales en Canarias que también pueden jugar un papel importante en la economía de muchas regiones costeras.

En el año 2014, la Unión Europea publica la directiva sobre Ordenación Espacial Marina (2014/84/UE, de 23 de julio de 2014), también conocida como Directiva MSP (MSP=Marine Spatial Planning), que establece el marco y los plazos adecuados para el desarrollo de la organización territorial en el océano entre todos los estados miembros. Por tanto, la implementa-

ción de la directiva MSP da lugar a una serie de beneficios: (1) reducir conflictos de intereses entre sectores y crear sinergias entre diferentes actividades, (2) fomentar la inversión, creando previsibilidad, transparencia y reglas más claras, (3) aumentar la cooperación transfronteriza entre los países de la Unión Europea para desarrollar redes de energía, rutas marítimas, oleoductos, cables submarinos y otras actividades, pero también para desarrollar redes coherentes de áreas protegidas, y (4) proteger el medio ambiente mediante la identificación temprana del impacto y las oportunidades para el uso múltiple del espacio.

En definitiva, se trata de dar apoyo a los estados miembros para fomentar el crecimiento sostenible de las economías marítimas, el desarrollo sostenible de los espacios marinos y el aprovechamiento sostenible de los recursos marinos.

En España la Directiva 2014/84/UE se traspone a través del Real Decreto 363/2017, de 8 de abril, que establece la elaboración de 5 planes de ordenación espacial marina en España, uno por cada una de las cinco demarcaciones marinas establecidas en la Ley 41/2010, de la protección del medio marino, siendo una de ellas la demarcación marina de Canarias. En el caso particular de la demarcación marina de Canarias, los primeros pasos en relación con la ordenación espacial marina se han dado a partir del año 2018, con el desarrollo del proyecto MarSP (Macaronesian Maritime Spatial Planning; EASME/EMFF/2016/1.2.1.6/03/SI2.761306). Este proyecto ha sido cofinanciado al 80% por el Fondo Europeo Marítimo y de la Pesca (FEMP), a través de la Agencia Ejecutiva para las Pequeñas y Medianas Empresas (EASME). Así, el proyecto MarSP (marsp.eu) surge para dar apoyo a los procesos de ordenación espacial del mar en las tres regiones ultraperiféricas de la Macaronesia (Azores, Madeira y Canarias) y sus objetivos específicos se pueden englobar en tres puntos principales: (1) desarrollar acciones concretas para los Estados miembros, Portugal y España, para implementar las capacidades y los instrumentos necesarios para aplicar en la región macaronésica, incluyendo mecanismos de cooperación transfronteriza; (2) proporcionar herramientas de gestión adecuadas y adaptadas a los entornos ambientales y socioeconómicos regionales de cada archipiélago; y (3) reforzar la posición de la región en el contexto de la Gobernanza internacional del mar, debido a su importante extensión marítima y a la presión por parte de diversos sectores del crecimiento azul, como el turismo, la biotecnología, la investigación científica y otras actividades de gran impacto, que necesitan de especial atención.

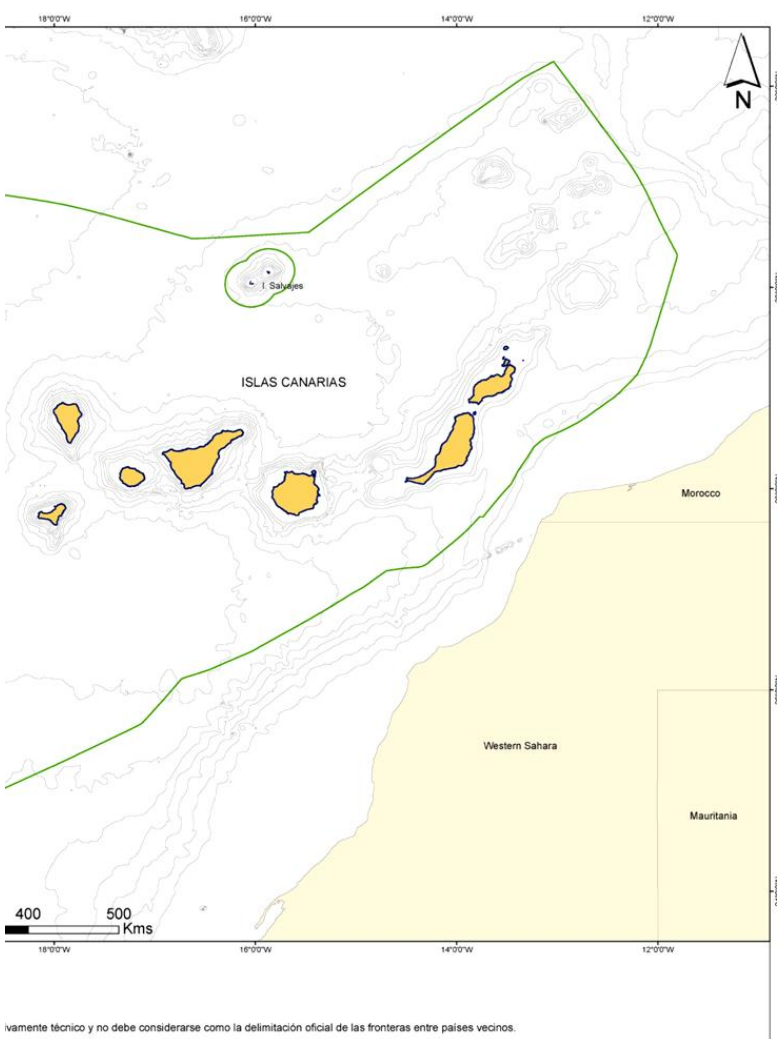


Demarcación marina de Canarias, en verde Zona Económica Exclusiva (Fuente: IU-ECOQUA/UPLGC).

En este contexto, los investigadores vinculados al proyecto MarSP hemos tratado de subrayar dos aspectos fundamentales de este proceso inicial de la ordenación espacial marina en Canarias, por un lado, sensibilizar a las partes interesadas, es decir, trasladar a los usuarios y/o expertos de la importancia de la ordenación espacial para su sector y para Canarias en su conjunto, y, por otro, fomentar el valor de la participación de las partes interesadas y su papel activo en la toma de decisiones sobre los escenarios potenciales de planificación espacial marina en las aguas canarias.

El desarrollo de esos escenarios puede servir a modo de un "calentamiento" para un proceso oficial de ordenación espacial marina, alentando a las partes interesadas a comenzar a pensar fuera de sus propios intereses sectoriales, así como a considerar escalas de tiempo más largas (algo poco habitual en el contexto social español/canario) y a estimular la formulación de preguntas tales como "¿y si ...?"





amente técnico y no debe considerarse como la delimitación oficial de las fronteras entre países vecinos.

Como viene a recordar la Comisión Oceanográfica Intergubernamental de la UNESCO, la ordenación espacial marina ofrece a los países un contexto operativo para mantener el valor de su biodiversidad marina, a la vez que permite el uso sostenible del potencial económico de sus océanos.<sup>(1)</sup> Básicamente, la ordenación es un proceso participativo e innovador que puede hacer realidad los componentes claves de la gestión ecosistémica de los mares, es decir, de los valiosos recursos marinos que en nuestro caso existen en las aguas canarias. La innovación marina puede ayudar a desarrollar la economía azul de una manera que no solo alimente al crecimiento económico de la Unión Europea<sup>(5)</sup> y, por tanto, a la creación de empleo, sino también mantiene el apoyo público para el uso comercial de los recursos marinos garantizando, al tiempo, la protección del medio marino. La innovación en los diferentes sectores vinculados al crecimiento azul es fundamental para poder alcanzar las metas de crecimiento y la creación

de empleos correspondiente, ya sea a través de eco-innovación en algunos sectores más industriales (como el tráfico marítimo o las energías oceánicas) para reducir su impacto ambiental o bien innovando en el desarrollo de medidas más adecuadas para la protección de los ecosistemas y especies marinas que permitan una implementación más efectiva de las distintas directivas europeas (como las Directivas Hábitat y Aves o la Directiva de Estrategias Marinas).

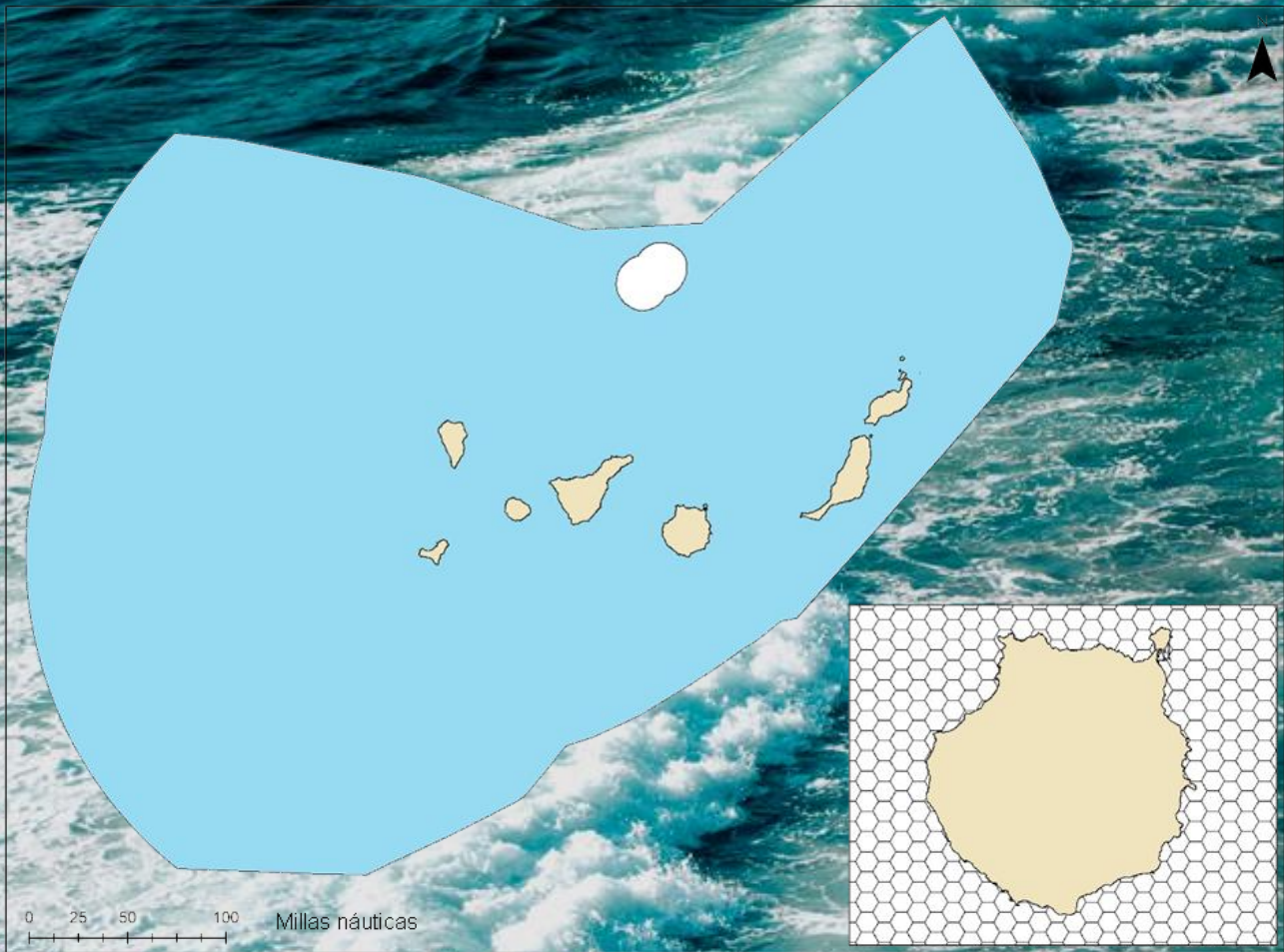
En este número extraordinario de la revista OKEANOS diversos expertos contribuyen con diferentes artículos para explicar el estado de la cuestión sobre la ordenación espacial marina en Canarias, desde perspectivas complementarias y teniendo como hilo conductor el proyecto MarSP, en el cual han estado implicados varios investigadores de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, más concretamente del Instituto Universitarios en Acuicultura Sostenible y Ecosistemas Marinos (IU-ECOQUA).

**Apoyo a los estados miembros para fomentar el crecimiento sostenible de las economías marítimas, el desarrollo sostenible de los espacios marinos y el aprovechamiento sostenible de los recursos marinos.**

### Bibliografía

- (1) Ehler, C., Douvère, F. 2013. Planificación espacial marina: una guía paso a paso hacia la Gestión Ecosistémica. Comisión Oceanográfica Intergubernamental y el Programa del Hombre y la Biosfera. COI manuales y guías n.º 53. París, UNESCO. 100 pp.
- (2) Blue Solutions 2020. Página web visitada el 10 de enero de 2020. <https://bluesolutions.info/>
- (3) Comisión Europea 2008. Hoja de ruta para la ordenación del espacio marítimo: creación de principios comunes en la UE. Bruselas, 25.11.2008 COM(2008) 791 final, 13 pp.
- (4) Comisión Europea 2007. Una política marítima integrada para la Unión Europea. Bruselas, 10.10.2007 COM(2007) 575 final, 16 pp.
- (5) European Commission 2014. Innovation in the Blue Economy: realising the potential of our seas and oceans for jobs and growth. Brussels, 13.5.2014 COM(2014) 254 final/2, 10 pp.





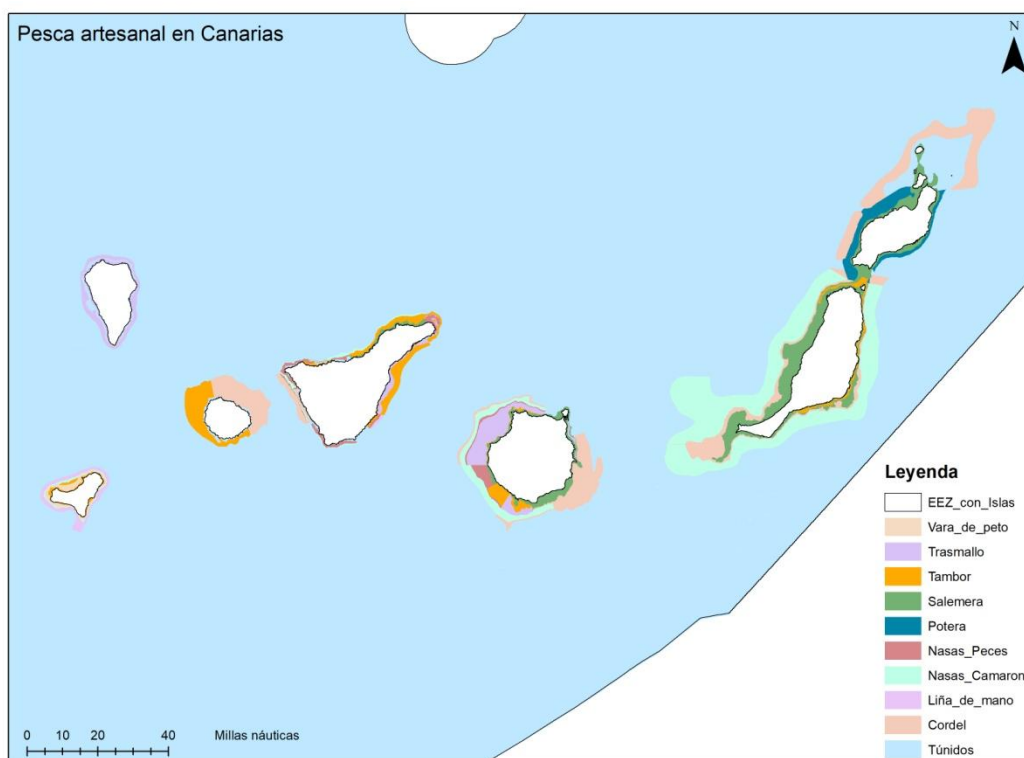
# Ordenación espacial marina y la aplicación de la herramienta Marxan

para modelizar y promover la conservación de biodiversidad marina en las aguas canarias



Área de estudio considerada (ZEE de la Demarcación Marina de Canarias). Debajo a la derecha, un ejemplo de las UPs con las cuales fue dividida la ZEE de Canarias (Fuente: ECOAQUA). (Figura 1)

Distribución de las artes de pesca artesanales en Canarias (Fuente: ECOAQUA). (Figura 2)



## Andrea Zanella, Manuel Alejandro García Mendoza y Ricardo Haroun

Grupo en Biodiversidad y Conservación, Instituto Universitario en Acuicultura Sostenible y Ecosistemas Marinos (IU-ECOQUA), Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, Parque Científico y Tecnológico Marina, Ctra. de Taliarte s/n, E-35214 Telde, España.

La Unión Europea reconoce la necesidad y fomenta el desarrollo de una política común cuyo objetivo general es el de mejorar el uso sostenible de los mares y la protección de los ecosistemas marinos para lograr, a través de diversos mecanismos (p.ej. directivas europeas), la protección y conservación del medio marino europeo. Para proteger eficazmente la biodiversidad en los ecosistemas marinos es importante contar con un proceso de planificación y pautas de desarrollo clara, junto con un sistema transparente de toma de decisiones basado en los mejores datos disponibles.<sup>(1,2)</sup> Sin embargo, los aspectos socio-económicos no han sido considerados con un peso suficiente en la toma de decisiones, lo que en muchas ocasiones ha determinado el éxito o el fracaso de las Áreas Marinas Protegidas (AMPs).<sup>(3,4)</sup> Por otra parte, ya sabemos que el establecimiento de una AMP o de una red coherente de AMPs es importante, no solo para lograr los objetivos de conservación comprometidos a nivel internacional, sino también, por las implicaciones biológicas y los beneficios socio-económicos que las AMPs pueden aportar en los mares regionales. Además, las AMPs se adaptan perfectamente a los principios de la planificación espacial marítima.

En los últimos años se han venido desarrollando diferentes herramientas informáticas que ayudan a modelizar y a entender cómo pueden crearse redes de AMPs efectivas en distintos mares europeos. El software de planificación de conservación *Marxan* es un conjunto de herramientas diseñadas para ayudar a la toma de decisiones a la hora de encontrar buenas soluciones en la planificación aplicada a la conservación.<sup>(2,5)</sup> Dentro del Instituto ECOQUA hemos usado *Marxan* para modelizar distintos escenarios y analizar el efecto de diferentes metas de conservación en el diseño de una red efectiva de AMPs en las aguas canarias. Este estudio se aplicó para el conjunto de la Zona Económica Exclusiva de Canarias, considerando las distintas actividades de los sectores marítimos y siguiendo un enfoque ecosistémico de acuerdo con la Directiva de la UE sobre ordenación espacial marina (Directiva MSP, 2014/89/UE).

El objetivo principal de este estudio ha sido modelizar escenarios potenciales, considerando tanto el conocimiento actual del medio marino como de las actividades socioeconómicas, con el propósito de mejorar la conservación de la biodiversidad marina dentro de la Zona Económica Exclusiva de Canarias. Estos escenarios van a servir de apoyo técnico para la futura propuesta de ordenación espacial marina que tendrá que elevar el Estado Español a la Comisión Europea en los próximos meses. Así mismo, la modelización con *Marxan* nos ha permitido verificar si la conservación de la biodiversidad marina (tanto a nivel de especies como de hábitats) están adecua-

damente representada en la actual red Natura 2000 de Canarias, o si es preciso ampliar dicha red de conservación.

### **Casi medio millón de kilómetros cuadrados a estudio**

El área de estudio considerada es la Zona Económica Exclusiva (ZEE) del Estado Español, en la Demarcación Marina de Canarias, un área de aproximadamente 478.182 km<sup>2</sup>, que se dividió en 46.775 unidades de planificación hexagonales (*Unidades de Planificación*, UPs) (Fig.1). Cada UP entera tiene aproximadamente 10,4 km<sup>2</sup> de superficie y cada lado del hexágono mide 2 km.

La mayoría de los datos espaciales fueron obtenidos directamente del Geoportal ambiental de la ULPGC (<http://www.geoportal.ulpgc.es/portada/index.html>), tanto derivados de proyectos anteriores como del proyecto MarSP. Los datos sobre la pesca artesanal (Fig. 2) se recopilaron a partir de varias reuniones, en el marco del proyecto MarSP, con las cofradías de pescadores existentes en todo el Archipiélago Canario.

Se recopilaron y cartografiaron dos tipos diferentes de datos: los relacionados con la biodiversidad (p.ej. distribuciones de hábitats y avistamiento de diferentes especies) y los otros relacionados con los sectores marítimos, (por ejemplo, tráfico marítimo, pesca, áreas militares acuicultura, etc.). Los datos se procesaron luego con ayuda de un Sistema de Información Geográfico (SIG) y el desarrollo de modelos de conservación se realizó a través del programa *Marxan*, que nos permitió identificar sitios prioritarios para la conservación de acuerdo con diferentes escenarios. Dentro del análisis *Marxan*, cada escenario tenía diferentes objetivos de protección para la biodiversidad marina (es decir, porcentajes de especies o hábitats protegidos), mientras que las actividades marítimas consideradas se combinaron en una capa (Densidad de coste acumulado) (Fig. 3). Los escenarios analizados en este trabajo se realizaron teniendo en cuenta la red actual de Natura 2000, a la cual se le asignó el Status = 2 (*locked-in*) dentro de *Marxan* (Fig. 4).

### **Elección de zonas candidatas a ser áreas marinas protegidas**

El escenario que plantea la mejor solución para la conservación de la biodiversidad marina en las aguas canarias es la mostrada en la figura 4, que tiene que verse como un resultado preliminar, a falta de un mayor esfuerzo tecnológico que permita definir mejor la selección de áreas adecuadas. En este sentido, es interesante destacar que una de las habi-

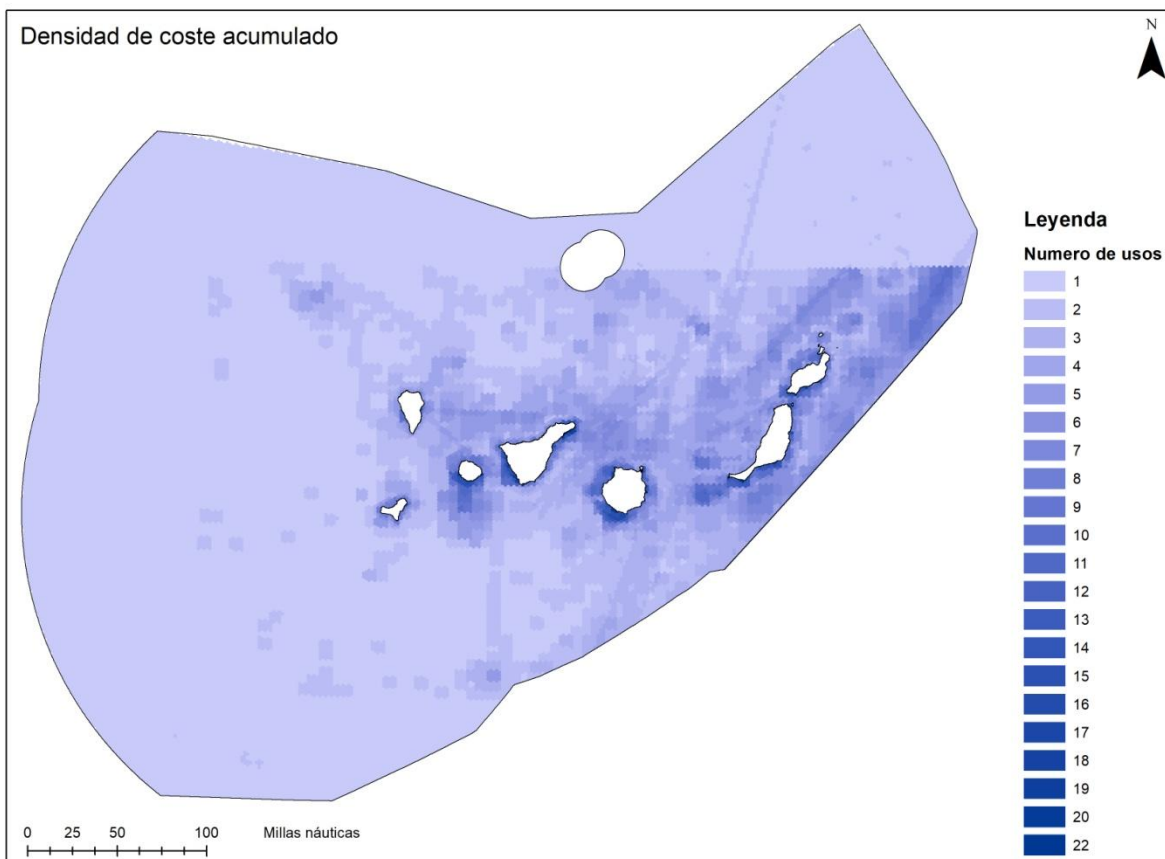
lidades de *Marxan* es identificar los sitios donde se produce una mayor acumulación de objetivos de conservación comunes y, por lo tanto, tratar de cumplir todos los objetivos de manera más eficiente.<sup>(1,2)</sup> Por tanto, con el proyecto MarSP y la aplicación del *Marxan* hemos establecido un punto de partida para una selección sistemática de áreas candidatas a convertirse en zonas protegidas dentro de la ZEE de las Islas Canarias. Estos resultados pueden desarrollarse más, entre otros, a través de discusiones con expertos y partes interesadas, pero es indudable que deben incluir datos científicos más extensos y precisos que permitan mejorar aún más los criterios de diseño de la red.

El análisis de las lagunas actuales de las áreas destinadas para la conservación marina en Canarias destacó que el 22,58% de los hábitats existentes en las aguas canarias no están adecuadamente protegidos en la actual red Natura 2000, considerando el nivel mínimo del 10% de protección.

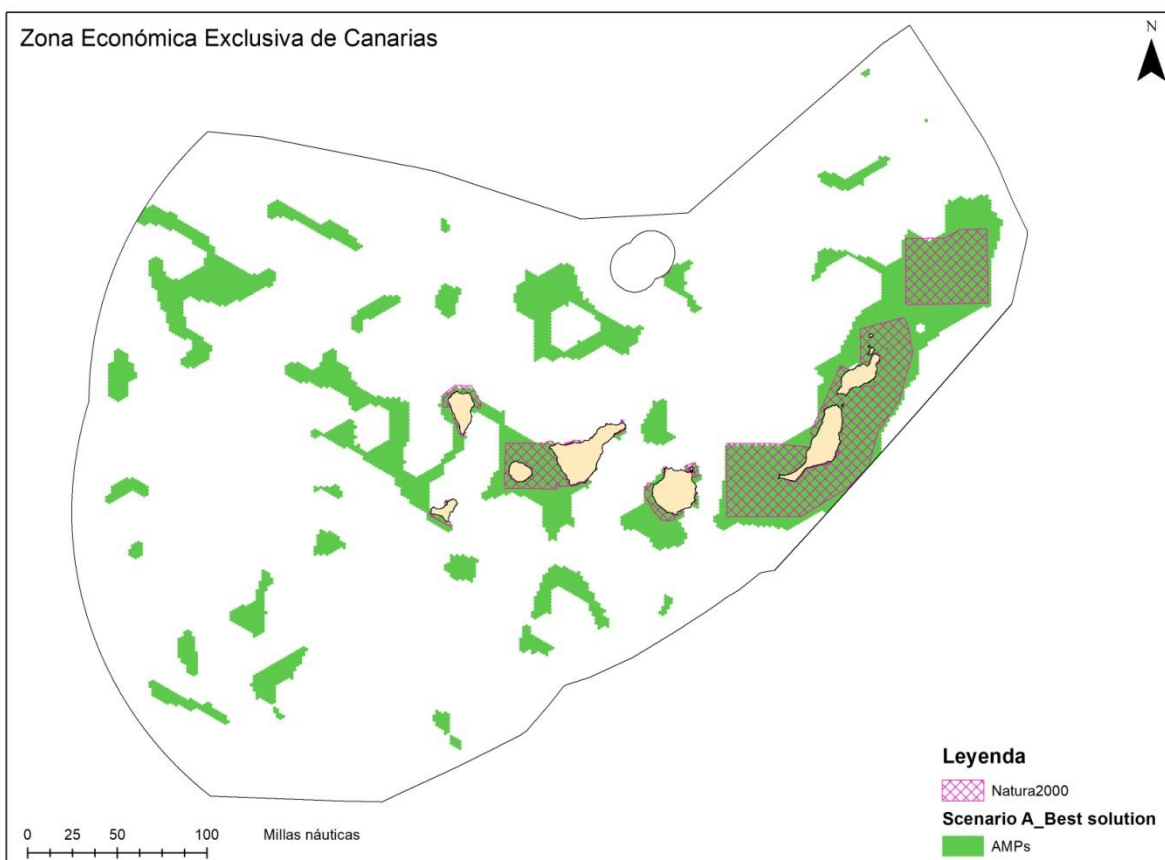
### **Importantes lagunas en la información**

El trabajo realizado en el marco del proyecto MarSP ha permitido identificar la falta de datos espaciales bien definidos, tanto para la biodiversidad marina (distribución espacial, tanto horizontal como vertical, de especies y hábitats) como para los sectores marítimos. Es destacable que durante la realización del proyecto MarSP fue posible cartografiar, por primera vez en el Archipiélago Canario, todas las actividades pesqueras artesanales que desarrollan las diferentes cofradías de pescadores. Así mismo, se ha constatado la existencia de especies marinas, que no están incluidas en la Directiva Hábitats, que deberían ser consideradas en un futuro para su protección en normativa europea y estatal. Con respecto a la distribución de las especies marinas consideradas en este trabajo, la única información disponible fue la relacionada con los avistamientos de las susodichas especies, detectándose importantes lagunas o falta de información en muchas zonas geográficas alrededor de las islas. Actualmente, no hay información sobre la distribución espacial de las especies marinas, ni siquiera de las modeladas (solo existen puntos de avistamientos). Con respecto a los hábitats, en los primeros 50 m de profundidad tenemos datos espaciales bien definidos (hábitats resultantes de los estudios eco-cartográficos), pero por debajo de esa batimetría sólo tenemos datos derivados de EMODnet (*European Marine Observation and Data Network*), que son poco precisos sobre los tipos de sustratos y con información a gran escala.

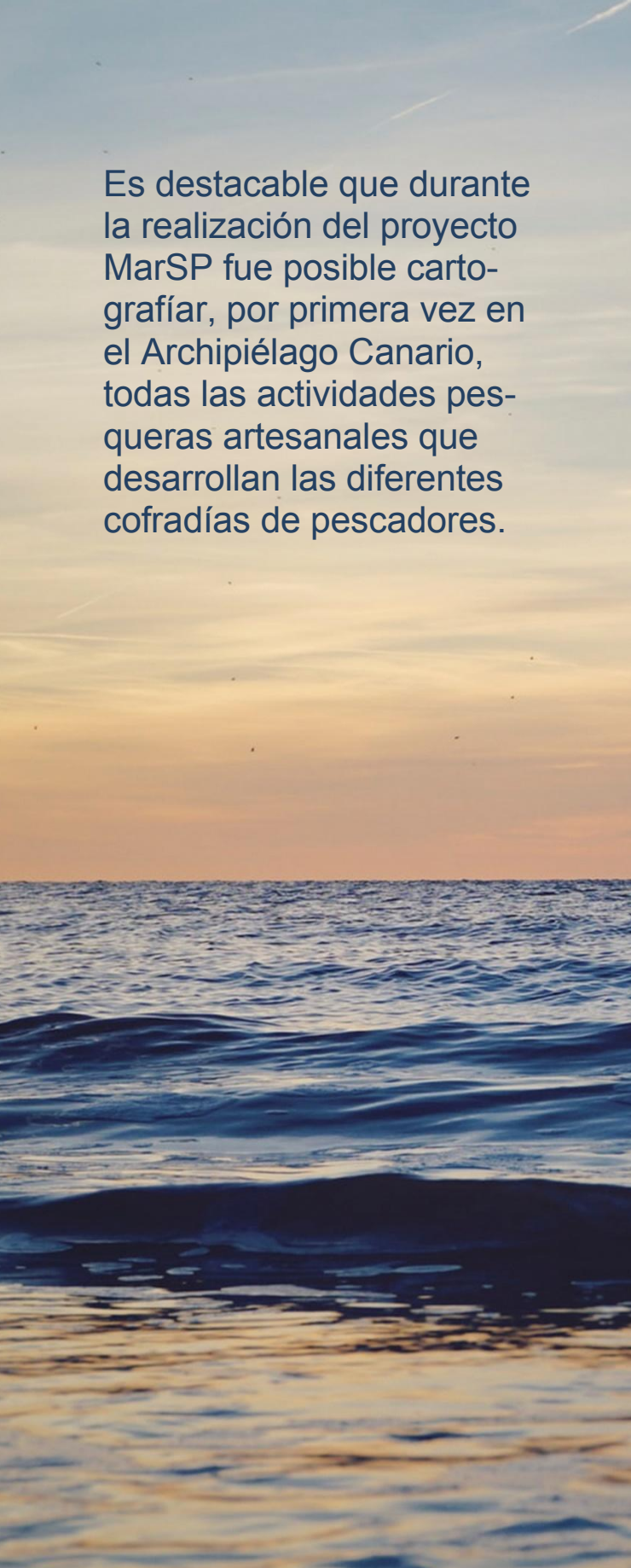




Densidad de coste acumulado para el análisis de Marxan (Fuente: ECOAQUA). (Figura 3)



Propuesta idónea de áreas a proteger obtenida de la aplicación de Marxan (Fuente: ECOAQUA). (Figura 4)



Es destacable que durante la realización del proyecto MarSP fue posible cartografiar, por primera vez en el Archipiélago Canario, todas las actividades pesqueras artesanales que desarrollan las diferentes cofradías de pescadores.

Los resultados de este trabajo también señalan la importancia de considerar las actividades socioeconómicas en el proceso sistemático de planificación de la conservación, así como la importancia de tener datos espaciales bien definidos sobre donde se desarrollan las principales actividades de cada uno de esos sectores marino o marítimos. Además, se constata la existencia de varios intereses socioeconómicos diferentes que compiten por el espacio marítimo en la ZEE de las Islas Canarias, y no todos fueron considerados en este trabajo.

Durante los diferentes talleres llevados a cabo por proyecto MarSP, donde los resultados del desarrollo de la aplicación *Marxan* fueron presentados y discutidos con los asistentes para recoger sugerencias o mejoras que permitan obtener una propuesta más consensuada. De cualquier forma, los escenarios de conservación marina desarrollados en este trabajo deben considerarse bajo el prisma de ser realmente los primeros pasos para dar apoyo científico robusto al proceso de toma de decisiones para la implementación de una red coherente de AMPs en la ZEE de Canarias.

En Canarias, y por extensión en el resto de los archipiélagos macaronésicos, tenemos las capacidades científicas y tecnológicas adecuadas para avanzar en la definición de AMPs oceánicas y en una gestión más eficaz de la ingente biodiversidad marina de nuestras aguas. En Madeira y en Azores ya existe una política regional definida y clara para la conservación de este patrimonio natural con la declaración de extensas AMPs en mar abierto, que pueden servir de modelo para el caso canario.

### Bibliografía

- (1) Liman, A.S., Å. Andersson, A. Huggins. 2008. Towards a Representative Network of Marine Protected Areas in the Baltic Sea. Balance Interim Report, (24), 4.
- (2) Zanella, A., C. Costa. 2017. MSP to maximize conservation targets in a marine multi-use area". En: Ozhan, E. (Ed.), Proceedings of the 13th International MEDCOAST Congress on Coastal and Marine Sciences, Engineering, Management and Conservation, MEDCOAST,1:59-70.
- (3) Klein, C.J., A. Chan, L. Kircher, A.J. Cundiff, N. Gardner, Y. Hrovat, A. Scholz, B.E. Kendall, S. Airamé. 2008. Conservation Biology, 22:691-700.
- (4) Suuronen, P., P. Jounela, V. Tschernij. 2010. Marine Policy, 34(2):237.
- (5) Ball, I.R., H.P. Possingham, M. Watts. 2009. Marxan and relatives: software for spatial conservation prioritization. En: Spatial conservation prioritisation: quantitative methods and computational tools, Oxford University Press, Oxford, 185-195.



# Conservación de cetáceos

y planificación del espacio marino  
en las Islas Canarias

Delfín mular en la Zona de Especial Conser-  
vación de la Franja marina Teno-Rasca,  
Tenerife (Autor: Manuel Carrillo). (Figura 2)





### **Inma Herrera<sup>1</sup> Manuel Carrillo<sup>2</sup> y Ricardo Haroun<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Grupo en Biodiversidad y Conservación, Instituto Universitario en Acuicultura Sostenible y Ecosistemas Marinos (IU-ECOQUA), Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, Parque Científico y Tecnológico Marina, Ctra. de Taliarte s/n, E-35214 Telde, España. inma\_herri@hotmail.com; ricardo.haroun@ulpgc.es

<sup>2</sup> Red Canaria de Cetáceos Varados, Canarias Conservación - Gabinete Técnico de Medio Ambiente. La Laguna. S/C Tenerife, España. canariasconservacion@gmail.com

Los cetáceos juegan un papel importante en la cadena alimentaria marina y su presencia indica un ambiente marino saludable. Sin embargo, varias especies de cetáceos se encuentran en peligro de extinción. Las Islas Canarias conforman un archipiélago con una extraordinaria riqueza y diversidad de cetáceos, donde se pueden observar hasta 30 especies diferentes de las 90 descritas en el mundo. Esta gran riqueza ha permitido que algunas áreas hayan sido consideradas como Zonas Especiales de Conservación (ZEC) para la protección de estos animales, entre otros, que conforman el ecosistema. En este artículo se da visibilidad a la importancia de la conservación de los cetáceos y la planificación espacial marina en las aguas que rodean a Canarias.

### **¿Por qué las Islas Canarias?**

La demarcación marina de Canarias, es decir el Archipiélago Canario, compuesto por ocho islas: La Graciosa, Lanzarote, Fuerteventura, Gran Canaria, Tenerife, La Gomera, La Palma y El Hierro, constituye una región muy singular en el Océano Atlántico y de gran complejidad ambiental dada su posición geográfica, el régimen de vientos y la disposición de las islas frente a las corrientes marinas. Sus peculiares características oceanográficas generan diversos procesos que elevan la productividad de sus aguas, diversifican sus variables ambientales y favorecen la vida marina. También la presencia de grandes profundidades próximas a la costa permite la integración de especies oceánicas en la dinámica insular y favorece algunos fenómenos particulares, como puede ser el establecimiento de colonias estables de especies de cetáceos como el calderón tropical (*Globicephala macrorhynchus*) y el delfín mular (*Tursiops truncatus*) (Fig. 2).

### **Recientes observaciones fósiles en las Islas Canarias**

La existencia de cetáceos en aguas de Canarias se remonta a épocas prehistóricas. Recientemente, investigadores del Instituto Español de Oceanografía





Calderón tropical en la Zona de Especial Conservación de la Franja marina Teno-Rasca, Tenerife (Autor: Sergio Hanquet). (Figura 2)

han descubierto a 1.000 m de profundidad, en el Banco de la Concepción (al norte de la Isla de La Graciosa) nuevos restos fosilizados de ballenas y otros mamíferos marinos que formaban parte de la dieta del megalodón, una especie de tiburón (*Carcharodon megalodon*; Agassiz, 1835) que pudo alcanzar 20 m de longitud y 100 toneladas de peso y que vivió aproximadamente entre hace 28 a 1,5 millones de años durante el Cenozoico (de finales del Oligoceno hasta principios del Pleistoceno). Estos fósiles fueron descubiertos durante una de las campañas de investigación marinas dentro del proyecto europeo LIFE IP INTEMARES en 2012. Estos descubrimientos refuerzan más si cabe la teoría de una cadena trófica marina muy rica alrededor de las Islas Canarias.

### Red Canaria de Varamiento

En las Islas Canarias existe una amplia información del seguimiento y estudio de los varamientos acontecidos en las aguas desde la década de 1990. La Red Canaria de Varamiento de Cetáceos es un programa de conservación coordinado por el Gobierno de Canarias, que cuenta con más de 1.200 casos de varamiento, y que junto a los miles de millas navegadas

en campañas de avistamiento realizadas por la Sociedad Estudio de los Cetáceos en Canarias, Canarias Conservación y las Universidades Canarias (Universidad de Las Palmas de Gran Canaria y Universidad de La Laguna) han permitido constatar la alta diversidad de especies de cetáceos en estas aguas (30 especies de las 90 descritas a nivel mundial) (Tabla 1). Este conjunto de especies convierte a las islas en uno de los lugares del mundo con mayor diversidad de cetáceos y el mayor de Europa.

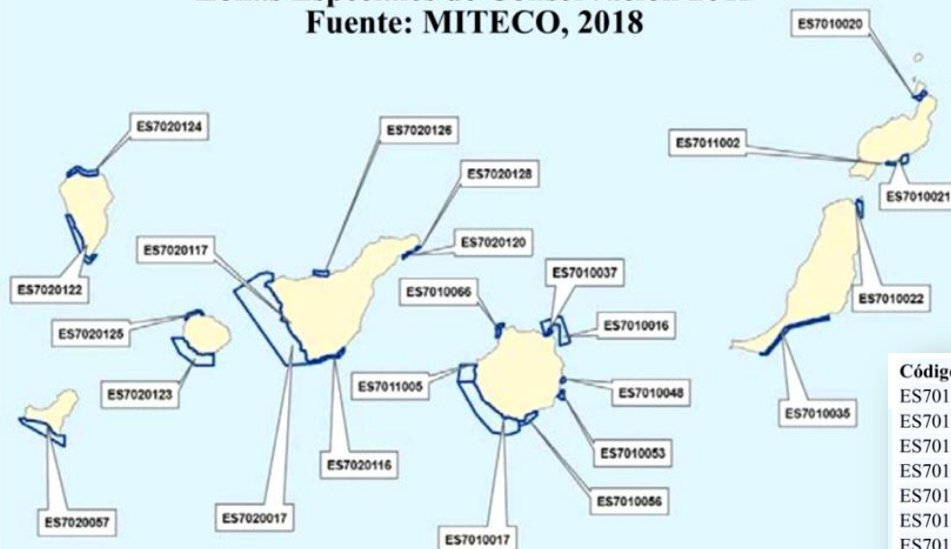
### ¿Qué es la Red Natura 2000 y las Zonas Especiales de Conservación?

La Red Natura 2000 es la red europea de espacios naturales cuyo objetivo es la conservación de la diversidad biológica y ecológica de Europa atendiendo a las exigencias económicas, sociales y culturales de sus diferentes regiones (Directiva de Hábitats 92/43/CEE, de 21 de mayo). La Red Natura 2000 alberga todos los hábitats naturales y especies incorporados en los anexos I y II de la Directiva. Todos ellos son considerados hábitats de interés comunitario, siendo algunos, debido a las amenazas que sufren, señalados como prioritarios para favorecer la



## Zonas Especiales de Conservación 2011

Fuente: MITECO, 2018

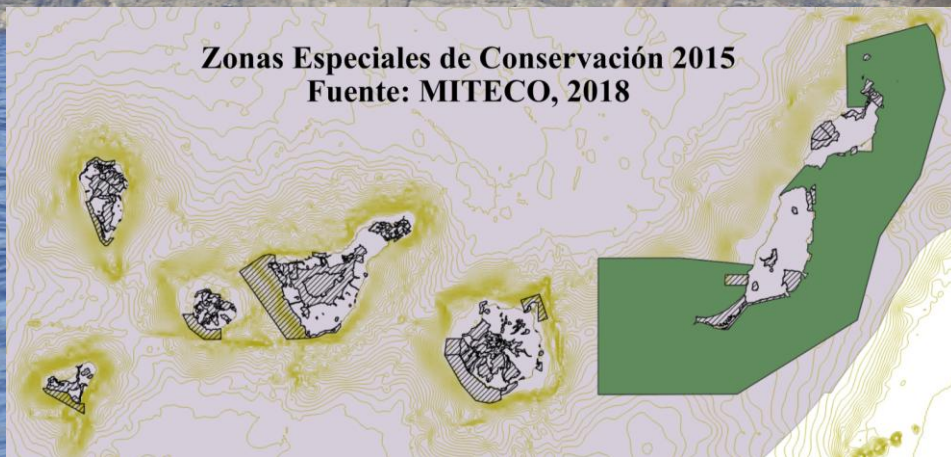


| Código    | Nombre de la ZEC                      |
|-----------|---------------------------------------|
| ES7010016 | Área marina de La Isleta              |
| ES7010017 | Franja marina de Mogán                |
| ES7010020 | Sebadales de La Graciosa              |
| ES7010021 | Sebadales de Guasimeta                |
| ES7010022 | Sebadales de Corralejo                |
| ES7010035 | Playa de Sotavento de Jandía          |
| ES7010037 | Bahía del Confital                    |
| ES7010048 | Bahía de Gando                        |
| ES7010053 | Playa del Cabrón                      |
| ES7010056 | Sebadales de Playa del Inglés         |
| ES7010066 | Costa de Sardina del Norte            |
| ES7011002 | Cagafrecho                            |
| ES7011005 | Sebadales de Güigüí                   |
| ES7020017 | Franja marina de Teno-Rasca           |
| ES7020057 | Mar de Las Calmas                     |
| ES7020116 | Sebadales del sur de Tenerife         |
| ES7020117 | Cueva marina de San Juan              |
| ES7020120 | Sebadal de San Andrés                 |
| ES7020122 | Franja marina de Fuencaliente         |
| ES7020123 | Franja marina Santiago-Valle Gran Rey |
| ES7020124 | Costa de Garafía                      |
| ES7020125 | Costa de los Órganos                  |
| ES7020126 | Costa de San Juan de la Rambla        |
| ES7020128 | Sebadales de Antequera                |

Zonas Especiales de Conservación para la demarcación marina de las Islas Canarias (Fuente: MITECO, 2018, imagen ZEC, 2015 elaborada por IU-ECOQUA, ULPGC); (Figura 3)

## Zonas Especiales de Conservación 2015

Fuente: MITECO, 2018





Cetáceos en las Islas Canarias (Fuente: M. Carrillo - Canarias Conservación - Cetacean Research Society). (Tabla 1)

| NOMBRE COMÚN                 | NOMBRE CIENTÍFICO                 | NOMBRE COMÚN (INGLÉS)     |
|------------------------------|-----------------------------------|---------------------------|
| Rorcual aliblanco            | <i>Balaenoptera acutorostrata</i> | minke whale               |
| Rorcual boreal               | <i>Balaenoptera borealis</i>      | sei whale                 |
| Rorcual tropical             | <i>Balaenoptera brydei</i>        | bryde's whale             |
| Ballena azul                 | <i>Balaenoptera musculus</i>      | blue whale                |
| Rorcual común                | <i>Balaenoptera physalus</i>      | fin whale                 |
| Delfín común rostro corto    | <i>Delphinus delphis</i>          | common dolphin            |
| Ballena franca               | <i>Eubalaena glacialis</i>        | northern right whale      |
| Orca pigmea                  | <i>Feresa attenuata</i>           | pygmy killer whale        |
| Calderón tropical            | <i>Globicephala macrorhynchus</i> | short-finned pilot whale  |
| Calderón común               | <i>Globicephala melas</i>         | long-finned pilot whale   |
| Calderón gris                | <i>Grampus griseus</i>            | Risso's dolphin           |
| Calderón de hocico boreal    | <i>Hyperoodon ampullatus</i>      | northern bottlenose whale |
| Cachalote pigmeo             | <i>Kogia breviceps</i>            | pygmy sperm whale         |
| Cachalote enano              | <i>Kogia sima</i>                 | dwarf sperm whale         |
| Delfín de Fraser             | <i>Lagenodelphis hosei</i>        | Fraser's dolphin          |
| Yubarta, ballena jorobada    | <i>Megaptera novaeangliae</i>     | humpback whale            |
| Zifio de Sowerby             | <i>Mesoplodon bidens</i>          | Sowerby's beaked whale    |
| Zifio de Blainville          | <i>Mesoplodon densirostris</i>    | Blainville's beaked whale |
| Zifio de Gervais             | <i>Mesoplodon europaeus</i>       | Gervais's beaked whale    |
| Zifio de True                | <i>Mesoplodon mirus</i>           | True's beaked whale       |
| Orca                         | <i>Orcinus orca</i>               | killer whale              |
| Marsopa                      | <i>Phocoena phocaena</i>          | harbour porpoise          |
| Cachalote                    | <i>Physeter macrocephalus</i>     | sperm whale               |
| Falsa orca                   | <i>Pseudorca crassidens</i>       | false killer whale        |
| Delfín listado               | <i>Stenella coeruleoalba</i>      | striped dolphin           |
| Delfín moteado del Atlántico | <i>Stenella frontalis</i>         | atlantic spotted dolphin  |
| Delfín acróbata              | <i>Stenella longirostris</i>      | spinner dolphin           |
| Delfín de dientes rugosos    | <i>Steno bredanensis</i>          | rough-toothed dolphin     |
| Delfín mular                 | <i>Tursiops truncatus</i>         | bottlenose dolphin        |
| Zifio de Cuvier              | <i>Ziphius cavirostris</i>        | Cuvier's beaked whale     |



Delfín mular en la Zona de Especial Conservación de la Franja marina Teno-Rasca, Tenerife (Autor: Manuel Carrillo). (Figura 2)





Delfín moteado atlántico en la ZEC Playa Santiago-Valle Gran Rey, La Gomera (Autor: Silke Stevens). (Figura 4)

rápida puesta en marcha de las medidas de conservación. En este sentido, en diciembre de 2001, la Comisión Europea aprobó la declaración de los 174 Lugares de Importancia Comunitaria (LIC) que habían sido propuestos por la Comunidad Autónoma de Canarias, a través del Estado Español. En 2011, se aprueba la «Orden ARM/2417/2011, de 30 de agosto, por la que se declaran Zonas Especiales de Conservación (ZEC) los lugares de importancia comunitaria marinos de la región biogeográfica Macaronésica de la Red Natura 2000». Posteriormente, en 2015 (BOE-A-2015-2329), con los resultados obtenidos a través de los estudios llevados a cabo en el marco del proyecto LIFE+ INDEMARES (Inventario y designación de la Red Natura 2000, en áreas marinas del Estado español), se aprobó un nuevo LIC de la Red Natura 2000, el Espacio marino del oriente y sur de Lanzarote-Fuerteventura (ESZZ15002) (Fig. 3).

Hasta el momento en las islas Canarias se han declarado 24 zonas marinas dentro de la Red Natura 2000 (Fig. 3) por: “*La presencia en óptimo estado de conservación de poblaciones de delfín mular (*Tursiops truncatus*), constituir una zona de alimentación y termorregulación para numerosos ejemplares de tortuga boba (*Caretta caretta*) y tortuga verde (*Chelonia mydas*) y la existencia de amplios sebadales (*Cymodocea nodosa*) son sin duda los recursos naturales más emblemáticos en el ámbito europeo*”.

Los avances de investigación no dejan duda sobre la riqueza de cetáceos en aguas de Canarias. Sin contar con las ballenas y delfines que en los siglos pasados vararon en las costas de las islas, la continuada e intensa labor que desarrollan diversos grupos de investigación locales e internacionales en aguas canarias, sobre todo en las ZEC de la Red Natura 2000, provee un considerable conocimiento





sobre los cetáceos y sobre aspectos particulares de su biología y ecología, incluyendo tamaño de población, hábitat crítico, ecología trófica, acústica, comportamiento, genética, etc.

La mayoría de los cetáceos presentes en Canarias son especies oceánicas, poco conocidas y representativas de la región Macaronésica.<sup>(1)</sup> De hecho, en el documento titulado “Estrategia Marina. Grupo Mamíferos Marinos. Evaluación inicial y buen estado ambiental”,<sup>(2)</sup> se señala que Canarias es el único punto del territorio español donde es posible observar, de manera regular, algunas de ellas como es el caso del calderón tropical (*Globicephala macrorhynchus*), el delfín de dientes rugosos (*Steno bredanensis*), el delfín moteado Atlántico (*Stenella frontalis*) (Fig. 4), el rorcual tropical (*Balaenoptera edeni*), el zifio de Blainville (*Mesoplodon densirostris*), el zifio de Gervais (*Mesoplodon europaeus*) o el cachalote enano (*Kogia sima*). En relación a estas especies cabe destacar los siguientes puntos: 1) son exclusivas de la Macaronesia en el territorio español, 2) poseen una presencia regular en las Islas Canarias, 3) presentan poblaciones residentes, 4) las aguas del archipiélago forman parte de sus rutas migratorias o forman parte de movimientos estacionales mal conocidos como en el caso del rorcual tropical, 5) son especies amenazadas debido a distintas actividades humanas, y 6) conocemos muy poco acerca del estado de sus poblaciones.

### Consideraciones sobre la conservación de hábitat, planificación del espacio marino en Canarias y límites de las ZEC marinas

Mantener o conseguir un buen estado de conservación de los recursos naturales de las ZEC marinas depende, casi exclusivamente, de las medidas, actuaciones o cualquier otra intervención del hombre, que eliminen o minimicen factores de riesgo generados por actividades humanas o asociados a las mismas, y mejoren con ello las condiciones de las especies y su hábitat. Las ZEC marinas canarias albergan importantes valores naturales y paisajísticos cuyo estado de conservación es, en líneas generales, bueno. No obstante, presentan una serie de presiones e impactos derivados de los usos que se han venido desarrollando y donde la convivencia entre los recursos naturales y las actividades humanas no dejan de estar exentas de conflictos como: (1) intenso tráfico marítimo con elevada presencia de naves de pasajeros de alta velocidad (fast-ferries), (2) presencia de diversas actividades económicas,

como la pesca profesional y la acuicultura, (3) el uso creciente e intensivo del litoral con fines turísticos y/o deportivos asociados a los numerosos visitantes, como sucede igualmente con las actividades de ecoturismo asociadas a la observación de cetáceos, (4) la contaminación por aguas residuales y las basuras flotantes, y (5) la modificación del litoral por la construcción de playas y los proyectos de nuevos puertos/marinas.

Es evidente que en las últimas décadas hemos visto el desarrollo en las aguas en torno a las Islas Canarias de un creciente número de actividades marinas y marítimas, muchas de las cuales pueden provocar amenazas o presiones más o menos crónicas sobre las poblaciones de cetáceos marinos que de forma habitual pueblan estas aguas. Por todo ello, creemos que es necesario abordar desde una perspectiva de conjunto (ecosistémica) las interacciones y medidas más apropiadas para favorecer la coexistencia de cetáceos y humanos.

Por último y no menos importante, en base a los resultados obtenidos posteriores a la declaración de las mencionadas ZEC marinas, la presencia en alta densidades de cetáceos fuera de algunas delimitaciones geográficas de las ZEC, como ocurre para las islas de Gran Canaria<sup>(3)</sup> y de La Palma,<sup>(4)</sup> donde hay una alta densidad de cetáceos en los bordes de alta mar de las correspondientes ZEC marinas, obliga a considerar una posible redefinición de los límites de las correspondientes ZEC marinas, de tal forma que se produzca una protección efectiva y correcta de las poblaciones de estos magníficos animales.

### Bibliografía

- (1) Carrillo, M. 2007. Cetaceans in the Macaronesia region (Eastern Central Atlantic Ocean) and threats faced in the Canary Islands. Western African Talk on Cetaceans and their Habitats. Convention on the conservation of Migratory Species of wild animals (CMS/ UNEP). WATCH 2007. Tenerife. Canary Islands.
- (2) MAGRAMA, 2012. Estrategias Marinas. Grupo mamíferos marinos. Evaluación Inicial y Buen Estado Ambiental. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Secretaría General Técnica. Centro de Publicaciones.
- (3) Pérez-Vallazza, C., R. Haroun. 2005. Estudio de comunidades de cetáceos y tortugas marinas en los LIC Franja Marina de Mogán y Seadales de Playa del Inglés. Caracterización, ordenación y gestión de Áreas Marinas Protegidas de la Macaronesia. PARQMAR 03/MAC/4.2/M9. 107 pp.
- (4) Pérez-Vallazza, C., R. Álvarez-Vázquez, L. Cardona, J. Hernández-Brito. 2008. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom, 88:1289–1296.



# El nuevo recurso es el Océano

Marco legal de la ordenación  
espacial marina en Canarias









Imagen del Archipiélago Canario obtenida por la NASA desde el satélite Terra en diciembre de 2011 (Fuente: NASA Goddard Space Flight Center from Greenbelt, MD, USA).



Las condiciones climáticas y oceanográficas reinantes en las Islas Canaria permiten que se puedan desarrollar múltiples actividades de ocio y de deporte en el mar a lo largo de todo el año (competición de windsurf en el Médano, Tenerife).



## Elena Proietti

Investigadora Post-Doct del grupo TOTMA, Instituto Universitario en Acuicultura Sostenible y Ecosistemas Marinos (IU-ECOQUA), Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.

Las Islas Canarias presentan características favorables y únicas para el desarrollo de diversas actividades marinas y marítimas como la producción de energía renovable en el mar, la investigación científica y biotecnológica, el turismo mariner, deportivo y el turismo relacionado con el estudio de patrimonio cultural subacuático, la pesca y la acuicultura, entre otras posibles. Estos asuntos y muchos otros fueron analizados desde el grupo investigación de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria sobre Turismo, Ordenación del Territorio y Medio Ambiente (TOTMA) en el marco del Proyecto MarSP (acrónimo en inglés de Planificación Espacial Marina en la Macaronesia). En dicho Proyecto, TOTMA hizo algunas propuestas para optimizar los procedimientos legislativos relativos a estas temáticas en las Islas Canarias, con el fin de favorecer el desarrollo sostenible de la economía azul. Estas propuestas, destinadas a mejorar la legislación actual y, por tanto, a promover la investigación y las inversiones en todas las actividades marinas y marítimas desarrollables en el Mar Canario, presentó como objetivo principal el equilibrio del desarrollo económico de las actividades humanas con la sostenibilidad y la protección de nuestro ecosistema marino.

El escritor Arthur C. Clarke dijo una vez: “*Cuán inadecuado es llamar al planeta Tierra, cuando en realidad es Océano*”. Y, en parte, tenía razón. Alrededor del 70% de la superficie del Planeta está formado por agua, de las cuales el 97% se encuentra en los océanos. Las actividades productivas humanas se han desarrollado sobre todo en la tierra, hasta llegar a un momento de crisis profunda, tanto por los procesos sin control de deforestación, los desechos producidos y por el agravamiento del cambio climático debido a la emisión de gases de efecto invernadero, causas primarias del preocupante proceso de desertificación terrestre. En este escenario, el océano aparece como una nueva esperanza de supervivencia que debe ser explotada con precaución e inteligencia, para evitar caer en los mismos errores cometidos en el pasado. Es por estas razones que la ordenación del espacio marítimo europeo, en este momento, se convierte en la herramienta esencial para optimizar los procesos de desarrollo económico y, al mismo tiempo, de protección y regeneración del mar, para que sea explotado de la manera más respetuosa

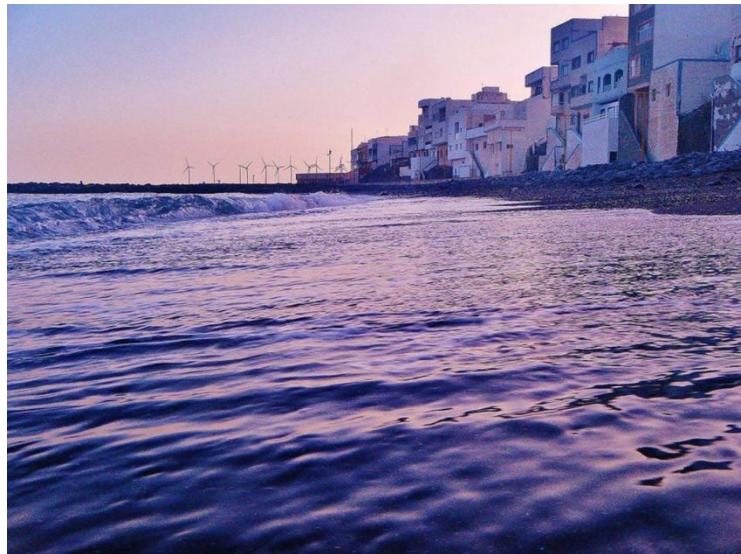
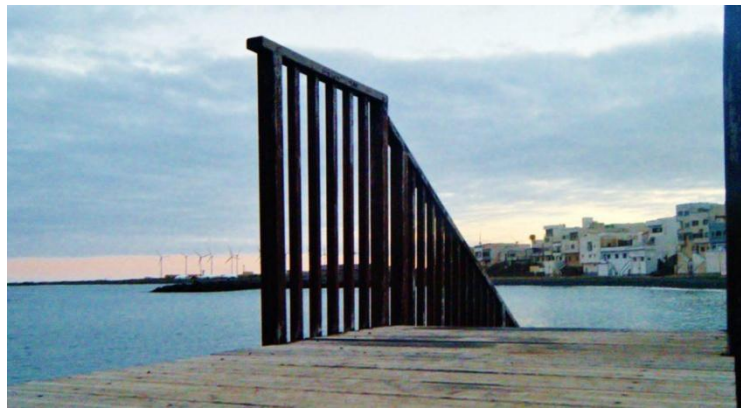


posible. Esta oportunidad, conforme con la Directiva 2014/89/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de julio de 2014, por la que se establece un marco para la ordenación del espacio marítimo, debe ser acogida con gran responsabilidad, para defender la belleza y la vida de nuestros mares y para garantizar un futuro, tanto para nuestra generación como para las venideras.<sup>(1)</sup>

En cuanto a las Islas Canarias, en el contexto europeo e internacional, representan un lugar muy competitivo por el crecimiento de la Economía Azul y necesitan una fuerte protección legal. En comparación con otras Comunidades Autónomas, la principal diferencia de las Islas Canarias reside en su posición geográfica y oceanográfica, que garantiza la inexistencia de un invierno riguroso y de una temperatura del agua entre los 17°C y los 24°C, lo que las hace objeto de un creciente interés por parte de empresarios locales y extranjeros. Otra característica muy importante se refiere a los recursos renovables presentes en grandes cantidades, como el viento que alcanza los 50 nudos en verano, el poder de las mareas y el sol, constante durante todo el año. Pero la particularidad más relevante y delicada es que, debido a la posición geográfica y a la conformación de la costa (las Canarias son de origen volcánico), existe una gran variedad de diferentes especies marinas, algunas de las cuales están protegidas, muchas estables durante todo el año y otras de tránsito en varias épocas del año.

En el Proyecto MarSp, el grupo TOTMA estudió la legislación sobre todas las actividades marinas y marítimas que pueden ser desarrolladas en las aguas canarias, buscando un equilibrio óptimo entre el crecimiento económico y la sostenibilidad, a fin de proponer nuevas soluciones legislativas en cada uno de los temas cuya competencia corresponde a la Comunidad Autónoma de Canarias. Una parte de los resultados de esta investigación muestra que algunos sujetos tienen una legislación que puede ser mejorada, mientras que para otros tenemos grandes esperanzas.

Por ejemplo, en la actualidad, los cabildos insulares han realizado tres propuestas de Parques Marinos en las islas de El Hierro, Fuerteventura y Gran Canaria, mostrando un fuerte interés por la protección de los ecosistemas marinos. Además, de acuerdo con el interés sobre la conservación de las especies protegidas, el turismo marinerero, el turismo acuícola y el turismo pesquero han sido fuertemente regulados y, en parte, limitados, por la última Ley 15/2019, de 2 de mayo, de modificación de la Ley de Pesca de Canarias.







Logo que identifica a las *Empresa B* que utiliza el poder del mercado para dar soluciones concretas a problemas sociales y ambientales. Estas empresas B operan bajo altos estándares *sociales, ambientales y de transparencia* y toma decisiones considerando no sólo los intereses financieros de sus accionistas, sino también los de empleados, proveedores y clientes, la comunidad a la que pertenecen y el medio ambiente.

Por otra parte, en lo que concierne a la nueva Ley 11/2019, de 25 de abril, de Patrimonio Cultural de Canarias, hemos observado que contiene algunas definiciones problemáticas sobre el patrimonio cultural subacuático, que deberían mejorarse para facilitar una protección más efectiva, aspecto éste que se ha confirmado, también, con expertos del sector. También, en los últimos dos años se han publicado muchas intervenciones legislativas sobre la acuicultura, pero los procedimientos de autorización son muy largos y complicados y requieren una rápida uniformidad entre ellos. Gracias, asimismo, al contacto directo con algunos expertos en el campo de las energías renovables, hemos podido advertir que la regulación estatal sobre las energías renovables en el mar necesita de una actualización rápida, especialmente, en lo que respecta al tiempo requerido para obtener todas las autorizaciones, y en la falta de correspondencia de las tarifas con la nueva regulación del sector eléctrico.

En definitiva, una buena parte del trabajo se centró en el estudio de las normas a fin de buscar nuevas soluciones sostenibles aplicables en Canarias. Una de ellas consiste en la introducción de unos límites de acceso a la explotación del Mar Canario solo a las empresas que financian obras para regenerar el mismo

medio marino. La elección de “Sociedad Benefit”<sup>(2)</sup> para el Mar Canario, una nueva forma de sociedad cuyo desarrollo se ha limitado sólo a muy pocos países en el mundo (treinta y cinco Estados de los Estados Unidos, Puerto Rico, Italia, Colombia, Columbia Británica y Escocia), podría ser la solución ideal, pues gracias a este tipo de sociedad son los empresarios que aprovechan los recursos del mar quienes colaboran con sus propios fondos para salvaguardar el Mar Canario o cualquier otro mar. Las Sociedades Benefit son empresas que voluntariamente persiguen, en el ejercicio de sus actividades comerciales, además del objetivo de obtener ganancias, la búsqueda de uno o más efectos positivos (que también se pueden lograr reduciendo los efectos negativos) en las personas, las comunidades, los territorios y el medio ambiente, las actividades culturales y sociales, las instituciones y asociaciones y otras partes interesadas. Para Canarias, de hecho, queremos mirar hacia el futuro y el futuro comienza con el respeto y la protección de la vida marina.

#### Bibliografía

- (1) Ruozzi, E. 2011. La tutela dell'ambiente nella giurisprudenza della Corte europea dei diritti umani, Napoli, Jovene editore.
- (2) De Donno, B., L.Ventura. 2018. Dalla benefit corporation alla società benefit, Cacucci, Bari.



# ¿DICES O HACES?



## HAZTE SOCIO/SOCIA

900 100 014 [dicesohaces.org](http://dicesohaces.org)

Cada vez más cerca de las personas







# Los fondos de rodolitos

El valor oculto de los  
ecosistemas marinos





**Marcial Cosme, Francisco Otero-Ferrer,  
Ricardo Haroun**

Grupo en Biodiversidad y Conservación, IU-ECOQUA, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, Crta. Taliarte s/n, 35214 Telde, España. Email: marcialcosmedesteban@gmail.com

**Los ecosistemas marinos y su importancia**

Los océanos son el gran desconocido del planeta Tierra, tanto que se estima que sólo el 5% ha sido explorado y es común escuchar que se conoce más sobre la superficie lunar que sobre nuestros océanos. Además, al ser un medio en tres dimensiones da lugar a una amplia variedad de espacios habitables que hospedan una gran multitud de especies marinas. La gran cantidad de factores bióticos y abióticos (pH, luz, nutrientes, corrientes, etc.) hace que los océanos estén conformados por una multiplicidad de ecosistemas únicos y diferentes, que se distribuyen tanto vertical (columna de agua) como horizontalmente (a lo largo del fondo). Estos ecosistemas se caracterizan por albergar una diversidad formidable de fauna y flora, siendo mayor incluso que muchos ecosistemas terrestres, a partir de la cual la especie humana obtiene multitud de productos y servicios. Para tratar de caracterizar de forma más precisa a esta enorme diversidad biológica, los investigadores usan unidades operativas, llamadas hábitats, que permitan clasificar, organizar y describir agrupamientos de especies. De esa manera, es posible conocer y catalogar la biodiversidad a gran escala sin necesidad de tener un conocimiento pormenorizado y exhaustivo de las especies que lo conforman.

**Servicios ecosistémicos**

Junto a las características únicas de cada ecosistema y sus respectivos hábitats, cabe destacar las funciones estrechamente relacionadas con la capacidad de esos ecosistemas para proporcionar bienes y servicios, como son la regulación de climas, depuración del aire, agua y suelos o conservación de la biodiversidad; todos ellos vinculados al sostenimiento del medio ambiente y de la sociedad. Estas funciones, conocidas como Servicios Ecosistémicos, pueden ser cuantificados económicamente y ya están siendo valorizados tanto a nivel global como a nivel regional. Los Servicios Ecosistémicos pueden clasificarse, de forma general, en 4 clases:<sup>(1)</sup>

1. Servicios de Soporte o Estructurales: necesarios para la producción de todos los demás servicios ecosistémicos.
2. Servicios de Aprovisionamiento: productos obtenidos del ecosistema (p. ej., pesca).
3. Servicios de Regulación: beneficios obtenidos de la regulación de los procesos del ecosistema (p. ej., producción de oxígeno).







4. Servicios Culturales: beneficios no materiales que las personas obtienen de los ecosistemas (p. ej., paisajísticos, estéticos, religiosos, etc.).

### **Ecosistemas estratégicos**

Uno de los principales objetivos de la Ecología es el estudio de los factores bióticos y abióticos que regulan la estructura y dinámica de los ecosistemas. Los ecosistemas estratégicos son partes diferenciales del territorio que juegan papeles fundamentales en el sostenimiento de procesos naturales, sociales, económicos y ecológicos. Es decir, son aquellos ecosistemas donde se concentran las funciones naturales de las que dependen los bienes y servicios ecológicos esenciales que dan lugar a los servicios ecosistémicos mencionados en el apartado anterior, directa o indirectamente ligados a las necesidades humanas.

En el caso de las costas canarias, nos encontramos al menos con tres tipos de ecosistemas estratégicos someros: bosques de algas pardas sobre substratos rocosos y, sobre substratos móviles, praderas de fanerógamas marinas (sebadales) y fondos de rodolitos.

### **Los fondos de rodolitos**

Los fondos de rodolitos constituyen uno de los hábitats marinos más importantes desde el punto de vista ecológico debido a la elevada biodiversidad que albergan. El término de rodolito, cuyo significado literal es “piedra roja”, engloba al término maërl, palabra de origen bretón derivada de la palabra latina “margella” cuyo significado es “coral”. Este término, empleado particularmente en varias zonas costeras del Atlántico Norte, incluye al sustrato extraíble del mar conformado por algas calcáreas rojas, vivas y muertas, que posteriormente es utilizado para abonar y corregir el pH de las tierras de cultivo.

Los fondos de rodolitos son un hábitat formado por algas rojas calcáreas libres con paredes celulares ricas en carbonato cálcico, asentadas sobre substratos blandos (arenas o gravas), que forman nódulos móviles (no sujetos al fondo del mar) con un aspecto rocoso y una morfología variada, describiéndose un total de hasta 6 morfologías diferentes (redondeada, elipsoidal, ramificada o no, etc.). La formación de los nódulos y su crecimiento, que es extraordinariamente lento (máx. 1 mm/año), está influenciado por factores





El término de rodolito, cuyo significado literal es «piedra roja», engloba al término maërl, palabra de origen bretón derivado de la palabra latina «margella» cuyo significado es «coral». Este término, empleado particularmente en varias zonas costeras del Atlántico Norte, incluye al sustrato extraíble del mar, conformado por algas calcáreas rojas, vivas y muertas, que posteriormente es utilizado para abonar y corregir el pH de las tierras de cultivo.

biológicos, como es que un mismo nódulo pueda estar formado por 1 o más especies de algas rojas; y factores no biológicos como es el pH, la concentración de nutrientes y el hidrodinamismo (corrientes, oleaje, etc.). Este último factor no solo regula las condiciones óptimas de desarrollo de las algas, ya que influye en la turbidez y en la sedimentación (que a su vez influyen en la fotosíntesis), sino que afecta de forma directa a la morfología que presenta el nódulo, como que pueda ser más o menos redondeados o ramificados. En zonas de bajo hidrodinamismo, como áreas profundas o protegidas, dominan las formas aplanadas y con baja densidad de ramificaciones calcáreas. Por el contrario, en zonas de alto hidrodinamismo, como son las áreas someras y expuestas, los rodolitos presentan formas más inestables como las esféricas o elipsoidales densamente ramificadas. Al mismo tiempo, aunque estos nódulos son resistentes, se fracturan con periodicidad debido al movimiento generado por el hidrodinamismo. Estos nuevos fragmentos producen nuevos rodolitos y dan lugar a una capa superficial de nódulos de rodolitos sobre el sustrato blando, convirtiéndolo prácticamente en un fondo duro o “semi-rocoso”.

Cuando estos rodolitos son arrastrados por las corrientes y el oleaje hacia zonas más someras, pierden los pigmentos, se mueren y blanquean, acabando arrojados en la orilla formando depósitos de sus esqueletos calcáreos (como los famosos “beach popcorns” encontrados en playas al norte de Fuerteventura). Posteriormente, la abrasión por choque entre los nódulos va generando, muy lentamente, la mayoría de las partículas que conforman nuestras playas de arena rubia.

Esta plasticidad morfológica de los nódulos, así como la estructura y composición de los fondos de rodolitos y sus funciones ecológicas en Canarias están siendo estudiadas desde el Instituto Univ. ECOAQUA de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, dado su papel estratégico dentro del ecosistema marino canario.<sup>(2,3)</sup>

### Importancia

Los fondos de rodolitos poseen una gran importancia ecológica debido a 3 funciones esenciales que llevan a cabo, las cuales generan claros beneficios económicos, ecológicos, sociales y culturales. Estas funciones se sustentan en la morfología general de los nódulos y la tridimensionalidad que genera su estructura.<sup>(2)</sup>









Estos fondos, tienen una enorme importancia ecológica, ya que son uno de los hábitats más productivos del mundo. Esto se debe, entre otras razones, a la gran captación de carbono, en forma de carbonato cálcico ( $\text{CaCO}_3$ ), para la formación de la pared celular en los nódulos. El rodolito como cualquier organismo fotosintético, absorbe el  $\text{CO}_2$  presente en el agua para la realización de la fotosíntesis, pero, además, la gran mayoría de ese  $\text{CO}_2$  lo transforma en  $\text{CaCO}_3$ , actuando como una fábrica, y por ello se les consideran grandes “bio-factorias”.<sup>(4)</sup> Tanto es así, que varios estudios afirman que el 0,3% de la producción de carbonato a nivel mundial se lleva a cabo en los fondos de rodolitos, concretamente los ubicados en las cumbres de las montañas submarinas del Atlántico tropical sudoccidental, teniendo igual o mayor impacto que los arrecifes coralinos.<sup>(5)</sup> Gracias a la absorción del  $\text{CO}_2$  del agua, los fondos de rodolitos contribuyen a la regulación de la temperatura y pH marino, mitigando así los efectos del cambio climático.

Por otro lado, a los rodolitos se les considera especies fundamentales, ya que están consideradas como organismos formadores de hábitats o “ingenieros ecológicos”, es decir, aunque a los rodolitos se les considere un hábitat por sí solos, los nódulos en sí mismo son capaces de formar nuevos hábitats a su alrededor.<sup>(6)</sup> Esta función ecológica se sustenta por completo en la tridimensionalidad que genera su estructura, ya que crea una importante heterogeneidad espacial debido al tipo y presencia de mayor o menor número de ramificaciones (según como influya el hidrodinamismo y las especies que lo conformen) y a la distribución de cavidades internas del esqueleto calcáreo.

Estas características, junto a la cualidad de generar un sustrato duro que permite el asentamiento de organismos sésiles, posibilitan que se generen numerosos microhábitats alrededor de su estructura. Esta función, favorece una alta diversidad tanto de especies como de niveles tróficos.<sup>(3)</sup> Esta característica biológica confiere a este tipo de hábitat la particularidad de contener concentraciones excepcionales de especies nativas o “Hotspot”. Se han encontrado más de 300 especies de algas e invertebrados, asociados a campos de rodolitos en el Golfo de California y se han llegado a encontrar más de 450 especies (muchas de ellas específicas del hábitat) en la Península Ibérica. Otro ejemplo de su biodiversidad asociada es que, en Brasil, el 25% de la riqueza de especies de macroalgas están presentes en los fondos de rodolitos.



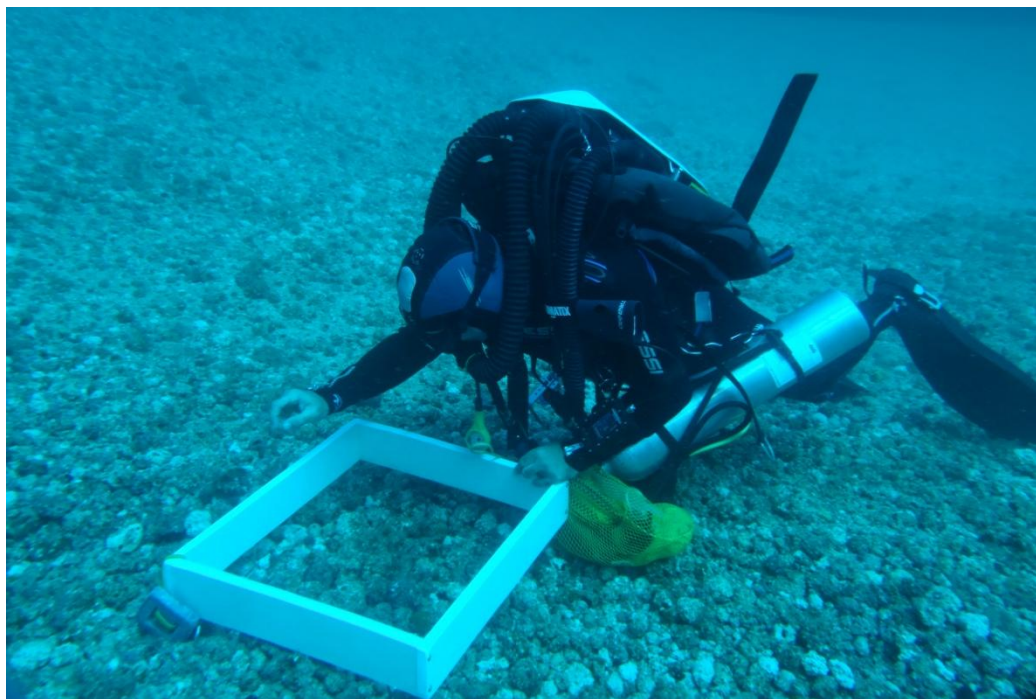


De igual modo, esta estructura del nódulo (tanto interna como externa) y la presencia de los numerosos microhábitats ligados a ella, proporciona un lugar idóneo como refugio para puestas y desarrollo larvario, jugando un papel como “vivero marino o áreas de cría”.<sup>(7)</sup> Así, el número de juveniles de invertebrados hallados en los fondos de rodolitos siempre es mayor al encontrado en otros hábitats (fondos de arena o roca), pudiendo llegar a ser casi 3 veces mayor que en hábitats adyacentes.<sup>(8)</sup> Además del visible beneficio ecológico, este tipo de funciones ayudan en la regeneración de especies con interés económico (por ejemplo, las vieiras) y por tanto a la productividad de dicha pesquería, contribuyendo a solucionar parcialmente el problema de su sobrepesca.<sup>(7,8)</sup>

#### **Amenazas y conservación**

Cómo se ha explicado, los rodolitos generan importantes servicios ecosistémicos y, por consiguiente, beneficios tangibles e intangibles. Sin embargo, es un hábitat extremadamente sensible y con una capacidad de regeneración muy lenta, debido a su baja reproductividad y crecimiento tan escaso. En la actualidad, existen numerosas amenazas principalmente debidas a actividades humanas. La presencia de grandes cantidades de carbonato de calcio en su estructura, les ha hecho ser muy apreciadas en la agricultura debido a su uso para el acondicionamiento de terrenos con exceso de acidez. Por esta razón, han sido explotados comercialmente desde tiempos inmemoriales, siendo requeridos más recientemente en otras industrias, como la farmacéutica, cosmética o alimentaria. No obstante, su desaparición no es





exclusiva a las explotaciones comerciales directas. Algunas actividades humanas repercuten en los fondos de rodolitos de forma indirecta. Cualquier tipo de actividad cercana que provoque la suspensión de partículas en la columna de agua (minería, pesca de arrastre o acuicultura), impide que la luz la atraviese y afecta negativamente la fotosíntesis de los rodolitos. Posteriormente, estas partículas se depositan sobre los nódulos, tapándolos y ocasionando finalmente su muerte. Por otra parte, la importancia de estos fondos como centros clave de biodiversidad y “vivero” de especies comerciales, les han hecho objetivo de la industria pesquera, quienes utilizan artes de pesca agresivos con el fin de evitar la rotura o enganche de los artes en el fondo, destruyendo el hábitat. Por otro lado, existen también daños indirectos del tipo físico como dragados y fondeos de em-

barcaciones, químico como la contaminación por actividad industrial o biológico como la introducción de especies invasoras.

Esta perspectiva de vulnerabilidad, junto con las enormes repercusiones ecológicas y económicas derivadas de su alteración o pérdida, implica como transcendental su protección y conservación. La planificación espacial marina es el proceso por el cual se asigna la distribución espacial y temporal de las actividades humanas en áreas marinas, viabilizando el desarrollo social y económico asegurando la estabilidad, integridad, conservación y protección de los ecosistemas marinos, entre ellos también los fondos de rodolitos. Sin embargo, para poder realizar una ordenación territorial correcta, es obligatorio basarse en los ecosistemas partiendo del conocimiento de sus características, presiones, vulnerabilidades e





La importancia de estos fondos, como centros clave de biodiversidad y «vivero» de especies comerciales, les han hecho objetivo de la industria pesquera.



interacciones con los ecosistemas colindantes, para determinar cómo reducir o eliminar los factores negativos y ayudar en su recuperación.

#### Bibliografía

- (1) Camacho, V., Ruiz Luna, A., 2012. Rev. BioCiencias, 1:3–15.
- (2) Otero-Ferrer, F., Cosme, M., Tuya, F., Espino, F., Haroun, R., 2020. Shelf Sci. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ecss.2019.106579](https://doi.org/10.1016/j.ecss.2019.106579)
- (3) Otero-Ferrer, F., Mannarà, E., Cosme, M., Falace, A., Montiel-Nelson, J.A., Espino, F., Haroun, R., Tuya, F., 2019. Estuar. Coast. Shelf Sci., 218:9–22.
- (4) Amado-Filho, G.M., Moura, R.L., Bastos, A.C., Salgado, L.T., Sumida, P.Y., Guth, A.Z., Francini-Filho, R.B., Pereira-Filho, G.H., Abrantes, D.P., Brasileiro, P.S., Bahia, R.G., Leal, R.N., Kaufman, L., Kleypas, J.A., Farina, M., Thompson, F.L., 2012. PLoS One, 7:5–10.
- (5) Sciberras, M., Rizzo, M., Mifsud, J.R., Camilleri, K., Borg, J.A., Lanfranco, E., Schembri, P.J., 2009. Mar. Biodivers., 39:251–264.
- (6) Neill, K.F., Nelson, W.A., D'Archino, R., Leduc, D., Farr, T.J., 2014. Mar. Biodivers., 45:63–75.
- (7) Nelson, W.A., Neill, K., Farr, T., Barr, N., D'Archino, R., Miller, S., Stewart, R., 2012. New Zealand Aquatic Environment and Biodiversity Report. Ministry for Primary Industries, Wellington, Britain.
- (8) Kamenos, N.A., Moore, P.G., Hall-Spencer, J.M., 2004. Mar. Ecol. Prog. Ser. 274:183–189.



**LA VIDA  
PASA PARA  
TODOS  
PERO NO PARA  
TODOS PASA  
IGUAL**

#efectosdelapobreza

**Ayúdanos a eliminar sus efectos**  
**HAZTE SOCIO. COLABORA**



[www.efectosdelapobreza.org](http://www.efectosdelapobreza.org)  
902 40 07 07  
envía sms **MANOS UNIDAS** al 28014





Pesca,  
energías marinas,  
recursos minerales  
y la planificación  
espacial marina





Las Islas Canarias y la  
costa del Sahara (NASA).

**Inma Herrera<sup>1</sup>, Dunia Mentado Rodríguez<sup>2</sup>,  
Francisco Javier González<sup>3</sup>**

1) Grupo en Biodiversidad y Conservación, Instituto Universitario en Acuicultura Sostenible y Ecosistemas Marinos (IU-ECOQUA), Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, Parque Científico y Tecnológico Marino, Carretera de Taliarte s/n, E-35214 Telde, España. E-mail: inma\_herri@hotmail.com

2) Departamento de Energías Renovables del Instituto Tecnológico de Canarias. E-mail: dmentado@itccanarias.org

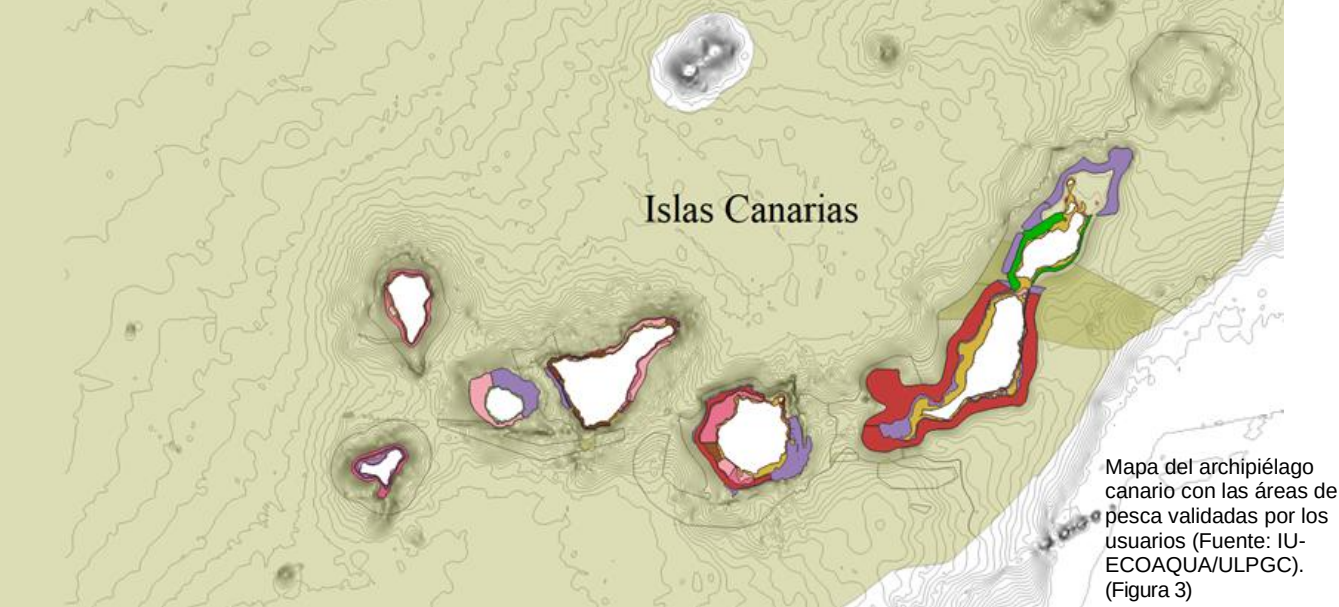
3) Área de Geología y Cartografía Geológica Marina. Instituto Geológico y Minero de España (IGME). C/ Ríos Rosas, 23. 28003 Madrid. E-mail: fj.gonzalez@igme.es

La planificación espacial marina es un proceso que requiere de participación, desde las primeras etapas, de las partes interesadas, usuarios y/o expertos, que representen a los múltiples sectores que desarrollan su actividad en las aguas que rodean el área de estudio. En este caso particular el ámbito geográfico considerado son las aguas, hasta las 200 millas náuticas (unos 455.353 km<sup>2</sup>), en torno a las Islas Canarias. En este artículo se hace hincapié en tres sectores que son, o puede ser, fundamentales en el crecimiento azul del archipiélago, como la pesca y sectores emergentes como son las energías marinas y la potencial explotación de los recursos minerales submarinos en los fondos cercanos a las islas.

Antes de ahondar en los sectores económicos señalados, creemos que es necesario considerar varios aspectos fundamentales para entender el porqué de la Planificación Espacial Marina. A raíz de la puesta en marcha de la Directiva Europea sobre Planificación Espacial Marina (Directiva de Planificación Espacial Marina del Parlamento de la Unión Europea 2014/84/UE, de 23 de julio de 2014) se establece un marco para el desarrollo de dicha Planificación en los estados miembros y se destacan los siguientes objetivos: 1- fomentar el crecimiento sostenible de las economías marítimas; 2- el desarrollo sostenible de los espacios marinos; y 3- el aprovechamiento sostenible de los recursos marinos.

Esta directiva se traspone en España a través del Real Decreto 363/2017, de 8 de abril, que establece la elaboración de cinco planes de espacial marina en España, uno por cada una de las cinco demarcaciones marinas en la Ley 41/2010. En el caso de la demarcación marina de Canarias, los primeros pasos para la aplicación de la planificación espacial marina se han dado recientemente con el proyecto MarSP (marsp.eu), cofinanciado por la DG MARE (Dirección General del Asuntos Marítimos y Pesca de la Comisión Europea).





Reunión con los pescadores de las cofradías de la isla de Gran Canaria (superior) y con pescadores de la Cofradía de Ntra. Sra. De Las Nieves en la isla de La Palma (abajo). (Figura 2)

### ¿QUÉ SON LAS COFRADÍAS?

Las cofradías son corporaciones de derecho público sectoriales, sin ánimo de lucro, representativa de intereses económicos de armadores de buques de pesca y de trabajadores del sector extractivo, que actúan como órganos de consulta y colaboración de las administraciones competentes en materia de pesca marítima y de ordenación del sector pesquero, cuya gestión se desarrolla con el fin de satisfacer las necesidades e intereses de sus socios, con el compromiso de contribuir al desarrollo local, la cohesión social y la sostenibilidad.

### ¿CUÁNTAS COFRADÍAS/COOPERATIVAS DE PESCADORES HAY EN LAS ISLAS CANARIAS?

En las Islas Canarias contamos con 27 cofradías: 1 en la isla de La Graciosa, 3 en Lanzarote, 3 en Fuerteventura, 4 cofradías y 2 cooperativas en Gran Canaria, 10 en Tenerife, 1 en La Gomera, 2 en La Palma y 1 en El Hierro.

Durante todo el proceso de ejecución y desarrollo del proyecto MarSP hemos tenido en cuenta los siguientes objetivos: (i) dar a conocer el proyecto MarSP y sus objetivos, destacando la importancia de la cooperación transfronteriza y la posición geoestratégica de Macaronesia en el Océano Atlántico, (ii) explicar qué es la planificación espacial marina y por qué es necesaria en las Islas Canarias, sensibilizando a las partes interesadas, a los usuarios y/o expertos sobre la importancia de la planificación espacial marina para su sector, y (iii) demostrar cómo esta planificación es un instrumento para superar conflictos y lograr un buen estado ambiental.

Así mismo, creemos que es importante subrayar dos aspectos: a) sensibilizar a las partes interesadas, a los usuarios y/o expertos sobre la importancia de la planificación espacial marina para su sector, y b) fomentar el valor de la participación y papel activo de éstos, porque en las primeras etapas de los procesos de planificación es fundamental contar de primera mano con los actores de cada sector, para, por una



parte, aunar y recopilar toda la información existente de los sectores marinos y/o marítimos presentes y futuros, o emergentes, en las aguas canarias y, por otro lado, para identificar mecanismos inclusivos que ayuden a superar potenciales conflictos de intereses.

### **Sectores primarios y tradicionales: la pesca artesanal**

El proceso participativo con los usuarios de los distintos sectores marinos y/o marítimos es imprescindible en la planificación espacial marina, y existen manuales específicos al respecto.<sup>(1)</sup> Una de las principales razones para hacer esta llamada a la participación es porque se intentan alcanzar diversos objetivos sociales, económicos y ecológicos, y, por ello, se debe mostrar desde el conocimiento del usuario la información existente, así como posibles formas de mejorar en un futuro cercano. Hay que recordar que la planificación espacial marina es un proceso continuo que requiere de una constante actualización de las actividades que acontecen en las aguas del Archipiélago Canario.

Uno de nuestros principales retos fue dar visibilidad a todos los sectores implicados, aunque se realizó un esfuerzo especial con sectores con tradiciones de uso del mar muy arraigadas, como es el caso de la pesca. La pesca en Canarias ha tenido una importancia histórica estratégica, tanto económica como en la aportación de recursos, pero actualmente necesita de una mayor transparencia en la caracterización geográfica de la distribución del esfuerzo y zonas de pesca, pues es clave para un buen proceso de planificación espacial marina. Es aquí donde se ha desarrollado un mayor trabajo en el marco del proyecto MarSP: concienciar a los usuarios, en este caso particular a los pescadores artesanales, que su sector es importante y no sólo para ellos sino también para la sociedad, que es necesario visibilizar los esfuerzos que realizan desde las diferentes cofradías de pescadores para los más de dos millones de habitantes canarios, y que es fundamental poder contar con su apoyo y cooperación en este proceso inicial de la planificación marina.

Aunque se está recopilando información para dar visibilidad a la distribución espacial del sector, también contemplamos las limitaciones y conflictos que tiene cada día el sector pesquero con otras actividades económicas como, por ejemplo, las tuberías o los cables no soterrados de la red eléctrica, o de los futuros aerogeneradores. Para intentar mitigar estas desavenencias se hace necesario una cooperación entre diferentes sectores para lo cual es importante el proceso participativo. Para alcanzar esta participación, desde el Proyecto MarSP se organizaron varios talle-

res grupales a lo largo de los años 2018 y 2019. En el caso de los pescadores artesanales, gracias al apoyo de los grupos de acción costera (GAC) en las islas, y en especial a Montse Gimeno del GAC en Gran Canaria, se pudo poner de relieve la necesidad de mostrar una “fotografía” realista del sector de la pesca y como es la distribución espacial de su actividad extractiva, no solo en áreas costeras sino también en el resto de la Zona Económica Exclusiva (200 millas náuticas de mar abierto). Para ello se realizaron reuniones sectoriales con cada cofradía de pescadores o, en su caso, con el colectivo de cofradías de cada isla (Fig. 2).

Para hacer todo este proceso de manera eficaz, y que fuese poco tedioso para los usuarios, se intentó tener un trato cercano con ellos, haciendo hincapié en la información relevante para la planificación espacial marina, y para tener una fotografía lo más amplia y nítida posible de las áreas de pesca. Se mantuvieron reuniones en cada una de las islas, no solo presenciales sino también vía telefónica y por correo electrónico, a lo largo seis meses. Resultado de este trabajo se ha podido confeccionar un primer mapa de la distribución espacial de la actividad pesquera artesanal en el Archipiélago Canario (Fig. 3).

### **Energías marinas**

La introducción de las energías renovables en el mix energético de los países y la reducción del consumo de los combustibles fósiles, es una necesidad imperante a nivel mundial. No obstante, en el caso de los archipiélagos macaronésicos, además de la creciente densidad de población y la consecuente subida de la tasa de ocupación del suelo, un gran porcentaje de la superficie del territorio está protegido debido a la existencia de especies, tanto vegetales como animales, que son únicas en el mundo. Salvaguardar esos hábitats y el medioambiente es una prioridad a la hora de implementar los sistemas de producción de energías renovables, constituyendo ambos un binomio inseparable. Ante estas situaciones, el espacio marino se configura como la única alternativa viable para una expansión de las instalaciones orientadas a obtener energía de origen renovable.

Los océanos tienen un potencial energético capaz de generar una importante contribución al suministro energético de países y comunidades situadas cerca del mar. Océanos y mares constituyen el mayor colector solar y sistema de almacenamiento de energía del mundo, que ocupan más del 70% de la superficie terrestre. Las fuentes de energía que ofrecen los mares y océanos, como resultado de la transformación de la energía solar que capturan sus aguas, se catalogan de la siguiente manera:



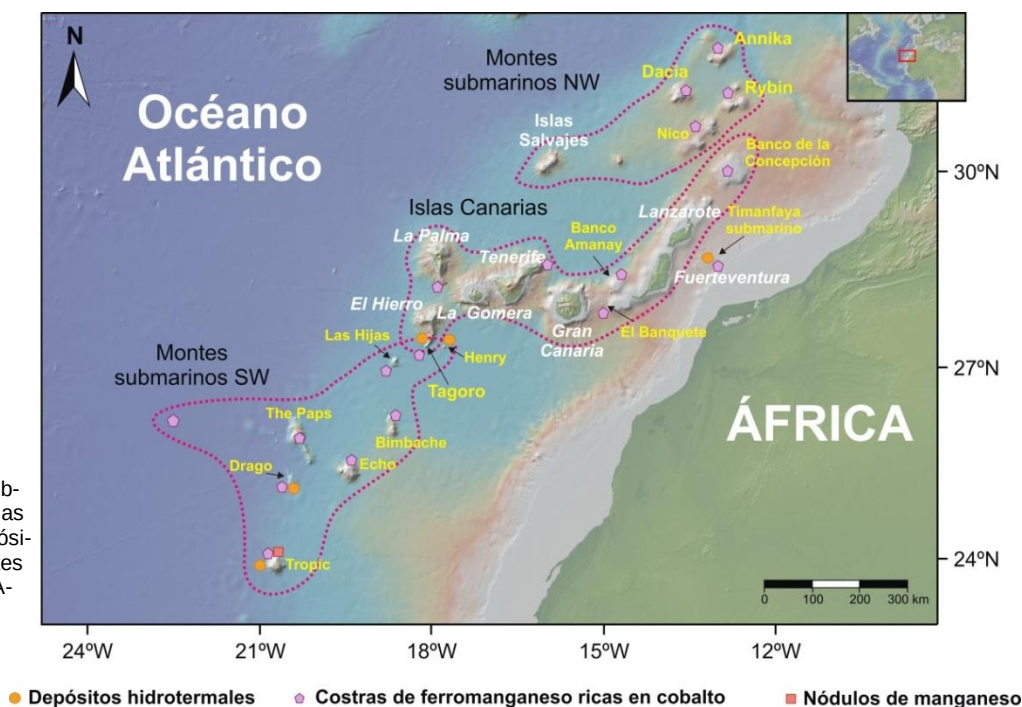


Aerogenerador en la isla de Gran Canaria  
(Foto: Inma Herrera). (Figura 4)

1. **Energía eólica marina** (Fig. 4): el potencial mundial de energía eólica marina se estima en 200.000 TWh/año,<sup>(2)</sup> en comparación con el consumo mundial de electricidad de alrededor de 16.000 TWh/año. Además, las velocidades promedio del viento son más altas y consistentes al alejarnos de la costa. Esto significa que los parques eólicos marinos, aunque son más caros, pueden producir más energía durante todo el año y tienen factores de capacidad más altos. En líneas generales, existen dos tipos de parques eólicos marinos según su tipo de cimentación: los fijos, se instalan hasta 60 m de profundidad y son cimentados al fondo marino, y los flotantes, cuya base flota sobre el mar, alcanzando profundidades mucho mayores (entre 800 y 1000 m según diferentes tecnólogos) y es anclada al fondo marino para evitar su deriva.
  2. **Energía de corrientes de marea y marinas:** la energía de corrientes marinas es la energía cinética del agua de mar que fluye, principalmente el flujo oceánico relativamente constante en estrechos o canales de agua, y el flujo de corriente regular causado por las mareas. Las turbinas marinas se utilizan para la extracción de esta energía oceánica. Su funcionamiento es similar al de un aerogenerador, con la diferencia de que, en este caso, es el flujo de la corriente marina el que hace girar el rotor. Para ser rentable, requiere un caudal de al menos 2 m/s.<sup>(3)</sup>
  3. **Energía de olas o undimotriz:** a nivel mundial, la mayor parte del potencial energético de las olas se concentra en los océanos Atlántico y Pacífico, entre las latitudes 40° y 60° norte y sur, con un potencial de entre 50 y 100 kW/m de frente de onda.<sup>(3)</sup> En Europa, este recurso natural se encuentra principalmente en la costa atlántica, con un potencial de energía de las olas que varía de 30 a 75 kW/m, dependiendo de la ubicación. Según el Consejo Mundial de Energía,<sup>(4)</sup> el potencial teórico de energía de las olas en todo el mundo es de 29,5 PWh/año.
  4. **Energía térmica oceánica:** La conversión de energía térmica oceánica (siglas OTEC, en inglés) utiliza la diferencia de temperatura entre el agua fría del océano profundo y el agua superficial más cálida para ejecutar un ciclo de energía y producir electricidad. El potencial teórico mundial de esta energía renovable se estima en alrededor de 10 TW.<sup>(4)</sup>
- Analizando las características de cada uno de estos tipos de fuentes de energía renovable, los recursos de energía marina disponibles en las Islas Canarias implican principalmente la explotación del viento y las olas. Otras fuentes de energía marina renovables no son explotables con la tecnología actualmente disponible.



Provincia de los montes submarinos de las islas Canarias con la situación de los depósitos minerales más relevantes (Fuente: Proyecto GeoERA-MINDeSEA). (Figura 5)



Los parques eólicos marinos y los dispositivos captadores de olas son combinables, siempre que el recurso disponible lo permita, es decir, que en una misma superficie de instalación podemos hacer un aprovechamiento combinado de viento y olas, no quedando descartado su simbiosis con otros usos como la acuicultura, deportes, etc.

Las Islas Canarias tienen un gran potencial eólico marino y, aunque actualmente no se ha instalado ningún parque eólico marino comercial en toda España, existen tres prototipos de aerogeneradores marinos ubicados en Gran Canaria, que representan aproximadamente 10 MW en total (Fig. 4). Sin embargo, en algunas ocasiones los aerogeneradores son “rechazados” a nivel social debido al impacto visual que pueden causar, pero en el caso de la instalación offshore, cuanto más nos alejemos de la costa la visibilidad de las turbinas eólicas desde tierra será inferior. En todo caso, ha llegado el momento de poner en una balanza la relevancia de dicho impacto visual frente al gran beneficio que genera la producción de energía limpia para nuestro entorno, pudiendo sustituir a centrales convencionales de generación de energía que contaminan constantemente la atmósfera.

En cuanto a los dispositivos de captación de la energía de las olas, los flotantes no ofrecen gran impacto, sin embargo, es una tecnología que no termina de cuajar en el mercado, habiéndose desarrollado muchos prototipos que finalmente no han sido comercializados, por lo que su desarrollo potencial se estima aún a futuro.

En conclusión, en lugares con poco territorio disponible y con un recurso renovable importante, como es el caso de las Islas Canarias, aprovechar la riqueza energética de los océanos, de manera eficaz y ordenada con una planificación previa en convivencia con el resto de los usos marinos, es una necesidad y una obligación para ir avanzando pasos hacia una descarbonización de los territorios.

### Recursos minerales submarinos

Las Islas Canarias son una de las provincias volcánicas más importantes y antiguas del océano Atlántico. Este archipiélago de la Macaronesia no solo está formado por los espectaculares volcanes de sus ocho islas principales, sino que, bajo la superficie del mar, desde las líneas de costa hasta los 5000 m de profundidad, más de cien montes submarinos forman las otras Canarias sumergidas. El equipo de científicos que ha realizado el estudio para la ampliación de las aguas territoriales españolas al oeste de las Islas Canarias conoce bien esos volcanes sumergidos y los tesoros que albergan. Tras una década de expediciones cartográficas y estudios, llevados a cabo por científicos del Instituto Geológico y Minero de España (IGME), el Instituto Español de Oceanografía (IEO) y el Instituto Hidrográfico de la Marina (IHM), se han descubierto volcanes submarinos, depósitos de minerales críticos y ecosistemas singulares. Algunos de los montes submarinos como son Las Hijas, Echo o Tropic, que se encuentran al sur del Archipiélago Canario, son antiguos volcanes, ya extintos, formados en el Cretácico hace más de



100 millones de años. Pavimentos de óxidos de ferromanganeso muy ricos en cobalto, níquel, tierras raras y telurio entre otros metales, cubren las rocas volcánicas y sedimentos de estos volcanes (Figs. 5 y 6). En 2017 se anunció el que podría ser uno de los mayores yacimientos de telurio del mundo en el monte Tropic, conteniendo más de 2600 toneladas del metal.<sup>(5)</sup> El proyecto GeoERA-MINDeSEA, que aúna un consorcio de servicios geológicos de toda Europa liderado por el IGME, trabaja desde 2018 para el estudio de los depósitos minerales y sus metales críticos asociados en los mares europeos. Se están cartografiando las ocurrencias de minerales hidrotermales, costras de ferromanganeso, nódulos polimetálicos, fosforitas y minerales de placeres marinos. El equipo MINDeSEA está estudiando la génesis de estos minerales y sus metales críticos en las aguas europeas del Atlántico, el Ártico, el Báltico, el Mediterráneo y el Mar Negro. La industria de la alta tecnología y la energía verde necesitan muchos de esos metales para la producción de teléfonos móviles, aerogeneradores, coches eléctricos y paneles solares, por ejemplo.

La minería submarina se plantea como una alternativa a las minas de tierra firme para el aprovisionamiento de metales. Estamos en el momento de transición de la economía basada en el petróleo, a la que debe basarse en los elementos críticos y las tecnologías verdes, avanzando hacia un modelo más sostenible con menores emisiones de CO<sub>2</sub>. Y el mar es la nueva frontera a explorar, con grandes retos de tipo tecnológico, científico, medioambiental y social. Los fondos marinos del planeta aún se encuentran muy poco explorados, conocemos mejor la superficie de la Luna que nuestros mares y océanos. Con el fin de desarrollar el conocimiento de los fondos marinos, la Comisión Europea está llevando a cabo la iniciativa European Marine Observation and Data Network (EMODNET) para desarrollar una infraestructura europea de datos marinos (batimetría, geología, hábitats, química, biología, física y actividades humanas) y cartografiar y facilitar el acceso a la información a organismos gubernamentales, la industria y centros de investigación. Dentro de esta iniciativa europea, el IGME participa en el proyecto EMODNET-GEOLOGY, cuyo objetivo es la compilación de información geológica marina y la creación de una base cartográfica geológica de los márgenes continentales europeos, incluida la Macaronesia. Dicha cartografía muestra los tipos de sedimentos del fondo marino, los deslizamientos, los volcanes, los recursos, los tipos de costa, la geomorfología, etc.



Los montes y volcanes submarinos canarios albergan ecosistemas de gran valor, donde se desarrollan por ejemplo jardines de corales de aguas profundas y esponjas, o proliferan especies de microorganismos extremófilos junto a las fuentes hidrotermales (Fig. 6). Muchas especies pueden ser nuevas para la Ciencia e imprescindibles para el equilibrio del ecosistema. Es por esto que los usos de los mares, entre los que se encuentra el aprovechamiento de sus recursos no vivos como los minerales, representan un gran reto para la Humanidad, y forman parte de la Agenda 2030 propuesta por Naciones Unidas y sus 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible. La potencial actividad minera submarina que pudiera desarrollarse en un futuro en las Islas Canarias debe ser compatible con otros usos del espacio marino como son la pesca, la acuicultura, la producción de energía renovable, la biotecnología marina, el turismo o el tráfico





A-D: Imágenes submarinas y costras de ferromanganeso ricas en cobalto de los montes submarinos Tropic, Echo y Drago. Expediciones DRAGO0511 y JC142 (Fuente: IGME y NOC). E: Sedimentos metalíferos hidrotermales y tapices microbianos del volcán submarino Tagoro (El Hierro) filmados y muestreados con el ROV LUSO en 2014 durante la expedición SUBVENT 2. F: Jardines de corales de aguas profundas sobre lavas del Timanfaya submarino (Lanzarote-Fuerteventura) (Fuente: IGME). (Figura 6)

marítimo. Y a su vez, esta minería debe ser respetuosa con el medio ambiente y los ecosistemas marinos, tratando muy de cerca los aspectos referidos a la contaminación marina y la conservación de las zonas costeras y profundas. Son grandes retos para el desarrollo que a su vez traen consigo oportunidades.

Dicha actividad minera debe ir de la mano de un aumento del conocimiento y de las figuras de protección de los ecosistemas marinos de la Macaronesia, del desarrollo de regulaciones medioambientales y de pla-

nificación del espacio marino que permitan explotaciones sostenibles, y de una política de inversiones regional y estatal que retorne a la sociedad canaria una parte significativa de los beneficios de la actividad minera. El “pistoletazo de salida” puede darlo en 2020 la Autoridad Internacional de los Fondos Marinos (ISA), organismo asociado a las Naciones Unidas y responsable de la exploración y explotación de minerales en aguas patrimonio de la Humanidad. La ISA se encuentra en fase de discusión del reglamento que regulará la minería submarina en aguas internacionales. Si este reglamento es finalmente aprobado en los próximos meses, como está previsto, la actividad minera para extracción de nódulos de manganeso en aguas internacionales de los océanos Pacífico e Índico podría comenzar en unos 10 años, según las estimaciones de los expertos.

### Agradecimientos

Dar las gracias al apoyo incondicional del Grupo de Acción Costera en Gran Canaria, al Cabildo de Tenerife y a todos los pescadores y secretarías de las cofradías de pescadores de las Islas Canarias por el esfuerzo, compromiso y cooperación con y para el proyecto MarSP. La investigación ha sido financiada por el proyecto MarSP (Macaronesian Maritime Spatial Planning; EASME/EMFF/2016/1.2.1.6/03/SI2.761306).

Además, esta contribución ha sido posible gracias al trabajo del Equipo de Geología Marina del IGME formado por Luis Somoza, Teresa Medialdea, Egidio Marino, Iker Blasco y Ana Lobato. La investigación ha sido financiada por los proyectos europeos GeoERA-MINDeSEA (Seabed Mineral Deposits in European Seas: Metallogeny and Geological Potential for Strategic and Critical Raw Materials; Grant Agreement Nº 731166), EMODnet-Geology (EASME/EMFF/20186/1.3.1.28-Lot 1/SI12.811048.750862), y por el proyecto para la extensión de la Plataforma Continental de las Islas Canarias y Galicia (CTM2010-09496-E, SUBPROGRAMA MAR).

### Bibliografía

- (1) Ehler, C., Douvère, F. 2009. Marine Spatial Planning: A Step-by-Step Approach toward Ecosystem-Based Management; Intergovernmental Oceanographic Commission and Man and the Biosphere Programme; IOC Manual; UNESCO: Paris, France. 1-98.
- (2) Arent, D., Sullivan, P., Heimiller, D., Lopez, A., Eurek, K., Badger, J., Jørgensen, H.E., Kelly, M., Clarke, L., Luckow, P. 2012. Improved offshore wind resource assessment in global climate stabilization scenarios. Contract 303, 275-3000.
- (3) Pelc, R., Rujita, R.M. 2002. *Mar. Policy*, 26(6):471-479.
- (4) World Energy Council (WEC). World Energy Resources 2016. Survey, 2016.
- (5) Marino, E., González, F.J., Somoza, L., Lunar, R., Ortega, L., Vázquez, J.T., Reyes, J., Bellido, E. 2017. *Ore Geology Reviews*, 87:41-61.

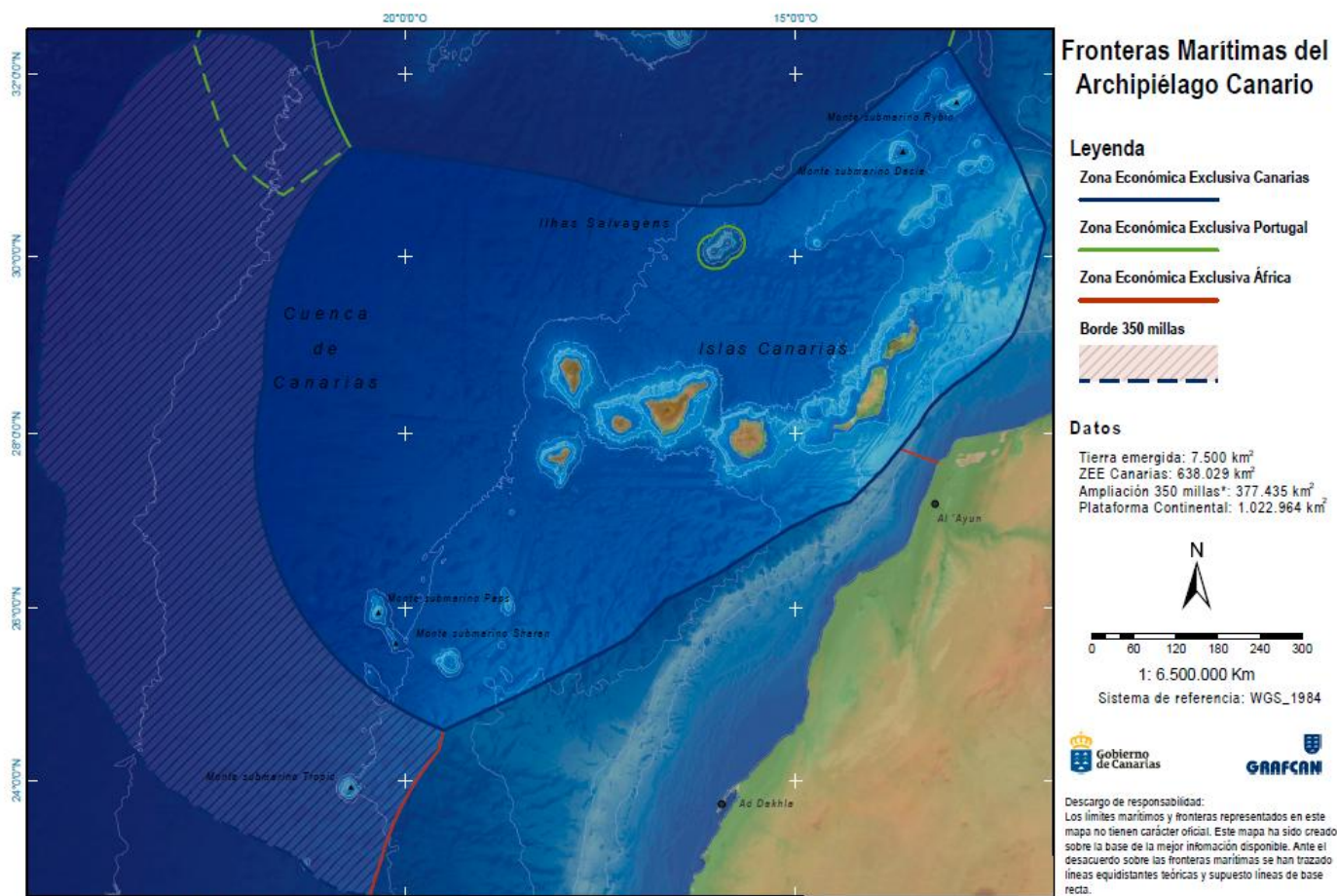


The background of the entire page is a monochromatic blue underwater photograph. It depicts a diver in the foreground, slightly out of focus, looking towards the right. In the background, there are large, ancient stone ruins, possibly part of a shipwreck or a submerged structure, with some debris and bubbles visible in the water.

# Patrimonio arqueológico subacuático en las Islas Canarias

La Biblioteca Digital de Arqueología  
Náutica y la Planificación Marina,  
nuevas posibilidades





Área marina que comprende la Zona Económica Exclusiva de Canarias actual y su futura expansión hasta las 350 millas náuticas (Fuente: Grafcan). (Figura 1)

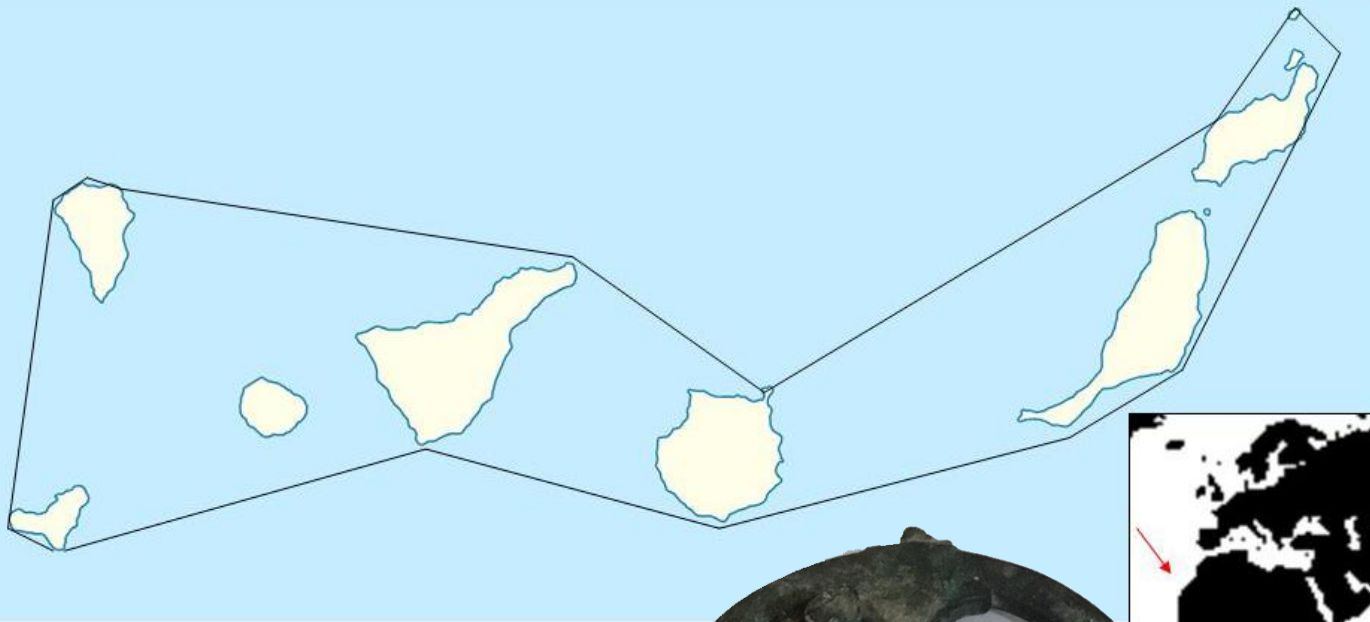
## Filipe de Castro Viera<sup>1</sup> y Vicente Benítez Cabrera<sup>2</sup>

1- Texas A&M University- Director, J. Richard Steffy Ship Reconstruction Laboratory <https://tamu.academia.edu/FilipeCastro>; <https://nadl.tamu.edu>.  
2.- Viceconsejería de Transición Ecológica y Lucha Contra el Cambio Climático, Gobierno de Canarias. Servicio de Planificación del Medio Natural

Desde el año 2017 se han aprobado tres nuevas regulaciones muy significativas en el Estado y las Islas Canarias: el decreto nacional 363/2017 sobre Planificación Espacial Marina, un nuevo Estatuto de Autonomía de Canarias en 2018 y una nueva Ley 11/2019 de Patrimonio Cultural de Canarias, que definen un nuevo marco legal y nuevos escenarios para dar respuestas y proponer estrategias de gestión y planificación relacionadas con el Patrimonio Cultural Subacuático. Al mismo tiempo, el desarrollo de nuevas herramientas digitales como la Biblioteca Digital de Arqueología Náutica -NADL,<sup>(1)</sup> aportada por el ShipLab (Laboratorio de Reconstrucción de Pechos, Universidad de Texas), y la existencia de bases de datos georreferenciadas disponibles, posibilitan la gestión de los recursos culturales en el marco geográfico marítimo.

El Real Decreto 363/2017 establece que España deberá elaborar planes de ordenación espacial de cada una de sus demarcaciones marinas y aprobarlos, mediante Consejo de Ministros, antes del 31 de marzo de 2021. Para ello, en la Demarcación Marina Canaria se han de tomar las fronteras marítimas del Archipiélago definidas por España ante las Naciones Unidas, que al oeste de las islas alcanza las 350 millas náuticas, medidas desde los extremos occidentales de las islas de La Palma y El Hierro (Fig. 1). En este contexto espacial, el nuevo Estatuto de Autonomía de Canarias establece como aguas territoriales el ámbito de actuación de la Comunidad Autónoma, y sobre las que puede ejercer competencias en materia de patrimonio cultural (artículo 137), hasta la línea perimetral de base rectas declaradas como aguas canarias (Fig. 2). Por otra parte, de manera sectorial la Ley de Patrimonio Cultural de Canarias, recoge los principios y criterios de la Convención de la UNESCO de 2001, ratificada por España en 2009, aplicándolos al patrimonio arqueológico subacuático (artículo 95), aunque el Gobierno de Canarias solo tiene competencias en las aguas inte-





Mapa de las líneas de base rectas que delimitan el ámbito marítimo de las aguas del Archipiélago Canario de acuerdo con la Ley 44/2010 (BOE nº 318, de 31 de diciembre de 2010). (Figura 2)



Astrolabio del siglo XVI localizado en la costa norte de Tenerife.

riores, como dominio espacial, a diferencia del territorio soberano (Interpretando a Luciano Parejo).

Si consideramos que la superficie de tierra emergida que conforma el Archipiélago Canario es de aproximadamente 7.500 Km<sup>2</sup>, con una longitud de costa de 1.500 Km, surgen importantes cuestiones a resolver con este nuevo marco jurídico sobre cómo hacer una propuesta de ordenación espacial del patrimonio cultural submarino, acorde al artículo 10.2 del nuevo Estatuto de Autonomía. Estas propuestas han de permitir gestionar, proteger y conservar el patrimonio cultural en un área marina que abarca los 638.029 Km<sup>2</sup> de la actual ZEE de Canarias, espacio marítimo que se verá aumentado en 377.435 Km<sup>2</sup> adicionales con la ampliación hasta las 350 millas náuticas. No obstante, esta gestión parte con la experiencia negativa de los 20 años en los que ha estado vigente la anterior ley de patrimonio de 1999, con un marco operativo en el que difícilmente se definieron algunos yacimientos arqueológicos subacuáticos en las siete islas y en los que no se redactaron ni aprobado las correspondientes cartas arqueológicas subacuáticas. Es evidente que, sin una clara reestructuración de la estrategia de actuación, el nuevo marco legislativo y espacial por sí sólo no significará una mayor protección de los recursos naturales y culturales submarinos.

En el contexto normativo actual, los pecios y yacimientos subacuáticos quedan adscritos a los catálogos insulares, pero no queda muy claro si el ámbito espacial marino o marítimo queda igualmente adscrito a cada una de las islas. Herramientas como la plataforma tecnológica NADL deben ayudar a la gestión de los recursos que conforman el patrimonio sumergido natural y cultural, y ayudar a alcanzar una planificación espacial marina que garantice la adecuada preservación de los yacimientos arqueológicos documentados. El objetivo principal de la plataforma NADL es establecer un marco que: a) catalogue, almacene y administre eficientemente artefactos y restos de pecios junto con sus datos e información asociada, generada durante una excavación arqueológica subacuática; b) integra fuentes de datos heterogéneas de diferentes medios para facilitar el trabajo de investigación; c) incorpora fuentes históricas para ayudar en el estudio de los artefactos encontrados; d) despliega herramientas de representación gráfica que facilita a los investigadores manejar, visualizar y estudiar los artefactos y sus relaciones; y e) desarrolla algoritmos y mecanismos que permiten visualizar la reconstrucción de los pecios y determinar dónde encajan las piezas y fragmentos recuperados en un yacimiento.<sup>(1)</sup>





Recuperación de pieza de artillería en un pecio del siglo XVII hundido en las proximidades del Roque de Arinaga (sureste de Gran Canaria).





Ancla de un pecio del siglo XIX localizado en el norte de Tenerife.

Además, es un instrumento que permite compartir los trabajos académicos con una audiencia lo más amplia posible.

Para el rastreo y localización de los recursos patrimoniales submarinos es imprescindible la tecnología geofísica y modelos digitales. Por ello, cualquier propuesta de ordenación espacial marítima debe ser coherente con los desarrollos cartográficos digitales oficiales actualizados y georeferenciados, como el soporte ya desarrollado por Grafcán y el Servicio de Ordenación del Litoral del Gobierno de Canarias. (<http://www.pilotajelitoralcanario.es/>; <https://visor.grafcan.es/visorweb/>)

### Bibliografía

- (1) Castro, F., Furuta, R., Akleman, E., 2019. ShipLAB, CSDL, and the VizLab: The nautical archaeology digital Library (nabl.tamu.edu). Texas A&M University. 38 pp.





# HAMBRE Y SEQUÍA EN EL CUERNO DE ÁFRICA



## Save the Children

La región del Cuerno de África lleva varias temporadas sufriendo devastadoras sequías que han provocado que 500.000 niños sufran desnutrición severa.

**15 millones de personas necesitan ayuda urgente.**

Por transferencia o ingreso en cuenta bancaria  
(Concepto: EMERGENCIA CUERNO DE ÁFRICA)

Santander ES13 0049 0001 5224 1001 9194

CaixaBank ES89 2100 1727 1202 0003 2834

BBVA ES83 0182 5502 5800 1002 0207

Bankia ES81 2038 1004 7168 0000 9930

Por teléfono

900 37 37 15 (gratuito, de lunes a viernes de 9 a 21h)



# Inmaculada Herrera Rivero

“En la planificación espacial marina deben incluirse todos los sectores que desarrollan su actividad o parte de su actividad en el mar”

Nacida en Gran Canaria (España) en diciembre de 1983, se licenció y se doctoró en Ciencias del Mar (Dra. en Oceanografía Biológica) por la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (ULPGC). Su formación investigadora se ha completado con estancias de investigación en el Instituto de Ciencias del Mar (ICM, CSIC) de Barcelona y en las Universidades de Hamburgo (Alemania) y Bergen (Noruega). Trabajó en el Instituto Español de Oceanografía (IEO) para varios proyectos y en distintos centros, Málaga, Cádiz y Canarias (Tenerife).

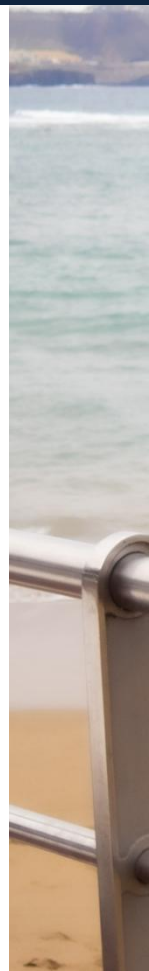
Actualmente está contratada como investigadora postdoctoral en el Instituto Universitario de Acuicultura Sostenible y Ecosistemas Marinos (IU-ECOQUA), ULPGC por el proyecto MarSP (Macaronesian Maritime Spatial Planning) aunando información de los distintos sectores que desarrollan su actividad en las aguas de la demarcación marina de Canarias, organizadora de talleres participativos con los usuarios y/o expertos de los sectores marinos, y realizando informes científico-técnicos y artículos de investigación.

## ¿Cuáles son las metas que se persiguen con el proyecto MarSP?

El proyecto MarSP, cofinanciado al 80% por el Fondo Europeo Marítimo y de la Pesca FEMP (*European Maritime and Fisheries Fund* - EMFF), a través de la Agencia Ejecutiva para las Pequeñas y Medianas Empresas (EASME), pretende constituir una metodología adaptada para los tres archipiélagos de la Macaronesia europea (Azores, Madeira y las Islas Canarias) con la finalidad de ayudar a establecer las herramientas necesarias para la creación de un plan de Planificación u ordenación del espacio marino.

En 2014 el Parlamento de la Unión Europea (UE) y los estados miembros acordaron la directiva (2014/84/UE, de 23 de julio de 2014) establece un marco para la Planificación Espacial Marina donde se destacan los siguientes objetivos: 1) fomentar el crecimiento sostenible de las economías marítimas, 2) el desarrollo sostenible de los espacios marinos, y 3) el aprovechamiento sostenible de los recursos marinos.

En España la directiva 2014/84/UE se traspone a través del Real Decreto 363/2017, 8 de abril, así un marco semejante a la directiva de la UE para la Planificación Espacial Marina. Este Decreto establece que se deberán elaborar cinco planes de España, uno por cada una de las cinco demarcaciones marinas establecidas en la Ley 41/2010, de la protección del medio marino, siendo una de ellas la demarcación







(Inma Herrera)

marina de Canarias. En el caso particular de la demarcación marina de Canarias, los primeros pasos con relación a esta planificación espacial fueron dados recientemente, en el 2018, con el proyecto MarSP.

#### **Entonces, ¿qué es la Planificación espacial Marina y qué sectores están involucrados?**

Según la definición dada por Ehler y Douvere (2009), la planificación espacial marina es un proceso público orientado a analizar y asignar la distribución espacial y temporal de las actividades humanas en zonas marinas para alcanzar objetivos ecológicos, económicos y sociales que normalmente se especifican por medio de un proceso político.

En la planificación espacial marina deben incluirse todos los sectores que desarrollan su actividad o parte de su actividad en el mar, utilizando para ello parte de

este espacio de forma excluyente o no. Así, deben incluirse las zonas destinadas a la acuicultura, las zonas de pesca, las áreas susceptibles para realizar investigación científica, las instalaciones e infraestructuras para la prospección, explotación y extracción de petróleo, gas y otros recursos energéticos, minerales y áridos minerales, y la producción de energía procedente de fuentes renovables, las rutas de transporte marítimo y los flujos de tráfico, las zonas de entrenamiento militar, los lugares de conservación de la naturaleza y de las especies y las zonas protegidas, las zonas de extracción de materias primas, los tendidos de cables y de tuberías submarinos, el turismo, el patrimonio cultural submarino, etc.

#### **¿Cuáles son o han sido los objetivos del proyecto MarSP?**

La mayoría de las regiones costeras europeas ya



han desarrollado procesos de planificación espacial marina y, dado que se encuentran a lo largo de toda Europa continental, no comparten los principales desafíos que caracterizan a los archipiélagos macaronésicos, como la lejanía y sus singularidades oceánicas y biogeográficas. Estas características específicas de la Macaronesia implican la necesidad de desarrollar metodologías propias adaptadas a estas realidades archipelágicas. Por lo tanto, el proyecto MarSP tiene como objetivo proponer marcos adecuados para el desarrollo de esta planificación en tres regiones ultraperiféricas de la Unión Europea: Azores, Madeira y las Islas Canarias que políticamente constituyen la Región Macaronésica, de conformidad con la Directiva Europea sobre Ordenación/Planificación del Espacio Marino (2014/89/UE). En este sentido, el desarrollo de una metodología de trabajo específica en planificación espacial marina para su aplicación regional y/o archipelágica facilitará el intercambio de experiencias y los desafíos de la planificación para el espacio marítimo y sus problemas relacionados.

El proyecto MarSP también apunta a fortalecer la posición de la Macaronesia en el contexto global, ya que esta región está rodeada por una gran área marina, con un potencial económico reconocido y crecientes demandas, de varios sectores del “Crecimiento Azul” (turismo, energías renovables, pesca, acuicultura y biotecnología marina), así como las actividades potenciales que pueden considerarse amenazantes (recursos minerales en alta mar, perforación, prospección de recursos), los cuales requieren atención especial. A través de este proyecto también se pretende fortalecer las componentes económicas y geoestratégicas, así como la cooperación transfronteriza entre los archipiélagos macaronésicos europeos, promoviendo la construcción de una plataforma geoespacial, de alcance europeo y guiada por los principios de la Directiva INSPIRE, como un objetivo para promover la interoperabilidad y el intercambio de datos entre los Estados miembros de la Unión Europea.

### ¿Qué se ha hecho desde las Islas Canarias?

Desde el Instituto universitario ECOAQUA, de La Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, se ha hecho una recopilación de las distintas informaciones y datos de cada sector, intentado construir una fotografía lo más amplia y real posible de todas la actividades y usos que se están haciendo en las aguas canarias, no sólo a nivel costero, sino que hablamos de las 200 millas de mar que tenemos en la Zona Económica Exclusiva para la Demarcación Marina de Canarias.

Además, se ha llevado un proceso participativo con los usuarios, actores de cada sector mencionados anteriormente. Se ha realizado una llamada a la sociedad, haciendo difusión del proyecto MarSP y, lo que es más importante, dando a entender el nuevo concepto de Ordenación y/o Planificación del Espacio Marino. Se han realizado 5 talleres, dos talleres (el primero y el tercero) con dos sesiones idénticas, uno en la isla de Gran Canaria y otro en la isla Tenerife. En estos talleres hemos contado con el apoyo de otros socios del proyecto MarSP, como han sido el Instituto Español de Oceanografía y la Universidad de Cádiz. Hay que destacar el apoyo de los participantes y la cooperación de los usuarios y/o expertos, antes, durante y después de los talleres.

**“Deben incluirse las zonas destinadas a la acuicultura, las de pesca, las áreas susceptibles para realizar investigación científica, las instalaciones e infraestructuras para la prospección, explotación y extracción de petróleo, gas y otros recursos energéticos, minerales y áridos minerales, y la producción de energía procedente de fuentes renovables, las rutas de transporte marítimo y los flujos de tráfico, las zonas de entrenamiento militar, los lugares de conservación de la naturaleza y de las especies y las zonas protegidas, las zonas de extracción de materias primas, los tendidos de cables y de tuberías submarinos, el turismo, el patrimonio cultural submarino, etc.”**

Igualmente se han realizado reuniones sectoriales con los expertos de cada sector y con las administraciones (Gobierno de Canarias, Cabildos, Ministerio...), haciendo un mayor esfuerzo con la cofradías y



cooperativas de pescadores de todas las Islas Canarias, debido a la importancia del sector primario en la sociedad canaria.

### **¿Quiénes han participado y cuál ha sido su alcance?**

En el proyecto MarSP hay un consorcio formado por 9 entidades. La coordinación del proyecto la ejecuta el Fondo Regional para la Ciencia y la Tecnología de las Azores (Portugal) y, al ser un proyecto para la Macaronesia Europea, cuenta con socios de Azores (Dirección Regional para los Asuntos del Mar-DRAM), Madeira (Secretaría Regional del Ambiente de la Dirección Regional de Ordenamiento del Territorio -SRA-DROTA), de Portugal continental (Dirección General de Recursos Naturales, Seguridad y Servicios Marítimos -DGRM y Dirección General de Política del Mar -DGPM) y Canarias (Instituto Español de Oceanografía, desde Madrid y Tenerife – IEO, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, a través del Instituto Universitario de Acuicultura Sostenible y Ecosistemas Marinos -IU-ECOACUA). Ha sido el IU-ECOACUA el responsable, desde Gran Canaria, de poner en contacto con los usuarios, expertos de los sectores marinos y o marítimos que desarrollan alguna actividad o piensan hacerlo en las aguas de Canarias.

La cooperación transfronteriza fue llevada a cabo por las universidades de Sevilla (US) y Cádiz (UCA).

### **¿Cuáles han sido los principales hitos del mismo?**

En el desarrollo del proyecto MarSP se han dado los primeros pasos en la planificación espacial marina para las Islas Canarias desde el IU-ECOACUA, ULPGC. Se ha hecho una significativa recopilación de la información existente, así como de las limitaciones, conflictos y sinergias entre usos y sectores. Se ha conseguido aunar esfuerzo y objetivos entre los usuarios y los investigadores del proyecto MarSP, para trabajar juntos en el proceso de planificación, logrando configurar el primer mapa con las áreas donde se desarrolla la pesca artesanal de forma principal en todo el Archipiélago Canario, gracias a la colaboración de los propios pescadores y expertos del sector.

### **A nivel personal, un momento con el que se quedaría**

A nivel personal me quedaría con la sensación que tuve en el taller celebrado en Gran Canaria el 16 de octubre de 2019, cuando se consiguió la participación y asistencia de los usuarios y/o expertos de prácticamente todos los sectores que están relacionados con la planificación del espacio marino para las Islas Ca-

narias. Ese día tuve la sensación de conseguir unos de los mayores objetivos del proyecto. Haber sensibilizado a las partes interesadas, a los usuarios y/o expertos sobre la importancia de la planificación espacial para su sector y fomentar el valor de la participación de las partes interesadas y su papel activo, ha sido un paso muy importante. En las primeras etapas de estos planes es fundamental contar de primera mano con los actores de cada sector, para aunar y recopilar toda la información existente de los sectores marinos y/o marítimos presentes y futuros o emergentes en las aguas canarias.

Parece sencillo y parece que todos queremos participar, al menos esa es la intención, pero la realidad es que no es tan sencillo llegar a la gente y menos conseguir el apoyo y la confianza para trabajar juntos por un mismo objetivo. A día de hoy aún existe mucha información dispersa y debido al trabajo que hemos realizado gran parte de la misma está localizada. Aun así, no es fácil de obtener, no porque esté en un cajón con cerradura, sino porque a veces no se llega a un entendimiento y no sé ve el objetivo final de este trabajo, que es dar visibilidad a cada uso y actividad que se está desarrollando en nuestras aguas. Recalco el tema de la visibilidad, ya que si esta actividad no se plasma correctamente no se va a contemplar y queremos que las personas que están trabajando en este campo así lo entienda y no siempre es fácil. Por eso es gratificante cuando el esfuerzo se ve reflejado en la participación de un gran número de asistentes de diversos sectores relacionados con la planificación espacial marina.

### **Un momento clave o crucial en el desarrollo del proyecto a destacar**

Un momento a destacar fue cuando gracias al Grupo de Acción Costera de Gran Canaria pudimos movilizar a los pescadores, en primer lugar, de Gran Canaria y seguidamente del resto de las 8 Islas Canarias, para insistir en la importancia de una planificación espacial marina donde tenga visibilidad el sector de la pesca. Fue un proceso largo, con pie firme e insistencia, para obtener finalmente el primer mapa con las zonas y artes de pesca empleados para cada isla del Archipiélago Canario. Este trabajo fue posible gracias al apoyo de todos los pescadores y secretarías de las cofradías y cooperativas de pescadores de las 8 Islas Canarias (La Graciosa, Lanzarote, Fuerteventura, Gran Canaria, Tenerife, La Gomera, La Palma y El Hierro).

### **Nuevo objetivos o fronteras, ¿qué vendrá después de este proyecto o que queda por hacer?**



Hay que destacar que la Directiva Europea 2014/84/UE prevé establecer los planes de planificación espacial marina para los distintos estados miembros de la Unión Europea, incluido el de las Islas Canarias, antes del 31 de marzo de 2021. Por esta razón y aunque el proyecto MarSP finalice el 31 de diciembre de 2019, y sabiendo que las competencias en esta materia las tiene el Estado Español, concretamente el Ministerio para la Transición Ecológica, no podemos perder la oportunidad que posibilita el trabajo realizado durante estos dos años, con los usuarios y/o expertos, desde el IU-ECOQUA de la ULPGC.

Como profesional del tema y como ciudadana canaria, deseo y espero que el Gobierno de Canarias tenga en cuenta todo el trabajo que hemos realizado y que tomen las riendas, si es posible con la colaboración del IU-ECOQUA, para seguir trabajando en la recopilación de información, así como en la creación de una estrategia de planificación espacial marina que, junto con el Ministerio para la Transición Ecológica, pueda ver la luz en las fechas indicadas. Y, sin olvidar la opinión de las personas que están trabajando día a día en cada actividad que se desarrolla en el mar y, por supuesto, teniendo en cuenta que el plan que se establezca debe ser sostenible y sustentable con el medio en el futuro.

### ¿Cualquier otra cosa que quiera destacar?

Esperamos que se siga trabajando, aunando fuerzas entre las administraciones (Gobierno de Canarias), los expertos y usuarios, y el Ministerio para la Transición Ecológica, para llegar al 31 de marzo de 2021 con una óptima estrategia de planificación espacial marina, que incluya tanto a las actividades actuales como a las emergentes en aguas canarias, en toda la dimensión de la zona económica exclusiva (200 millas de océano abierto).

Creo que se debe seguir en la labor, no dejar que se difumine la información y el trabajo realizado en estos dos años, que se siga dando importancia a la planificación espacial marina, ya que sin ella es prácticamente imposible avanzar en la sostenibilidad. Un claro ejemplo, y fácil de ver, es la ordenación en tierra. Sin unas buenas carreteras, sin un control de las construcciones, sin un cuidado de nuestros bosques, todo sería un caos, y eso es lo que tenemos que empezar a ver en el mar que nos rodea, porque al final es un recurso que estamos explotando y hay que hacerlo con un cierto orden, con cabeza, para que sea sostenible y sustentable como marca la directiva europea y el buen razonamiento del progreso.

## Agenda

| ENERO   |                                                                                                                                                                               |                                   |
|---------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|
| Fecha   | Evento                                                                                                                                                                        | Lugar                             |
| 09-10   | ICMSOT 2020: 14. Conferencia Internacional sobre Ciencias Marinas y Tecnología Oceánica (ICMSOT 2020. 14 International Conference on Marine Science and Ocean Technology).    | Singapur                          |
| 16-17   | Asamblea General de Euromarine 2020- (Euromarine 2020 General Assembly).                                                                                                      | Piran (Eslovenia)                 |
| 20      | Les Rencotres IMMERSION - Los análisis químicos y bioquímicos al servicio de su proyecto.                                                                                     | Roscoff (Francia)                 |
| 20-24   | Conferencia EuroLag 9 (9th EuroLag Conference).                                                                                                                               | Venecia (Italia)                  |
| FEBRERO |                                                                                                                                                                               |                                   |
| Fecha   | Evento                                                                                                                                                                        | Lugar                             |
| 5       | Ocean Action! International Conference.                                                                                                                                       | Bruselas (Bélgica)                |
| 6-7     | Construyendo una comunidad de todo el Océano Atlántico - Implementando la Declaración de Belém (Building an all Atlantic Ocean Community - Implementing the Belém Statement). | Bruselas (Bélgica)                |
| 19-21   | V Biental de Química Biológica de Granada.                                                                                                                                    | Granada (España)                  |
| 13-16   | VI Congreso Internacional de Educación Ambiental.                                                                                                                             | Alcalá de Henares (Madrid-España) |
| 16-21   | Encuentro de Ciencias Oceánicas 2020 (Ocean Sciences Meeting 2020).                                                                                                           | San Diego (EE.UU.)                |
| MARZO   |                                                                                                                                                                               |                                   |
| Fecha   | Evento                                                                                                                                                                        | Lugar                             |
| 16-24   | XI Congreso Internacional de Geomática 2020.                                                                                                                                  | La Habana (Cuba)                  |
| 26-27   | Congreso de Ingeniería aplicada a drones - IngeniaDron 2020.                                                                                                                  | Sevilla (España)                  |
| ABRIL   |                                                                                                                                                                               |                                   |
| Fecha   | Evento                                                                                                                                                                        | Lugar                             |
| 16-18   | Congreso de Biotecnología Europea 2020 (European Biotechnology Congress 2020).                                                                                                | Praga (República Checa)           |
| 21-24   | VI Congreso Internacional de Docentes de Ciencia y Tecnología.                                                                                                                | Madrid (España)                   |
| 20-23   | Simposio Internacional de Costas 2020 (International Coastal Symposium).                                                                                                      | Sevilla (España)                  |
| 21-23   | Simposio Internacional sobre plásticos en el Ártico y Región Sub-Ártica (International Symposium on Plastics in the Arctic and Sub-Arctic Region).                            | Reykjavik (Islandia)              |
| 22-25   | 6ª Conferencia europea sobre buceo científico (6th European conference on scientific diving).                                                                                 | Freiburg (Alemania)               |
| 29-30   | Evento final del Proyecto SumARIS - Hacia una gestión sostenible de rayas y mantas (SumARIS Project Final Event - Towards sustainable management of rays and skates).         | Boulogne Sur Mer (Francia)        |
| 29      | 7º Foro del Consejo Marino Europeo (EMB) sobre Grandes Datos en Ciencias Marinas (7th EMB Forum on Big Data in Marine Science).                                               | Bruselas (Bélgica)                |

Enero-Junio 2020

# EL PLÁSTICO NO ES VIDA

| MAYO             |                                                                                                                                                                                                                               |                                   |
|------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|
| Fecha            | Evento                                                                                                                                                                                                                        | Lugar                             |
| 22-24            | 40 Congreso Nacional de Ciencias del Mar.                                                                                                                                                                                     | Punta Arenas (Chile)              |
| 11-13            | Simposio sobre Salud Humana y el Océano (Human health and ocean symposium).                                                                                                                                                   | Mónaco (Francia)                  |
| 12-14            | Incorporando el funcionamiento de los ecosistemas en las evaluaciones de la biodiversidad marina (Incorporating ecosystem functioning in marine biodiversity assessments).                                                    | Santander (España)                |
| 13-14            | 10ª Cumbre Anual de Minería de Océano Profundo - 2020 (The 10th Annual Deep Sea mining summit 2020).                                                                                                                          | Londres (Reino Unido)             |
| 13-14            | 1º Congreso sobre epigenética en biología marina (1st Epigenetics in marine biology congress).                                                                                                                                | Montpellier (Francia)             |
| 14-15            | Día Marítimo Europeo 2020 (European Maritime Day 2020).                                                                                                                                                                       | Cork (Irlanda)                    |
| 18-20            | Taller sobre la Interacción de la Corriente-Subtropical Occidental y la Plataforma Continental (Western Boundary Current-Subtropical Continental Shelf Interactions Workshop).                                                | Savannah (EE.UU.)                 |
| 18-21            | Modelado y predicción de floraciones dañinas de algas, desde la respuesta a eventos a las proyecciones multidecadales (Modelling and prediction of harmful algal blooms, from events responses to multi-decadal projections). | Glasgow (Reino Unido)             |
| 19-22            | 8º Simposio Internacional sobre Transferencia de Gas a las Superficies de Aguas (8th International Symposium on Gas Transfer at Water Surfaces).                                                                              | Plymouth (Reino Unido)            |
| 25-29            | 52º Coloquio Internacional sobre Dinámica Oceánica de Lieja (52nd International Liège Colloquium on Ocean Dynamic).                                                                                                           | Lieja (Bélgica)                   |
| 26-29            | 10ª Asamblea Hispano-Portuguesa de Geodesia y Geofísica.                                                                                                                                                                      | Toledo (España)                   |
| JUNIO            |                                                                                                                                                                                                                               |                                   |
| Fecha            | Evento                                                                                                                                                                                                                        | Lugar                             |
| 17-19            | 9º Taller Internacional sobre Tecnología Marina (9th International Workshop on Marine Technology - MARTECH 2020).                                                                                                             | Vigo (España)                     |
| 7-12             | 14ª Conferencia Internacional sobre Copépodos (14th International Conference on Copepoda).                                                                                                                                    | University of Limpopo (Sudáfrica) |
| 21-25            | 6º Congreso Internacional EcoSummit - 2020 - Construyendo un futuro sostenible y deseable: adaptándose a un paisaje terrestre y marino cambiante (6th International EcoSummit Congress 2020).                                 | Gold Coast (Australia)            |
| 29 junio-3 julio | 20ª Conferencia del Instituto Internacional de Pesquerías, Economía y Mercado (IIFET) (20th IIFET Bienal Conference).                                                                                                         | Vigo (España)                     |





# La plataforma MarSP Canarias

**Andrej Abramic, Alejandro García, Inma Herrera, Andrea Zanella, Ricardo Haroun**

Grupo en Biodiversidad y Conservación, IU-ECOQUA, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, Crta. Taliarte s/n, 35214 Telde, España.

La *Plataforma MarSP Canarias* ha sido diseñada como una página web cuyo objetivo es el de recoger y presentar conjuntamente los diversos enlaces ("links") a visores y catálogos de información geográfica, herramientas, proyectos y otras webs de interés relacionados con el proceso de ordenación espacial marina en Canarias. Su contenido es dinámico y tras la finalización del proyecto MarSP continuará operativa dentro del portal ambiental de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (ULPGC). La Plataforma está pensada para actuar como repositorio y contenedor de enlaces vinculados a la planificación espacial marina, facilitando el trabajo de las distintas partes involucradas en dicho proceso, como una guía tecnológica y redirigiendo a los usuarios hacia otras páginas webs contenidos relevantes.

## Una Plataforma web para la planificación marina en Canarias

La Plataforma MarSP Canarias se ha diseñado como página principal enfocada en los procesos de ordenación/planificación espacial marina (MSP por sus siglas en inglés), y sirve como punto de entrada a abundante contenido relacionado con dicha planificación en el entorno geográfico de Canarias. El contenido de la misma va más allá de los resultados obtenidos en el propio proyecto MarSP e incluye información proporcionada por diversas iniciativas ajenas al proyecto. La Plataforma tiene un diseño dinámico que permite que su mantenimiento sea bastante sencillo, por lo que se facilita en gran medida la actualización de contenidos. Se espera que continúe operativa más allá de la finalización del proyecto MarSP.

Dado que el proceso de MSP se apoya en diferentes acciones en la región (como proyectos nacionales e internacionales, implementación de legislación ambiental, Estrategia Europea de Crecimiento Azul ("Blue Growth"), y otras iniciativas de investigación), se diseñó una plataforma que puede integrar a todas ellas, y redirigir al usuario a fuentes de información relevantes. La Plataforma incluye seis secciones principales: MSP Visores de información geográfica, catálogos de datos e información espacial, Herramientas MSP, Proyectos relevantes MSP, Eventos y Noticias, y MSP Canarias (Fig. 1).

Aunque el contenido de la plataforma MarSP de Canarias está dirigido principalmente a los ciudada-



Captura de la página de entrada a la Plataforma MarSP Canarias. (Figura 1)



Sección MSP Visores de la Plataforma MSP de Canarias. (Figura 2)

nos de Canarias, ha sido diseñada en formato multi-lenguaje, incluyendo versiones en español e inglés, lo que aumenta el alcance en la difusión de sus contenidos.

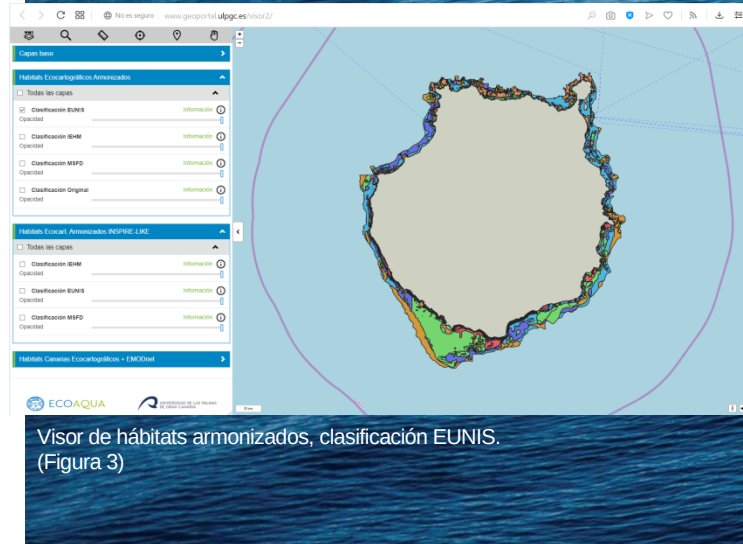
### MSP Visores

Esta sección de la plataforma está dedicada a las infraestructuras de datos espaciales marinos, los geo-visores, que incluyen información espacial relevante para el proceso de MSP en el Archipiélago Canario. El equipo científico de ECOAQUA diseñó una plantilla para el geo-visor (Fig. 2), que puede ser fácilmente reproducida con diferentes temas y que actualmente incluye:

1. MSP en Canarias, en estos momentos sólo alberga la zonificación del sector de la acuicultura, derivado del Plan Regional de Ordenación de la Acuicultura (PROAC). Conforme se avance en nuevos planes sectoriales de ordenación marina en Canarias, se irá actualizando su contenido.
2. Visor de acuicultura de Canarias – Geo-visor temático con la actual zonificación oficial de acuicultura (PROAC) incluyendo los datos asociados a las actuales concesiones acuícolas para las Islas Canarias.
3. Visor de Hábitats Bentónicos de las Islas Canarias – Geo-visor temático sobre hábitats bentónicos costeros, que es un conjunto de datos relevantes para el proceso global de MSP en Canarias (Fig. 3). Este conjunto de datos ha sido armonizado bajo criterios INSPIRE. Como el conjunto de datos originales no incluía la clasificación de hábitats comunes, dentro del proyecto PLASMAR se ha aplicado el estándar de datos INSPIRE homogeneizando para todo el archipiélago la denominación de los hábitats bentónicos, basándose en las siguientes tres clasificaciones: a) estándar de hábitats del Sistema Europeo de Información sobre la Naturaleza (EUNIS), b) clasificación basada en la Directiva Marco de la Estrategia Marina 2008/56/CE, y c) inventario Español de Hábitats Marinos.

Además de los anteriores, hemos incluido los enlaces a geo-visores locales y nacionales con temática relevante para el proceso MSP:

1. HPL – Herramienta de Pilotaje del litoral canario, del Gobierno de Canarias.
2. IEO Geoportal, del Instituto Español de Oceanografía.
3. Visor MAPAMA, del Ministerio de Transición Ecológica.
4. Grafcan, de Cartográfica de Canarias.
5. Redmic, del Observatorio Ambiental de Granadilla.



Visor de hábitats armonizados, clasificación EUNIS. (Figura 3)

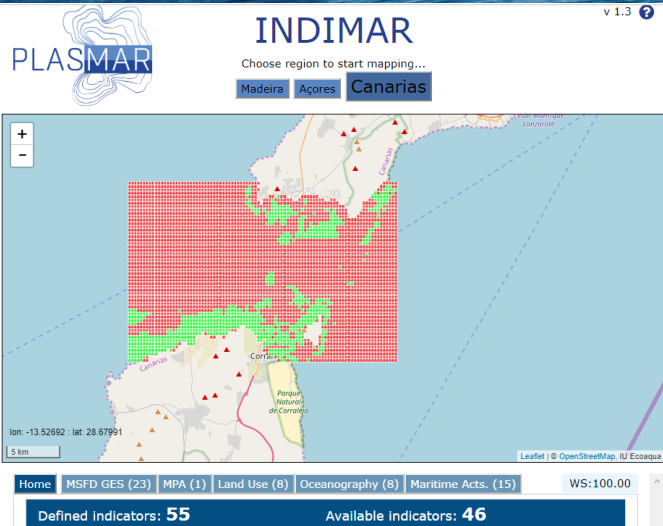


Sección Catálogo de metadatos en la Plataforma MarSP de Canarias. (Figura 4)



Sección de Herramientas en la Plataforma MarSP de Canarias. (Figura 5)





Captura de pantalla del Sistema de Apoyo a Decisiones en Zonificación Espacial Marina INDIMAR. (Figura 6)

## Catálogos

Esta sección de la plataforma MSP está dedicada a los catálogos de metadatos y a las infraestructuras de datos relevantes para las aguas y costas canarias, que incluyen información (espacial) relevante para el medio ambiente marino y los sectores marítimos. Los catálogos de metadatos (Fig. 4) incluyen servicios web para buscar y descubrir datos espaciales, visualizar información espacial y, ocasionalmente, descargar el conjunto de datos descubiertos. Los catálogos de metadatos aumentan la posibilidad de explorar/buscar conjuntos de datos que son compartidos por diferentes proveedores/fuentes de datos.

Al publicar los enlaces de estos catálogos, se aumenta la transparencia del proceso de planificación, permitiendo servicios de descubrimiento de la información espacial utilizada en la ordenación espacial marina.

Actualmente se incluyen cuatro catálogos:

1. Catálogo de MSP Macaronesia, incluirá todos los metadatos de los conjuntos de datos recopilados durante el desarrollo de los proyectos PLASMAR y MarSP.
2. Catálogo ECOAQUA - catálogo de metadatos de conjuntos de datos ofrecidos por el Instituto ECOAQUA de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria a partir del histórico de proyectos sobre el medio marino de Canarias.
3. Catálogo INSPIRE - Catálogo europeo de metadatos desarrollado por la implementación de la Directiva INSPIRE 2007/2/EC
4. Catálogo GRAFCAN - Catálogo de metadatos sobre información espacial de Canarias gestionado por el Gobierno regional.

## Herramientas

Esta sección incluye herramientas específicas (Fig. 5), que son relevantes y pueden servir de apoyo técnico para el proceso de planificación espacial marina en el Archipiélago Canario. En este momento se incluye:

1. Sistema de Apoyo a la Decisión de Zonificación INDIMAR: (aún en desarrollo, pero disponible) que se espera esté listo en su primera versión a principios de 2020, (Fig 6). Financiación aprobada para 2020-2023 dentro del proyecto PLASMAR+ en el marco de INTERREG.
2. Modelo de datos MSP INSPIRE: Esta sección incluye el documento de especificación de datos (guía), plantillas de datos, listas de códigos, ejemplos y el descriptor de capas estilizadas.
3. PlasticAdrift: - Herramienta de simulación de dispersión de plásticos en el océano.

### MarSP Electronic Bulletins



### Macaronesian Atlas



Captura de pantalla de resultados del proyecto MarSP. (Figura 7)



La Plataforma MarSP Canarias se ha diseñado como página principal enfocada en los procesos de ordenación/planificación espacial marina (MSP por sus siglas en inglés), y sirve como punto de entrada a abundante contenido relacionado con dicha planificación en el entorno geográfico de Canarias.

### Proyectos relevantes

En esta sección se incluyen enlaces a los proyectos nacionales e internacionales relevantes para MSP en Canarias, y que contienen avances e información relacionada con el proceso de MSP en el entorno de Canarias:

1. Proyecto MarSP - pretende reforzar la Planificación del Espacio Marítimo en la región macaronésica europea, es decir, los archipiélagos de las Azores, Madeira y Canarias (Fig. 7).
2. Proyecto PLASMAR - define y propone metodologías científicas sólidas en apoyo de la Planificación del Espacio Marítimo y el Crecimiento Azul teniendo en cuenta las características biogeográficas de la Macaronesia.
3. Proyecto Mystic Seas - seguimiento de la biodiversidad en el ámbito de la Directiva Marco de la Estrategia Marina 2008/56/CE.
4. Proyecto INDIMARES - el objetivo ha sido entender los valores naturales y socioeconómicos para completar la Red Natura 2000 para los ambientes marinos.
5. En el futuro, esperamos incluir más iniciativas de proyectos, relevantes para MSP Canarias.

### Eventos y noticias y MSP Canarias

En estas dos secciones se incluye información directamente relacionada con el proceso de planificación espacial marina en Canarias, incluyendo noticias asociadas con el medio ambiente oceánico y los sectores marítimos, proporcionadas por proyectos (MarSP, PLASMAR) e instituciones (Instituto Universitario de Las Palmas de Gran Canaria ECOAQUA, Instituto Español de Oceanografía - IEO, Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino - MITECO). Se incluyen enlaces sobre talleres relevantes, detalles de inscripción y páginas de difusión relevantes de las redes sociales (Fig. 8).



Captura de pantalla de página de Facebook del proyecto MarSP. (Figura 8)



# Okeanos de fotos



## Fotos:

- 01 Bostezo de pez escorpión (especie no identificada)
- 02 Dragón de mar foliado (*Phycodurus eques*)
- 03 Dragón de mar australiano (*Phyllopteryx taeniolatus*)
- 04 Caracol burbuja del Pacífico (*Micromelo undatus*)
- 05 Caracol burbuja (*Hydatina physis*)
- 06 Pulpo de anillos azules (*Hapalochlaena sp.*)
- 07 Sepia pijama de rayas (*Sepioloidea lineolata*)
- 08 Juvenil de caballito pigmeo (*Hippocampus bargibanti*)
- 09 Nudibranquio polycerido (*Nembrotha cristata*)
- 10 Alevín de crustáceo decápodo (especie no identificada)
- 11 Primer plano de blénido del Pacífico (*Ecsenius sp.*)
- 12 Camarón mantis con la puesta (*Gonodactylus smithii*)
- 13 Pez cardenal macho incubando la puesta en la boca (*Apogon sp.*)
- 14 Camarón rugoso (*Trachycaris sp.*)
- 15 Babosa marina probablemente (*Cyerce nigricans*)
- 16 Pareja de camarones arlequín (*Hymenocera picta*)
- 17 Primer plano de caballito de mar (*Hippocampus sp.*)
- 18 Camarón aguja sobre coral negro (*Tozeuma sp.*)
- 19 Detalle del ojo de un caracol (especie no identificada)
- 20 Castañuela tropical (*Chromis sp.*)
- 21 Pareja de lábridos durante el cortejo (*Paracheilinus carpenteri*)
- 22 Pez pipa (especie no identificada)
- 23 Nudibranquio (*Ceratosoma sp.*)

## Ken Thongpila

Australiano-tailandés, afincado en Sydney, lleva buceando y fotografiando desde 2003 lugares como la Gran Barrera Australiana, Indonesia, Fiji, Hawái, Malasia, Tailandia, Papúa Nueva Guinea y Vanuatu, entre otros, aunque su destino favorito es Anilao en Filipinas. Amante de la fotografía macro, su modelo predilecto son los nudibranquios. Ganador de diversos premios de fotografía submarina, sus instantáneas se han publicado en diversas revistas internacionales de buceo. En 2011 creó en Facebook el grupo Underwater Macro Photographers (UWMP), el cual actualmente cuenta con más de 37.000 miembros de todo el mundo. También es el productor y editor de UWMP eMag, revista online sobre fotografía macro submarina.

Equipo fotográfico: Canon 7D Mark II con carcasa Nauticam, luces estroboscópicas INON Z240, sistema RGBBlue 02s con control remoto, lente Canon 100 mm Macro L, lente Canon 60 mm Macro, lente Sigma 10-20 mm, lente Sigma 17-70 mm y lente Tokina 11-17, entre otros.



1



2



3



4





5



6

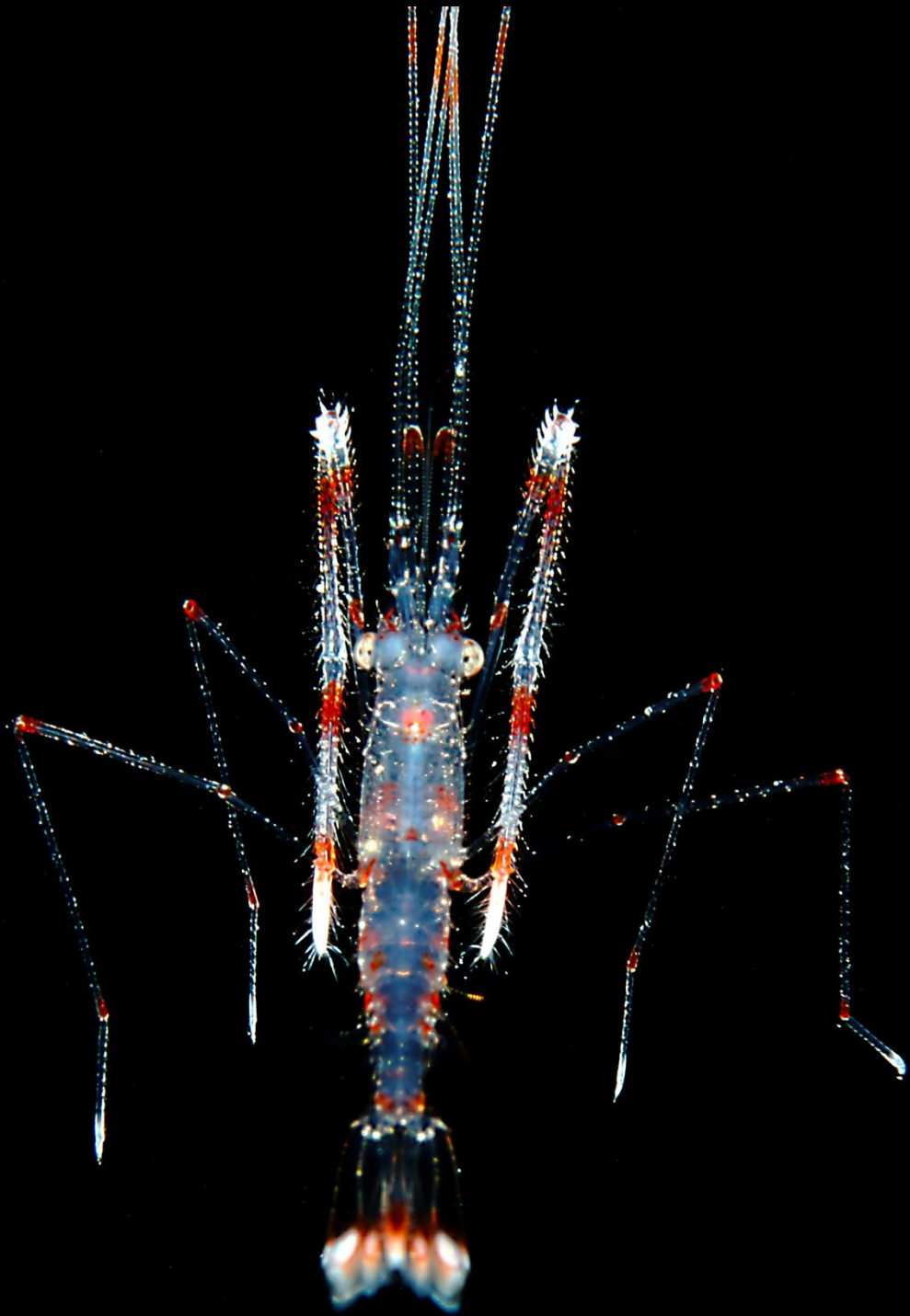


























14



15





16



17



18



19





20



21



22



23





# El Programa de Observación Global

**Alberto González Santana y Pedro Vélez Belchí**

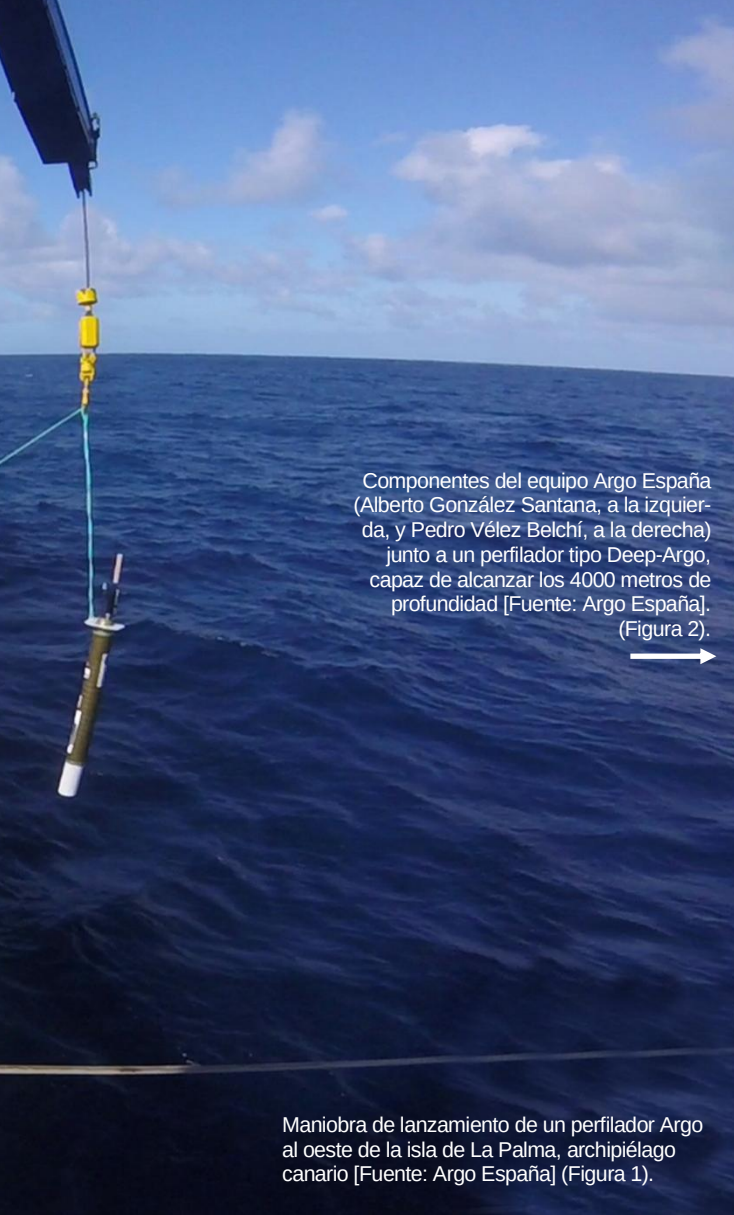
Centro Oceanográfico de Canarias. Instituto Español de Oceanografía (IEO), C/ Farola del Mar 22, Dársena Pesquera, 38180 Santa Cruz de Tenerife, España.

## ARGO

Los océanos constituyen uno de los principales componentes del sistema climático. Su extensión global representa aproximadamente el 71% de la superficie global del planeta. Además de suponer una vasta fuente de recursos, los océanos son considerados como los principales sumideros de carbono, de manera que son capaces de almacenar el exceso de CO<sub>2</sub> presente en la atmósfera, producto de las diversas actividades de origen antropogénico. Son también capaces de intercambiar energía en forma de calor con otros componentes del sistema climático, como la atmósfera, comportándose ambos como un conjunto. De este modo, el papel de los océanos en el sistema climático es clave, pues son responsables de regular la temperatura global del planeta.

Aunque el Sol caliente los trópicos de manera más directa que las regiones polares, la atmósfera y los océanos distribuyen el exceso de calor de forma global, permitiendo que la temperatura del planeta Tierra sea relativamente homogénea. En el caso de los océanos, las corrientes marinas son las encargadas de esta redistribución de calor. Gran ejemplo de ello es la conocida Circulación Meridional de Retorno del Atlántico (AMOC de sus siglas en inglés, *Atlantic Meridional Overturning Circulation*), la cual consiste en un flujo de agua caliente que se desplaza desde los trópicos en dirección norte y otra corriente de agua fría que fluye en dirección opuesta, y a mayor profundidad, constituyendo así la mayor contribución oceánica al transporte de calor global.





Componentes del equipo Argo España (Alberto González Santana, a la izquierda, y Pedro Vélez Belchí, a la derecha) junto a un perfilador tipo Deep-Argo, capaz de alcanzar los 4000 metros de profundidad [Fuente: Argo España]. (Figura 2).

Maniobra de lanzamiento de un perfilador Argo al oeste de la isla de La Palma, archipiélago canario [Fuente: Argo España] (Figura 1).



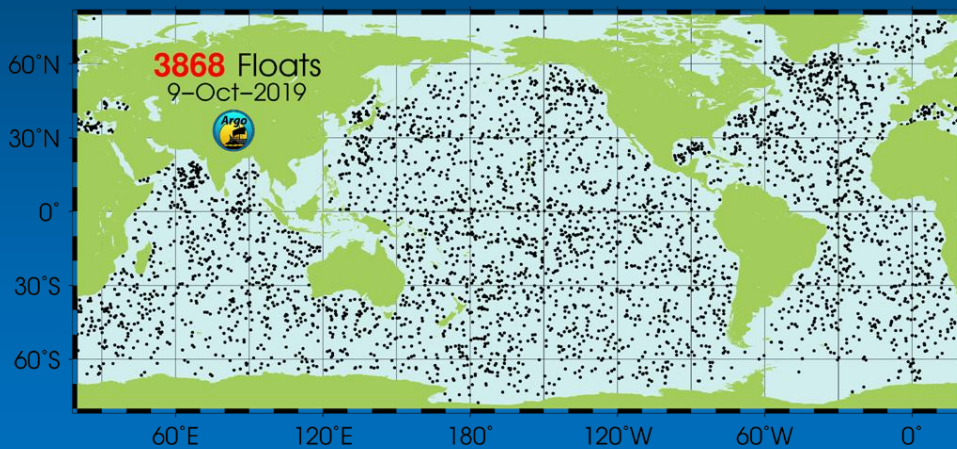
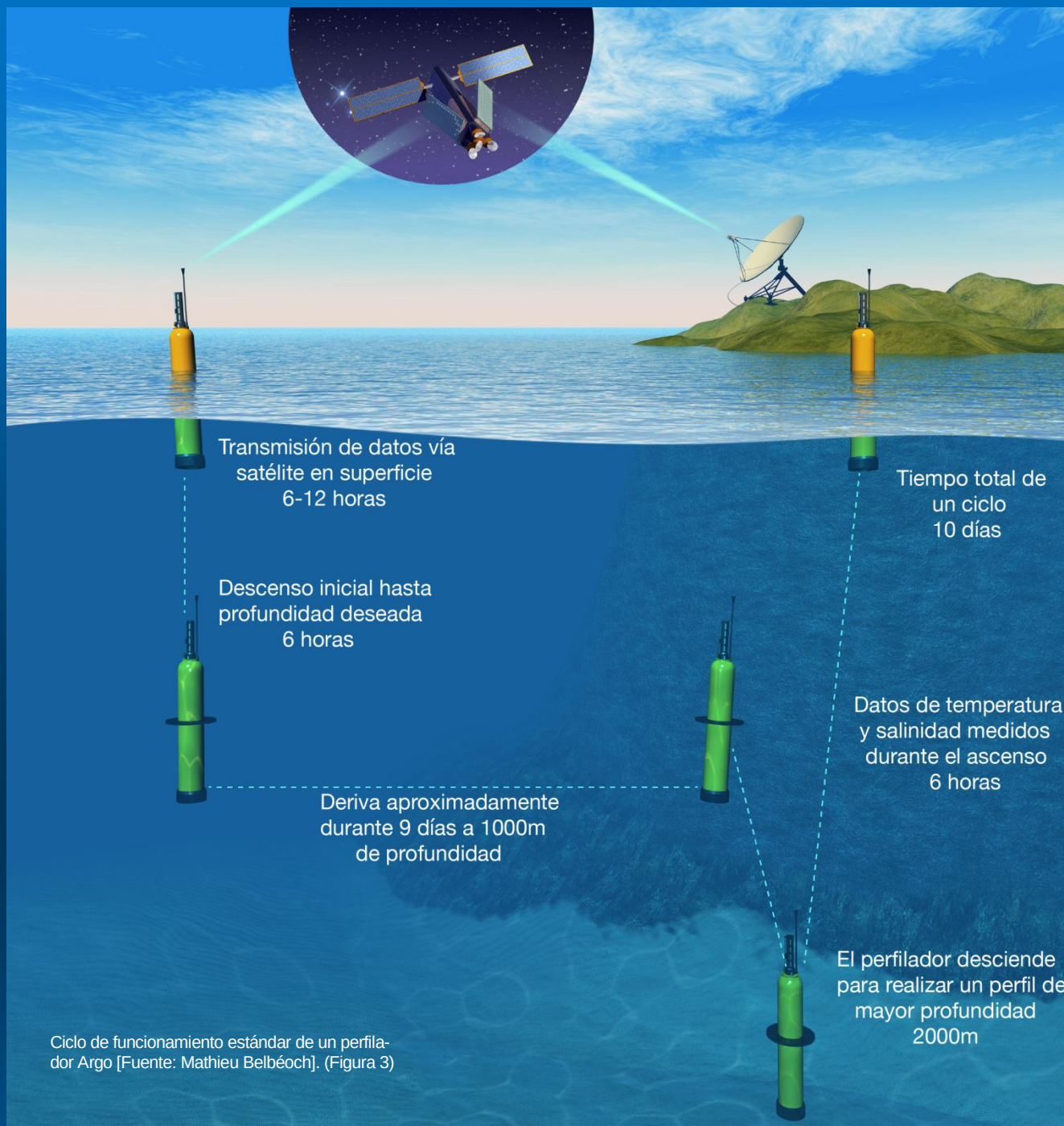
## Argos, un programa de cooperación internacional

Es necesario remontarse a la década de 1960 para conocer la historia del Programa Internacional Argo, puesto que, en dichos años los científicos comenzaron a entender que el océano era una pieza clave del sistema climático, extendiendo su influencia más allá de las capas superficiales del océano. Para dar respuesta a esta necesidad, diversas instituciones internacionales crearon en 1980 el *Programa Mundial de Investigación Climática* (WCRP de sus siglas en inglés, *World Climate Research Programme*), otorgando un notable protagonismo a la circulación oceánica a escala global.

En este marco nació uno de los más ambiciosos experimentos que se han llevado en el campo de la oceanografía, el cual supuso un cambio definitivo en la forma de investigar los océanos, pasando de una perspectiva local a una global. Se trata del Experi-

mento Mundial de Circulación Oceánica (WOCE de sus siglas en inglés, *The World Ocean Circulation Experiment*). Durante su desarrollo, más de 40 países, entre ellos España, se involucraron para realizar observaciones in situ y de satélite del océano global entre los años 1990 y 1998 con el fin de observar procesos físicos desconocidos en los océanos. Durante WOCE se desarrollaron prototipos de boyas autónomas que derivaban con la corriente a 1000 metros de profundidad y regresaban a la superficie a intervalos regulares para comunicar su posición por satélite. Al término del experimento WOCE, los avances tecnológicos permitieron incorporar a estas boyas sensores capaces de medir temperatura y salinidad en función de la profundidad, obteniendo los datos a través de satélite una vez éstas salieran a superficie. Es así como en 1999 nació el Programa Internacional Argo. Inicialmente, las siglas Argo correspondían al acrónimo de *Red de oceanografía por*





Distribución global de perfiladores Argo [Fuente: Argo Project Office] (Figura 4)

*aproximación geostrófica*, si bien actualmente no se usa como acrónimo, sino que hace referencia a los argonautas de la mitología griega. *Argo* era el nombre del barco en el que se desplazaba *Jasón* y el resto de héroes que conformaban la tripulación (*Los argonautas*) para obtener el vellocino de oro, y además es el sobrenombre de la misión por satélite que observa actualmente el nivel del mar, complementando así a la red Argo.

### Una red de boyas analizando el Océano Global

Argo es una red global de boyas, capaces de cumplir el propósito inédito de realizar un seguimiento en continuo de la temperatura, salinidad y velocidad de las masas de agua de los primeros 2000 metros del océano. Con una precisión de 0,005 grados en temperatura y 0,01 unidades en salinidad, Argo ofrece una descripción cuantitativa de los océanos y de su variabilidad, en escalas de meses a décadas.

Cuando hablamos de boyas Argo nos referimos a unas plataformas autónomas que miden 1,80 metros de altura y 25 cm de diámetro aproximadamente (Fig. 2), las cuales se desplazan verticalmente realizando cambios en su flotabilidad interna a lo largo de la columna de agua. Su coste aproximado es de 15.000 € por unidad y tiene una vida promedio de 4 años.

Al no contener ningún sistema de propulsión en toda su estructura, estas boyas se desplazan horizontalmente dejándose llevar por las corrientes, acción que se conoce comúnmente como *derivar*. El funcionamiento de una boya Argo se puede resumir en ciclos de trabajo (Fig. 3), realizando desplazamientos verticales desde la superficie como punto de partida, hasta una profundidad deseada. Esta profundidad habitualmente suele estar situada a unos 1000 metros, dependiendo realmente de los requerimientos científicos y de los fenómenos que se quieran estudiar. Así, la boya permanece derivando a dicha profundidad durante un período de algo más de una semana. Una vez superado dicho período, se sumerge automáticamente hasta los 2000 metros de profundidad y seguidamente, comienza su ascenso hasta la superficie. Es en estos instantes, cuando los sensores montados en la boya Argo comienzan a registrar medidas de temperatura y salinidad hasta llegar a superficie. Cada uno de los conjuntos de datos de temperatura y salinidad medidos desde superficie hasta los 2000 metros de profundidad, se denomina perfil oceanográfico, por eso también a las boyas Argo se las conoce como *perfiles*. Una vez en superficie, los datos son transmitidos vía satélite a las estaciones receptoras en tierra, poniendo fin así a un ciclo de trabajo típico

(Fig. 3). Dichos datos son gestionados por diferentes mecanismos y comités, hasta su publicación en un plazo inferior a 24 horas en internet y en la red global de telecomunicaciones. Cabe destacar que, una de las premisas fundamentales del Programa Internacional Argo, es que todos los datos son de carácter público y gratuito. A fecha de publicación de este artículo, se contabiliza un total de 3.868 boyas activas, repartidas por mares y océanos (Fig. 4).

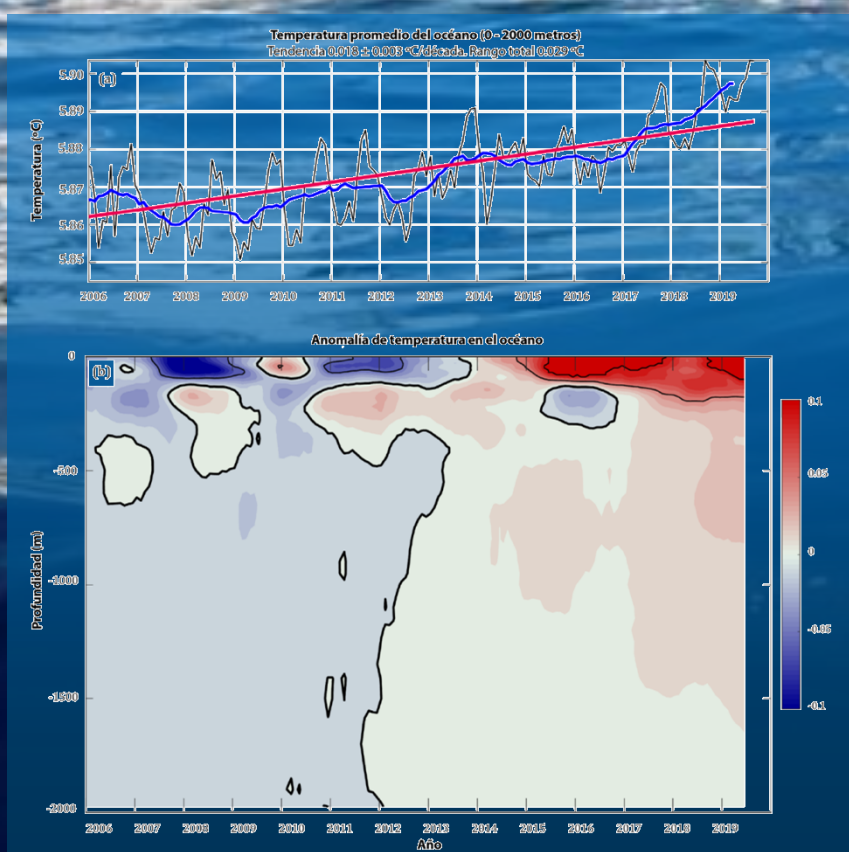
La participación de España en el Programa Internacional Argo comenzó en el año 2002, a través del proyecto europeo *GYROSCOPE*. Su contribución a la expansión de la red internacional Argo a lo largo de los años ha aumentado de forma significativa, habiendo desplegado un total de 93 boyas Argo hasta la fecha, repartidas en aguas del Atlántico Norte, Atlántico Sur y Mar Mediterráneo, y más de 10.000 perfiles realizados. Algunas de ellas han sido desplegadas bajo la acción conjunta entre el *Instituto Español de Oceanografía* (IEO) (representante legal de Argo España) y el *Sistema de Observación Costero y de Predicción de las Islas Baleares* (SOCIB), el cual asegura el despliegue de al menos 3 boyas al año desde el año 2015. Actualmente, la contribución española a la red Argo ([www.argoespana.es](http://www.argoespana.es)) cuenta con una flota de 25 boyas activas distribuidas entre el océano Atlántico y el mar Mediterráneo.

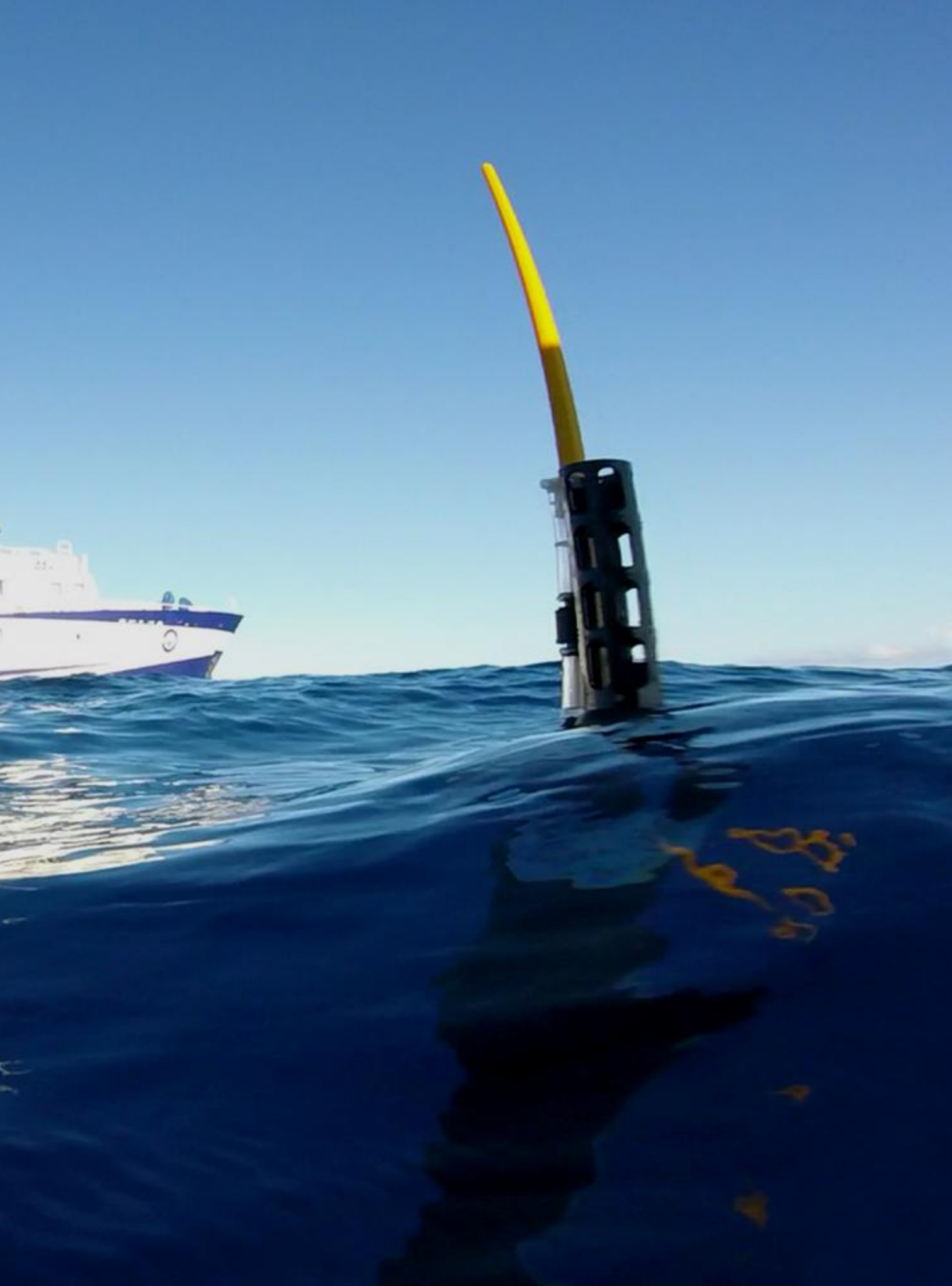
### Información oceanográfica valiosa a disposición de todos los científicos del mundo

Argo ha supuesto claramente una revolución en términos de observación oceánica, ya que la red aporta datos a un ritmo 20 veces superior, de manera libre y gratuita, en comparación con las plataformas tradicionales a bordo de buques oceanográficos. Desde 2008, el Programa Argo ha observado más de 2.000.000 de perfiles oceanográficos, los cuales están archivados en repositorios de los Centros Globales de Gestión de Datos y están disponibles gratuitamente para el público en general. Antes del Programa Argo, tan sólo existían unos 535.000 perfiles oceanográficos a más de 1.000 metros de profundidad<sup>(1)</sup>.

Argo permite disponer, en tiempo real, de información del comportamiento de la temperatura y salinidad en las capas superiores e intermedias de los océanos: una imagen instantánea del estado del océano que permite entender su variabilidad espacio temporal y su papel en el sistema climático global. A modo de ejemplo (Fig. 6) y actualizado hasta el 30 de septiembre de 2019, mediante Argo es posible determinar el ritmo de variación de la temperatura global de todos los océanos, no solamente en superficie, sino en los 2000 primeros metros del océano global. El cambio









promedio desde 2006 es de 0,029 °C. Cambio que supone un ritmo de calentamiento de 0,018 °C por década, con una aceleración que casi duplica este ritmo desde 2013. Este cambio se manifiesta principalmente en los 800 metros más superficiales.

Desde sus inicios, el principal objetivo del Programa Argo ha sido crear una red global sistemática de boyas que tenga la posibilidad de integrarse con otros elementos del Sistema Global de Observaciones Oceánicas (GOOS de sus siglas en inglés, *Global Ocean Observing System*). Las observaciones se usan en una amplia gama de aplicaciones que se centran en examinar la variabilidad climática relevante desde escalas estacionales hasta escalas decadales, multidecadales, cambio climático, mejora de los modelos climáticos atmósfera–océano acoplados y sistemas de predicción. El uso de los datos Argo ha sido notablemente exitoso en la observación de la variabilidad climática y cambio en el océano, con más de 2.800 publicaciones científicas, y el programa ahora está evolucionando para formar parte de un sistema de observación más completo.

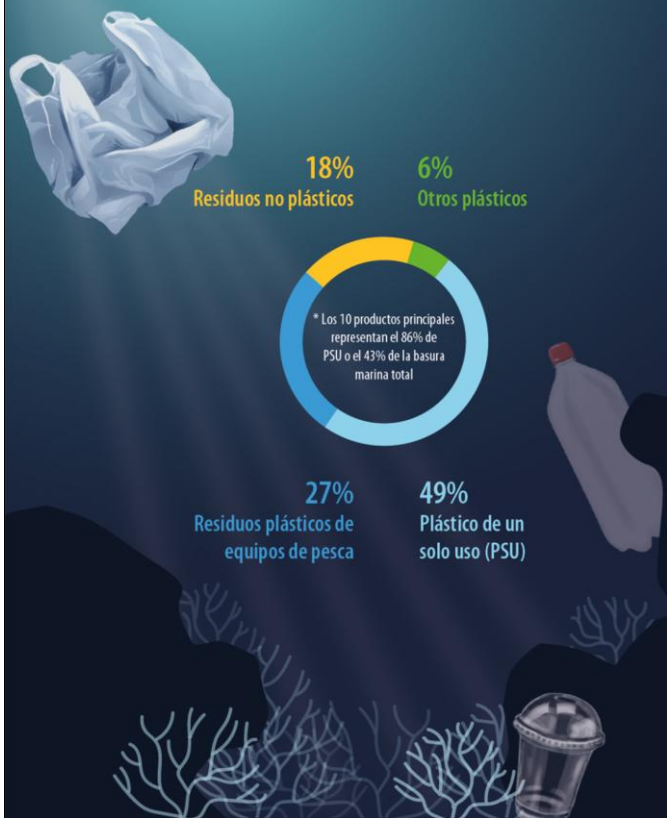
Cuando el Programa Argo comenzó a finales de la década de 1990, no estaba claro que tuviera éxito en el despliegue y mantenimiento de una red de 3.000 perfiladores en el océano global, ya que la tecnología requerida estaba aún en desarrollo y el grado de cooperación internacional requerido en la comunidad oceanográfica no tenía precedentes.

Por ello se establece como objetivo mantener una cobertura de una boya cada 3° de longitud y 3° de latitud en el océano global en la banda de 60° N a 60° S, excluyendo mares marginales y regiones con presencia de hielo. Ya en la segunda década del siglo XXI, la tecnología de las boyas está más que probada y más de 30 países aportan recursos a la comunidad Argo, por lo que resultaba sensato contemplar expansiones dentro de la misión principal. El comité científico de Argo<sup>(2)</sup> ha elaborado una hoja de ruta sobre cómo la misión principal podría evolucionar y expandirse en la próxima década, y parte de este desarrollo propuesto ya está en marcha a través de varios planes piloto claves: extensión a zonas profundas, extensión a corrientes de contorno, extensión a zonas polares, extensión a zonas tropicales y medición de parámetros biogeoquímicos.

## Bibliografía

- (1) Roemmich, D., Johnson, G.C., Riser, S., Davis, R., Gilson, J., Owens, W.B., Garzoli, S.L., Schmid, C., Ignaszewski, M. 2009. *Oceanography* 22(2):34–43.
- (2) Roemmich, D. et al. 2019. *Frontiers in Marine Science*, 6, 32.

## BASURA MARINA POR TIPOS



Fuente: Comisión Europea

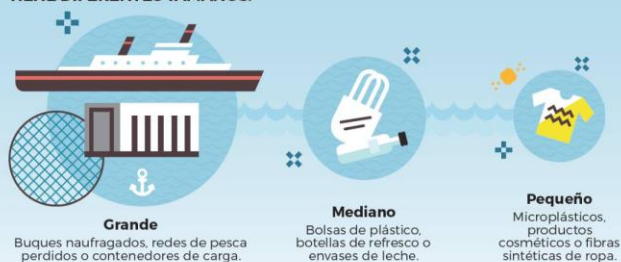


## LA BASURA MARINA

### AFECTA A...

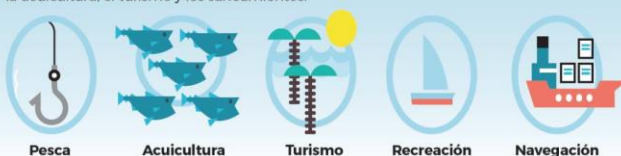


### TIENE DIFERENTES TAMAÑOS:



### PERJUDICA A NUMEROSAS ACTIVIDADES ECONÓMICAS

La basura marina cuesta unos 8.000 millones de euros al año en pérdidas para la pesca, la acuicultura, el turismo y los saneamientos.



FUENTE: 2017, PROGRAMA DE LA ONU PARA EL MEDIO AMBIENTE. CAMPAÑA #MARESLIMPIOS





ATENCIÓN  
ESPECIALIZADA



SERVICIO  
24 HORAS



ASISTENCIA  
D.E.M.A.



ACOGIDA  
INMEDIATA

# ACTIVAR



## EN CASO DE VIOLENCIA MACHISTA

En caso de violencia de género, da la alarma en el **112** y se activará el  
Dispositivo de Emergencia para Mujeres Agredidas (D.E.M.A.).  
**Te puede cambiar la vida.**

Accede a la Red de Servicios y  
Centros de Atención a las Víctimas.  
[www.DaLaAlarma.com](http://www.DaLaAlarma.com)



MINISTERIO  
DE LA PRESIDENCIA, RELACIONES CON LAS CORTES  
E IGUALDAD



Gobierno de Canarias  
Instituto Canario de Igualdad





#### Base de datos de incidentes

|                                 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 |
|---------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Eventos totales                 | 807  | 888  | 651  | 815  | 845  | 1133 | 1335 | 1205 |
| Eventos relacionados con el mar | 66   | 57   | 36   | 72   | 64   | 115  | 132  | 116  |
| %                               | 8,2  | 6,4  | 5,5  | 8,8  | 7,6  | 10,2 | 9,9  | 9,6  |

Tabla 1. Eventos registrados por el 112 y eventos relacionados con el medio marino entre 2006 y 2013.





Temporal marítimo en Garachico, norte de Tenerife, en 2018. Foto: *Diario de Avisos*.

Sobre la influencia de las  
**condiciones**  
**oceanográficas en**  
**la siniestralidad**  
registrada en las playas de Canarias



Canarias es la Comunidad Autónoma de España con mayor número de kilómetros de costa, algo más de 1600 km. Su clima oceánico hizo que desde la década de 1960 se haya desarrollado una industria turística de “sol y playa” centrada en atraer a visitantes procedentes del continente europeo, alcanzando actualmente más de 10 millones de turistas al año. Por su parte, la población local asciende a unos 2 millones de habitantes que residen en Canarias de forma permanente, para quienes las costas son un recurso de ocio de primer nivel. De esta manera, en Canarias hay una importante interacción entre sus costas y los habitantes de las islas, sean locales o visitantes, que entienden las costas no solo como un recurso de ocio sino también como un recurso económico.

De esta manera, la interacción entre el medio marino y la población de las islas genera un riesgo que en ocasiones resulta en la pérdida de vidas humanas. El Centro Coordinador de Emergencias y Seguridad del Gobierno de Canarias indicó que en 2012 fallecieron en Canarias 63 personas por accidentes relacionados con las costas, mientras que en 2011 fueron 61 personas.<sup>(1)</sup> Son números muy llamativos, más si los comparamos, por ejemplo, con el número de fallecidos en las carreteras de las islas en 2012, que fue de 30 personas.

En Canarias hay Planes de Emergencias que cubren los diferentes riesgos a los que se expone la población:<sup>(2)</sup> sismos, volcanes, inundaciones, accidentes nucleares o guerras son solo algunos de los tópicos que cubren estos planes. Relacionado con el medio marino se ha desarrollado el *Plan específico de contingencias por contaminación marina accidental de Canarias* (PECMAR).<sup>(3)</sup> El desarrollo de estos Planes se ha producido tras identificar un riesgo real para la población, articulando de esta manera una serie de medidas que ayudarían en la toma de decisiones de cara a minimizar el impacto que ese riesgo tendría en la vida de los ciudadanos.<sup>(4)</sup>

### Un mapa de riesgos en las playas

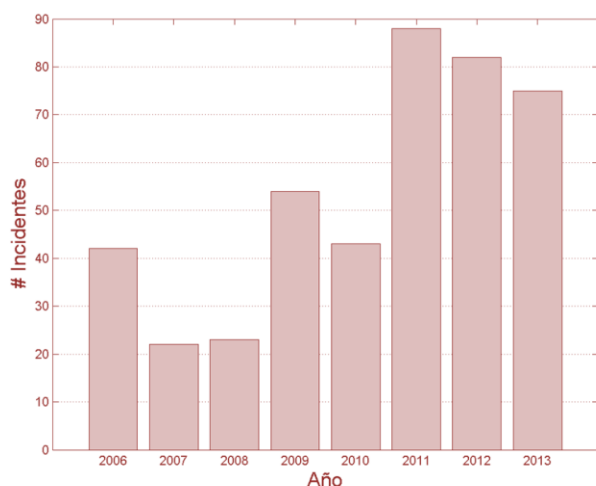
En el contexto descrito sería de gran utilidad elaborar un mapa de siniestralidad de las playas de Canarias, el cual podría servir como base para el eventual desarrollo de un Plan específico de emergencias por riesgo oceanográfico a nivel de todo el Archipiélago que ayude en la toma de decisiones para minimizar el impacto que este riesgo tendría para la ciudadanía, contribuyendo de esta manera a reducir el número de víctimas mortales. Por otro lado, se pretende

relacionar esa siniestralidad con las condiciones oceanográficas registradas en playas, para tratar de ver hasta qué punto esta siniestralidad está causada por dichas condiciones en el momento del incidente.

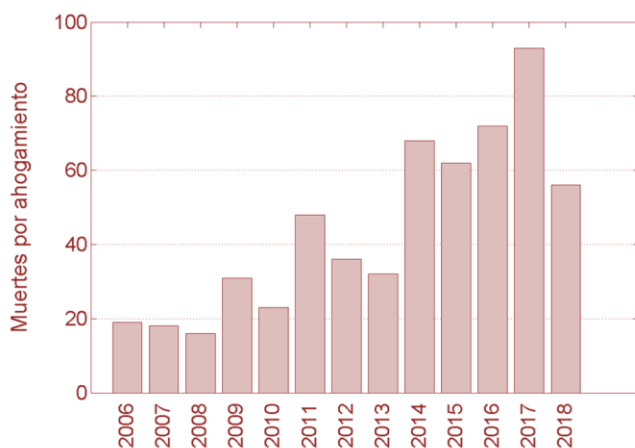
Para estimar la siniestralidad se ha hecho uso de la base de datos del 112, disponible en Internet, en las que constan todas las situaciones de emergencia en las que ha participado el dispositivo coordinado por el Gobierno de Canarias, que sin duda van mucho más allá de las que tienen algo que ver con el mar. Esta base de datos contiene información desde finales de 2005 hasta finales de 2013, contabilizando del orden de 8.000 registros. Para generar la base de datos, se han ido extrayendo todos aquellos registros en los que se ha detectado algún tipo de relación con el medio marino, con información asociada con incidentes en playas por ahogamiento o semi-ahogamiento, incidentes con embarcaciones, submarinismo, deportes acuáticos como el surfing, windsurf, kitesurf, etc. Así, se ha generado una base de datos con cerca de 700 registros. Del total de estos registros, relacionados estrictamente con playas tenemos un total de 430.

Parte de este trabajo se realizó a lo largo de 2014 cuando el primer autor disfrutaba de una beca de investigación gestionada por la Fundación Universitaria de Las Palmas, a través del Programa INNOVA, con fondos aportados por los Ayuntamientos de Santa Lucía y de Las Palmas de Gran Canaria. Al intentar actualizar los datos se ha comprobado que el 112 ya no tiene disponible la base de datos completa en internet, como ocurría en 2014, por lo que no se ha podido actualizar la información al nivel de detalle que nos habría gustado. Por tanto, algunas de las gráficas están referidas al intervalo 2006-2013, mientras que otras están referidas al intervalo 2006-2018. En el pie de figura se indica el intervalo de datos correspondiente.

El número de eventos en los que ha participado el 112 estaba en el entorno de los 800-900 hasta el año 2010, para pasar a 1.100-1.300 a partir de 2011. De manera similar, el número de incidentes relacionados con el medio marino estaba entre 30-70 entre 2006 y 2010, para pasar de 100 a partir de 2011. El porcentaje, en cualquier caso, parece mantenerse estable en el entorno del 8-10%. En otras palabras, el 8-10% de los incidentes en los que intervino el 112 estaban relacionado con playas. En la figura 2 se muestra la serie más larga de este trabajo, referida a ahogamientos con resultado de muerte entre 2006 y 2018. La tendencia es claramente al alza, con un marcado pico en el año 2017.



Número de incidentes por año considerado. (Figura 1)



Número de ahogamientos con resultado de muerte por año considerado. (Figura 2)

En general, en todos los meses hubo más de 30 incidentes, salvo en enero, junio y diciembre (Fig. 3). Esto podría estar relacionado con la baja afluencia a las playas tanto de residentes locales como de turistas en los meses de diciembre y enero, así como el fin de la temporada alta de turismo en junio, antes del inicio de la temporada de turismo interno a partir de julio. Los restantes meses tienen una siniestralidad relativamente alta, destacando agosto, septiembre y octubre. En estos tres meses, particularmente en agosto, se producen más incidentes en la medida que el buen tiempo invita a desarrollar actividades de ocio relacionadas con las playas, además de que domina claramente el turismo doméstico, con algo de europeo, que acude en masa a las playas en esas fechas. Los sábados y domingos son los días con más incidentes en la línea de lo comentado anteriormente, ya que son días en los que se desarrollan más actividades de ocio relacionadas con el mar. Lunes, jueves y viernes tienen siniestralidades similares, destacando la baja siniestralidad de los miércoles. Igualmente, en las horas de madrugada, desde las 23 horas a las 6 horas de la mañana, apenas se registran incidentes (Fig. 4). Sin embargo, es a partir de las 7 de la mañana cuando se produce una importante escalada de registros, que alcanza su primer máximo a mediodía, alrededor de las 12-13 horas, con valores del orden de 50 incidentes en 8 años. A partir de las 13 horas hay un importante descenso, coinci-



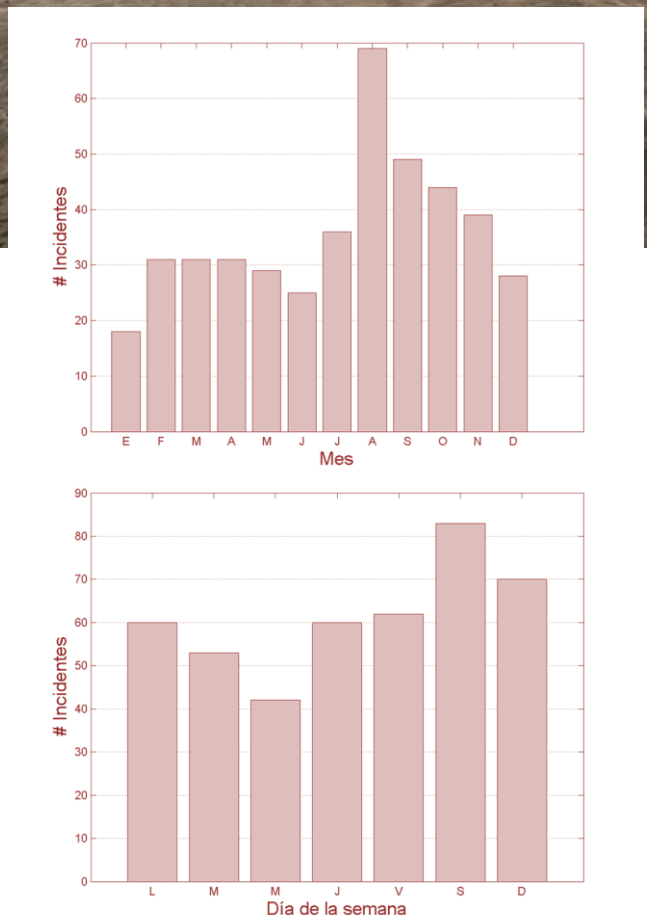
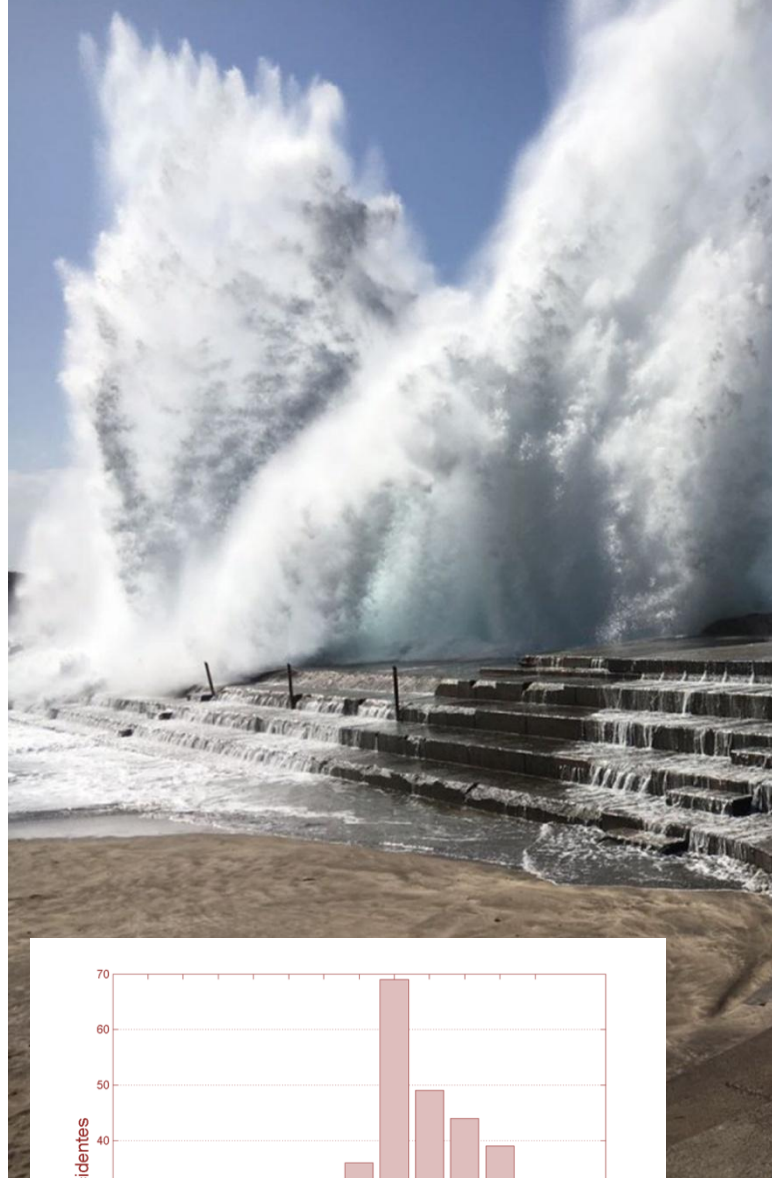
diendo con la hora del almuerzo, para mostrar un importante pico a las 16 horas, el valor máximo diario, que supera los 60 incidentes en 8 años. A partir de las 16 horas se produce un descenso paulatino, aunque sigue habiendo valores importantes a las 17 y 18 horas de la tarde. Ya sobre las 20 horas se vuelve a una situación en la que apenas hay registros de incidentes en los 8 años.

El número de hombres afectado ha sido muy superior al de mujeres (74% de los casos), lo que puede indicar que muy probablemente los hombres desarrollen conductas de mayor riesgo. En cuanto al número de fallecidos, podemos comprobar que fallecieron aproximadamente el 52% de las personas accidentadas, aunque hay que aclarar que el resultado de fallecimiento es el que consta en la web del 112 y que no se contabilizan los fallecimientos que se producen en el traslado hasta el hospital o en el mismo hospital, con lo cual presumiblemente el número de fallecidos sea en realidad mayor. Así, el porcentaje de hombres fallecidos alcanza el 80% de los casos.

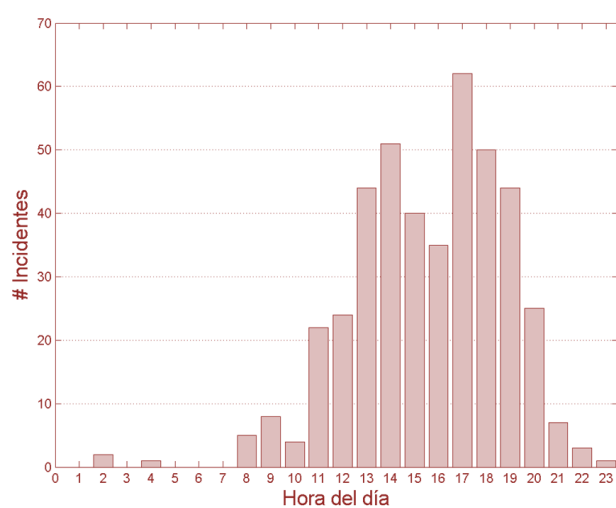
Gran Canaria y Tenerife acumulan el mayor número de incidentes (Fig. 5) y el mayor número de fallecidos (64 para Gran Canaria y 66 para Tenerife). Le siguen Fuerteventura y Lanzarote con 46 y 26 fallecidos, mientras que La Palma, La Gomera y El Hierro presentan un número considerablemente menor (9, 8 y 4, respectivamente). Es de destacar que esta distribución espacial de estos accidentes está relacionada tanto con la población de cada una de las islas como con la interacción que tienen los ciudadanos con el mar como recurso de ocio. Por este motivo, islas como Lanzarote y Fuerteventura que tienen una población similar a la de La Palma (139.000 habitantes para Lanzarote, 103.000 para Fuerteventura y 89.000 para La Palma) acaban teniendo números tan diferentes en cuanto a accidentes relacionados con el mar y fallecidos en este entorno.

Son las personas con edades superiores a los 60 años las más propensas a padecer algún tipo de accidente en playas, en tanto que un 46% de los accidentados se encuentran en ese rango de edad (Fig. 6). En cuanto a la nacionalidad, se ha registrado que 79 casos han sido protagonizados por personas no españolas, lo que supone un 18,4% de los accidentados.

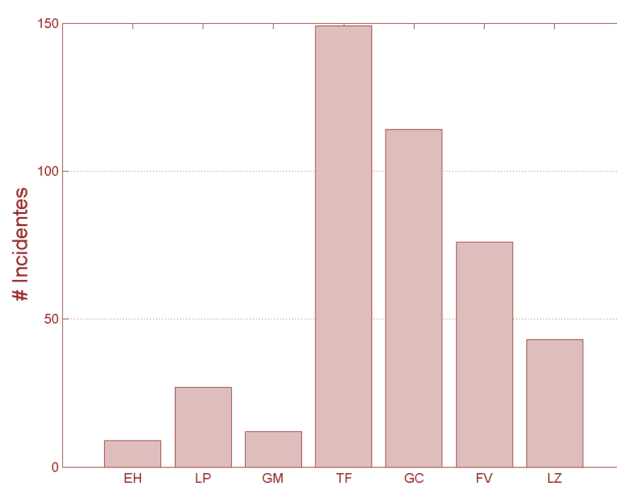
A partir de toda la información recopilada en el 112, se ha generado el mapa de siniestralidad de las playas de Canarias, que puede consultarse en <http://www.investigadhoc.com/es/riesgo-en-playas-canarias>.



Incidentes distribuidos por meses (izquierda) y por días de la semana (derecha), entre 2006 y 2013. (Figura 3)

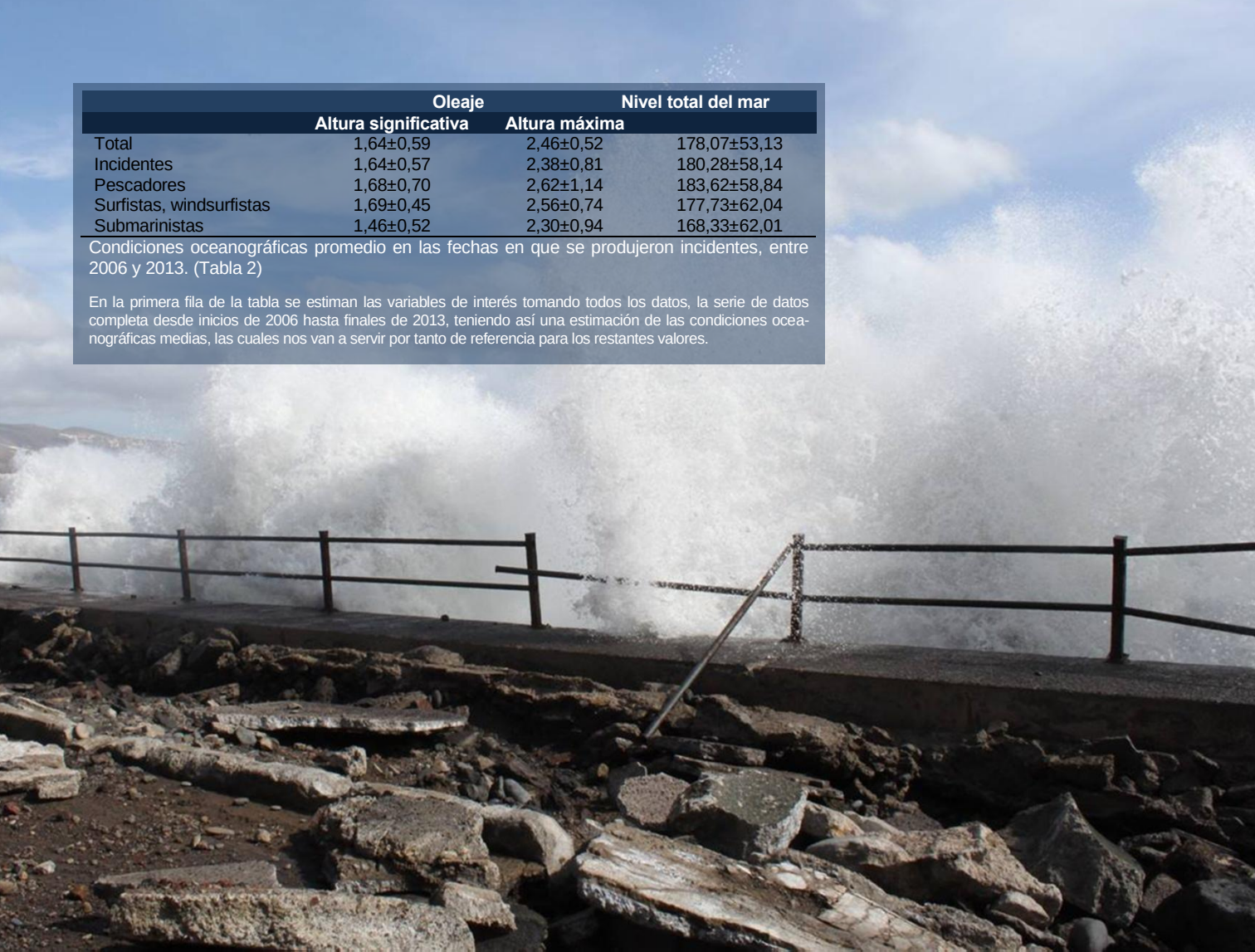


Incidentes registrados por cada hora del día, entre 2006 y 2013. (Figura 4)



Número de incidentes por isla entre 2006 y 2013. (Figura 5)





|                          | Oleaje               |               | Nivel total del mar |
|--------------------------|----------------------|---------------|---------------------|
|                          | Altura significativa | Altura máxima |                     |
| Total                    | 1,64±0,59            | 2,46±0,52     | 178,07±53,13        |
| Incidentes               | 1,64±0,57            | 2,38±0,81     | 180,28±58,14        |
| Pescadores               | 1,68±0,70            | 2,62±1,14     | 183,62±58,84        |
| Surfistas, windsurfistas | 1,69±0,45            | 2,56±0,74     | 177,73±62,04        |
| Submarinistas            | 1,46±0,52            | 2,30±0,94     | 168,33±62,01        |

Condiciones oceanográficas promedio en las fechas en que se produjeron incidentes, entre 2006 y 2013. (Tabla 2)

En la primera fila de la tabla se estiman las variables de interés tomando todos los datos, la serie de datos completa desde inicios de 2006 hasta finales de 2013, teniendo así una estimación de las condiciones oceanográficas medias, las cuales nos van a servir por tanto de referencia para los restantes valores.

### El oleaje, viento y nivel del mar

En el momento de construir la base de datos se añadió a cada registro metainformación sobre las condiciones oceanográficas y meteorológicas (oleaje, viento, nivel del mar) de los días en los que se produjeron los accidentes y si el incidente en particular estaba protagonizado por un pescador, por un windsurfista o por submarinistas (Tabla 3). De esta manera, tal vez se podría tener un cierto patrón en el análisis de los resultados. No obstante, en relación a las condiciones oceanográficas, no parece que exista una estructura que permita afirmar que los incidentes registrados en playas estén motivados en general por un mal estado del mar. En las fechas en que se produjeron los 430 incidentes en playas se obtienen valores muy similares de altura significativa del oleaje que un día cualquiera del año, aunque sí con un nivel del mar ligeramente más alto. Sin embargo, se registraron un total de 53 incidentes protagonizados por pescadores, que generalmente acontecieron en días con altura de olas significativamente más alta y en

pleamar. Por tanto, para el caso en que los incidentes están protagonizados por pescadores parece que las condiciones oceanográficas sí son relevantes a la hora de generar el riesgo necesario para que el incidente se produzca.

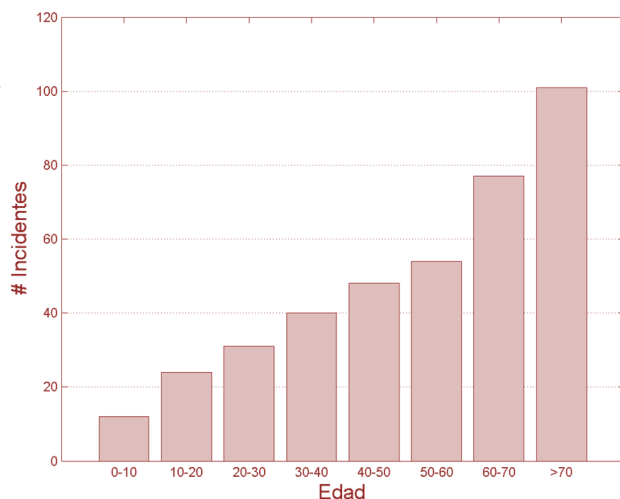
Por otro lado, los 9 incidentes protagonizados por personas que realizaban deportes náuticos, como son el surfing y el windsurf, en los 8 años considerados, también tuvieron lugar con las condiciones de altura significativa de ola más altas, situación que suele ser necesaria para el desarrollo de estas actividades náuticas, aunque curiosamente la altura de ola fue algo inferior a la observada en accidentes con pescadores. No obstante, en este caso el nivel del mar no fue una variable que se pueda relacionar con los incidentes en los que se vieron envueltos estos deportistas.

Finalmente, en los 43 incidentes donde se han visto involucrados submarinistas, la altura significativa y altura máxima de las olas y el nivel de la marea en los



Inundación en Puerto de La Cruz (Tenerife) en 2016. Foto: *Diario de Avisos*.

Número de incidentes en función de la edad de la persona protagonista del mismo (2006-2013). (Figura 6)



días en los que ocurrieron dichos siniestros fueron las más bajas de todos los grupos considerados. Esto indicaría que los submarinistas desarrollan su actividad siempre que el oleaje les facilite el acceso al medio, en tanto que se trata de una actividad en la que la movilidad es reducida fuera del agua y se busca que el acceso al medio sea lo más sencillo posible.

### Agradecimientos

Agradecemos a Puertos del Estado que nos haya facilitado el acceso a su base de datos sobre corrientes, oleaje y nivel del mar en el entorno de Canarias. Asimismo, agradecemos los fondos recibidos por los ayuntamientos de Santa Lucía y Las Palmas de Gran Canaria a través del Programa INNOVA de la Fundación Universitaria de Las Palmas para desarrollar el presente trabajo.

### Bibliografía

- (1) Informe Nacional de Ahogamientos 2016. Real Federación Española de Salvamento y Socorrismo, 31 pp.
- (2) Noticia en Canarias7:  
<http://www.canarias7.es/articulo.cfm?id=287812>
- (3) Planes de emergencias del Gobierno de Canarias:  
<http://www.gobiernodecanarias.org/dgse/temas/planes.html>.
- (4) Plan específico de contingencias por contaminación marina accidental de Canarias :  
<http://www.gobiernodecanarias.org/dgse/temas/pecmar.html>







# La asombrosa vida de *Trichodesmium*

**Javier Berdún Quevedo, Asier Furundarena  
Hernández y Sara Rendal Freire**

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

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

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

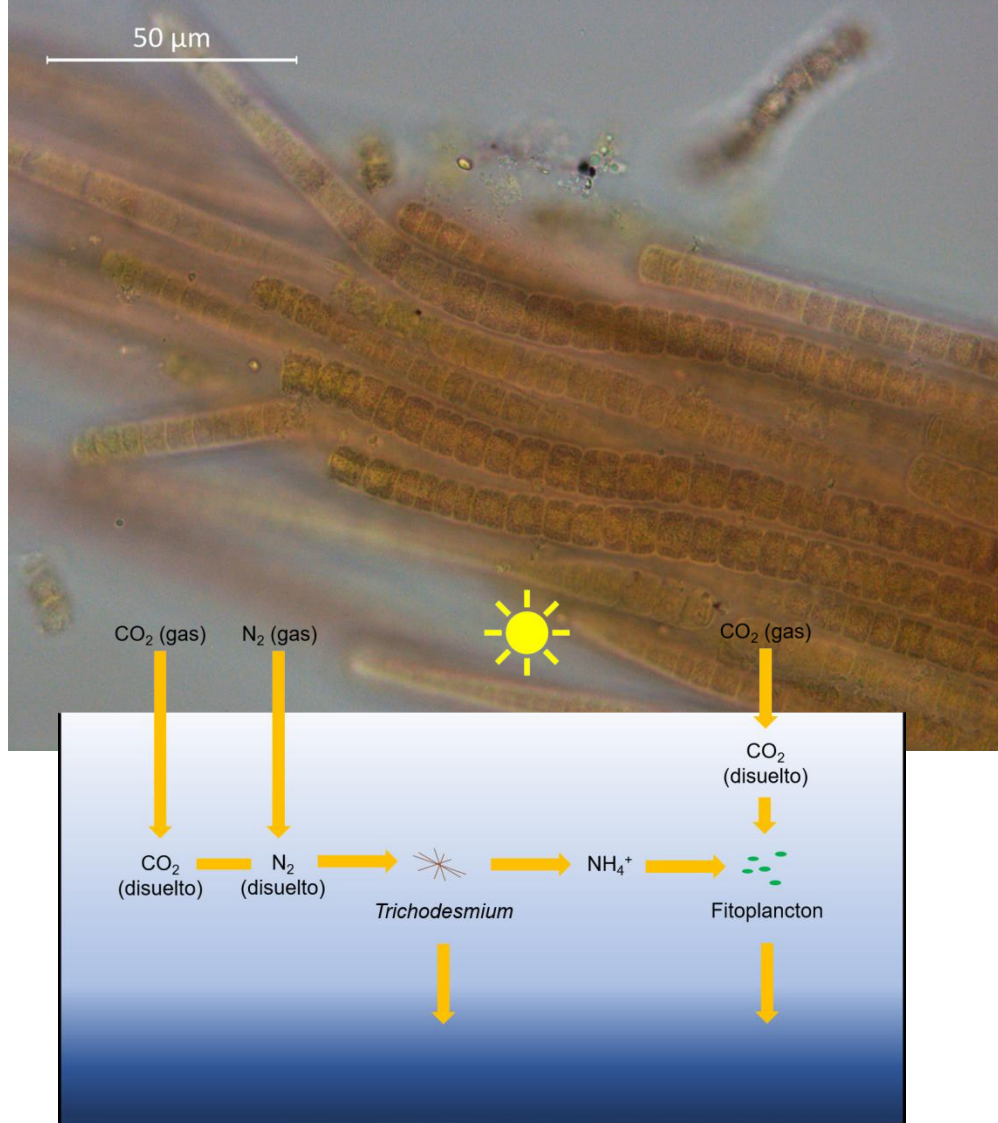
para desarrollarse. Dicha habilidad le ha permitido proliferar en zonas con bajo contenido en nutrientes en la mayor parte de los mares y océanos tropicales y subtropicales del mundo. Asimismo, por sus capacidades fotosintética y diazotrófica, juega un papel fundamental en los ciclos biogeoquímicos marinos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

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

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

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

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



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

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

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

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



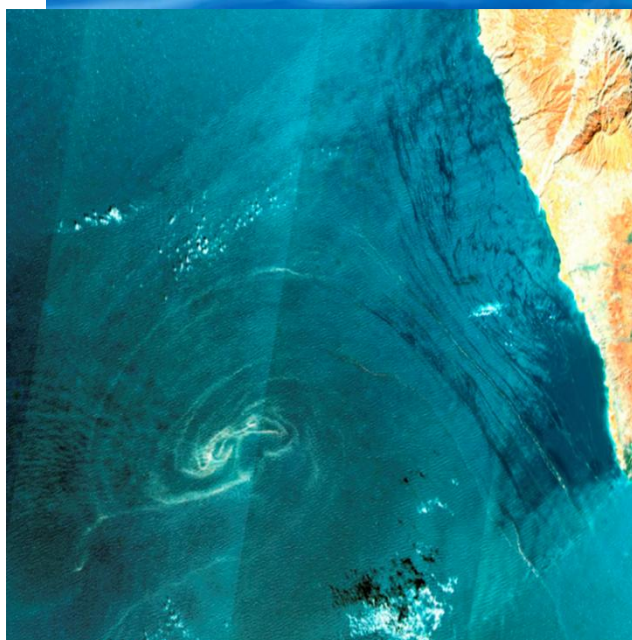
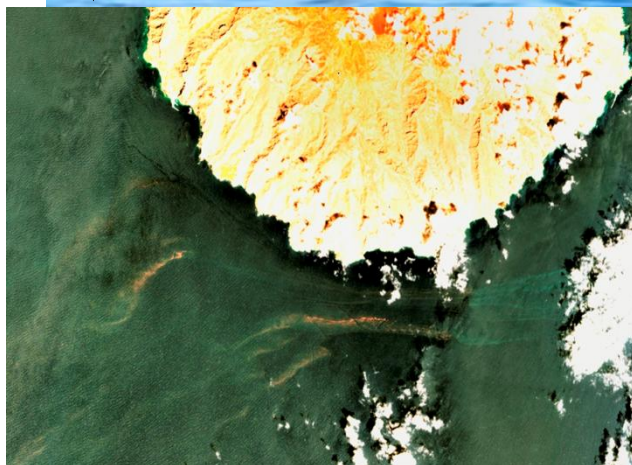
da”, que lleva al colapso del *bloom* en pocos días.<sup>(5)</sup> El resultado de este proceso se resume en la fragmentación de los tricomas, la desnaturalización del ADN y la exudación de grandes cantidades de distintos tipos de partículas, amonio y pigmentos al medio, que confiere al agua un aspecto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

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

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

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

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



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

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





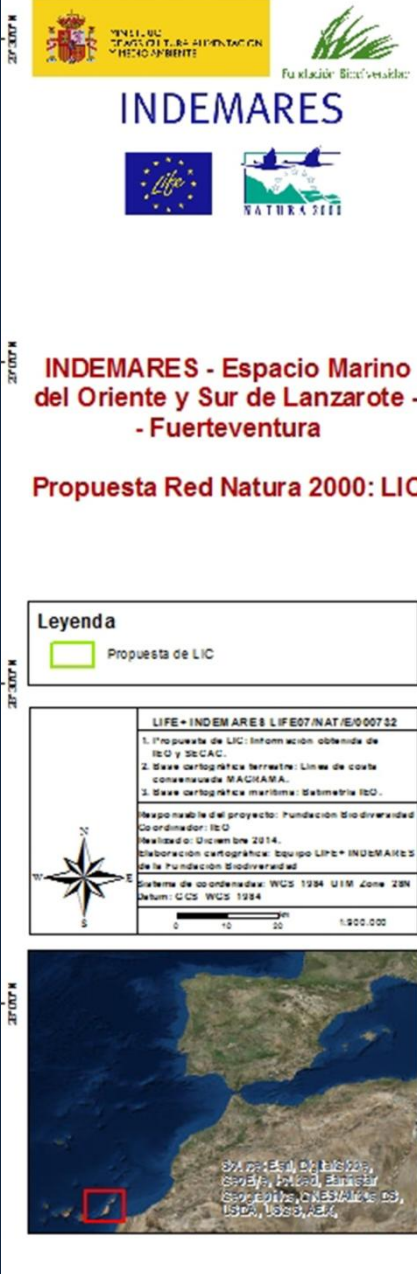
*Bloom de Trichodesmium formando una hilera*  
(autor: Javier Arístegui Ruiz). (Figura 4)

### Bibliografía

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







Este proceso de declaración de nuevos espacios forma parte de una de las acciones del proyecto Life IP INTEMARES (Gestión integrada, innovadora y participativa de la Red Natura 2000 en el medio marino español).

## Pablo Martín-Sosa Rodríguez

Investigador especialista en Áreas Marinas Protegidas y Pesquerías Artesanales del Centro Oceanográfico de Canarias, del Instituto Español de Oceanografía.

El Ministerio para la Transición Ecológica (MITECO) anunció el pasado 23 de octubre, en la sede de la Conferencia Internacional *Our Oceans* celebrada en Oslo, el compromiso de declarar 9 nuevas áreas marinas protegidas (AMP) antes de 2024. Este proceso de declaración de nuevos espacios forma parte de una de las acciones del proyecto Life IP INTEMARES (Gestión integrada, innovadora y participativa de la Red Natura 2000 en el medio marino español, <https://fundacion-biodiversidad.es/es/biodiversidad-marina-y-litoral/proyectos-propios/life-ip-paf-intemares>), el mayor proyecto de conservación del medio marino en Europa, por la que se pretende elaborar y aprobar los Planes de Gestión de las zonas que conforman actualmente la Red Natura 2000 marina en España, además de la declaración de estos nuevos espacios.

En el caso de Canarias, los Planes de Gestión de las más de 20 Zonas de Especial Conservación (ZEC) marinas declaradas hace años serán revisados y redactados de nuevo, conforme a la nueva información científica que se irá adquiriendo en el marco de otra encomienda del MITECO al Instituto Español de Oceanografía (IEO), para el establecimiento de programas de seguimiento del estado ambiental de nuestro litoral, conforme a la Directiva Marco de las Estrategias Marinas. Y en cuanto a los nuevos espacios, en el caso de Canarias, la zona elegida es el "Espacio Marino del Oriente y Sur de Lanzarote-Fuerteventura". En realidad esta zona ya es hoy un Lugar de Interés Comunitario (LIC) de la Red Natura 2000 propuesto por España en 2015 y declarado por la Comisión Europea (CE). Aunque no estuvo ausente de polémica entre las carteras del Medio Ambiente y de Industria, Energía y Turismo por las prospecciones que Repsol pretendía hacer al este de estas dos islas, proyecto que terminó abandonando por la escasa riqueza del combustible encontrado. Este abandono supuso la luz verde para la declaración del espacio.

La información científica necesaria para la declaración de este LIC fue adquirida por el IEO en el marco del proyecto INDEMARES<sup>(1)</sup> (Inventario y Designación de la Red Natura 2000 en Áreas Marinas del Estado Español, [www.indemares.es](http://www.indemares.es)). Antes de febrero de 2021, este LIC deberá tener un Plan de Gestión (uno de los objetivos de INTEMARES) para poder ser declarado por la CE como una nueva ZEC. Con su declaración como AMP entraría a formar parte de la Red de Áreas Marinas Protegidas del Estado, además de formar parte de la Red Natura 2000 de la

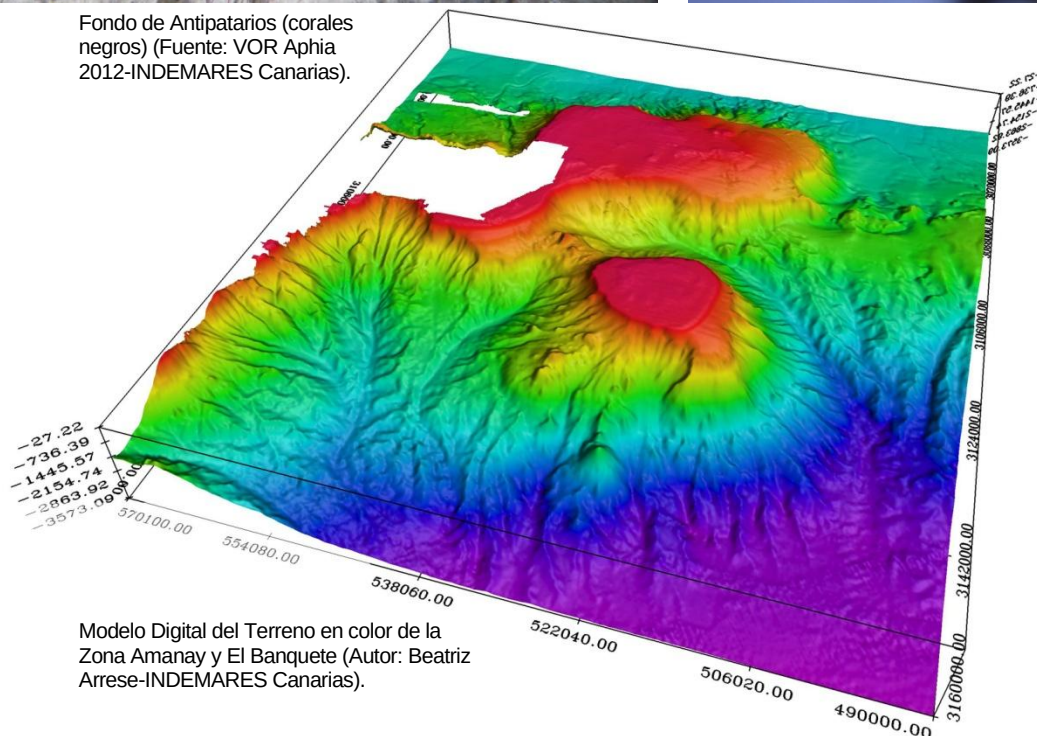




Fondo de Antipatarios (corales negros) (Fuente: VOR Aphia 2012-INDEMARES Canarias).



Esponja de aguas profundas del género *Leiodermatium* (Autores: Marcos González-Porto y Bruno Almón-INDEMARES Canarias).



Modelo Digital del Terreno en color de la Zona Amanay y El Banquete (Autor: Beatriz Arrese-INDEMARES Canarias).

UE. El único antecedente en este sentido en España es la AMP y ZEC de “El Cachucho”, en el Cantábrico.

Las Islas Canarias constituyen un lugar de interés especial mundial por la diversidad de cetáceos presentes en sus aguas, habiéndose citado 30 especies pertenecientes a 7 familias. Las aguas de Fuerteventura y Lanzarote son un punto de extraordinaria diversidad de cetáceos, con 28 especies registradas hasta la fecha. Estas aguas representan un hábitat singular y diferenciado del resto de Canarias debido a su situación geográfica, cercana a la vecina costa africana, a su profundidad y a las especiales condiciones oceanográficas. En esta diversidad juegan un papel importante las características geomorfológicas del lecho marino y la oceanografía del área, especialmente la existencia de montes submarinos, un pronunciado talud asociado a las islas y una amplia planicie abisal situada entre éstas y el margen continental africano, constituyendo un hábitat favorable para varias especies de cetáceos.

Ubicados en la región biogeográfica macaronésica, en la que se incluye el archipiélago canario, los bancos de Amanay y El Banquete son dos montañas submarinas situadas al este de la isla de Gran Canaria, junto al extremo suroeste de Fuerteventura. Se trata de dos edificios de origen volcánico separados por un canal que desciende en suave pendiente. La zona en la que se sitúan los bancos está influida principalmente por la corriente de Canarias, que es una derivación de la corriente del Golfo, y por los afloramientos costeros de agua sobre la plataforma noroeste del continente africano. Los vientos alisios barren la superficie del mar favoreciendo los afloramientos de aguas desde capas más profundas (*upwelling*), cargadas de nutrientes. Al interponerse en la corriente las elevaciones submarinas en mar abierto, se producen turbulencias y remolinos que generan las llamadas columnas de Taylor que retienen las aguas cargadas de nutrientes (plancton) alrededor del banco, favoreciendo la existencia de una gran





Lámina de diferentes especies bentónicas  
(Fuente: INDEMARES Canarias).

biodiversidad. En los fondos rocosos se han identificado varios hábitats sensibles de corales negros, gorgonias, grandes esponjas y arrecifes de corales profundos, constituidos todos ellos por especies típicamente estructurantes que funcionan como auténticos focos de biodiversidad. Esta es la principal característica que hace que estos hábitats se consideren más relevantes en términos de conservación: la capacidad para formar estructuras tridimensionales complejas que sirven de refugio y soporte a otros organismos, además del alto grado de vulnerabilidad que presentan las especies que las conforman.<sup>(2)</sup> Suelen ser especies longevas, de crecimiento lento y por tanto, sensibles a los cambios de su entorno y de difícil recuperación.

El hecho de que esta zona forme parte de la Red Natura 2000, y que en un futuro sea también AMP, supone un reto más para la sociedad local y los sectores afectados, asumiendo las nuevas medidas de restricción y sacando partido de ellas para hacer

perdurables sus actividades económicas y que éstas puedan ser conciliables con la conservación de la biodiversidad de la zona. El ulterior seguimiento de la zona de estudio brindará un marco sin parangón para la descripción de la evolución de los hábitats y especies sensibles ante la protección, conjugada con determinadas actividades económicas locales como la pesca artesanal.

### Bibliografía

- (1) Almón, Bruno; Garrido, Mario; Meseguer, Carmen; Arcos, José Manuel; Martín, Vidal; Pantoja, Javier; Consuegra, Elena. 2014. Espacio Marino del Oriente y Sur de Lanzarote-Fuerteventura. Proyecto LIFE + INDEMARES. Ed. Fundación Biodiversidad del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.
- (2) Martín-Sosa P. (coord.). 2013. Caracterización del Sur de Fuerteventura. Informe Final del Instituto Español de Oceanografía-Centro Oceanográfico de Canarias.
- (3) <https://fundacion-biodiversidad.es/es/biodiversidad-marina-y-litoral/proyectos-propios/life-ip-paf-intemares>
- (4) [www.indemares.es](http://www.indemares.es)

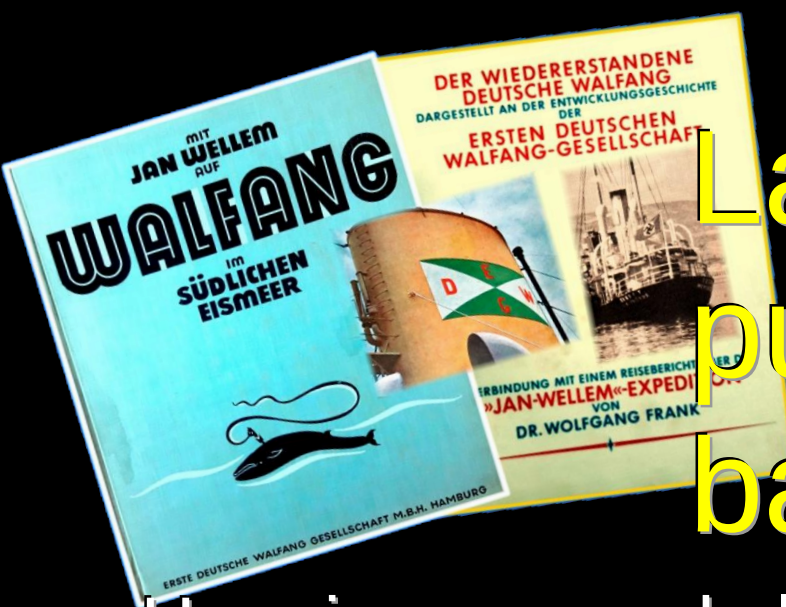




Cubierta y portada interior del libro publicado en 1939 sobre las tres primeras campañas balleneras alemanas en la Antártida con la expedición del buque nodriza 'Jan Wellem' y un total de ocho caza-ballas 'Treff I-VIII. En la chimenea de los buques las siglas de la empresa alemana constituida para la ocasión (E. D.W.G.) (Fuente: Frank (1939), montaje del autor). (Figura 1).

Mapa con la trayectoria de la flota ballenera germana en su primera campaña en la Antártida (1936–1937), indicando las escalas en Canarias y el área de caza austral (Fuente: Frank, 1939). Varios sectores se han ampliado en la página 102. (Figura 2).





# Las Palmas: puerto ballenero

## Un primer paso de la Alemania nazi hacia la Antártica (1936-1939)

**Juan Pérez-Rubín Feigl**

Centro Oceanográfico de Málaga, Instituto Español de Oceanografía

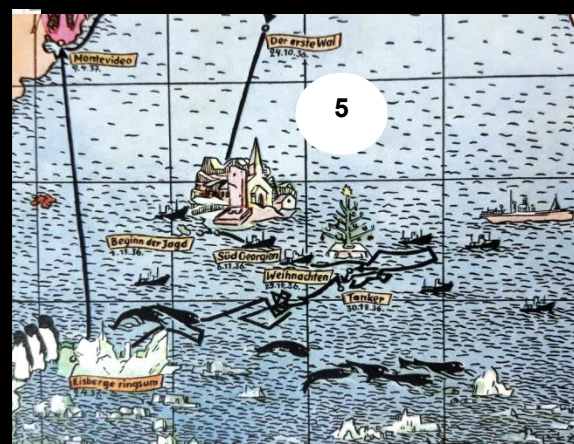
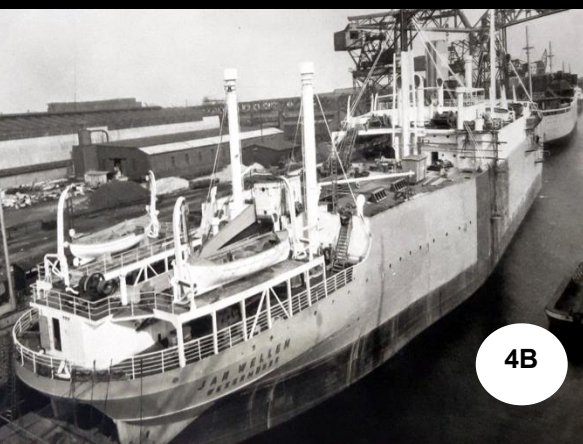
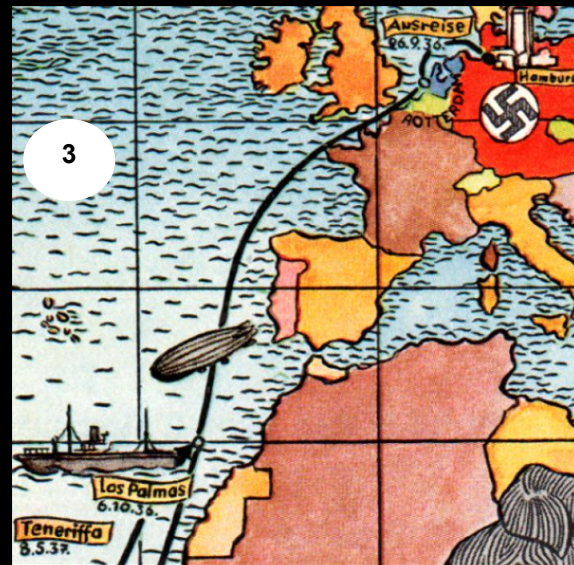
Los resultados de las expediciones marítimas inglesas a la Antártida y mares próximos del período 1925-1939 –dirigidas al estudio de las ballenas, su alimento (el plancton) y la oceanografía–, mostraron al mundo el gran interés científico y económico del área; pues las prospecciones germanas del *Meteor* (1925–1927) no habían llegado tan al Sur. Desde 1929, en los informes científicos del buque *Discovery* los capitanes balleneros dispusieron de abundante información útil para sus cacerías, particularmente a partir de la publicación de los lugares de concentración de ballenas en Georgia del Sur y aguas adyacentes (1935). Al año siguiente, Alemania estaba decidida a autoabastecerse y evitar su gran dependencia económica del aceite de ballena de Noruega (materia prima para la fabricación de margarina y jabón). Empresarios germanos emprendieron en 1936 sus primeras expediciones de caza ballenera en aquella área austral y, tras los satisfactorios resultados obtenidos, el III Reich intentó asegurarse un territorio costero en el continente helado y envió una primera expedición político-científica (1938–1939). El inicio de la II Guerra Mundial impidió la realización de las siguientes programadas y no regresaron sus científicos al área hasta las exploraciones de 1979–1980, veinte años después de la firma internacional del Tratado Antártico (en vigor desde 1961), nacido con el compromiso de paralizar las reivindicaciones territoriales de diferentes países, garantizando el uso del “sexto continente” exclusivamente para fines pacíficos, con la preservación del medio ambiente y de sus recursos.

Hay que tener en cuenta que solo en la temporada de 1936–1937 la matanza mundial de ballenas en el Ártico y Antártico se elevó a 51.256 individuos. Se intensificó la persecución de cetáceos en 1939, cuando faenaban en diferentes océanos 37 grandes buques-factoría, pertenecientes a Noruega (12), Inglaterra (10), Japón (6), Alemania (5) y a un consorcio chileno-argentino (4).

### Las tres campañas balleneras pioneras en los mares australes (1936-1939)

En diciembre de 1935 se constituyó en Hamburgo la empresa “Primera sociedad ballenera alemana” (*Erste Deutsche Walfang-Gesellschaft*) y eligieron, para liderar las primeras expediciones, al experto capitán ballenero Otto Kraul, quien en su campaña ártica previa había capturado 920 ballenas. Transformaron profundamente un buque de pasajeros de 143 metros de eslora (el *Württemberg*, construido en 1921) y lo convirtieron en el *Jan Wellem* (1936): el primer buque-factoría ballenero con pabellón alemán, dotado con 250 tripulantes. Al citado buque nodriza le acompañaron en la campaña inaugural seis caza-balleneros de unos 40 m eslora (los *Treff* I-VI, con 15 hombres cada uno) y en la segunda otros dos (*Treff* VII-VIII). En 1939 se publicó un libro con un relato detallado de esa 2ª expedición escrito por el abogado y experto navegante Wolfgang Frank<sup>(1)</sup> (Figs. 1 y 2). Dos participantes en esa campaña, el joven oceanógrafo Karl-Heinz Paulsen y el citado capitán Otto Kraul, fueron reclutados para la III Expedición Antártica alemana (1938-1939) que describiremos más abajo.





El nombrado escritor Wolfgang Frank llegó a ser conocido internacionalmente por sus novelas navales y biografías. Particularmente con sus libros sobre el comandante del submarino *U-47* en 1942, que formó parte de la propaganda nacional-socialista, y el bestseller *Die Wölfe und der Admiral* (*Los Lobos y el Almirante*), una crónica novelada de la guerra de submarinos con varias reediciones nacionales y 12 traducciones en el extranjero desde 1953 (la española en 1958). Con anterioridad, tras publicar varios libros sobre los pescadores de altura alemanes en buques de vapor, se involucró intensamente en la epopeya nacional de la caza de ballenas en la Antártida, desde su participación en aquella campaña de la flota del *Jan Wellem* (1937–1938). Sobre la materia publicó tres libros, entre el que se encuentra su colaboración en el descrito en estas páginas, y escribió el guión del documental de Gerhard A. Donner: *Walfänger in der Antarktis* (1939).

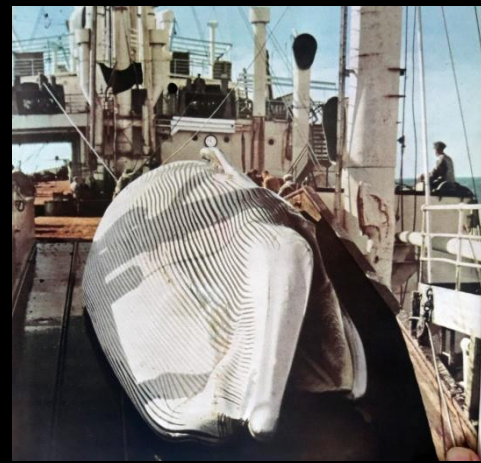
El rendimiento de la primera campaña de esa expedición (26/IX/1936–10/V/1937) consistió en cerca de 62.000 barriles de aceite y unas 900 toneladas de carne de ballena. En la figura 2 se muestra la trayectoria náutica de esa pionera expedición y las escalas en Canarias.

Esa pionera expedición partió de Hamburgo en septiembre de 1936 y regresó en mayo de 1937, con la primera escala a la ida en Las Palmas (6/X/1936) y la última, de regreso, en Santa Cruz de Tenerife (8/V/1937). En el croquis adjunto incluyeron al dirigible *Graf Zeppelin* que sobrevoló las islas en junio de 1936 (Fig. 3). Sin embargo, solo aparece en el libro la foto del ataque de la flota ballenera en el puerto de Gran Canaria (Fig. 4A), con otras de los dos tipos de buques de esa expedición (Figs. 4B y 4C).

### La expedición política-científica Antártica de 1938-1939

Empresa ordenada por el mariscal Hermann Göring: “en ese mundo distante para crear un peón [... y], debe garantizar la caza de ballenas para el futuro”. Se llevó a cabo con el buque *Schwabenland* (*Suabia*, de 143 m de eslora) al mando del capitán Alfred Kottas y con el capitán ballenero Otto Kraul, experto en navegación polar. Un tercer capitán, Alfred Ritscher, sería el responsable supremo de la expedición, que duró 117 días. Contaron con los hidroaviones *Boreas* y *Passat* para los reconocimientos topográficos y realizaron 11.600 fotografías aéreas en gran formato. Finalmente delimitaron un extenso





territorio costero de unos 600.000 km<sup>2</sup>, ubicado dentro de la “Tierra de la Reina Maud”, dominio terrestre y mar circundante reclamados por Noruega desde enero de 1939.

El equipo humano estaba compuesto por 82 hombres (24 tripulantes), destacando cuatro ingenieros, el médico del buque (Josef Bludau), y el personal científico liderado por el citado Ritscher: repartido en las secciones de meteorología (a cargo de Herbert Regula y Heinz Lange, asistidos por Walter Kruger y Wilhelm Gockel), de biología (Erich Barkley, del Instituto de Investigación Ballenera de Hamburgo), geofísica (Leo Gburek), geografía-geología (Ernst Herrmann) y oceanografía (Karl-Heinz Paulsen). En 1939 se publicaron los resultados científicos preliminares de cada especialidad, coordinados por el líder A. Ritscher, en un monográfico de los *Anales de Hidrografía y Meteorología Marítima* (Berlín) de más de 50 páginas, con fotos y mapas. El mismo autor publicó los definitivos “resultados científicos y aeronáuticos” de la expedición entre 1942 y 1958.

La edición divulgativa popular del periplo vio la luz a cargo de E. Herrmann<sup>(2)</sup>: *Investigadores alemanes en el Océano Austral* (1941), reproduciendo una carta

Sección del mapa de la figura 2 anterior con las referencias a las escalas en Las Palmas (ida) y Santa Cruz de Tenerife (regreso). (Figura 3).

Fotos del atraque de la flota ballenera en el puerto de Las Palmas (4A), el buque nodriza ‘Jan Wellen’ (4B) y un caza-ballenas ‘Treff’ (4C) (Fuente: Frank, 1939). (Figura 4).

Sección del mapa de la figura 2 en aguas australes, señalando el croquis la situación geográfica de la primera ballena capturada al norte (1936) y el trayecto en aguas antárticas donde mataron a los restantes cetáceos en la primera expedición (Fuente: Frank, 1939). (Figura 5).

Colección de fotos de las iniciales campañas balleneras antárticas alemanas (1936-1939) y el transporte por ferrocarril del primer cargamento de aceite de ballena para la industria nacional dándole gran publicidad (Fuente: Frank, 1939). (Figura 6).

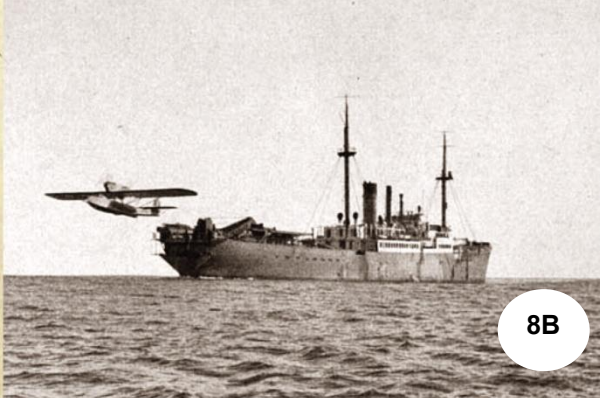
de felicitación de H. Göring a los expedicionarios (7/III/1939) por haber “*logrado una hazaña digna de la posición de la Gran Alemania en el mundo*” (Fig. 7).

El biólogo E. Barkley tenía la experiencia de un embarque previo de siete meses en aguas antárticas con el ballenero CL Larsen (1937–1938). Sus investigaciones en la nueva expedición fueron muy variadas y consistieron en estudios intensivos sobre cetáceos, focas, aves y plancton (capturas de muy diferentes especies, incluyendo el krill, entre los 0-500 m de profundidad). Más resultados científicos obtenidos por otros investigadores se presentan en la figura 9.





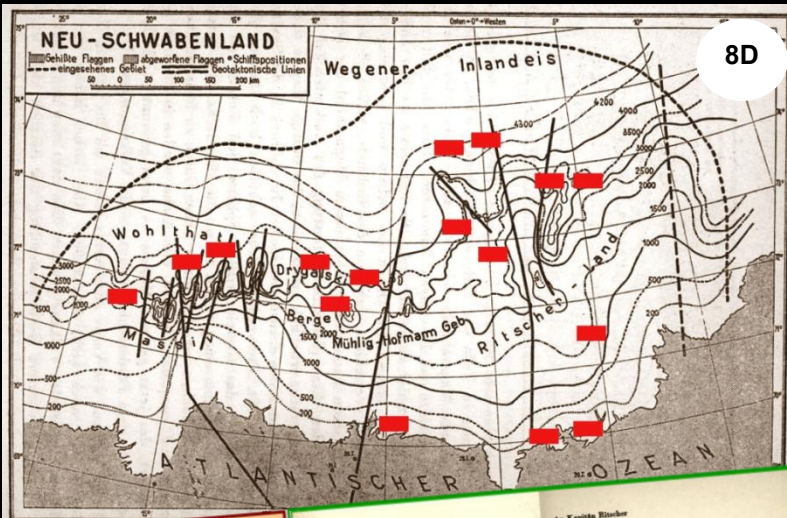
8A



8B



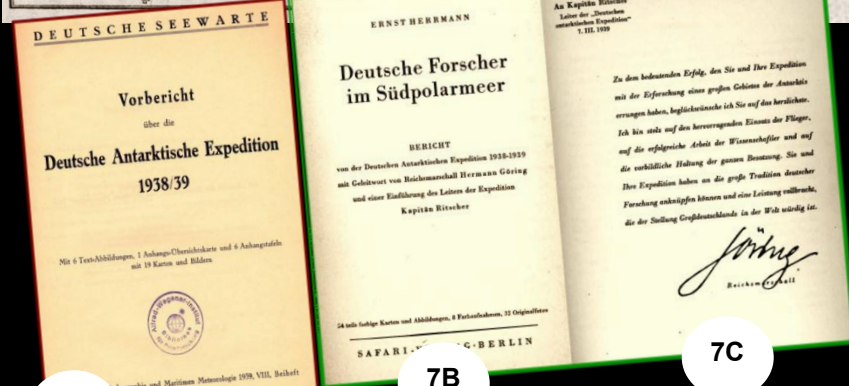
8C



8D



8E



7B

7C

7A

Las primeras dos publicaciones sobre la Expedición Antártica Alemana de 1938-1939. La monografía científica de los resultados preliminares coordinada por A. Ritscher en 1939 (7A) y el libro divulgativo de H. Herrmann de 1941, con el texto de H. Göring (7B) (Fuentes: Ritscher (ed. 1939) y Herrmann). (Figura 7).

Emblema de la expedición en el que se ubicaba el territorio antártico reivindicado por los germanos "Neu-Schwabenland" o "Nueva Suabia" (8A). El buque y un hidroavión de la expedición (8B). Foto de grupo de los expedicionarios con un pingüino (8C). Plano del "nuevo territorio" alemán señalando la ubicación (marcas rojas) de los 13 postes del interior con la esvástica y las tres banderas costeras (8D). Un trio de expedicionarios con una de esas banderas (8E) (Fuente: Herrmann, 1941). (Figura 8).

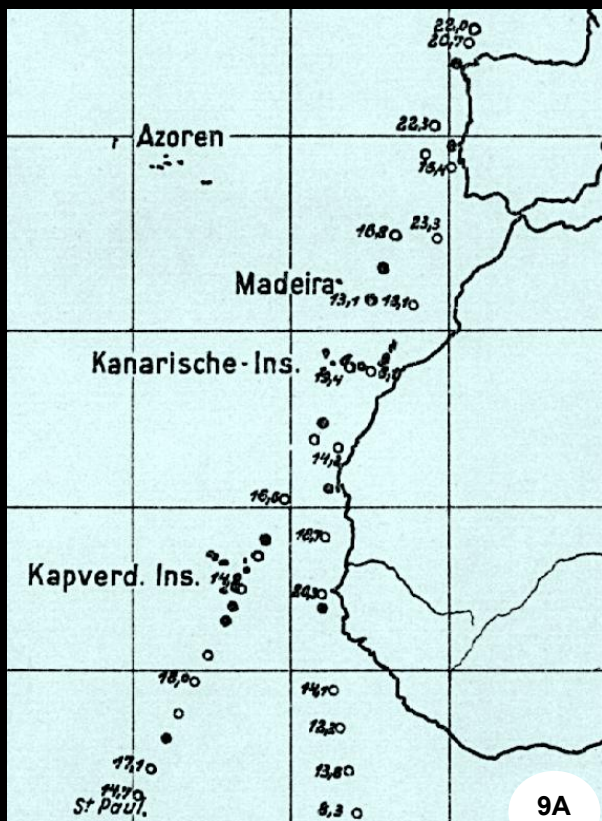
## Cambios drásticos durante 1940-1946

El proyecto de continuidad en la Antártida se abortó con el inicio de la 2ª Guerra Mundial, a partir de septiembre de 1939. Fue incautado el *Jan Wullen* por la Marina de Guerra germana y su dotación militarizada junto con los científicos. Seis meses después participó ese buque en la ocupación nazi de Noruega (1940) y fue bombardeado por Inglaterra, aunque sobrevivió. En las antípodas continuó la ofensiva alemana y, en enero de 1941 comandos del crucero auxiliar *Pinguin* capturaron numerosos buques en aguas de la "Nueva Suabia" antártica, entre los que se encontraban once caza-balleneros noruegos y

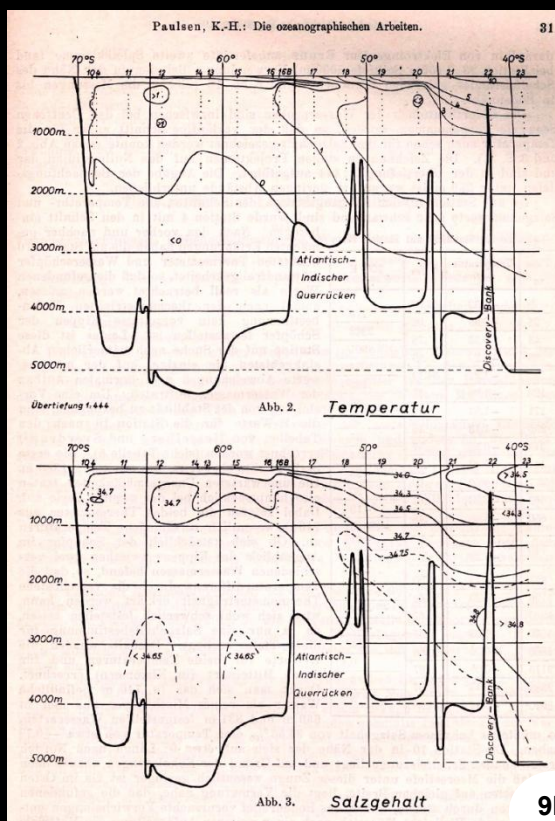
Finalizada la guerra, y desechado el *Jan Wullen*, los otros tres buques factoría de Alemania supervivientes pasaron a poder de Inglaterra (*Wikinger* y *Unitas*) y Noruega (*Walter Rau*), los nacionalizaron y rebautizaron para la primera campaña ballenera de la posguerra (1945-46), cuando se acordó internacionalmente limitar las capturas a unas 32.000 ballenas por temporada.

¿Qué destino tuvieron los integrantes de la expedición científica? Aunque la mayoría sobrevivieron a la guerra y los apellidos de ocho de ellos se immortalizaron con una decena de nombres geográficos en la "Antártida Alemana", al menos cinco de los más jóvenes (Gruber, Gburek, Paulsen, Lange y Barkley) fallecieron prematuramente en

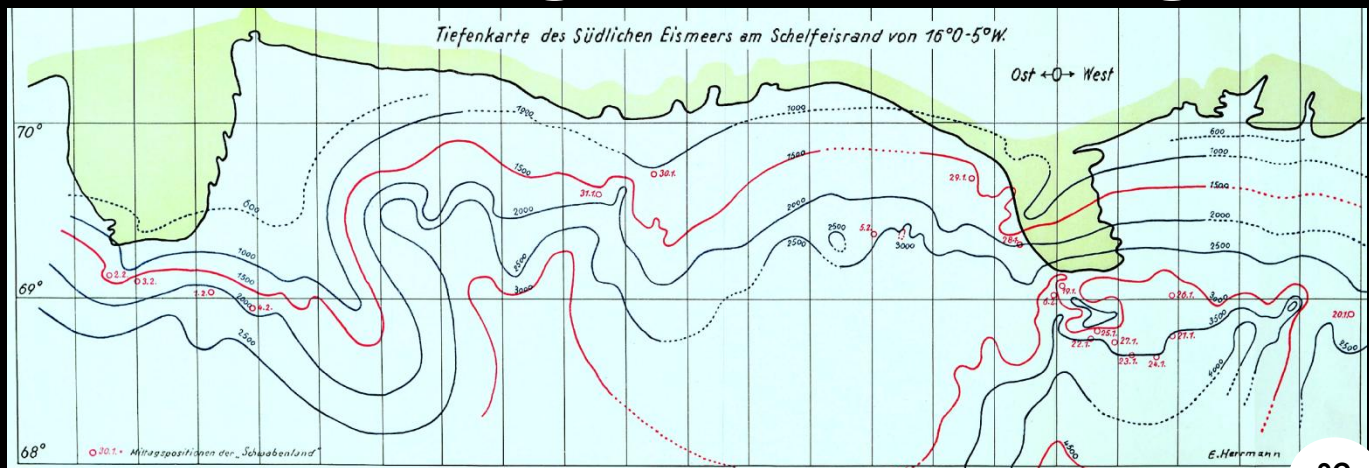




9A



9B



9C

diferentes batallas con edades de 28 a 35 años.

### Bibliografía

- (1) Frank, W. (1939): Der wiedererstandene deutsche Walfang. Dargestellt an der Entwicklungsgeschichte der Ersten Deutschen Walfang-Gesellschaft in Verbindung mit einem Reisebericht über die 2. 'Jan-Wellem'-Expedition. Düsseldorf.
- (2) Herrmann, E. (1941): Deutsche Forscher im Südpolarme. Bericht von der Deutschen Antarktischen Expedition 1938-1939. Berlin.
- (3) Ritscher (ed. 1939): Vorbericht über die Deutsche Antarktische Expedition, 1938/39. Annalen der Hydrographie und Maritimen Meteorologie, VIII. Berlin.

Una muestra de diferentes resultados científicos de la expedición político-científica a la Antártida (1938-1939). Trayectorias de ida y vuelta del buque con los radiosondeos más cercanos a las costas de la Península y Canarias (9A). Perfiles oceanográficos de K.-H. Paulsen: temperatura (arriba) y salinidad en un radial (70°-40° S) desde la superficie hasta más de 4.000 m de profundidad (9B). Carta de profundidades de H. Herrmann entre las cotas de 600-4.500 m: sector comprendido entre los 16° 0-5° W (9C) (Fuente: Ritscher ed., 1939)(3). (Figura 9).





# Islas, turismo y cambio climático

**Abel López Díez, Jaime Díaz Pacheco,  
Pedro Dorta Antequera**

Cátedra de Reducción de Riesgos de Desastre y Ciudades Resilientes, Campus de Guajara, Universidad de La Laguna, 38200 San Cristóbal de La Laguna. E-mail: pdorta@ull.edu.es

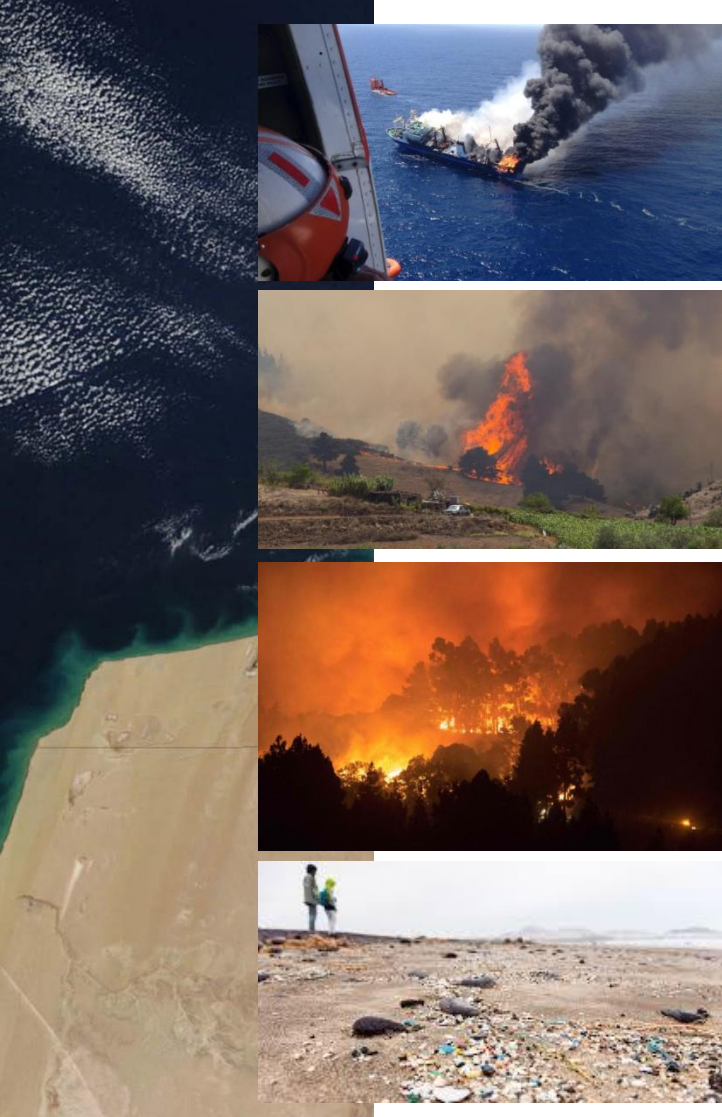
En los siguientes párrafos trataremos de reflexionar sobre algunos de los aspectos más destacados de la estrecha relación existente entre la condición territorial insular y la actividad turística en el litoral, el llamado turismo de sol y playa, en el contexto actual de cambio climático.

Las islas, entendidas como espacios geográficos limitados y alejados de los grandes centros de toma de decisiones, son territorios frágiles que a lo largo de las últimas décadas del siglo XX y durante el presente siglo han centrado gran parte de su actividad económica en el turismo costero. El desarrollo del mismo ha estado directamente relacionado con unas condiciones climáticas locales favorecedoras de actividades en el litoral al aire libre, como resultado de la demanda de los habitantes de los países más desarrollados.

En este sentido, son numerosos los ejemplos, que se repiten casi clónicamente a lo largo y ancho del planeta. Cualquiera de ellos (Bali, Fuerteventura, Hawaii, Phuket, Sal, etc.) sirve para explicar la gran vulnerabilidad ante el cambio climático y la gran dependencia de una actividad, la turística, con una huella de carbono muy considerable, de hasta el 15% en el caso español,<sup>(1)</sup> en un planeta afectado ya por el calentamiento global.

## **Definición de los espacios de análisis**

Antes de tratar la cuestión, islas, turismo y cambio climático, es necesario definir cuáles son exactamente los territorios a los que hacemos referencia. No hablamos de todas las islas, nos referimos sólo a las islas de tamaño medio y pequeño, definidas, sobre todo, por su gran dependencia externa, tanto de energía, como de alimentos, como de manufacturas diversas, etc. Unos espacios que son reconocidos por el Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) como las áreas más vulnerables frente al cambio climático. Hablamos, por con-



siguiente, de territorios insulares que irían desde Córcega o Creta con algo menos de 10.000 km<sup>2</sup>, pasando por Bali, Lombok o Trinidad, entorno 5.000 km<sup>2</sup>, hasta Porto Santo, Formentera o La Graciosa con unas decenas de km<sup>2</sup>. Asimismo, se trata de espacios geográficos localizados aproximadamente entre los 8°-10° y los 35°-40° de latitud, que han vivido del sector primario, pesca y agricultura, hasta bien entrada la segunda mitad del siglo XX y, tradicionalmente, han mantenido niveles de renta bajos o, en el mejor de los casos, moderados. Y la inmensa mayoría dependen, hoy en día, del sector del ocio y de los viajes, en especial las de dimensiones más reducidas. Sin duda, el desarrollo explosivo, en las últimas décadas, de la aviación comercial también ha contribuido a que todas estas islas dirijan su economía de forma decidida hacia el turismo.

### Islas y turismo

De esta manera, en la actualidad, centenares de territorios insulares de las características señaladas poseen una dependencia absoluta de la actividad

turística con porcentajes de su PIB que, en ocasiones, superan el 50%, en algunos destinos consolidados como es el caso de Maldivas o Seychelles, o registran crecimientos porcentuales muy rápidos en espacios turísticos de desarrollo más reciente, como ocurre con Sal o Boavista, en Cabo Verde. Del mismo modo estos territorios insulares presentan mercados laborales muy dependientes del sector turístico, llegando en el caso de las Islas Canarias o Maldivas al 40%. Las islas, por tanto, se convierten así en destinos turísticos y los países desarrollados en emisores de turistas.

Cabe preguntarse cuáles son los motivos que determinan ese desarrollo turístico fulminante y masivo. La respuesta es un conjunto de múltiples factores pero entre todos ellos el clima ocupa un lugar destacado, conformándose como un factor de localización esencial.<sup>(2)</sup> Así, las islas cálidas, o moderadamente cálidas, se convierten en refugios vacacionales de una parte muy sustancial de la población de países de latitudes medias o altas. Es decir, estos territorios insulares poseen unas cualidades ambientales favorables al desarrollo de actividades al aire libre al mostrar temperaturas agradables y buen tiempo garantizado, sobre todo en contraste con los países emisores. Sin menospreciar los factores económicos, que son fundamentales para la actividad turística, el valor del clima supera incluso a la distancia de los mercados. Pensemos en Hawaii, Maldivas, Mauricio o Seychelles, situadas a gran distancia de los emisores pero que aún así también presentan un gran éxito turístico.

Desde una perspectiva climática, y en relación con el potencial turístico, podemos distinguir, de forma muy general, entre:

- (1)- *Islas de rasgos mediterráneos*, en las que existe una acusada estacionalidad puesto que sólo los meses cálidos del año son aprovechables para las actividades en el litoral demandadas por el turista, pero en las que coinciden los periodos vacacionales de la mayoría de la población asalariada y las vacaciones escolares, es decir la temporada en la que se producen más desplazamientos por haber más demanda de ocio. Ejemplos de ello son Baleares, Islas Griegas, Malta, Córcega, etc.
- (2)- *Islas de rasgos tropicales*, en las que los meses cálidos tienen algunos inconvenientes para el disfrute de actividades puesto que están sometidas a la estación de lluvias y especialmente amenazadas por fenómenos extremos como tormentas y ciclones tropicales. Estos territorios tienen su temporada alta de forma inversa a los anteriores,





Rápido crecimiento del turismo e impacto de la subida del nivel del mar en un sector del sur de Gran Canaria. Imagen superior 1961. Imagen central 2018. Imagen inferior Modelo de subida de nivel del mar realizado con modelo digital de elevaciones de mayor precisión para 2050 según Kulp y Strauss (2019)<sup>(4)</sup> (Elaboración propia. Fuente: IDEE Canarias; Kulp & Strauss, 2019).<sup>(4)</sup> (Figura 1.)

siendo los meses más fríos los más adecuados por al turismo. Como ejemplos podemos citar Maldivas, Mauricio, Bahamas, Islas Vírgenes Británicas, Islas Caimán, etc.

- (3)- *Islas de rasgos mixtos*, que podríamos denominar subtropicales. Térmicamente se encuentran más cercanas al mundo tropical, aunque con valores más templados que las anteriores y pluviométricamente próximas al mundo mediterráneo. Éstas presentan unas características climáticas que permiten el desarrollo de la actividad turística durante todo el año o muchos meses, sobre todo en aquellas que presentan grados de aridez importantes con lluvias escasas. El máximo exponente es el Archipiélago Canario o Madeira.

### Islas, turismo y cambio climático

Una vez señalada la relevancia del clima, como eje vertebrador de la alta dependencia económica de la actividad turística de las islas, vamos a analizar el papel que el cambio climático puede tener sobre estos espacios.

Si atendemos a las acciones en las que se ha de actuar para frenar su incidencia sobre el planeta, adaptación y mitigación, resulta evidente que los territorios insulares poseen una alta vulnerabilidad frente a ambas cuestiones.

Se ha analizado profusamente, desde una perspectiva científica, cuáles serían los efectos del cambio climático en las costas en un sentido amplio; no debemos olvidar que las islas pequeñas son esencialmente costas. Pero, además, el capítulo 29 del Quinto Informe del IPCC<sup>(3)</sup> está dedicado específicamente a impactos, adaptación y vulnerabilidad en las islas pequeñas.

Estos espacios son muy frágiles debido no solo al ascenso térmico, como el resto del planeta sino, sobre todo, por el incremento de eventos extremos de precipitación y, especialmente, temporales marinos en un contexto de ascenso del nivel del mar. El litoral se convierte así en un territorio en el que aumenta la amenaza de estos procesos y, además, la mayor parte de su población y, especialmente la inmensa mayoría de los alojamientos y actividades turísticas, se concentran en una franja litoral muy estrecha. Esto hace que las islas se estén transformando en territorios en los que los riesgos del clima aumentan de manera considerable. En otras palabras, la actividad turística en estos espacios insulares es muy vulnerable al cambio climático. En consecuencia, el aumento de las amenazas y de la vulnerabilidad hace que los riesgos del clima deberían conformar una preocupación prioritaria en las islas.

Es imprescindible actuar en la adaptación frente al cambio climático, no sólo por los efectos en infraestructuras sino también por la previsible pérdida de playas, erosión costera general, deterioro de ecosistemas costeros, etc. Consecuentemente, los efectos sobre al turismo serán inevitables y en algunos territorios ya son palpables.

Un buen ejemplo es el caso de Canarias, sobre todo las islas orientales. Las playas, grandes atractivos para el visitante, sufrirán gravemente la subida del nivel del mar como ponen de manifiesto diversas investigaciones. La figura 1, correspondiente al sur de Gran Canaria, aúna el crecimiento explosivo del turismo en las décadas pasadas y los previsibles efectos del ascenso del nivel del mar y las décadas futuras.

No obstante, aunque pueda parecer menos importante, las actuaciones en medidas de mitigación tienen también un impacto que podría ser incluso peor desde una perspectiva económica que la propia adaptación. Aunque hablamos de islas pequeñas y medianas y, por tanto, con una población en conjunto muy reducida con relación al total del planeta y aunque las actividades en estos espacios no sean de gran impacto en las emisiones globales si es necesario puntualizar algunas cuestiones.

Si bien es cierto, como se ha mencionado, que el impacto global directo de la actividad de los habitantes de estos territorios es muy limitado en comparación con las emisiones de China, EEUU o India, por ejemplo, las emisiones *per cápita* suelen ser muy considerables, aunque con diferencias importantes entre archipiélagos. Así, algunos países o territorios autónomos insulares se sitúan entre los más contaminantes del mundo. Es el caso de Curaçao, Trinidad y Tobago o Sint Maarten, que están entre los mayores emisores *per cápita* del planeta, por encima incluso de EE.UU. Pero, además, en realidad, lo más preocupante son las emisiones de los propios turistas que se trasladan a las islas y, especialmente, las emisiones generadas por el uso del avión. Hay que destacar que la inmensa mayoría de los visitantes que llegan a una isla lo hacen por vía aérea. Las últimas investigaciones estiman que el sector turístico es responsable de más de un 8% de las emisiones mundiales de CO<sub>2</sub><sup>(5)</sup> y el transporte aéreo es el sector que más contribuye a ello. La aviación comercial tiene una repercusión muy considerable en las concentraciones de CO<sub>2</sub>. En otras palabras, las islas pequeñas y medianas son corresponsables importantes del incremento de las emisiones de gases de efecto invernadero. Valga sólo un dato: un turista británico que se desplace desde Londres a la isla de Sal, en Cabo Verde, o a Bali, en Indonesia, emite, sólo en el vuelo



de ida y vuelta, una cantidad de gases de efecto invernadero similar a la que produce un habitante del país visitado durante todo un año (Cuadro 1).

En ese sentido, las medidas de mitigación que comienzan a discutirse en los círculos políticos europeos más concienciados con el cambio climático, como la reducción de vuelos o los impuestos al transporte aéreo, o la propia sensibilización de una parte importante de la población, pueden dificultar el futuro del sector turístico en los territorios insulares altamente dependientes de esta actividad. Además, el ascenso térmico generalizado a escala planetaria también puede afectar a los flujos turísticos y a la estacionalidad de los mismos.

Esta situación podría, sin duda, generar cambios en las decisiones de compra de los potenciales viajeros incidiendo en los patrones de distribución de la demanda. Parece evidente que las políticas de mitigación podrían generar una restricción en la llegada de visitantes a las islas.

### Conclusiones

Las reflexiones planteadas conllevan a establecer una serie de conclusiones nada halagüeñas sobre el futuro de la actividad turística en las islas, si no se transforman los procesos de demanda y oferta de los destinos. Ha quedado claro que los impactos del cambio climático tendrán repercusiones importantes en los establecimientos turísticos, en las playas e infraestructuras situadas en el litoral, en los atractivos de los diversos ecosistemas, lo cual ya está ampliamente analizado en la literatura científica. Pero lo que no ha tenido hasta el momento tanta repercusión es el problema que suponen la toma de medidas severas de mitigación a escala planetaria. El transporte y, especialmente el transporte aéreo, es un sector altamente emisor de CO<sub>2</sub>.

Los destinos insulares tendrían que seguir una senda en la que la sostenibilidad ambiental y la reducción de la huella de carbono fuese un objetivo inaplazable. Una sostenibilidad que pasa, entre otras cosas, por implementar acciones de adaptación ante los nuevos escenarios climáticos que desencadenará el cambio climático en los territorios insulares. Por todo ello, un destino más sostenible y resiliente, posiblemente sea más atractivo para un porcentaje importante de la población más concienciada de los países desarrollados. Las islas que no “demuestren” su compromiso con la sostenibilidad probablemente pierdan competitividad, al menos, en amplios sectores de las clases medias de los principales países emisores del mundo (Alemania, Reino Unido, Francia, países escandinavos, etc.).

### Emisiones de CO<sub>2</sub> per cápita

| Isla             | Emisiones/año (t) | Emisiones vuelo ida y vuelta de un Turista desde Londres (t) |
|------------------|-------------------|--------------------------------------------------------------|
| Cabo verde (Sal) | 0,95              | 0,70                                                         |
| Indonesia (Bali) | 1,82              | 1,87                                                         |

(Cuadro 1). (Elaboración propia. Fuente: Banco Mundial; <https://www.carbonfootprint.com/calculator.aspx>)

Si bien es cierto, como se ha mencionado, que el impacto global directo de la actividad de los habitantes de estos territorios es muy limitado en comparación con las emisiones de China, EEUU o India, por ejemplo, las emisiones *per cápita* suelen ser muy considerables, aunque con diferencias importantes entre archipiélagos.

En ese contexto comienzan a desarrollarse políticas, estrategias, vías de financiación, certificaciones que muestran los caminos a seguir para mantener una excelencia o diferenciación que haga más atractivos los destinos desde un punto de vista ambiental. Ha llegado el momento de acabar con el derroche de recursos y de territorio, de cuidar el medio en el que se instalan los alojamientos, de invertir en sostenibilidad. El único beneficio del actual calentamiento del planeta debería ser un cambio o casi una revolución en la manera en la que vivimos y entendemos nuestro ocio.

### Bibliografía

- (1) Cadarso, M., Gómez, N., López, L., Tobarra, M. 2014. Journal of Cleaner Production, 111: 520-537.
- (2) Gómez Martín, M.B. 2005. Boletín de la AGE, 40:111-134.
- (3) Nurse, L.A. & McLean, R.F. 2014. Small islands. En: AR5 Climate Change: Impacts, Adaptation and Vulnerability, IPCC.
- (4) Kulp, S.A., & Strauss, B.H. 2019. Nature Communications, 10(1):1-12.
- (5) Lenzen, M., Sun, Y.Y., Faturay, F., Ting, Y., Geschke, A., & Malik, A. 2018. Nature Climate Change, 8:522-528.

# EMERGENCIA

**La mitad de los refugiados  
son niños**



**Save the Children**

**Envía SAVE al 28014**

Donarás 1,2€ a la emergencia

[savethechildren.es/ayudarefugiados](http://savethechildren.es/ayudarefugiados)

Coste 1,2 euros (donación íntegra para SAVE THE CHILDREN). Servicio de SMS solidario operado por Altiria TIC, [www.altiria.com](http://www.altiria.com), y la Asociación Española de Fundraising, [www.aefundraising.org](http://www.aefundraising.org), nº atn. Cte. 902 00 28 98, apdo. correos 36059 - 28080 Madrid. Colaboran Movistar, Vodafone, Orange, Yoigo, Euskaltel. Información legal y protección de datos: [www.savethechildren.es](http://www.savethechildren.es)



# Marisol Izquierdo López

## “La acuicultura supone una apuesta por productos sostenibles y de calidad”

**Profesora de la Universidad de las Palmas de Gran Canaria (ULPGC), Directora del grupo de Acuicultura del Instituto Universitario ECOAQUA, es un referente a nivel internacional en el campo de la acuicultura. Marisol Izquierdo es una de las piezas clave en el desarrollo de esta ciencia e industria en Canarias y España, tanto formando profesionales e investigadores como participando activamente en investigaciones y proyectos centrados en mejorar sistemas de cultivos o desarrollar estrategias innovadoras para nuevas especies, mejorar dietas haciéndolas cada vez más sostenibles y competitivas, o trabajando en la mejora de la implantación de los productos de crianza del mar. En esta entrevista intentamos transmitir su pasión por el mar y lo que nos ofrece.**

### **¿Cuáles fueron los principios de todo?**

Desde muy niña el mar fue mi gran pasión. Quise estudiar ciencias del mar y en ese momento no existía en España, así que estudié biología. Ahí hice zoología y algunas asignaturas relacionadas con pesca y acuicultura, y quise aprender más haciendo el doctorado y máster en acuicultura. En esa época en España no existía nada de esto y alguien me dijo que el país más adelantado en esto era Japón. Allá me fui, en el año 1984, con una beca del Gobierno Japonés y felizmente casada. Nos fuimos ambos a hacer nuestros doctorados en Japón, entre los años 1984 y 1988.

### **¿Qué es lo que destacaría de esa época?**

Me sorprendieron muchas cosas y muy interesantes. Lo primero es que gran parte de los acuicultores eran antiguos pescadores. Japón había esquilado sus aguas, así que los pescadores tradicionales pasaron a ser acuicultores. Durante mis estudios de licenciatura, en Tenerife, había trabajado mucho con pescadores y cuando llegué a Japón me encontré que estos pescadores, reconvertidos en acuicultores, tenían un estatus social y económico muy alto, del que sus padres no habían disfrutado. Me impresionó muchísimo que la pesca costera se había transformado en acuicultura. A nivel científico, me sorprendió muchísimo la altísima producción científica marina y sobre todo en acuicultura. En esa época se celebraban dos congresos anuales de la Sociedad de Ciencias Marinas de Japón cada 6 meses, que se reunía para dar a conocer los últimos resultados en investigación con cientos de presentaciones. La tercera cosa que me impactó, con respecto a las ciencias marinas, era la gran interacción que había entre empresas, universidades y pescadores, o sector productivo en general. Había una gran colaboración. Hoy en día estamos muy acostumbrados a que la empresa y la universidad vayan de la mano, pero en los años ochenta estaba incluso mal visto que un profesor, o investigador universitario, trabajase con una empresa. Era como si “se vendiese a la empresa”. Todo esto marcó mi forma de trabajar y mi actitud a la hora de volver a España y trabajar: desarrollar la acuicultura, implicar al sector pesquero, implicar a las empresas y establecer relaciones internacionales.

**El nombre de Marisol Izquierdo está ligado a la acuicultura en Canarias. ¿Qué opina de esto?**



Es una casualidad. Yo no fui de los pioneros de la acuicultura en Canarias. Los primeros fueron los trabajos del Instituto Español de Oceanográfico, en Tenerife, y de Hipólito Fernández Palacios, en el Instituto Canario de Ciencias Marinas. No fui de los pioneros, solo tuve la suerte de tener una beca, de poder ir a Japón, de tener un grandísimo profesor... Caí con el mayor experto a nivel mundial en nutrición de peces, Takeshi Watanabe, y tuve la suerte de poder trabajar con él. Eso me proporcionó muchísimos contactos internacionales, así que cuando regrese a Canarias, a la Facultad Ciencias del Mar, lo primero que hicimos fue pedir un proyecto europeo y en el año 1990 nos lo concedieron. Es casualidad y suerte.

### ¿Cuál ha sido la evolución de esta industria en Canarias?

Cuando empecé a trabajar en la Facultad de Ciencias del Mar, a principios de la década de 1990, en Canarias se producían solamente unas 60 toneladas métricas de dorada, en dos sitios, dentro del puerto de Los Cristianos, en Tenerife, y en el Castillo del Romeral, en Gran Canaria, donde había una explotación en tierra. En el año 1990 formamos el Grupo

de Investigación en Acuicultura (GIA), entre personal del Instituto Canario de Ciencias Marinas e investigadores de la ULPGC, y siempre, desde el principio, pensamos que era primordial apoyar al sistema empresarial, trabajar con él y que la acuicultura debería desarrollarse en el mar. Con el primer proyecto europeo que conseguimos, compramos las primeras jaulas expuestas u *offshore* que existieron en Canarias. Hicimos estudios previos y posteriores del potencial impacto ambiental y dio lugar a una tesis doctoral sobre la viabilidad económica de este tipo de granjas en Canarias, y siempre de la mano de empresas. Todo esto demostró que no había ningún futuro en invertir en granjas en tierra o dentro de puertos. Lo que había que hacer era irse al mar, incluso cuanto más lejos, mejor. Desde ese momento, con ese cambio de mentalidad, la producción fue subiendo, llegando alcanzar un máximo de 8.000 toneladas, aportando Canarias el 35% de la producción española de dorada y lubina de España, que incluso llegó a ser el primer productor europeo. A día de hoy, es el segundo y el primero es Grecia.

“Durante mis estudios de licenciatura, en Tenerife, había trabajado mucho con pescadores y cuando llegué a Japón me encontré que estos pescadores, reconvertidos en acuicultores, tenían un estatus social y económico muy alto, del que sus padres no habían disfrutado. Me impresionó muchísimo que la pesca costera se había transformado en acuicultura”.

### ¿Un horizonte u objetivos a medio o largo plazo?

Hay barcos granjas, que operan muy alejados de la costa. Ya hay varios prototipos y concesiones dedicados al cultivo de salmón en alta mar en el Mar del Norte. Son grandes proyectos empresariales apoyados por el Gobierno de Noruega.





Instalaciones de cultivo de peces en jaulas en mar abierto (cultivo offshore) (Autor: Asc1733).



Marisol Izquierdo (dcha.), en las instalaciones de IU-ECOAGUA de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.

### ¿En lo referente a especies de cultivo?

Además de dorada y lubina, estamos trabajando con dos especies de seriolas o medregales. La tecnología de producción de estas especies la hemos desarrollado en Canarias. La tecnología de producción de bocinegro, langostino y de pulpo está desarrollada, pero hay que trabajar en el cultivo larvario. También estamos trabajando con oreja de mar o almeja canaria, que es una especie en peligro de extinción y nosotros hemos desarrollado la tecnología, tanto para repoblar los ecosistemas como para producirla comercialmente. Hemos desarrollado mucha tecnología de producción pero que no siempre se ha empleado aquí, pero la hemos exportado a puntos lejanos como Francia, Grecia, Turquía, Arabia Saudí o México.

### ¿Podría decirme uno o varios hitos?

Los hitos y éxitos son siempre a nivel de grupo, yo actúo como catalizadora. Cuando llegué me di cuenta que aquí había gente muy buena, que con el tiempo han desarrollado grandes avances. Por ejemplo: la primera vez en el mundo que se desarrolló la tecnología de reproducción de corvina nacida en cautividad fue en nuestro equipo. La tecnología de producción de especies como la corvina, bocinegro o medregal se ha desarrollado también aquí. Somos bastante fuertes en desarrollar la tecnología de producción de nuevas especies y nuestra estrategia nunca ha sido traer animales de fuera, ha sido trabajar con los pescadores, coger reproductores locales y trabajar con ellos.

Otra cosa de la que estoy muy orgullosa es de haber participado en el proyecto de cultivo de caballito de mar, a partir del cual se han realizado dos tesis doctorales. Fue un proyecto muy bonito donde cogimos tres parejas de reproductores del medio, las trajimos al laboratorio, se reprodujeron y las devolvimos al medio, donde siguen hasta la fecha. Esta tecnología permite desarrollar una especie de gran interés y además, abre una serie de nuevas líneas de investigación. El caballito de mar es el único macho de la naturaleza que “se queda preñado”, por así decirlo. Es el único macho que recibe los huevos de la hembra y estos se desarrollan hasta que eclosionan en su interior. Esto es un modelo muy interesante para entender la reproducción en otros animales y hemos realizado investigaciones, junto con el Museo de Ciencias Naturales de Londres, sobre las implicaciones genéticas y moleculares de este comportamiento y el desarrollo del saco, que significa ese entorno, las señales que deja sin tener en cuenta, como en el caso de los mamíferos, la alimentación de la madre.



### **¿Qué es lo primero que hay que decirle a alguien que aun desconfía de los productos de acuicultura?**

En primer lugar, si queremos reducir la presión sobre los ecosistemas marinos, si queremos proteger los stocks pesqueros, si queremos mantener la biodiversidad marina, igual que se hace en tierra, hay que comer de granja. En segundo lugar, cuando hemos hecho estudios de cata gastronómica en todas las comunidades autónomas españolas, con 1.500 consumidores habituales de pescado, ofreciendo dorada, lubina, lenguado o rodaballo de granja frente a otros de captura, si el consumidor no sabe el origen, significativamente este consumidor prefiere el pescado de acuicultura. A los 300 más exigentes les ofrecimos el mismo pescado, sin saber su origen, y prefirieron el de acuicultura en base al sabor. Esas mismas personas, cuando conocen el origen, cambian su opinión radicalmente, eligiendo el de captura. Esto demuestra que el pescado de acuicultura producido en España es, como poco, tan sabroso

como el de pesca, pero los consumidores no lo saben. Si a esto le unimos que el pescado de acuicultura es más sano, contiene mayor cantidad de ácidos omega tres, no tiene anisakis ni otros parásitos, tiene menos metales pesados y muchos menos microplásticos, y encima a catas de ojos cerrados, se concluye que su sabor es mejor... ¿Que es lo que sucede? Ahora mismo tenemos un proyecto europeo, del que soy la coordinadora científica, donde hemos conseguido agrupar a todas las asociaciones del Mediterráneo europeo de productores de acuicultura (Grecia, Francia, España, Portugal, Croacia, etc.), con el objetivo de trasladar a los consumidores sus beneficios y el compromiso por la calidad de las empresas y sus productos.

### **Con un poco de perspectiva de género ¿Cómo ves tu papel como referente en tu campo?**

Primeramente me siento muy orgullosa de ser una mujer canaria. Quiero poner el foco en que siendo española y canaria, he sido el primer científico español, sin importar el género, trabajando en acuicultura, en recibir un reconocimiento por parte de la Sociedad Mundial de Acuicultura. Eso creo que coloca mejor los temas de género: lo importante es haber sido el primer científico español y canario, además mujer. Tengo que decir que cuando llegué a Japón si me encontré con una sociedad "machista", donde el trabajo de la mujer casada se restringía a la casa. En los años ochenta los españoles estaban muy lejos del machismo japonés. Ahí si es cierto que notaba una cierta discriminación, pero nunca por mi profesor. Creo que todos, hombres y mujeres, subjetivamente, hacemos un sesgo a la hora de evaluar los méritos de las personas. Quizás no nos damos cuenta, pero lo hacemos. Y lo mismo también a la hora de tratar a las compañeras. Es necesario y fundamental que trabajemos conjuntamente.

### **Para finalizar, ¿qué le gustaría recalcar?**

Nadie se imaginaba hace 30 años que se iba a comer salmón en todo el mundo. Más de la mitad de los productos marinos que se consumen en el mundo vienen de la acuicultura. Nos hemos dado cuenta de que si queremos seguir creciendo, debe ser una acuicultura sostenible: económica, social y ecológicamente sostenible. La acuicultura cubre un papel muy importante a la hora de recuperar los ecosistemas marinos. Si atendemos a la huella de carbono la de la acuicultura, ésta es significativamente más baja que la de cualquier otra producción cárnica. Estamos apostando muy fuerte por esa sostenibilidad y por la calidad de los productos de la acuicultura.



# MARIE THARP

## Dibujando el fondo oceánico

Mapa del fondo marino realizado por Bruce C. Heezen y Marie Tharp en 1977. (Figura 1)

### Airam Sarmiento Lezcano

Sociedad Atlántica de Oceanógrafos

La estadounidense Marie Tharp (1920-2006) es conocida, junto a Bruce Heezen, por ser la creadora del primer mapa científico del fondo oceánico (Fig. 1). Nació en Ypsilanti, Michigan, en el año 1920. Graduada en la Universidad de Ohio en 1943, más tarde alcanzó un grado de máster en geología por la Universidad de Michigan y un grado en matemáticas por la Universidad de Tulsa.

Fue una de las primeras mujeres en trabajar para el observatorio de geología en Lamont (1948). Llegó a la Universidad de Columbia para realizar trabajos como de asistente de investigación, en el que se encargaba de la redacción y de los ejercicios de cómputo de los estudiantes de posgrado. Aquí conoció a Heezen, donde comenzó a trabajar exclusivamente en sus proyectos, cotejando, organizando y cartografiando datos de sondeo hasta la muerte de Bruce Heezen (1977). Para poder trazar los mapas usó datos obtenidos por Bruce a través del sonar, de sismógrafos y también de información suministrada por el Woods Hole Oceanographic Institution. Con ese conjunto de datos Marie pudo cartografiar lo que fue

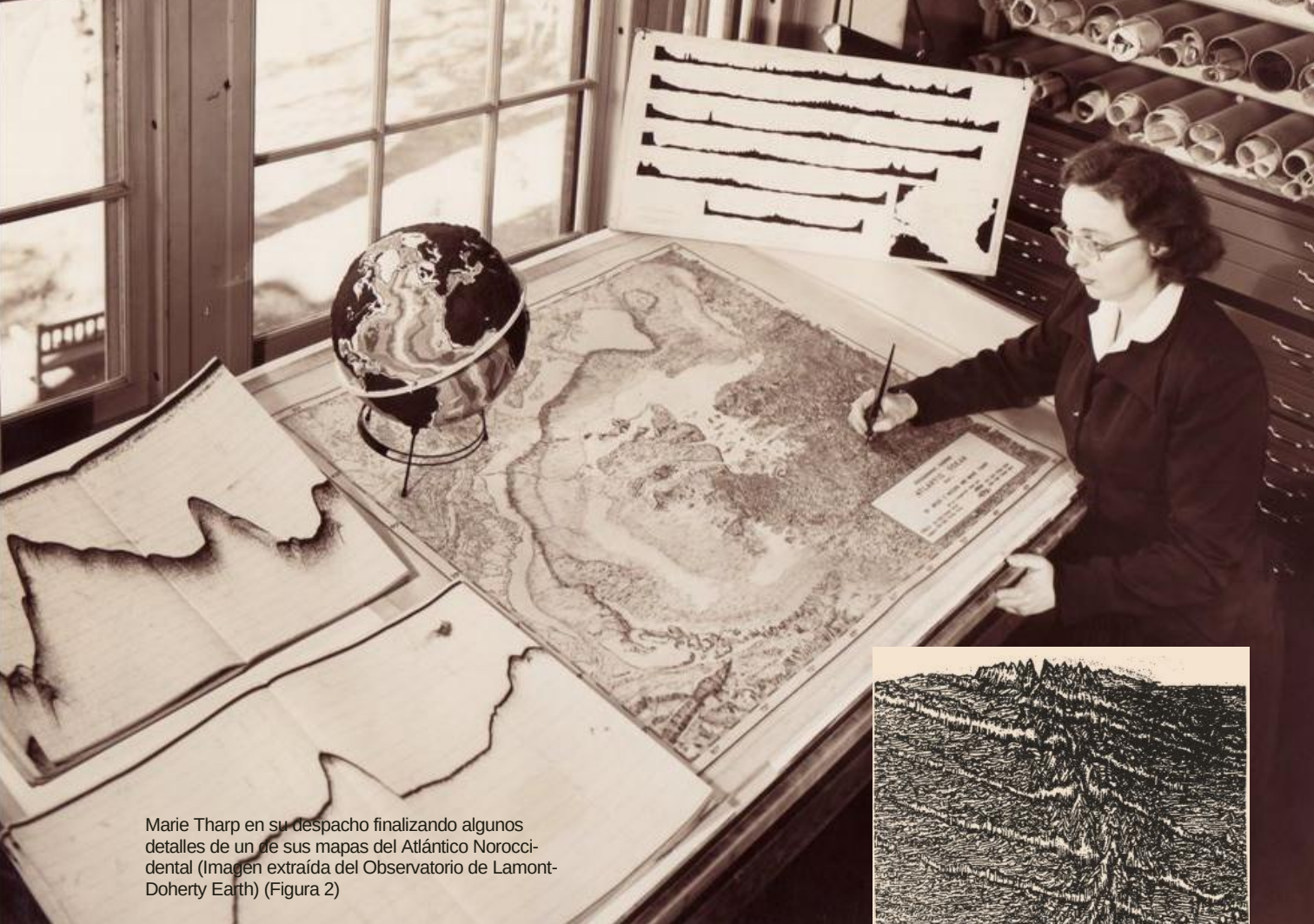
su mayor descubrimiento, la Dorsal Mesoatlántica. Este descubrimiento fue la primera evidencia irrefutable a la teoría de la Deriva Continental de Wegener, integrada después en la teoría de la Tectónica de Placas.

Marie utilizó la técnica de cartografiado fisiográfico que permite relacionar las características topográficas con la geología básica (Fig. 2). Jugaba con la luz y el relieve en la mayoría de sus diagramas, una técnica denominada “hachuring”.

Al igual que la mayoría de las mujeres de la época que hacían ciencia, Marie Tharp no podía trabajar a bordo de los buques de investigación, por lo que su compañero Bruce era quien se encargaba de la toma de datos en el mar y la propia Marie era quien dibujaba los mapas. Sin embargo, en 1965 pudo embarcar por primera vez y así tener su primera experiencia en la toma de datos a bordo de un barco de investigación.

La reputación de Heezen se alzó sobre Tharp, pero a diferencia de las mujeres que se dedicaban a la ciencia en esa época, los trabajos de Tharp no se mantenían completamente anónimos. Sus contribuciones más importantes fueron como coautora del libro *Physiographic diagram of the western North Atlantic* (Diagrama fisiográfico del Atlántico Noroccidental) y





Marie Tharp en su despacho finalizando algunos detalles de uno de sus mapas del Atlántico Noroccidental (Imagen extraída del Observatorio de Lamont-Doherty Earth) (Figura 2)

artículos influyentes sobre la geología. Publicaron artículos con gráficos, diagramas de contorno y perfiles relacionados con su investigación (Dorsal Mesoatlántica). La propia Marie Tharp creía que fue recompensada por la emoción de los primeros años, la gran variedad de proyectos en los que pudo trabajar y por el reconocimiento que recibió durante un periodo de descubrimientos científicos intensos y fructífero.

Las interpretaciones cartográficas realizadas por Tharp pusieron de manifiesto la existencia de la Dorsal Mesoatlántica y revolucionó así la comprensión científica de la Deriva Continental de la década de 1960, en un momento en que la mayoría de las mujeres eran excluidas de las carreras científicas. Sus diagramas eran reconocidos por tener un estilo topográfico, un cambio significativo en la apariencia de los mapas que se reproducían en esa época. Bordes muy característicos, especialmente los picos de las montañas que los pintaba dentados y muy puntiagudos. Lo conseguía con una marcada angularidad, donde lo enfatizaba con el grosor de las líneas (más gruesas) y contrastándolo con bordes más suaves, estilo que resaltó en la representación de la Dorsal Mesoatlántica (Fig. 3). Además, la incorporación de luces y sombras también hizo que los mapas adoptaran un estilo propio.

Sección de un mapa fisiográfico del fondo oceánico del Atlántico Norte (Extraída de Barton, 2002). (Figura 3)



Finalmente, en 1977 publicó el mapa de todo el suelo oceánico, en colaboración con el pintor paisajista austríaco Heinrich Berann (que coincidió con el año de muerte de Heezen). Marie Tharp influyó en que Heezen estuviera a favor de las teorías alternativas de la tectónica de placas y la deriva continental. Trabajó hasta 1983 en la Universidad de Columbia y después emprendió un negocio de distribución de mapas en el sur de Nyack, Nueva York, durante su retiro. Desgraciadamente murió de cáncer el 23 de agosto de 2006.

### Bibliografía

Barton, C. 2002. Marie Tharp, oceanographic cartographer, and her contributions to the revolution in the Earth sciences. *Geological Society, London, Special Publications*, 192(1):215-228.





Vista lateral de la cabeza de tiburón duende destacando la forma de la boca respecto al hocico (Fuente: Hussakof, L., 1909, Bulletin of AMNH, 26: 257-262).

# El tiburón duende

**José J. Castro**

Universidad de Las Palmas de Gran Canaria

El tiburón duende (*Mitsukurina owstoni*) es uno de los tiburones más llamativos por la extraña forma de su hocico, que se prolonga sobre la mandíbula superior a modo de gran nariz aplanada. Sería como el Cyrano de Bergerac de los tiburones, pero a diferencia del célebre poeta, esta estructura superlativa no tiene funciones asociadas a la respiración o la mínima detección de olores, sino que su forma alargada y plana le posibilita maximizar la detección y captura de sus presas en las tenebrosas y oscuras aguas profundas en las que habita.

Esta especie fue descrita por primera vez por el ictiólogo David Starr Jordan a partir de un ejemplar macho de metro y medio pescado en aguas de Japón en 1897, cerca de la costa de Yokohama, y fue el pescador que lo capturó quien lo bautizó con el nombre de *tenguzame*, cuya traducción es "tiburón duende" o "tiburón tengu". No obstante, es una especie cosmopolita, de aguas relativamente profundas, que se distribuyen desde el Golfo de Vizcaya hasta Sudáfrica, incluyendo Madeira, y desde el Golfo de México hasta el sur de Brasil, en el Océano Atlántico, así como en el Indo-Pacífico en aguas de Mozambique y desde el Sur de Australia y Tasmania hasta Japón, y en las costas de California (EE.UU.) en el Océano Pacífico oriental.

Es una especie clasificada como de hábitos batipelágicos o mesopelágicos, ya que se ha encontrado en rangos de profundidad que oscilan entre los 270 y 960 metros, generalmente en la parte alta del talud de la plataforma continental, aunque hay algunos datos de capturas en aguas poco profundas (30 m) y hasta

Cabeza de tiburón duende destacando la forma del hocico y posición y desarrollo de las mandíbulas (Autor: Dianne Bray, Museo Victoria, Australia, 2011).

los 1300 m. Es probable que, al igual que otras especies de aguas profundas, su crecimiento sea lento y alcance la madurez sexual de forma tardía, con periodos de gestación largos y baja fecundidad, pero no existen datos científicos que confirmen estos aspectos.

Además de su característico desarrollado hocico, el cuerpo es alargado y comprimido lateralmente, blando y flácido, de color rosado a rojizo, pero con el dorso y aletas con tonos grisáceos o azulados. Esta pigmentación rosa es consecuencia de la circulación muy superficial de la sangre, por una densa red de capilares, a través de una piel semi-transparente de color blanquecino excepto en las aletas, más oscuras. Las aletas dorsales son pequeñas y redondeadas, al igual que las pectorales, mientras que la aleta anal y las aletas pélvicas son más grandes que las dorsales. La aleta caudal se alinea con el cuerpo, como una prolongación de la columna vertebral, y es bastante larga, con el lóbulo inferior poco desarrollado. Generalmente, los ejemplares muertos adquieren rápidamente una coloración gris pardusca o amarronada.

La boca es larga y estrecha, en forma de U, con mandíbulas ampliamente protusibles, de modo que pueden ser proyectadas hacia fuera de la cavidad bucal cuando abre la boca. Además, sobre ambas mandíbulas se distribuyen varias filas de dientes frontales, puntiagudos, delgados y largos, orientados hacia el interior de la boca. Los orificios nasales están en posición ventral y muy retrasada. Tiene cinco aberturas branquiales laterales con los filamentos branquiales visibles desde el exterior. Presenta ojos relativamente pequeños, sin membrana nictitante protectora.



Mapa de distribución conocida del tiburón duende (dcha.).

Tiburón duende, *Mitsukurina owstoni* (autor: Peter Halasz/CC BY-SA 2.0) (sup.).

Ejemplar fósil de *Scapanorhynchus lewisii* encontrado en Sahel Alma (Líbano), antepasado del tiburón duende que vivió en el Cretácico (Fuente: Citron/CC BY-SA3.0) (inf.).



Su aspecto de monstruo primitivo lo relaciona directamente con un tiburón extinto, el *Scapanorhynchus*, que vivió en el Cretácico superior, hace unos 100 millones de años, y con el que guarda un gran parecido. Actualmente *Mitsukurina owstoni* es el único miembro vivo de la familia Mitsukurinidae.

La longitud total máxima que se ha descrito para este tiburón es 4,10 m, aunque la mayoría de los ejemplares capturados miden entre 2,6 y 3,2 metros. A partir de fotografías de un ejemplar capturado en el Golfo de México se estima que puede alcanzar los 6,17 m de longitud y 700 Kg de peso.

Diferentes estudios indican que este tiburón presenta una movilidad lenta, por lo que es posible que su estrategia de alimentación se base en esperar, inmóvil en la columna de agua, a que las presas se aproximen lo suficiente para atraparlas. La capacidad de proyección hacia fuera de las mandíbulas, a una velocidad de 3,1 m/s y a una distancia equivalente al 8,6-9,4% de la longitud corporal total, le permite capturar animales pequeños, como crustáceos y cefalópodos, pero también peces del grupo de los escorpénidos, como galinetas o similares, y peces mesopelágicos, en cuya búsqueda sin duda le resulta muy útil el largo hocico, dotado de sensibles electrorreceptores.

Se cree que su reproducción es ovovivípara, de modo que los embriones se desarrollan dentro de la madre y se alimentan de la yema (vitelo) del huevo, donde lugar a lo que se conoce como viviparismo aplacentario, al igual que otros tiburones del mismo orden (lamniformes). Cuando el embrión consume todo el vitelo puede alimentarse de otros huevos producidos por la madre (oofagia).

La escasez de información existente sobre esta especie no permite conocer como están sus poblaciones, ni cuales son las amenazas a las que se enfrenta. La mayoría de los ejemplares capturados son juveniles que son atrapado de forma accidental en trasmallos calados entre 100 y 350 m de profundidad, y de forma más abundante en aguas del cañón submarino frente a Tokyo (Japón). Por ello se piensa que la población de adulto está fuera del alcance de las pesquerías actuales. Curiosamente, en abril de 2003, y tras un terremoto, se capturaron más de 100 ejemplares en la costa noroeste de Taiwan a una profundidad de aproximadamente 600 m. Aunque actualmente es una especie sin interés comercial, tasas de crecimiento y fecundidad son muy bajas, la convierte en altamente vulnerable a cualquier tipo de explotación pesquera.



# Aumento de los plásticos en los sedimentos oceánicos

Residuos de plásticos cubriendo una playa de Acra, Ghana (Autor: Muntaka Chasant).



Investigadores del Scripps Institution of Oceanography (Universidad de California, EE.UU.) han encontrado un aumento exponencial en la deposición de plástico de 1945 a 2009 en los sedimentos de la Bahía de Santa Bárbara, con un tiempo de duplicación de 15 años. Este aumento se correlacionó estrechamente con la producción mundial de plástico y el incremento de la población que habita en la zona costera del sur de California en el mismo período. Los plásticos en el sedimento se clasificaron visualmente y mediante una técnica de espectroscopía conocida como FTIR (infrarrojo por transformada de Fourier).

Jeniffer Brandon y colaboradores observaron que los plásticos estaban presentes incluso en las capas anteriores a 1945, antes de que los polímeros plásticos se produjeran en grandes cantidades o se usaran ampliamente. En 1945 fue el final de la Segunda Guerra Mundial, lo que llevó a muchos cambios sociales en la producción y la industria, y es el año que denota el comienzo de la Gran Aceleración del Antropoceno. El aumento de los plásticos en los sedimentos presenta una alta correlación con la producción de plásticos a nivel mundial en el mismo periodo. La mayoría de los residuos encontrados en las muestras eran fibras, que formaban el 77%. De 1836 a 1945, las partículas estuvieron dominadas por la presencia de fibras, con 89,1% del total de plásticos presentes. A partir de 1945 las fibras se redujeron al 67,5%, siendo ahora comunes los fragmentos (Brandon et al., 2019; Science Advances, 5(9), DOI:10.1126/sciadv.aax0587).

El aumento de la carga de plástico en los sedimentos tiene consecuencias desconocidas para los organismos bentónicos que se alimentan de depósitos.

## Nieve de plástico

Actualmente los microplásticos han alcanzado un nivel de ubicuidad tal que están presentes en cantidades considerables en todos los sistemas naturales, marinos y terrestres, incluso en el Ártico. No obstante, hay aún un gran desconocimiento de como estos microplásticos han llegado a ser tan frecuente en sistemas remotos, alejados de la civilización. Melanie Bergmann y colaboradores del Alfred-Wegener Institut para la investigación Polar, de Alemania, apuntan a que el transporte atmosférico juega un papel importante en la dispersión de estas micropartículas (Science Advances, 2019; DOI:10.1126/sciadv.aax1157). Analizando muestras de nieve de los témpanos de hielo en el estrecho de Fram, entre Groenlandia y las islas Svalbard, y comparándolas con la nieve de sitios europeos remotos (Alpes suizos) y poblados (Bremen, Alemania), el equipo de Bergmann encontró que la concentración de microplásticos en la nieve ártica fue significativamente menor ( $0$  a  $14,4 \times 10^3$  N  $\text{litro}^{-1}$ ) que en la nieve europea ( $0,19 \times 10^3$  a  $154 \times 10^3$  N  $\text{litro}^{-1}$ ), pero aún así era muy relevante. La nieve contenía diferentes tipos de polímeros, dominando el barniz, el caucho, el polietileno y la poliamida. La mayoría de las partículas estaban en el rango de tamaño más pequeño, lo que indica un gran número de partículas por debajo del límite de detección de  $11 \mu\text{m}$  y, por tanto, muy fácilmente transportables,



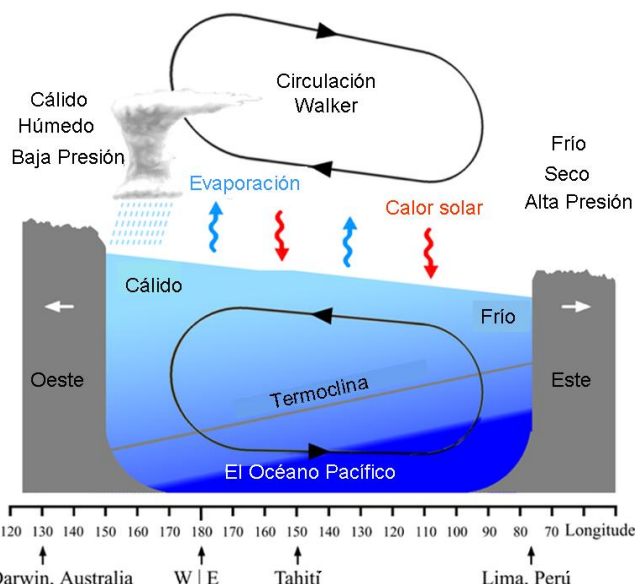
dispersables y depositables por los agentes atmosféricos, como el viento, la lluvia o la nieve.

## El veneno mortal que alivia el estrés en el pez globo

El veneno que producen los peces globo o tamboriles, la tetrodotoxina, es tan potente que un solo pez contiene suficiente veneno para paralizar y matar a decenas de depredadores, incluso humanos adultos, que se atrevan a comerlos. Pero investigadores de la Universidad de Kitasato (Japón) apuntan a que los peces usan esta neurotoxina para aliviar el estrés (Amano et al., *Toxicon*, 171:54-61, 2019). Así, los tamboriles japoneses o fugus (*Takifugu rubripes*) no producen su propia tetrodotoxina, sino que la acumulan en sus órganos y piel a partir de bacterias que las producen y que las ingieren con su dieta. Los tamboriles criados en cautividad, con una dieta controlada, pierden su toxicidad. Para descubrir cómo la toxina afecta a los peces en desarrollo, los investigadores aumentaron las dietas de los juveniles de esta especie con una dosis de tetrodotoxina purificada durante un mes. A medida que la bioacumulación de toxina aumentó se observó que estos peces fueron menos agresivos que los alimentados con una dieta no tóxica. El cortisol en la sangre y la hormona liberadora de corticotropina en el cerebro, ambas relacionadas con el estrés, fueron cuatro veces más altos en los peces no tóxicos, lo que sugiere que la tetrodotoxina no solo tiene la función de evitar ser comidos por sus depredadores, sino que también es esencial para el desarrollo saludable del pez globo.



Ejemplar de fugu (*Takifugu rubripes*) mantenido en el acuario de un restaurante de Nagoya, Japón (Autor: Chris 73).



Célula de Circulación Walker en la que se observa en la superficie como vientos alisios del este que mueven el agua y el aire calentados por el sol hacia el oeste. El lado occidental del Pacífico ecuatorial se caracteriza por un clima cálido y húmedo de baja presión, ya que la humedad acumulada se vierte en forma de tifones y tormentas eléctricas. El agua y el viento vuelven al este mucho más fríos y el aire es mucho más seco. Un episodio de El Niño se caracteriza por una descomposición de este ciclo de agua y aire, lo que resulta en agua relativamente cálida y viento húmedo en el Pacífico oriental (modificado de <http://en.wikipedia.org/wiki/File:LaNina.png>).

## Debilitamiento de la conexión entre el Niño Atlántico y el Pacífico producida por el calentamiento climático

La variabilidad de la temperatura de la superficie del mar en el Atlántico oriental ecuatorial, que se conoce como un Niño Atlántico (Niña) en su fase cálida (fría) que alcanza su punto máximo en el verano boreal, domina la variabilidad interanual en esta parte del

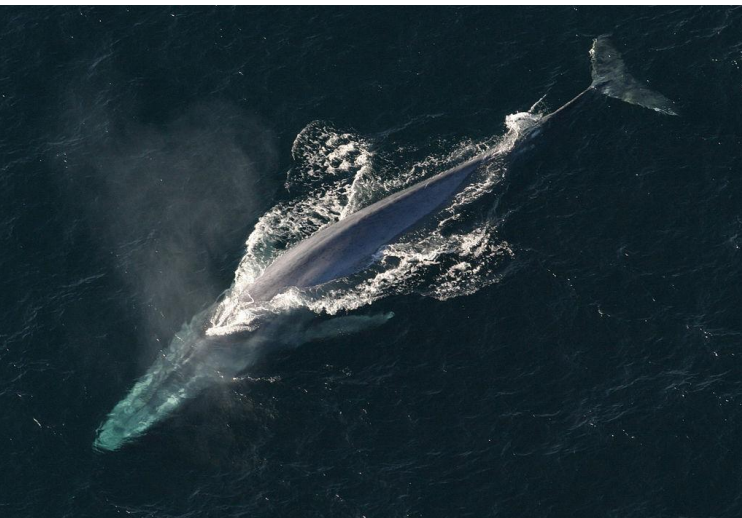




Manta raya de arrecife (*Manta alfredi*) en las Maldivas  
(Autor: Shiyam ElkCloner).



Tiburón blanco fotografiado cerca de Isla Guadalupe (México)  
(Autor: Terry Goss, at en.wikipedia).



Ballena azul, *Balaenoptera musculus*  
(fuente: NOAA Photo Library).

Atlántico ecuatorial. Al fortalecer la circulación de Walker (célula de circulación atmosférica impulsada por el gradiente de temperatura; el aire asciende por encima de las aguas calientes del Pacífico occidental, impulsado en altura por el viento predominante del oeste, y desciende sobre las aguas frías del Pacífico oriental, provocando altas presiones en superficie), un Niño Atlántico favorece a La Niña del Pacífico, que se produce en el invierno boreal, proporcionando una previsibilidad de los eventos de El Niño-Oscilación del Sur (ENSO). No obstante, según Jia y colaboradores (Climatology, Sci. Adv., 2019) del Instituto de Oceanografía de la Academia China de Ciencias), el calentamiento global conduce a un debilitamiento a la conexión entre del Niño Atlántico (Niña) y el ENSO del Pacífico. En respuesta al calentamiento anómalo del Atlántico ecuatorial, el ascenso de las masas de aire sobre el Atlántico ecuatorial es más débil debido a una mayor estabilidad troposférica, lo que resulta en un impacto más débil sobre el Océano Pacífico. Por lo tanto, a medida que continúa el calentamiento del clima, se provee que el ENSO del Pacífico estará menos afectado por el Niño Atlántico, dificultando su predicción.

## Algo más que un rollo de verano

Las mantarrayas son peces muy sociales, particularmente en una parte de sus vidas, y forman grades agregaciones en área someras. Un equipo liderado por Stephanie Venables, de la universidad de Macquarie, en Australia, ha intentado comprender este comportamiento social clave para la conservación de estas especies. Para ello recopilaron datos de más de 500 grupos de mantarrayas de arrecife (*Mobula alfredi*) durante 5 años en Papúa Occidental. Se detectaron preferencias sociales más duraderas principalmente entre las hembras, ya que los machos no formaban grupos unidos, lo que originaba relaciones sociales dividida en dos comunidades principales: por un lado las hembras y por otro hembras, juveniles y machos. Estos grupos se mezclaban en las áreas de alimentación y áreas de limpieza, antes de separarse nuevamente. La estructura general de la red mostraba una fuerte fidelidad a determinados sitios, lo que sugiere que las medidas de conservación a pequeña escala serán útiles para proteger a los grupos sociales en sus hábitats naturales (Behavioural Ecology and Sociobiology, 73:114, 2019).

## ¿Dónde están los tiburones blancos?

Los avistamientos de tiburones blancos (*Carcharodon carcharias*) han disminuido desde 2017 en

False Bay, cerca de Ciudad del Cabo (Sudáfrica), uno de los puntos más conocidos por la presencia de estos grandes depredadores en el mundo, y los científicos no saben cuáles pueden ser las razones. La ONG Shark Spotters, dedicada al seguimiento de la presencia de tiburones blancos en playas sudafricanas, no ha registrado un solo avistamiento confirmado el año pasado (2019), ni siquiera durante los meses de verano, de enero a abril, cuando generalmente se acercan a las playas. Tampoco se han registrado avistamientos por parte de los barcos que llevan a los turistas a ver tiburones cazando focas en Seal Island. Ni siquiera se han detectado tiburones marcados a lo largo de la costa por ninguno de los múltiples receptores ubicados en la bahía desde enero de 2017. Los científicos creen que una posibilidad es que los tiburones estén huyendo de las orcas, ya que estos cetáceos se alimentan de estos grandes tiburones, motivo por el cual pueden haberse alejado de estas zonas. Pero las actividades humanas también podrían estar desempeñando un papel importante, principalmente la sobrepesca.

## Despacio corazón, despacio

El equipo de Jeremy Goldbogen, de la Universidad de Stanford, en California (EE.UU.), ha medido por primera vez la frecuencia cardíaca del mamífero más grande del mundo, una ballena azul (*Balaenoptera musculus*), en la naturaleza, y los resultados obtenidos han sido muy sorprendentes (PNAS, DOI:10.1073/pnas.19142273116). El equipo fue capaz de registrar la frecuencia cardíaca de una ballena, sujetas al cuerpo del animal gracias a unas ventosas, durante 9 horas, grabando el ritmo cardíaco mientras la gran ballena se sumergía y alimentaba. El equipo descubrió que la frecuencia cardíaca de la ballena se reducía de forma frecuente a entre 2 y 8 latidos por minuto a medida que se sumergía profundamente, luego se disparaba nuevamente cuando emergía, alcanzando un máximo de 37 latidos por minuto. La ballena se sumergía durante intervalos de hasta 16,5 minutos, alcanzando profundidades de hasta 184 m, mientras que permanecía en superficie en periodos de 1 a 4 minutos. El menor ritmo cardíaco se registró cuando el animal se sumergía para alimentarse, aumentando cuando se encontraba en la superficie. Los investigadores señalan que la frecuencia cardíaca lenta de la ballena mientras bucea probablemente les permite redistribuir temporalmente el oxígeno a los músculos de todo el cuerpo de una forma eficiente.



## Basura perforadora

Desde la década de 1990 los científicos han observado, frente a la costa de California, miles de depresiones en forma pequeños cráteres, la mayoría de unos 10 m de diámetro y casi 1 m de profundidad (algunos superan los 100 m de diámetro y 5 m de profundidad) que salpican el fondo fangoso del océano, dando el aspecto de una piel marcada por la viruela. Inicialmente se pensaba que estos cráteres se debían a emanaciones de gas, pero ahora saben que están causados por la basura que se arroja al mar. En 2018 y 2019, el equipo liderado por Eve Lundsten, del Acuario de Monterey, realizaron un estudio detallado de estos cráteres con la ayuda de un robot submarino y observaron que en casi un tercio de ellos contienen basura. Según estos investigadores, la basura probablemente está ayudando indirectamente a crear las depresiones en el sedimento al atraer la vida marina, de modo que el movimiento de los peces que se concentran en su entorno excavan y remueven el sedimento más fino, facilitando que sea arrastrado por la corriente. Lundsten y sus colegas encontraron criaturas marinas en muchas de las microdepresiones donde se concentraba la basura (AGU Fall Meeting 2019, EP11B-02).



Un mar para comérselo

# Guelde

(*Thalassoma pavo*)

Ahumado con parmentier de papaya, huevas de parchita y gelee de vodka Blat

## INGREDIENTES:

### Guelde (pejeverde) ahumado

- Lomos de guelde
- Sal fina (100 g)
- Sal gruesa (200 g)
- Azúcar blanco (100 g)
- Especias al gusto
- Chips de pino canario

### Parmentier de papaya

- Papaya madura (una)
- Mantequilla (100 g)
- Sal (c/s)
- Pimienta negra (c/s)

### Gelee de vodka Blat

- Vodka (500 g)
- Azúcar (50 g)
- Hojas de gelatina (5 unidades)

### Huevas de parchita

- Puré de parchita (200 g)
- TPT (50 g)
- Agar-agar (2 g)
- Aceite de girasol (c/s)

## Abraham Ortega García

Chef Restaurante *El Santo* y Asesor Gastronómico

## Elaboración:

Limpiamos el guelde y sacamos los lomos con la piel, que pondremos a curar con la mezcla de azúcar, sal y especias durante 2 horas. Una vez transcurrido este tiempo, los lavamos bien y ahumamos con un ahumador y pino durante al menos 24 horas en un lugar seco y fresco. Lo guardamos con un poco de aceite ahumado en una bolsa de vacío.

Por otro lado, vamos a hacer los acompañamientos. Pelamos y despepitamos la papaya y la ponemos en una bandeja a 180 °C durante 10 minutos con la sal, la pimienta y la mantequilla. La ponemos en una manga y lo dejamos en la nevera.



Para nuestro gelee lo que haremos será calentar el vodka con el azúcar en una cazuela y cuando rompa a hervir, le añadimos la gelatina que previamente hemos hidratado en agua muy fría durante 5 minutos. Cuando este todo derretido lo ponemos en un molde y al congelador.

Y, por último, pero no menos importante, las huevas de parchita se ponen el aceite vegetal en el congelador para que este muy muy frío. Los demás ingredientes los mezclamos en un cazo y lo ponemos al fuego. Cuando este todo mezclado y rompa a hervir lo meteremos en una jeringuilla de esferificaciones e iremos introduciéndolo gota a gota en el aceite durante 5 minutos para que se creen las esferas.

Para el emplatado final, separaremos la carne del pescado de la piel con ayuda de un cuchillo bien afilado, cortaremos el pescado en láminas finas y le pondremos la piel encima para decorar y proteger, e iremos poniendo los demás ingredientes como indica la foto.

## Curiosidades de la especie:

El guelde o pejeverde, como se le denomina en Gran Canaria y Tenerife respectivamente, es un pequeño pez que es muy común en las aguas costeras poco profundas del Atlántico oriental, desde Portugal hasta Gabón, y en el Mediterráneo, y que está presente en todas las islas de los archipiélagos macaronésicos (Azores, Madeira y Canarias). Presenta un cuerpo alargado multicolor que varía según el estado de desarrollo y el sexo. En los juveniles y las hembras predominan cinco libreas verticales verdosas entre franjas marrones anaranjadas más





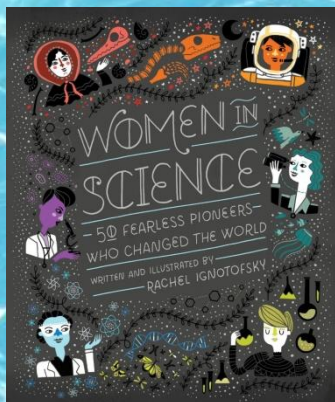
Ejemplar macho adulto de gualde (Autor: Matthieu Sontag, Licencia CC-BY-SA).

anchas, mientras que en los machos estas libreas son de color azul separadas por bandas entre anaranjadas y verdes. Los grandes machos dominantes presentan en la parte anterior del cuerpo, detrás de las aletas pectorales una librea vertical azul seguida de otra roja, y el resto del cuerpo de color amarillo verdoso. Tanto la cabeza como la aleta caudal tiene líneas azules y rojizas. Los machos son de mayor tamaño y pueden alcanzar 25 cm de longitud total. Es una especie hermafrodita proterogínica que cambia de sexo acorde a parámetros sociales. Es decir, todos los individuos de esta especie nacen

como hembras y pueden cambiar a machos dependiendo de la proporción de sexos en la población. Los machos dominantes son muy territoriales y defiende a los harenes de otros machos a los que persiguen y expulsan. Es frecuente ver harenes de esta especie formado por un macho dominante y varias decenas de hembras y machos primarios, nadando entre los campos de macroalgas o seba-dales, así como en zonas rocosas someras, incluyendo muelles y escolleras. Su distribución batimétrica va desde los charcos intermareales hasta los 50 m de profundidad.



# Reseñas bibliográficas



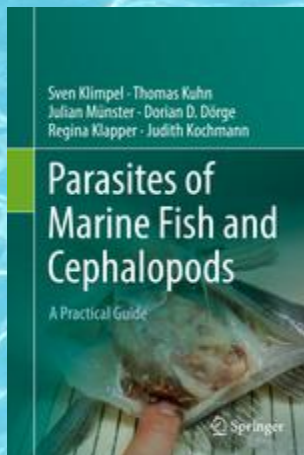
**Women in Science: 50 Fearless Pioneers who Changed the World** (Mujeres en la Ciencia: 50 Pioneras intrépidas que cambiaron el mundo)  
 Autor: Rachel Ignotofsky  
 Año de edición: 2016  
 ISBN-13: 978-1607749769  
 Precio aproximado: 12,89 €

Un libro educativo e ilustrado con encanto, el superventas del New York Times. *Women in Science* destaca las contribuciones de cincuenta mujeres notables a la ciencia, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas (STEM) desde la antigüedad hasta nuestros días. Llena de arte llamativo y singular, esta fascinante colección también contiene infografías sobre temas relevantes como equipos de laboratorio, tasas de mujeres que actualmente trabajan en los campos STEM y un glosario científico ilustrado. Entre las mujeres pioneras se incluye a figuras muy conocidas como la primatóloga Jane Goodall, así como otras menos conocidas como Katherine Johnson, la física y matemática afroamericana que calculó la trayectoria de la misión Apolo 11 a la luna en 1969. Este libro pone de relevancia los logros de mujeres que han allanado el camino para las próximas generaciones de ingenieras, biólogas, matemáticas, doctoras, astronautas, físicas, etc.



**Ethology and Behavioral Ecology of Odontocetes** (Etología y ecología del comportamiento de los odontocetos)  
 Editor: Bernd Würsig  
 Año de edición: 2019  
 ISBN-13: 978-3030166632  
 Precio aproximado: 118,99 €

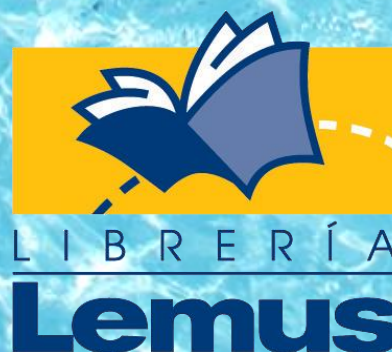
Este libro se concentra en el grupo de mamíferos marinos que conforman los odontocetos (ballenas dentadas, delfines y marsopas). En 23 capítulos, un total de 40 autores describen patrones generales de conceptos etológicos relativos a los odontocetos en su entorno natural, con una fuerte inclinación hacia la ecología del comportamiento. Se dan ejemplos de especies y grupos de especies que han sido bien estudiados y para los cuales existen datos suficientes, especialmente de los últimos 15 años. El objetivo es dar una visión moderna al conocimiento actual de la etología de estos mamíferos, con comportamientos generalmente flexibles, de cerebros grandes y que han evolucionado bastante separados de otros mamíferos sociales de tierra. Además, se describe la difícil situación en la que se encuentran poblaciones y especies debido a las presiones antrópicas, con el objetivo de que la comprensión del comportamiento pueda ayudar a resolver o aliviar al menos algunos problemas provocados por el hombre.



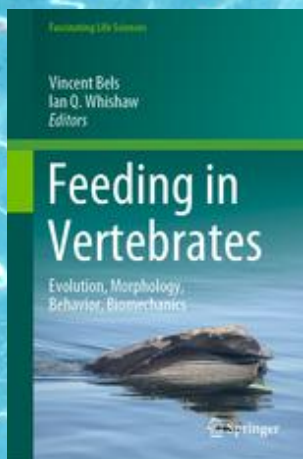
**Parasites of Marine Fish and Cephalopods** (Parásitos de peces marinos y cefalópodos)  
 Editores: Sven Klimpel, Thomas Kuhn, Julian Münster, Dorian D. Dörge, Regina Klapper y Judith Kochmann.  
 Año de edición: 2019  
 ISBN-13: 978-3030162207  
 Precio aproximado: 63,27 €

Este libro de texto proporciona una guía completa, confiable y práctica para la disección y el examen parasitológico de peces y cefalópodos marinos. La primera parte proporciona una introducción general, presentando información básica sobre parasitología, historia y métodos de pesca, y acuicultura, así como la ecología de peces y cefalópodos marinos y el impacto de los parásitos en los huéspedes. A su vez, la segunda parte proporciona información general sobre la morfología y la anatomía de los peces marinos y los cefalópodos utilizando el ejemplo de morfotipos abundantes (incluyendo fotos de la cavidad corporal y los órganos internos). La tercera parte cubre los grupos parasitarios más relevantes, su ecología (e.g.: ciclos de vida, transmisión, etc.), enfermedades relacionadas y detección. La cuarta parte es una sección completa de métodos, proporciona protocolos y aplicaciones esenciales de métodos de disección comunes (para peces y cefalópodos) y el análisis de contenidos estomacales, así como las técnicas de preservación de parásitos, preparación e identificación molecular. También se introducen los cálculos básicos de infección y parámetros ecológicos. La quinta y última parte del libro proporciona información sobre los riesgos para la salud asociados con el consumo de pescado y cefalópodos, así como la prevención de infección en humanos a través del manejo y procesamiento correctos de muestras de peces.

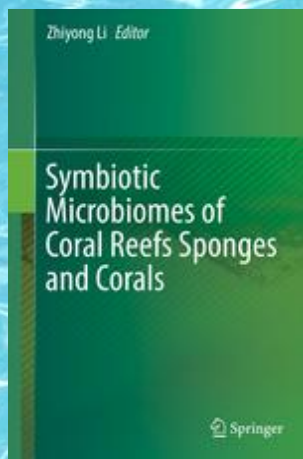
Puedes comprar y







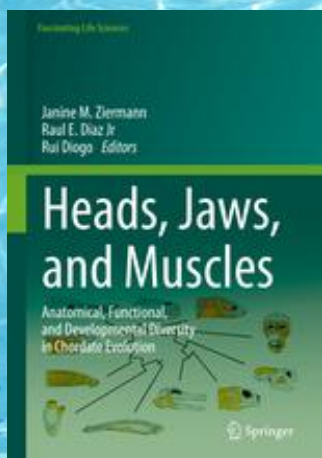
**Feeding in Vertebrates** (Alimentación en vertebrados)  
Editores: Vincent Bels, Ian Q. Whishaw  
Año de edición: 2019  
ISBN-13: 978-3030137397  
Precio aproximado: 91,62 €



**Symbiotic Microbiomes of Coral Reefs Sponges and Corals** (Microbiomas simbióticos de esponjas de arrecifes coralinos y corales)  
Editor: Zhiyong Li  
Año de edición: 2019  
ISBN-13: 978-9402416121  
Precio aproximado: 118,99 €

Este libro proporciona a los estudiantes e investigadores revisiones de preguntas relacionadas con la evolución de las estrategias de alimentación de vertebrados en ambientes acuáticos y terrestres. Basado en desarrollos técnicos recientes y enfoques conceptuales novedosos, el libro cubre preguntas funcionales sobre el comportamiento trófico en casi todos los grupos de vertebrados, incluidos los peces sin mandíbula. Se describen mecanismos y teorías para comprender las relaciones entre las estructuras de alimentación y el comportamiento de alimentación. Finalmente, se demuestra la importancia de adoptar un enfoque integrador del sistema trófico para comprender los mecanismos evolutivos en la biodiversidad de los vertebrados.

Este libro se centra en los microbiomas simbióticos de los invertebrados en los arrecifes de coral, especialmente en las esponjas y los corales. Proporciona revisiones detalladas y actualizadas sobre la estructura y diversidad microbiana, el metabolismo y la función, la simbiosis y la coevolución, el medio ambiente y la adaptación, y los potenciales bioactivos. Se discuten las perspectivas futuras de acuerdo con los problemas existentes y la tendencia de desarrollo. Sin duda será de particular interés para los profesionales de la ecología y biotecnología marina, así como para químicos medicinales y biólogos moleculares.



**Heads, Jaws and Muscles** (Cabezas, mandíbulas y músculos)  
Editores: Janine M. Ziermann, Raul E. Diaz Jr y Rui Diogo  
Año de edición: 2019  
ISBN-13: 978-3319935607  
Precio aproximado: 67,82 €

La cabeza de los vertebrados es la parte más compleja del cuerpo animal y su diversidad en la naturaleza refleja una variedad de estilos de vida, modos de alimentación y adaptaciones ecológicas. Este libro te llevará en un viaje para descubrir el origen y la diversificación de la cabeza, que evolucionó a partir de un ancestro cordado aparentemente sin cabeza. A pesar de su diversidad estructural, las cabezas se desarrollan de manera altamente conservadora en los embriones. Los principales órganos sensoriales como los ojos, oídos, nariz y cerebro se desarrollan en estrecha asociación con los tejidos circundantes, como los huesos, cartílagos, músculos, nervios y vasos sanguíneos. En última instancia, ésta unidad integrada de tejidos da lugar a la compleja funcionalidad del sistema musculoesquelético como resultado de la retroalimentación sensorial y neuronal, sobre todo en el uso de las mandíbulas, una importante innovación de los vertebrados que solo carecen de ella las lampreas. Posteriormente, el cráneo se diversificó aún más durante la transición principal de los peces que viven en un ambiente acuático a los tetrápodos que viven principalmente en tierra. En este libro, los expertos unen fuerzas para integrar, por primera vez, conocimientos de vanguardia sobre la anatomía, el desarrollo, la función, la diversidad y la evolución de la cabeza y las mandíbulas y sus músculos dentro de los principales grupos de vertebrados existentes.

reservar tus libros en







# MARSP

Macaronesian Maritime Spatial Planning

## Coordinated by



## Funded by



This project was co-funded by the European Maritime and Fisheries Fund Under the Grant Agreement EASME/EMFF/2016/1.2.1.6/03/SI2.761306

## Partners



Secretaria Regional  
do Ambiente e Recursos Naturais  
Direção Regional do Ordenamento  
do Território e Ambiente

