

OKEANOS

Revista de la Sociedad Atlántica de Oceanógrafos

Nº 16 enero-junio 2023

ISSN: 2444-4758



P.V.P 10,40 €

Mejillones

**CENTINELAS DE LA
CONTAMINACIÓN MARINA**

Macroalgas y
calentamiento oceánico

Monitoreo acústico del
comportamiento del
tiburón ángel (angelote)

Los peces, curiosidades
anatómicas y adaptativas

Cuantificación económica
de las capturas obtenidas
por la pesca recreativa
de Canarias

La Esfinge. Nuevos
paleo-indicadores
ambientales para el
Plioceno de Canarias





SOCIEDAD ATLÁNTICA
De Oceanógrafos

Editor Jefe Dr. José Juan Castro Hernández

(Universidad de Las Palmas de Gran Canaria)

Editor Técnico D. Jorge A. Liria (Mercurio Editorial)**Coordinadores de sección. Artículos científicos** Dr. Aridane González González (Universidad de Las Palmas de GC)**Personajes y efemérides** D. Airam Sarmiento Lezcano (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** Juan Fco. Betancort Lozano**Monstruos Marinos** Dr. José J. Castro (Inst. Univ. EcoAqua. Univ. de Las Palmas de GC)**Fotografía** Dr. Aketza Herrero Barrencia (Sociedad Atlántica de Oceanógrafos)**Mantenimiento Web** Dr. Francisco J. Machín Jiménez (Universidad de Las Palmas de GC)**Maquetación y cuidado de la revista** D. Jorge A. Liria**Número 16 (enero-junio 2023)**Edición papel y on-line: Mercurio Editorial
(www.mercurioeditorial.com)

Correo electrónico: jose.castro@ulpgc.es

Teléfono: (+34) 928454549

Mercurio EditorialOficina comercial
c/ Berbiquí, 17-19
Polígono Industrial Santa Ana
28529 Rivas-Vaciamadrid (Madrid)Impreso en Reprográficas Malpe, SA
Calle de la Calidad, 34 (Polígono Industrial Los Olivos)
28906 Getafe (Madrid)

ISSN: 2444-4758

DL: GC 639-2015

04 EDITORIAL**08** Mejillones. Centinelas de la contaminación marina.

Juan Santos Echeandía y Patricia Bernárdez Rodríguez

14 Macroalgas y calentamiento oceánico. La aclimatación como proceso adaptativo.

Eros F. Geppi y Rodrigo Riera

18 Monitoreo acústico del comportamiento del tiburón ángel (angelote), *Squatina Squatina*, en áreas críticas para su conservación.

Ana Espino-Ruano, David Jiménez-Alvarado, Airam Guerra-Marrero, Lorena Couce-Montero, Jorge Cabrera-Gámez, Antonio C. Domínguez, Irene del Toro-Navarro, Diego Gamio-Campos, Ángelo Santana del Pino y José J. Castro

26 Los peces, curiosidades anatómicas y adaptativas.

Jacinto Nadal Puigdefábregas

32 *Serrivomer Beanii*, una angula de los abismos.

Claudia Garetto

36 Cuantificación económica de las capturas obtenidas por la pesca recreativa en Canarias.

José J. Castro, J. Macías, L. Couce-Montero, A. Guerra, A. Espino-Ruano y D. Jiménez-Alvarado

44 La Esfinge. Nuevos paleo-indicadores ambientales para el Plioceno de Canarias.

Mónica Almenara, Juan F. Betancort, Alejandro Lomoschitz y Joaquín Meco

50 El género pinna. Abanicos o nacras.

Juan Francisco Betancort Lozano

55 Okeanos de fotos. Especial dedicado al Open y Master FotoSub El Hierro**80** NOTICIAS OKEANOS.

José J. Castro

94 MONSTRUOS MARINOS (14). El animal más largo del mundo.

José J. Castro

96 EFEMÉRIDES. Mary Sears, oceanógrafa líder en operaciones militares.

Airam N. Sarmiento Lezcano

98 Jeanne Villepreux-Power. Hilando las bases de la acuicultura.

Raibel Z. Núñez-González

104 UN MAR PARA COMERSELO. Merluza con almejas.

Juan Manuel Hernández Pérez

106 La pesca en las costas de Berbería.

Jorge A. Liria

118 RESEÑAS BIBLIOGRÁFICAS

A finales de diciembre de 2022, El Congreso de los Diputados aprobó el proyecto de *Ley de Pesca Sostenible e Investigación Pesquera* (Ley 5/2023, de 17 de marzo, de pesca sostenible e investigación pesquera). Desde mi punto de vista, esta nueva ley es otra oportunidad perdida para establecer una verdadera política de protección y reconstrucción de las poblaciones de especies objetivo de pesca, sus hábitats y, consecuentemente, del futuro y la sostenibilidad del sector pesquero a medio y largo plazo. La ley no es más que la continuidad de la política pesquera que se han ido desarrollando en España a lo largo de los últimos 40 años, primando los intereses cortoplacistas de la industria, pero con un pseudomarco científico como maquillaje. En ningún momento la nueva ley prioriza la recuperación de los stocks y la restauración y conservación de los hábitats de manera realista. Es como si no existiesen especies sobreexplotadas y caladeros altamente degradado en nuestras aguas territoriales, como si estuviesen al margen de la sobrepesca y la contaminación que degrada a todos los océanos del planeta. La conservación y restauración de los stocks de peces y otros organismos no son la prioridad, la obligación, del gobierno y las administraciones competentes en esta materia, sino que esta parece estar exclusivamente enfocada a priorizar los intereses de algunos pescadores. Además, se alude a la mejor ciencia disponible, pero como siempre sin hacer uso de esta herramienta para eliminar las arbitrariedades que impregnan a la norma. No establece, de manera obligatoria y clara, una política orientada a fijar como base de acción los niveles de referencia y los límites que no deben sobrepasarse para mantener los stocks explotados dentro de niveles poblacionales saludable.

Aunque las comparaciones son odiosas, creo que hubiera sido bueno fijarse en otros marcos legales más avanzados, incluso más que los europeos de referencia, que cojean de los mismos defectos. Un espejo adecuado en el que mirarse hubiera sido la vigente Ley de Pesca de Canadá (Ley C-68), de 2019. Esta incluye disposiciones para la protección del hábitat



de los peces y estándares mínimos de recuperación de las poblaciones y una prohibición de la importación y venta de aletas de tiburón dentro del país. La Ley C-68 extiende las medidas de protección de la conservación a todos los peces y hábitats, independientemente de que sean o no objetivo de pesca. Es decir, indirectamente, se proteger especies como pueden ser los mamíferos marinos, sin citarlos, incluyendo su protección y la de sus hábitats al coincidir con los de las especies objetivo. Una diferencia importante de esta Ley con la anterior existente en Canadá es el estándar fijado para la "reconstrucción" de las pesquerías. La anterior ley canadiense establecía el objetivo de recuperación pesquera como la biomasa que produce el rendimiento máximo sostenible (B_{RMS}) y un marco temporal de diez años para alcanzar este objetivo, pero no incluía los planes de reconstrucción. Sin embargo, la Ley C-68 fija los puntos de referencia límite (LRP) o Blim (capacidad reproductora reducida). Esta medida identifica el nivel del stock por debajo del cual no se permitiría la captura dirigida en la pesquería. Desgraciadamente, estos límites no aparecen en la nueva Ley de Pesca Sostenible y de Investigación Pesquera española, pero tampoco la obligatoriedad de establecerlos como estrategia de precaución.



En la exposición de motivos de la nueva ley española, aunque se fija como argumento inspirador la protección de la biodiversidad marina como deber ineludible en cualquier sociedad, enmarcándola en los contextos legales del Derecho de la Unión Europea y de los tratados internacionales suscritos por la UE en materia de pesca, en los que se recogen obligaciones que incluyen el compromiso de adoptar medidas de conservación y gestión destinadas a mantener o restablecer los recursos marinos en niveles capaces de producir el Rendimiento Máximo Sostenible (RMS), en ninguna parte, ni siquiera en el punto 1 del artículo 4 (Principios Generales), la Ley de pesca establece el compromiso y obligatoriedad de la autoridad competente de fijar previamente, y de ajustar o revisar de manera continua acorde a los ciclos biológicos, los puntos de referencia límite de las poblaciones de organismos objeto de explotación pesquera como paso imprescindible para su explotación y fijar de forma coherente las normas de control del esfuerzo pesquero y los niveles de captura admisibles para cada una de las especies. En la descripción del Título II se indica que *“el Poder público es el protector de su integridad (en referencia a los recursos naturales) y de que el uso que se les dé sea conforme a su naturaleza y atiende a los fines de interés general que les son propios”*, y es por ello

que entiendo que es obligación del Poder Público establecer los puntos de referencia límite (como el B/B_{RMS} , entre otros posibles) que garanticen su protección integral y una explotación sostenible acorde a los mismos, y a dicho compromiso, y el aprovisionamiento de recursos económicos y medios técnicos necesarios para ello, debe quedar claramente explícito en la Ley, pero, desgraciadamente, no es así.

Resulta preocupante que en la disposición adicional primera se cree una tasa por actividad de pesca recreativas en las reservas marinas de interés pesquero, según se indica con el objeto de asegurar la sostenibilidad económica de estas figuras de protección, y que se justifique en que con ello se fomenta la toma de conocimiento de la ciudadanía sobre su valor y aportaciones. La conservación de los recursos naturales no puede estar a expensas de que se pague por capturarlos, ya que con esta política se transmite y afianza en la ciudadanía la idea de que la protección y regeneración de la biodiversidad no son elementos centrales en la creación de reservas marinas, reafirmando el convencimiento de que son cotos de pesca solo para aquellos que se lo puedan permitir, creando agravios en las posibilidades de acceso y desconfianza en los fines de conservación.



Pero volviendo otra vez a las odiosas comparaciones, en la anterior ley de pesca canadiense, el Ministro responsable de pesca tenía amplia discreción al tomar decisiones de política pesquera. La palabra "puede" se usaba para describir las acciones del ministro, en lugar de la palabra "debe". Por ejemplo, el ministro "puede" considerar factores sociales, económicos y culturales en la gestión de la pesca, así como la preservación o promoción de la independencia de los titulares de licencias en la pesca comercial de bajura. Básicamente, esto daba al ministro la posibilidad de valorar la producción económica de la pesca por encima de la recuperación ecológica, si alguna vez esas dos consideraciones entraban en conflicto. Ahora, la ley C-68 incluyen una redacción más estricta, lo que requiere que el ministro "debe" tener en cuenta si existen medidas para reconstruir la población de peces si esta ha caído por debajo del LRP. Si la pérdida del hábitat es un factor de disminución en la productividad pesquera, el Ministro "debe" considerar si existen medidas para restaurar ese hábitat.

No obstante, a pesar de esta forma de redacción, es verdad que el gestor no está totalmente obligado a ordenar tales medidas y es su criterio el que prevalece en la interpretación de la Ley. Desgraciadamente, ni siquiera esta duda sobre la posible discrecionalidad del Ministro, acorde a su sensibilidad ecológica, se da en la Ley de pesca española. Por ejemplo, en el apartado 1 del artículo 18 (Talla o peso de las especies) se indica que "*se podrán establecer tallas o pesos mínimos de determinadas especies, diferenciándose cuando sea preciso por caladeros, zonas o fondos de pesca*". Esta redacción "posibilista" es contraria a las obligaciones que incluyen el compromiso de adoptar medidas de conservación y gestión destinadas a mantener o restablecer los recursos marinos en niveles capaces de producir el RMS, debe ser una "medida ineludible" el que TODAS las especies, incluso aquellas que no son objetivo directo de la pesca, tengan fijada una talla mínima de captura que ha de ser igual o superior a la talla de primera madurez, con objeto de garantizar la reproductividad de las especies y la sostenibilidad de la explotación pesquera.



Los parámetros biológicos que definen a cada especie no se prestan a negociación posible, ya que su propia naturaleza hace estéril cualquier discusión o acuerdo al respecto.

Y, cuando no exista información científica disponible, debe imperar el principio de precaución (principio general 7), tal y como se establece en el Código de Conducta de Pesca Responsable de FAO¹, y fijarse una talla mínima precautoria hasta que se disponga de la información científica adecuada. Pero, es que además resulta inconcebible que se haya de consultar “al sector afectado y las comunidades autónomas” medidas que no se prestan a la discusión o a la negociación (como es el caso de las tallas mínimas de captura), ya que debe ser solo la mejor información científica disponible el criterio para su fijación. Los parámetros biológicos que definen a cada especie no se prestan a negociación posible, ya que su propia naturaleza hace estéril cualquier discusión o acuerdo al respecto.

Y, finalmente, otro de los defectos de la Ley es la falta del necesario dinamismo para responder a la diversidad de problemas de la pesca en España, y sobre todo en un marco medioambiental altamente cambiante en el corto plazo (i.e. Cambio Climático), lo cual desgraciadamente nos iguala al resto de marcos legales vigentes en los diferentes países del mundo, incluido el canadiense.

Es hora de partir, por lo que les ruego que ocupen sus puestos y se dispongan a zarpar lo antes posible rumbo al conocimiento, el único puerto seguro que encontraremos en nuestra travesía a bordo del *Okeanos*. Suelten amarras.

1- FAO, 1995. Código de conducta para la pesca responsable. FAO, Roma, 1995 (<https://www.fao.org/3/v9878s/v9878s.pdf>).

MEJILLONES

Centinelas de la
contaminación marina



Figura 3. Restos de la
base antártica chilena
sepultada por el volcán.

La vía de alimentación de estos moluscos bivalvos es la filtración, por lo que necesitan hacer pasar a través de sus branquias grandes volúmenes de agua para obtener su alimento. Consecuentemente, y por ser organismos bioacumuladores, van a incorporar los contaminantes que están disueltos en el agua de mar concentrándolos en sus tejidos a lo largo del tiempo.



**Juan Santos Echeandía y
Patricia Bernárdez Rodríguez**

(juan.santos@ieo.es) (patricia.bernardez@ieo.es)
Centro Oceanográfico de Vigo (IEO, CSIC).

Los mejillones son comúnmente denominados como el “oro negro” del mar debido a sus propiedades nutritivas, a pesar de que su precio de mercado se puede considerar bastante asequible para el consumidor. Sin embargo, además de servir de alimento al ser humano, presta otro servicio fundamental a la sociedad en general y a los gestores medioambientales en particular, y es el de ser un vigilante de la contaminación marina. Esto es posible gracias a que reúnen una serie de importantes características como pueden ser la ubicuidad a lo largo de las costas españolas, su tipo de vida sésil (vive fijado a las rocas) y largo ciclo de vida, su alimentación al ser un organismo filtrador, su capacidad de bioacumular sustancias del medio y su supervivencia ante condiciones ambientales adversas como la hipoxia, el estrés ambiental y la contaminación.

La vía de alimentación de estos moluscos bivalvos es la filtración, por lo que necesitan hacer pasar a través de sus branquias grandes volúmenes de agua para obtener su alimento. Consecuentemente, y por ser organismos bioacumuladores, van a incorporar los contaminantes que están disueltos en el agua de mar, concentrándolos en sus tejidos a lo largo del tiempo. Esto es una ventaja tanto desde el punto de vista analítico como del de gestión ambiental, ya que van a integrar la contaminación de una zona determinada, al vivir pegados a una roca, a lo largo de varios meses. Las concentraciones de contaminantes, en el agua pueden variar a lo largo de los meses e incluso en un mismo día, por lo que la información integrada que nos da el mejillón va a ser mucho más valiosa que un valor puntual de la concentración de contaminantes obtenido a partir de una medida puntual de una muestra de agua. Por tanto, el tejido blando del mejillón nos dará un promedio de los niveles de contaminantes que han existido en el medio marino durante los meses previos a su recogida. El hecho de ser organismos resistentes permite que acumulen estos contaminantes y sobrevivan a condiciones ambientales, pudiendo así ejercer la función de centinelas. Finalmente, su amplia presencia a lo largo de las costas nos permite usarlos para establecer una distribu-

ción espacial de los contaminantes en diferentes zonas y su seguimiento a lo largo de los años nos dará información de las tendencias temporales de los contaminantes evaluados.

Centinelas del mar

Debido a las características y ventajas que presentaban los mejillones, se planteó la idea de usar a estos bivalvos filtradores como “vigilantes” del mar. El concepto “Mussel Watch” nació gracias a Goldberg¹ y a la Agencia Nacional Oceanográfica y Atmosférica de los Estados Unidos (NOAA), quienes implementaron, en 1976, el monitoreo de la contaminación marina por este bivalvo en los Estados Unidos. Algunos años después, en 1991, se inició de forma global la Vigilancia Internacional del Mejillón (IMW en inglés), el programa más antiguo para el seguimiento de las distribuciones espaciales y las tendencias temporales de las concentraciones de contaminantes químicos en diferentes ambientes costeros².

Este programa fue iniciado en España por el Instituto Español de Oceanografía (IEO) y evolucionó como respuesta al Programa Coordinado de Vigilancia Ambiental (CEMP, OSPAR “Convenio para la Protección del Medio Marino del Atlántico Nororiental”), en las costas atlántica y cantábrica españolas³, y el Programa de Evaluación y Control de la Contaminación en la región Mediterránea (MEDPOL, Convenio de Barcelona)⁴. Actualmente, el Programa tiene como objetivo principal el seguimiento de contaminantes químicos seleccionados y biomarcadores relacionados con contaminantes en las zonas costeras de España, para identificar la distribución geográfica y los cambios temporales en las concentraciones de estos contaminantes y las respuestas biológicas asociadas. Esta información también se utiliza para evaluar las actividades de protección ambiental aplicadas en España, dentro de la Directiva Marco de la Estrategia Marina de la Unión Europea (UE) que requiere que los estados miembros de la UE tomen medidas para lograr o mantener un Buen Estado Ambiental en sus regiones marinas costeras para el año 2020 y posteriores. La detección de puntos calientes, o aumentos consistentes a lo largo de los años, en un área determinada ayudarán a los responsables políticos a establecer estrategias regionales o una legislación más restrictiva con respecto a la eliminación de residuos.



Figura 1. Puntos de la geografía de España en los que se realiza la recogida de mejillones para el seguimiento de las concentraciones de contaminantes químicos en diferentes ambientes costeros.

Debido a las características y ventajas que presentaban los mejillones, se planteó la idea de usar a estos bivalvos filtradores como “vigilantes” del mar. El concepto “Mussel Watch” nació gracias a Goldberg y a la Agencia Nacional Oceanográfica y Atmosférica de los Estados Unidos (NOAA).

Como se ha comentado previamente, el Instituto Español de Oceanografía, como organismo asesor de referencia del Ministerio de Transición Ecológica y Reto Demográfico, lleva aplicando el programa de vigilancia de la contaminación mediante el uso de mejillones, tanto en las demarcaciones atlánticas como mediterráneas, desde el año 1991. Durante estos 30 años se han ido realizando muestreos anuales a lo largo de la red de monitoreo que tiene distribuida por el litoral español. La red de monitoreo consiste en un total de 71 puntos fijos de muestreo (40 en la cornisa atlántica-cantábrica y 31 en la costa mediterránea), donde cada año se lleva a cabo la recogida de mejillones para el estudio (Fig. 1).

Este muestreo se lleva a cabo siguiendo una serie de protocolos establecidos a nivel europeo con el fin de que los resultados obtenidos sean

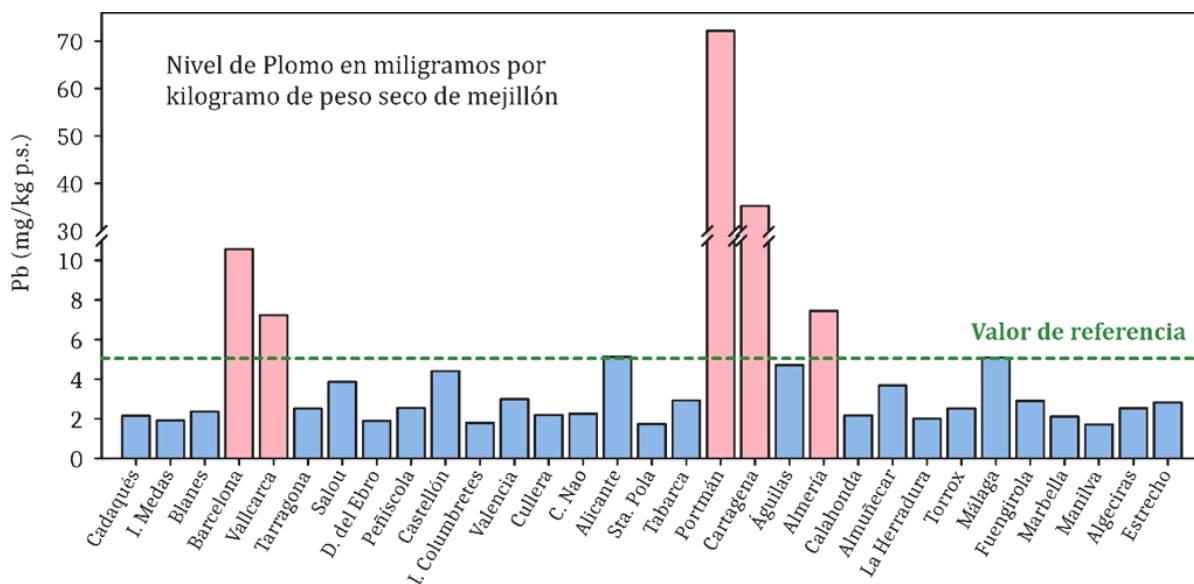


Figura 2. Niveles de plomo detectados en ejemplares de mejillón en diferentes localidades costeras del Mediterráneo.

más homogéneos y comparables entre diferentes países. Entre otras cosas, el protocolo establece la época óptima de muestreo en el año en cada zona, ya que la concentración de contaminantes puede verse alterada por el estado gonadal de los individuos, así como el tamaño de los individuos.

Contaminantes en continuo descenso

Los contaminantes que se analizan en los mejillones son los que se encuentran señalados en las directivas ambientales europeas, como la Directiva Marco de la Estrategia Marina y la Directiva Marco del Agua, y son sustancias consideradas peligrosas o prioritarias para los ecosistemas marinos y la salud humana. Estos contaminantes se pueden dividir en tres grupos de acuerdo con sus características: hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs), compuestos organoclorados (OCs) y metales traza (MT).

En los últimos años, varios investigadores del IEO han publicado diversos trabajos donde se ha mostrado la distribución espacial, a lo largo del litoral español, de los contaminantes arriba indicados, así como como sus series temporales de las últimas 2-3 décadas^{5,6}. De estos estudios se puede concluir que las zonas más afectadas por la contaminación de estos compuestos son, Pontevedra y la zona entre Avilés y Suanes para los metales, y los puertos de Bilbao y Coruña para los compuestos organoclorados en la demarcación noratlántica.

En el caso del Mediterráneo destacan los altos niveles de metales como el plomo en la zona de Portmán (Murcia), Cartagena, Barcelona y la zona de Salou-Delta del Ebro (Fig. 2). Los niveles de hidrocarburos aromáticos policíclicos son elevados en zonas portuarias del Mediterráneo (Algeciras, Barcelona, Tarragona y Valencia) y finalmente los compuestos organoclorados se encuentran en mayores concentraciones en la desembocadura del Río Ebro, Barcelona, València y Algeciras.

A pesar de ello, la gran mayoría de estos estudios constatan que los niveles de contaminantes en mejillón han ido en continuo descenso con el paso de los años, lo que está indicando que la aplicación de las normativas y legislación, tanto a nivel nacional como europeo, para limitar el vertido y entrada de contaminantes en el medio marino están dando sus frutos. Entre estas medidas tomadas para reducir la contaminación del medio destacó la prohibición de las gasolinas con plomo, desde finales de los años 90, y que fue efectiva en el año 2001 (RD 785/2001). A modo de ejemplo se puede observar la evolución de las concentraciones de plomo en Tarragona, donde los niveles son claramente inferiores a partir del año 1999 (Fig. 3a). Los niveles de mercurio en Algeciras también han sufrido una caída constante desde principios de la década de 1990, fruto de las limitaciones a la emisión de este elemento por parte de la industria a la atmósfera, que supone la principal fuente de entrada al medio marino (Fig. 3b).

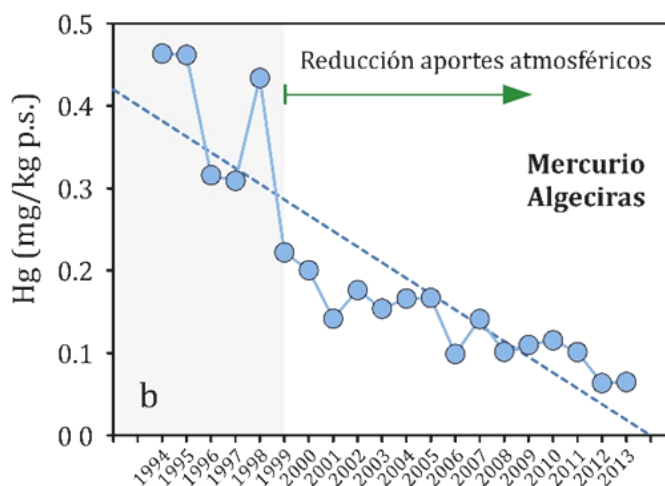
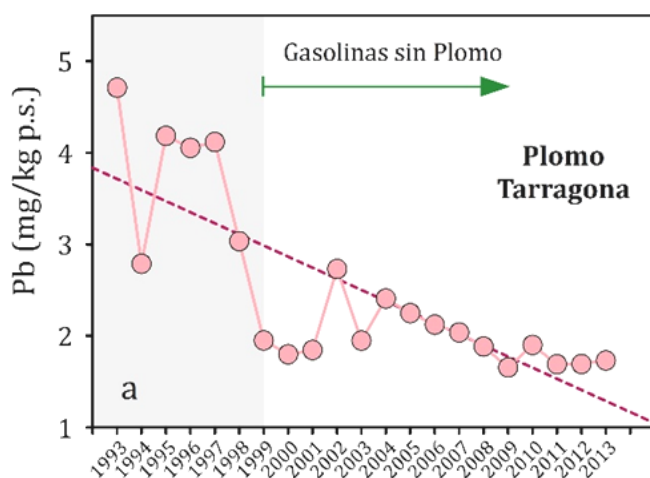


Figura 2. Niveles de plomo detectados en ejemplares de mejillón en diferentes localidades costeras del Mediterráneo.

Los contaminantes que se analizan en los mejillones son los que se encuentran señalados en las directivas ambientales europeas, como la Directiva Marco de la Estrategia Marina y la Directiva Marco del Agua, y son sustancias consideradas peligrosas o prioritarias para los ecosistemas marinos y la salud humana.

En el caso del Mediterráneo, destacan los altos niveles de metales, como el plomo, en la zona de Portmán (Murcia), Cartagena, Barcelona y la zona de Salou-Delta del Ebro.

Con el fin de no alarmar a la sociedad es importante destacar que los mejillones, antes de llegar al consumidor, han de pasar un proceso de depuración y exhaustivo control de calidad por la posible presencia de sustancias peligrosas, entre ellas los contaminantes. Por tanto, no debemos de tener ningún reparo a la hora de seguir degustando este rico y nutritivo centinela de los océanos.

Bibliografía

- (1) Goldberg, E.D. 1975. Mar. Pollut. Bull., 6:111-114. [https://doi.org/10.1016/0025-326X\(75\)90271-4](https://doi.org/10.1016/0025-326X(75)90271-4).
- (2) Tripp, B., Farrington, J., Goldberg, E. D., Sericano, J. 1992. Mar. Pollut. Bull. 24:371-373. [https://doi.org/10.1016/0025-326x\(92\)90378-j](https://doi.org/10.1016/0025-326x(92)90378-j).
- (3) Besada, V., Fumega, J., Vaamonde, A. 2002. Sci. Total Environ., 288:239-53. [https://doi.org/10.1016/S0048-9697\(01\)01010-5](https://doi.org/10.1016/S0048-9697(01)01010-5).
- (4) Rodríguez, C., Guerrero, J., Benedicto, J., Jornet, A. 1995. Rapp. Comm. Int. Mar. Médit, 34, 145. http://ciesm.org/online/archives/abstracts/pdf/34/CI_ESM_Congress_1995_Valletta_article_0145.pdf
- (5) Besada, V., Sericano, J.L., Schultze, F. 2014. Environ. Internat., 71:1-12. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2014.05.024>.
- (6) Santos-Echeandía, J., Campillo, J.A., Egea, J.A., Guitart, C., González, C.J., Martínez-Gómez, C., León, V.M., Rodríguez-Puente, C., Benedicto, J. 2021. Mar. Environ. Res., 2021:169, 105382. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2021.105382>

MACROALGAS Y CALENTAMIENTO OCEÁNICO

LA ACLIMATACIÓN COMO PROCESO ADAPTATIVO

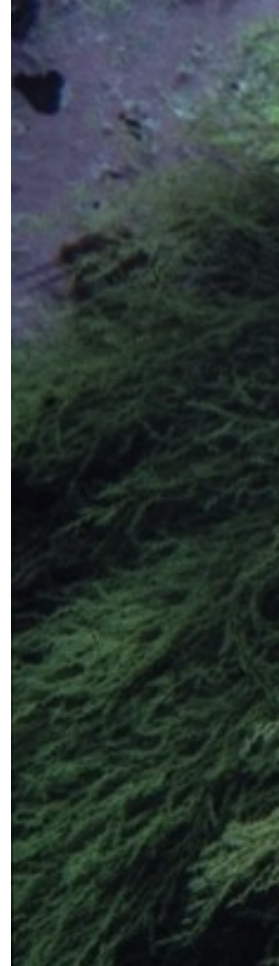
Figura 2. Ejemplar de *Gongolaria abies-marina* (S.G.Gmelin) C.Agardh 1820.

Eros F. Geppi y Rodrigo Riera

IU-ECOQUA, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria,
Facultad de Ciencias del Mar, 35017 Las Palmas de Gran
Canaria.

Durante las últimas décadas, el cambio climático y sus variantes, como el calentamiento oceánico, se han hecho más y más notorios en una escala más reducida a la que estamos acostumbrados. El deshielo de los polos, los incendios devastadores a lo largo del globo y los cambios en la biodiversidad dentro de distintos ecosistemas regionales, con la desaparición de especies endémicas de sus ambientes de origen o la migración de otras a nuevas zonas más favorables, se deben en gran medida al incremento desmesurado de la temperatura de los océanos y áreas terrestres^{1,2}. Esta situación supone un problema alarmante para la vida en la tierra, ya que el océano es el mayor sumidero de calor del planeta y es un sistema dinámico que alberga una cantidad de ecosistemas muy ricos en diversidad. ¿Qué ocurre con aquellos organismos que habitan estos ecosistemas?, ¿cómo les está afectando este incremento de temperatura?, ¿y cómo afecta eso al mantenimiento de los ecosistemas en el océano?

Así como el océano, los ecosistemas marinos son grandes sistemas vivos sensibles a las variaciones ambientales. Un incremento progresivo de uno o dos grados en la temperatura (Fig. 1) a lo largo de muchos años supone un factor estresante considerablemente peligroso para los organismos³. Es como si un humano presentase una fiebre muy alta durante varias semanas, a la larga los sistemas internos comienzan a fallar y la biota interna del organismo que trabaja en simbiosis agoniza hasta su desaparición. Dentro de estos ambientes marinos, las algas son organismos de gran importancia, consideradas como especies ingenieras al conformar ecosistemas enteros que albergan una riqueza de especies amplia y específica de cada región del planeta. Por tanto, una disminución de estas especies pone en alerta a los investigadores que se dedican a su estudio y conservación. En la actualidad, estas comunidades ya presentan regresiones en sus distribuciones debido al calentamiento⁴. Por ejemplo, especies de los órdenes fucales y laminariales, como *Cystoseira* spp., *Fucus* spp. y *Laminaria* spp., han visto disminuida su distribución espacial, así como regresiones en estructuras que afectan a su crecimiento y capacidad reproductiva. Algunas de ellas se las considera en peligro de extinción



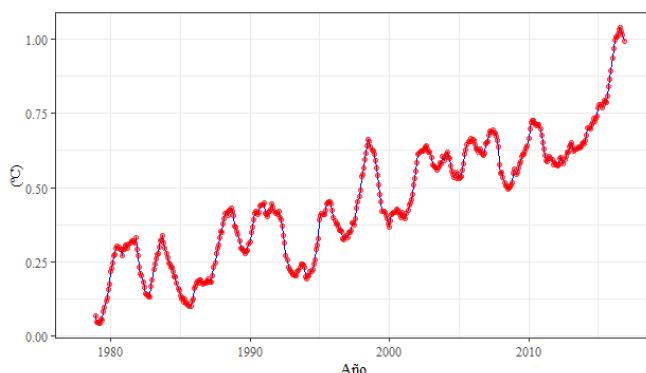


como en el caso de *Gongolaria abies-marina*, antes conocida como *Cystoseira abies-marina*⁵ (Fig. 2).

Adaptase o desaparecer

Si bien sabemos que la situación es alarmante y que el calentamiento oceánico causa estos problemas en la abundancia de ciertas especies, un estudio en la región de Canarias ha permitido determinar que lo que está ocurriendo no es una regresión directa de las especies, sino que a partir de estudios a largo plazo de la morfología de ciertas especies ingenieras, se ha observado que estos organismos están intentando adaptarse para mantenerse firmes ante la adversidad. Esta conclusión ha sido posible gracias a registros conservados en herbarios, grandes bases de muestras de algas catalogadas a lo largo de los años que han permitido realizar estudios de taxonomía, distribución y morfología de las especies recopiladas. Los resultados obtenidos han concluido que existe un periodo de aclimatación previo en el que las especies modifican sus estructuras para adaptarse a los cambios en sus ambientes. En concreto, especies como *Cystoseira hullis*, *Cystoseira compressa* o *Gongolaria*

VARIACIÓN DE LA TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL MAR (1978-2016)



Evolución de la anomalía de temperatura superficial del mar entre 1978 y 2016. Este gráfico muestra un incremento de casi 1°C de la temperatura superficial del mar en el Atlántico Noreste durante un periodo de 38 años (NOAA / ESRL PSD from NASA-GISS, 2020).

abies-marina, han mostrado tendencias a cambiar sus estructuras a causa de cambios considerables en la temperatura del océano.

La investigación principalmente consistió en la medición de muestras de tres especies de algas ingenieras provenientes del herbario de

Si el calentamiento oceánico sigue desarrollándose como los especialistas predicen, la desaparición y modificación de ecosistemas marinos únicos, como los que definen los ambientes costeros canarios, será un hecho irreparable y supondrá una pérdida de diversidad catastrófica para las regiones afectadas.

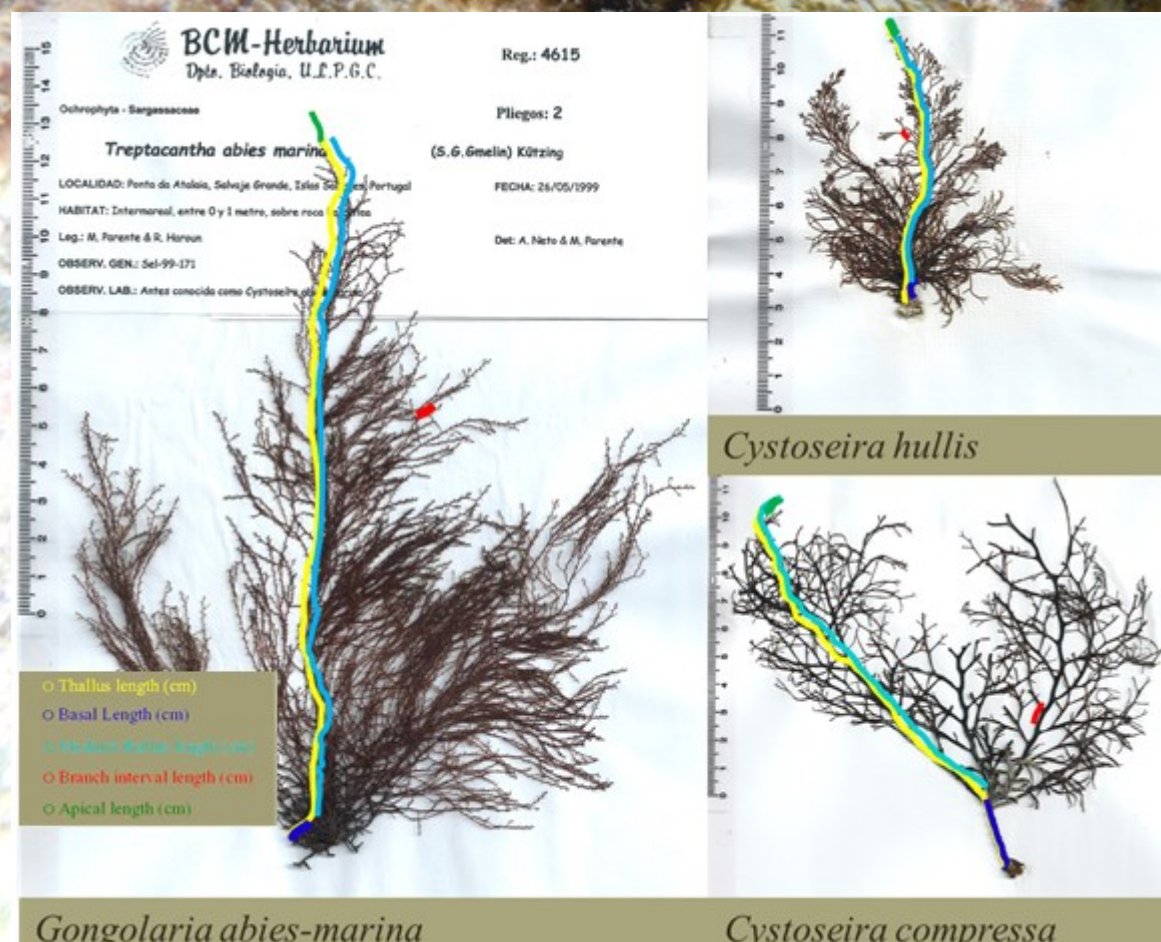


Figura 3. Ejemplares de algas obtenidas del herbario de algas de la ULPGC, donde se identifican las distintas partes de las estructuras medidas (imágenes obtenidas de <http://www.geoportal.ulpgc.es/herbariobcm>).

Gracias a estos análisis se observó que *Gongolaria abies-marina*, *Cystoseira hullis* y *Cystoseira compressa* sufrieron cambios en sus estructuras.

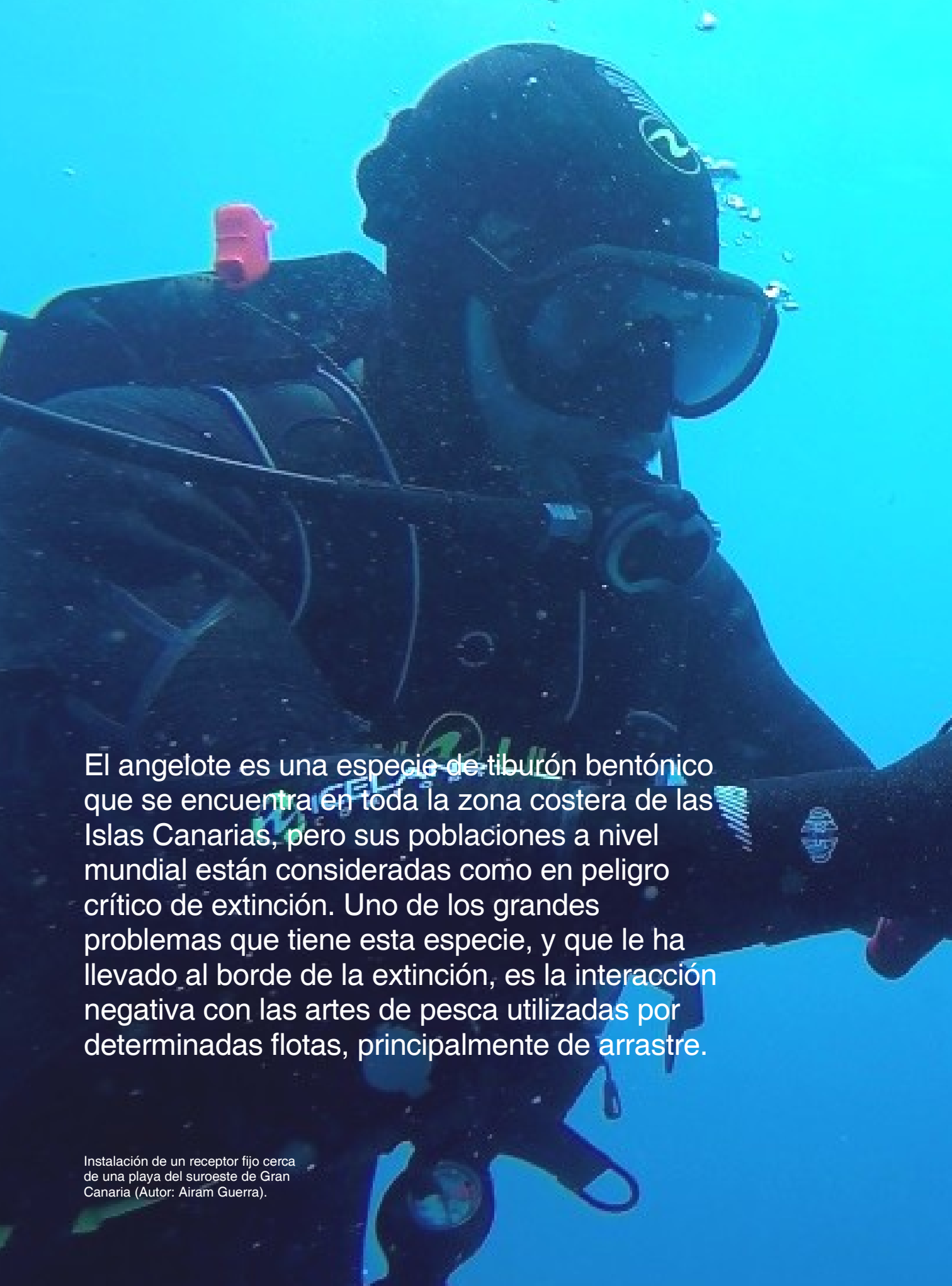
algas del Departamento de Biología de la Universidad de las Palmas de Gran Canaria, que conserva especímenes recolectados desde 1978 hasta 2016. A estas algas se les midieron 5 partes de sus estructuras y se estudiaron posibles cambios que hubiese a lo largo del tiempo (Fig. 3). No obstante, para poder contrastar estos cambios con la temperatura se obtuvieron registros de temperatura superficial del mar de la Agencia Nacional para el Océano y la Atmósfera de EE.UU. (National Oceanic and Atmospheric Administration – NOAA/ESRL PSD de NASA-GISS, 2020) y se dividió la señal en distintos intervalos donde la temperatura permanecía estadísticamente invariable. Gracias a estos análisis se observó que *Gongolaria abies-marina*, *Cystoseira hullis* y *Cystoseira compressa* sufrieron cambios en sus estructuras. Así, *G. abies-marina* mostró cambios en su longitud media y apical a partir de 1997, año en el cual se produjeron blanqueamientos masivos de corales en distintas partes del mundo⁶. *C. hullis*, por su parte, experimentó cambios en sus estructuras basal y apical, y *C. compressa*, además, en su longitud media del tallo y en su intervalo entre ramificaciones en el año 2002. Siendo para estas dos últimas especies cambios menos significativos que para la primera especie. Estos cambios, no han implicado una reducción del tamaño total de los individuos, sino que han ido cambiando distintas partes de sí mismos, reduciendo o aumentando estructuras, a modo de estrategia de aclimatación a los cambios experimentados en la temperatura.

La aclimatación es el protocolo por el cual un organismo se adapta fisiológicamente a los cambios ambientales que ocurren a su alrededor. Esta adaptación es un proceso natural necesario para tolerar los efectos estresantes que suponen las variaciones de las condiciones climáticas, como en este caso es el incre-

mento de la temperatura. Cuando la aclimatación falla, las algas no pueden continuar habiendo ese ambiente hostil, por lo que se redistribuyen hacia otras zonas más favorables, causando a su vez la alteración o desaparición de las especies autóctonas de las nuevas regiones colonizadas, situación que está ocurriendo con *Gongolaria abies-marina* en Canarias actualmente⁵, o con *Fucus guiryi* en la misma región⁷. Esto afecta negativamente a los nuevos ecosistemas y a su riqueza de especies, modificando total o parcialmente los ambientes ya formados. Es, por tanto, que si el calentamiento oceánico sigue desarrollándose como los especialistas predicen, la desaparición y modificación de ecosistemas marinos únicos, como los que definen los ambientes costeros canarios, será un hecho irreparable y supondrá una pérdida de diversidad catastrófica para las regiones afectadas. Por ello, el incremento de estudios como el realizado para comprobar los efectos de la temperatura en las algas, aumentando el número de especies y focalizando sus efectos en la distribución, permitiría ayudar a evaluar con mayor exactitud como el calentamiento oceánico afecta a nuestros ecosistemas costeros.

Bibliografía

- (1) Somero, G.N. (2010). *J. Exp. Biol.*, 213(6):912–920. <https://doi.org/10.1242/jeb.037473>
- (2) Pecl, G. T., Araújo, M. B., Bell, J. D., Blanchard, J., Bonebrake, T. C., Chen, I. C., Clark, T. D., Colwell, R. K., Danielsen, F., Evengård, B., Falconi, L., Ferrer, S., Frusher, S., Garcia, R. A., Griffiths, R. B., Hobday, A. J., Janion-Scheepers, C., Jarzyna, M. A., Jennings, S., ... Williams, S. E. (2017). *Science*, 355(6332). <https://doi.org/10.1126/science.aai9214>
- (3) Clarke, A. (2003). *Trends Ecol. Evol.*, 18(11): 573–581. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2003.08.007>
- (4) Martínez, B., Radford, B., Thomsen, M.S., Connell, S.D., Carreño, F., Bradshaw, C.J.A., Fordham, D.A., Russell, B.D., Gurgel, C.F.D., Wernberg, T. (2018). *Diver. Distrib.*, 24(10):1350–1366. <https://doi.org/10.1111/ddi.12767>
- (5) Valdazo, J., Viera-Rodríguez, M.A., Espino, F., Haroun, R., & Tuya, F. (2017). *Sci. Mar.*, 81(4):499–507. <https://doi.org/10.3989/scimar.04655.23A>
- (6) Brown, B. E. (1997). *Coral Reefs*, 16:S129–S138. <https://doi.org/10.1007/s003380050249>
- (7) Riera, R., Sangil, C., Sansón, M. (2015). *Est. Coast. Shelf Sci.*, 165:159–165. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2015.05.008>



El angelote es una especie de tiburón bentónico que se encuentra en toda la zona costera de las Islas Canarias, pero sus poblaciones a nivel mundial están consideradas como en peligro crítico de extinción. Uno de los grandes problemas que tiene esta especie, y que le ha llevado al borde de la extinción, es la interacción negativa con las artes de pesca utilizadas por determinadas flotas, principalmente de arrastre.

Instalación de un receptor fijo cerca de una playa del suroeste de Gran Canaria (Autor: Airam Guerra).

The background of the entire page is an underwater photograph. It shows a diver in the lower right corner, reaching out towards a large, dark, and heavily encrusted metal structure that runs vertically through the center of the frame. The water is a clear, vibrant blue. The diver's arm and hand are visible, wearing a dark wetsuit sleeve. The metal structure appears to be part of a shipwreck or a large industrial installation, with many holes and a rough, barnacle-covered surface.

ACUSQUAT II

MONITOREO ACÚSTICO DEL
COMPORTAMIENTO DEL

TIBURÓN

ÁNGEL

(ANGELOTE), *SQUATINA SQUATINA*,
EN ÁREAS CRÍTICAS
PARA SU CONSERVACIÓN



El vehículo autónomo de superficie (VAS) porta un receptor móvil y está impulsado por dos motores impulsores, alimentados por baterías y placas solares para su recarga (Autor: Diego Gamo).

Ana Espino-Ruano^{*1}, David Jiménez-Alvarado¹, Airam Guerra-Marrero¹, Lorena Couce-Montero¹, Jorge Cabrera-Gámez², Antonio C. Domínguez², Irene del Toro-Navarro², Diego Gamo-Campos², Ángelo Santana del Pino, & José J. Castro¹

¹ Grupo de Biodiversidad y Conservación (BIOCON), I. U. Ecoaqua, Las Palmas de Gran Canaria, ESPAÑA. E-mail: anamaria.espino@ulpgc.es

² Instituto Universitario de Sistemas Inteligentes y Aplicaciones Numéricas en Ingeniería (SIANI), Las Palmas de Gran Canaria, ESPAÑA.

El angelote, *Squatina squatina*, es una especie de tiburón bentónico que se encuentra en toda la zona costera de las Islas Canarias, pero sus poblaciones a nivel mundial están consideradas como en peligro crítico de extinción, tal y como se recoge en la Lista Roja de la UICN, debido principalmente a los efectos de la sobrepesca y la destrucción de su hábitat. Por ello, un mayor conocimiento de sus hábitos migratorios y comportamiento, así como su distribución y preferencias de hábitats, ayudará al desarrollo de planes de conservación adaptados a la especie. Debido a esta falta de información, se ha puesto en marcha el proyecto Acusquat-II con el objetivo de estudiar, a través de marcas acústicas y dispositivos autónomos, el comportamiento migratorio estacional que tiene esta especie entre las zonas profundas y las áreas costeras que utilizan para el apareamiento y la reproducción, así como de guardería para las crías.

Compitiendo por el paraíso

Uno de los grandes problemas que tiene esta especie, y que le ha llevado al borde de la extinción, es la interacción negativa con las artes de pesca utilizadas por determinadas flotas, principalmente de arrastre. Es verdad que en Canarias no existen pesquerías de arrastres ya que están prohibidas, así como tampoco está permitida la captura con fines comerciales de determinadas especies de tiburones, entre ellas el angelote. Pero, a pesar de ello, sí ocurren capturas accidentales con determinado tipo de sistemas de pesca artesanal, como los cazonales y trasmallos, en épocas y lugares muy específicos, siempre relacionados con los movimientos de la especie en aguas costeras.

No obstante, en las islas uno de los problemas más preocupantes para la supervivencia de la especie radica en que muchas de las áreas reproductivas coinciden con playas de elevado interés y desarrollo turístico, como Las Teresitas (en Tenerife), Puerto Rico (en Gran Canaria), Jandía (en Fuerteventura) y Playa Blanca (en Lanzarote), entre otras muchas.

Es importante resaltar que el angelote es una especie que se puede considerar como inofensiva y resultado de ello es que no existen prácticamente registros de interacciones negativas con usuarios de estas playas, más allá de alguna anecdótica y leve mordida tras pisar a alguna de las crías. Estos tiburones suelen pasar gran parte del día descansando sobre el fondo y ocultos bajo una



Vehículo autónomo de superficie (VAS), equipado con un receptor acústico móvil, durante una campaña de rastreo de angelotes marcados con emisores acústicos (Autor: Diego Gamo).

ligera capa de arena, que les sirve de camuflaje para no llamar la atención de los pequeños peces que les sirven de comida. Es durante la noche cuando son más activos en la búsqueda de alimento. Y es este comportamiento de descanso sobre el fondo arenoso el que los hace vulnerable a las pisadas de los bañistas, particularmente a las crías que suelen estar en zonas muy poco profundas, no así a los adultos que se localizan más alejados de la orilla, a partir de los 3 o 5 m de profundidad.

El comportamiento reproductor del angelote lo aproxima a las playas principalmente en los meses invernales, entre noviembre y febrero, con una mayor abundancia en diciembre, que es cuando ocurre el apareamiento, para luego desplazarse a aguas más profundas. Nuevamente regresan a la costa previamente al inicio del verano, entre mayo y julio, con una mayor abundancia en junio, y que se puede prolongar hasta septiembre, para que tenga lugar el nacimiento de las crías. Para ello, las hembras de angelote buscan aguas resguardadas de playas y bahías, ricas en alimento (pequeños peces), con escasos predadores y con condiciones ambientales (i.e. temperatura) idóneas para el desarrollo de los juveniles. Estos juveniles suelen permanecer en estas zonas resguardadas durante su primer año de vida, prolongándose en algunos casos hasta los 15 meses.

Viaje a las profundidades

Por otro lado, es también importante determinar los movimientos migratorios que realiza la especie entre las zonas costeras y las áreas más profundas, que posiblemente utiliza como zonas de alimentación, con el objetivo de minimizar, o evitar en lo posible, las interacciones con las artes de pesca que utiliza la flota artesanal canaria y los pescadores recreativos. En este sentido existen algunos datos en Canarias de capturas accidentales de ejemplares de angelotes próximas a los 100 m de profundidad, así como avistamientos realizados con ROV (vehículos submarinos dirigidos por control remoto) en profundidades en torno a los 120 m. Aunque la bibliografía recoge que esta especie se distribuye hasta profundidades próximas a los 200 m, lo más frecuentes es que se encuentre entre los 100 y 150 m. Sin embargo, es verdad que, en las islas, las mayores capturas accidentales ocurren en aguas muy someras, entre 15 y 30 m de profundidad, y principalmente en los meses de invierno o a principios del verano.

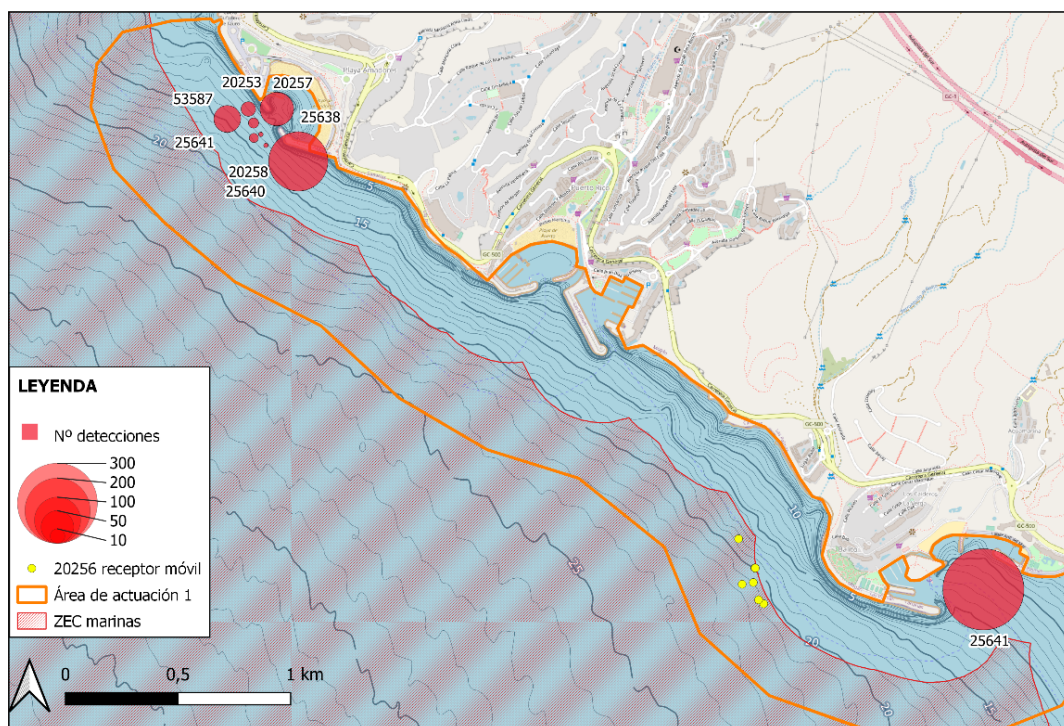
La contribución de Acusquat-II

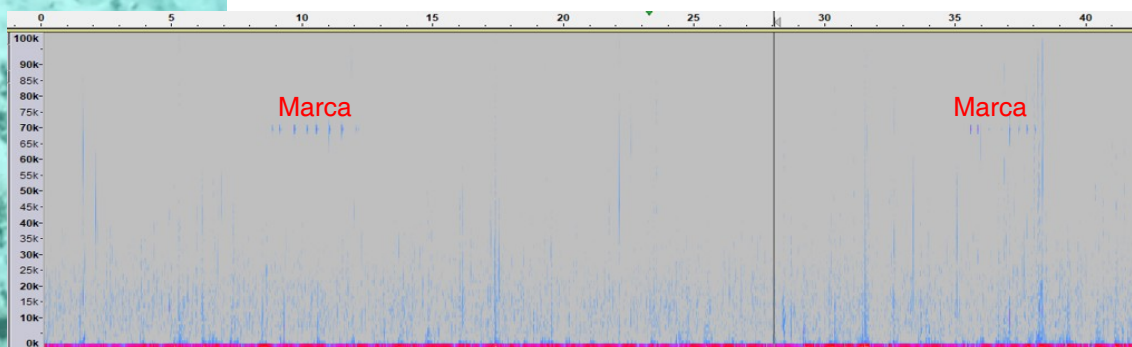
Los proyectos Acusquat y Acusquat-II han sido cofinanciados en sendas convocatorias (2017 y 2020) por la Fundación Biodiversidad (Ministerio para la Transición Ecológica y Reto Demográfico) con el objetivo de recopilar toda la información posible del comportamiento del angelote en



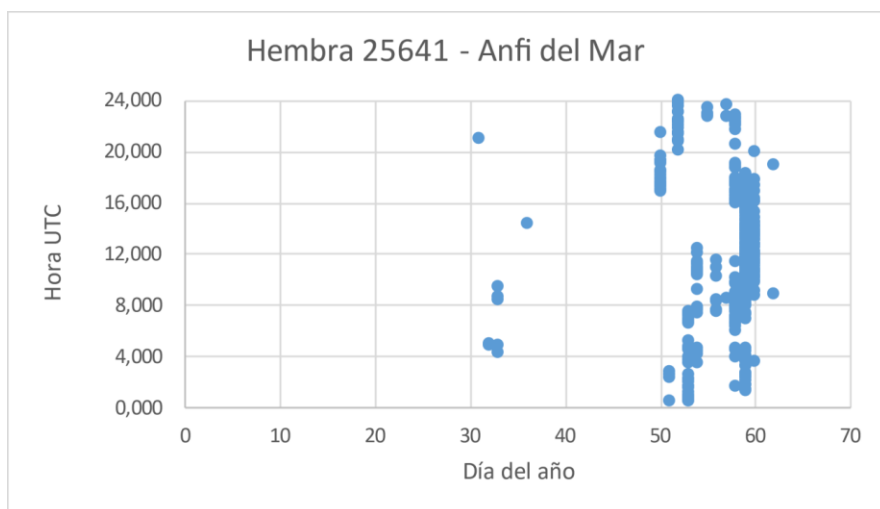
Ejemplar de Angelote liberado tras su marcaje, en la base de la primera aleta dorsal, con una marca acústica del tipo vemco-V9 (Autor: Felipe Ravina).

Distribución espacial de las recepciones recibidas en receptores fijos instalados en las proximidades de las playas de Amadores y Anfi del Mar (suroeste de Gran Canaria) entre diciembre y mayo. El tamaño de los círculos es proporcional al número de recepciones registradas. Cada marca tiene un código de identificación que se asocia a cada animal (Autor: Jorge Cabrera).





Registro de detecciones de marcas obtenidas por un receptor donde se aprecian claramente identificables el tren de pulsos emitidos por esta a 69 kHz (Autor: Jorge Cabrera).



Patrón de presencia temporal (días del año y horas) mostrado por una hembra adulta de angelote en las proximidades de la Playa de Anfi del Mar (Autor: Jorge Cabrera).

aguas de las islas Canarias. Es importante resaltar que esta especie se distribuía por todo el Atlántico Oriental, desde Noruega hasta Mauritania, y mares Mediterráneo y Negro, pero en la actualidad las únicas poblaciones “saludables” que se conocen son las que están en las Islas Canarias. Aunque también es verdad que existe mucho desconocimiento sobre el estatus de las poblaciones que habitan la costa africana.

Un objetivo principal de este proyecto ha sido recabar toda la información posible de los movimientos que realiza la especie entre aguas profundas y someras, y particularmente sobre el uso que hacen de las playas que son críticas para su reproducción. Para ello, se ha implementado una red de receptores acústicos en la costa sur y suroeste de Gran Canaria, capaz de captar la presencia de ejemplares adultos de angelote que han sido previamente marcados

El marcaje de los angelotes con estos emisores acústicos, que emiten en pulsos de 69 KHz, se hace intentando perturbar lo menos posible a los animales, sin capturarlos, ni sacarlos fuera del agua. Para ello, se utiliza una lámina de retención trapezoidal plana, de algo más de un metro de largo por 60 cm de ancho, con la cual los buceadores, una vez localizado alguno de estos tiburones descansando sobre el fondo, lo retienen entre 3 y 5 minutos, tiempo necesario para fijarle la marca en la primera aleta dorsal.

Por otra parte, y como la red fija de receptores tiene el hándicap de que solo puede detectar la presencia de aquellos animales marcados que pasen en un radio de entre 300 y 600 m del receptor, dependiendo de las condiciones de mar, se ha desarrollado un vehículo autónomo de superficie (VAS) que porta un receptor móvil.

Cómo liberar angelotes enganchados en anzuelos



Material necesario



1 Liberar al tiburón



Parar o aminorar la velocidad del barco y liberar el tiburón cortando el sedal lo mas cerca posible al anzuelo, evitar tirar del sedal.

2 Manejar el tiburón con precaución

Dentro del agua



Desenganchar el tiburón en la banda de la embarcación. Si tuviera que subir el tiburón al barco, hagalo con ayuda de una red.

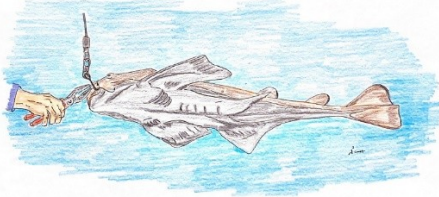
Fuera del agua



Colocarlo sobre una superficie blanda y húmeda (toalla húmeda). Además, ponerle una toalla húmeda sobre los ojos.

NO sostener el tiburón por la cola, aletas o branquias. Sostenerlo horizontalmente con la mano en el vientre.

3 Retirar el anzuelo



Cortar la punta usando alicates. Si no es posible, cortar el otro extremo.

Sacar el anzuelo con la mano usando alicates. Siempre extremando la precaución.

Si no se puede quitar el anzuelo, cortar el sedal lo mas cerca posible del anzuelo o de la boca, si el animal se lo ha tragado.

4 Liberar el tiburón



Depositar el tiburón cuidadosamente en el agua favoreciendo su recuperación, antes de liberarlo.

Si tiene cualquier tipo de marca o anillo comuníquese a Angelshark Project Islas Canarias!

ANGEL SHARK PROJECT:
CANARY ISLANDS
info@angelsharkproject.com

O llame al 928454549

Si no se puede recuperar, llame al 112

Infografía con recomendaciones de como manipular a un tiburón ángel tras la captura.

Este vehículo que ha sido creado a partir de una antigua tabla de pádel surf porta, además del receptor móvil, un sistema de grabación de datos georreferenciados y capacidad para transmitirlos a una base en tierra en tiempo real, dos motores impulsores, alimentados por baterías y placas solares para su recarga. Esto le permite una autonomía de navegación muy elevada, pero también puede rastrear a los angelotes estableciéndole una ruta previa de búsqueda que el desarrollará de forma autónoma, sin asistencia de una embarcación o de un control remoto.

Esta capacidad del VAS debe permitir identificar la presencia de angelotes en aguas profundas, más allá del área de detección de la red de receptores fijos, de manera que nos podrá permitir localizar las áreas de concentración de estos tiburones una vez abandonan las zonas someras donde se reproducen y crían. Esta información es muy valiosa a la hora de establecer planes integrales de conservación de la especie que no solo impliquen acciones en las zonas someras, sino también en las aguas profundas donde pueden tener lugar interacciones con artes de pesca tradicionales. Es verdad que es muy complicado evitar las capturas accidentales, pero sí se pueden establecer protocolos de actuación de manejo a la hora de liberar a estos animales para garantizar al máximo su supervivencia tras la captura. Por ello, en el marco de Acusquat-II también se ha creado una guía de cómo manipular a estos animales una vez capturados, de modo que puedan ser liberados reduciendo los riesgos para el pescador y maximizando las posibilidades del que el animal sobreviva tras la captura.

Agradecimientos

Queremos agradecer a la Fundación Biodiversidad y al Universidad de Las Palmas de Gran Canaria el apoyo económico a los proyectos Acusquat y, particularmente, al Acusquat-II. Igualmente, queremos agradecer el apoyo de todas aquellas personas que han aportado información muy valiosa para el desarrollo del proyecto, y en especial a los miembros de ZeusTeam y Angel Shark Project.



Con el apoyo de





JUNIO

8

DÍA MUNDIAL
DE LOS
OCEANOS



Figura 1. Tiburón ángel o angelote (*Squatina squatina*) con cuerpo deprimido dorsoventralmente (Autor: Felipe Ravina).

Jacinto Nadal Puigdefábregas

Catedrático emérito de la Universidad de Barcelona. Miembro de la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona (ALLEA).

El agua es unas ochocientas veces más densa que el aire y este hecho condiciona muchos fenómenos, entre ellos la forma de los organismos y su velocidad de desplazamiento. De esto último tenemos un ejemplo muy claro. Cuando queremos ver como se desplaza un protozoo gelificamos el medio, el agua, y se puede apreciar la ralentización de su velocidad de desplazamiento y podemos observar la forma y manera de desplazarse.

En la evolución de la forma de los organismos en el camino hacia los cordados, y en última instancia hacia los vertebrados, debieron predominar las formas alargadas, para ofrecer menos resistencia en su desplazamiento y diferenciándose así en su región anterior los principales órganos de los sentidos, en definitiva, la cabeza¹. Sin embargo, al avanzar en el agua la resistencia de esta debería obligar al organismo a doblar su cuerpo. Este problema mecánico debió favorecer la selección de aquellos individuos en los que apareciera un eje resistente a lo

largo de su cuerpo, y este eje es la notocorda, la cuerda dorsal, derivada del mesodermo del que deriva también la musculatura. Eje que se encuentra en larvas de ascidias, en el anfioxo, en myxines, lampreas, peces condriktos (tiburones, rayas y torpedos) y óseos, y que en vertebrados terrestres puede irse reduciendo, quedando restos de él en lo que se conforma el cuerpo pulposo de los discos intervertebrales¹.

Este eje, la notocorda, al ser elástico permite el movimiento longitudinal del cuerpo. Posteriormente, evolutivamente hablando, aparecen las vértebras que engloban la notocorda, el sistema nervioso en posición dorsal respecto a la notocorda, y que ventralmente protegen la aorta¹.

Lógicamente aparece antes el cráneo que las vértebras, para proteger la región cefálica, la cabeza. Los organismos más primitivos con cráneo son los myxines, seguidos de las lampreas, más avanzadas, que son auténticos vertebrados, pero que aún no tienen mandíbulas, conformado ambos el grupo de los vertebrados agnatos. A partir de este primer grado evolutivo, el resto de grupos ya presentan mandíbulas (gnatostomados), derivadas estas de un arco branquial, siendo las formas acuáticas las que



LOS PECES

curiosidades anatómicas y adaptativas

El agua es unas ochocientas veces más densa que el aire y este hecho condiciona muchos fenómenos, entre ellos la forma de los organismos y su velocidad de desplazamiento.

se conocen como peces, algunos reptiles y los anfibios. Entre los peces se encuentran dos grandes grupos los condríctios, o peces cartilaginosos, y los osteíctios, los peces óseos, destacando los actinoptérigios y los sarcopterigios¹.

Los actinoptérigios engloban prácticamente a todas las especies que conocemos como peces. Los sarcopterigios, junto a otros caracteres, presentan la base de las aletas pectorales y pélvicas carnosas, y fue una de sus líneas evolutivas la que dominó y domina tierra firme, son los tetrápodos. Sí, aunque sorprenda, los tetrápodos son osteíctios que dominaron tierra firme, por lo que en las clasificaciones cladísticas nosotros, los humanos, pertenecemos al grupo de los osteíctios.

La forma como respuesta a la hidrodinámica

Los peces cartilaginosos han solucionado su hidrodinámica de modo distinto a los osteíctios, con la tendencia a deprimir su cuerpo, estrategia que llega a su extremo en torpedos, rayas y tiburones ángel (Fig. 1). En cambio, los peces óseos la han solucionado comprimiendo su cuerpo (Fig. 2), incluso los denominados peces planos, como los lenguados, descansan cuando están tendidos sobre el suelo marino sobre uno de sus costados.

Algunos peces primitivos, adaptados a una falta de oxígeno en el agua, presentaban un pulmón que les permitía captar oxígeno del aire siempre mucho más rico en oxígeno que el disuelto en el agua, y del que deriva la vejiga natatoria, más correctamente denominada vejiga gaseosa, que tienen la mayoría de los peces, y que les permite regular su peso específico. La vejiga natatoria origina ciertos problemas en los peces cuando estos cambian con frecuencia de profundidad o viven formando grandes grupos, particularmente porque los cetáceos, con sus ondas sónicas, pueden detectar el conjunto de vejigas gaseosas como una discontinuidad en el medio, lo que les facilita mucho su detección y predación. Un buen ejemplo de ello lo tenemos entre caballas (*Scomber scombrus*) y estorninos (*Scomber colias*)², donde la carencia de vejiga natatoria en la caballa *S. scombrus* parece va ligado a la mayor rapidez de esta especie cuando la comparamos con la rapidez que alcanzan las demás especies de este género³.

Los peces deben colocar gas en la vejiga cuando descienden en el agua, pues debido a la presión que ejerce el agua por cada diez metros de profundidad la vejiga gaseosa se reduciría a



la mitad de su tamaño, modificándose así el peso específico y el pez se hundiría. Al contrario, cuando se dirigen hacia la superficie liberan gas para así mantener el volumen de la vejiga, de ahí que en la pesca de la sardina los pescadores lancen las redes cuando observan el burbujeo del agua, al ascender las sardinas por la noche para alimentarse del plancton superficial. Por otra parte, en el mercado suelen verse peces con las estructuras de la cavidad bucal extrovertidas, lo que se debe a que han sido pescados en zonas relativamente profundas y al ser subidos hacia la superficie, al sacarlos del agua, su vejiga natatoria se dilata y empuja las vísceras hacia la cavidad bucal.

Por la boca vive el pez

Al comparar las sardinas del Atlántico con las del Mediterráneo se observa que estas son estadísticamente más pequeñas que las del Atlántico y esto, a parte de una mayor productividad de este último mar tiene otra motivación. Es conocido que al ser el agua del Atlántico más fría que la del Mediterráneo, tardan más tiempo en actuar los genes represores de la segmentación del mesodermo lo que hace que tengan un mayor número de vértebras y, por tanto, una mayor longitud, son más grandes. Menos conocido es que este fenómeno también se da sobre los rastrillos branquiales, que a modo de peine retienen el plancton del que se alimentan¹.

Figura 2. El mero (*Epinephelus marginatus*), al igual que la mayoría de peces óseos, presentan un cuerpo comprimido lateralmente (Autor: Aketza Herrero).



Figura 3. Lucio (*Esox lucius*) con su característico cuerpo torpediforme e hidrodinámico y amplia aleta caudal (Autor: Milla Tom; extraído de Wikipedia).

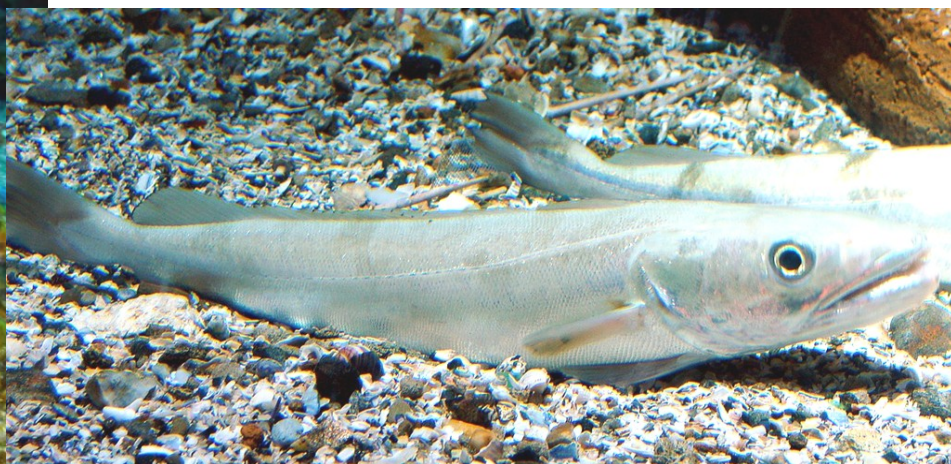


Figura 4. Meluza europea (*Merluccius merluccius*) cuyo cuerpo es muy parecido al del lucio (Autor: Fernando Losada Rodríguez; extraído de Wikipedia).

Con una temperatura más baja del medio, los rastrillos branquiales son más densos, por lo que son más eficientes en la retención de las pequeñas presas y el mayor aporte de alimento les permite un mayor crecimiento.

La forma de incorporar el alimento ha tenido una gran importancia en la evolución de los peces. Los peces primitivos, los evolutivamente primitivos, capturaban y capturan sus presas con la boca abierta con lo que el agua retenida en la cavidad bucal, que está abierta, empuja también hacia adentro a su posible presa. Un cambio importante en el proceso evolutivo se da cuando el pez abre la cavidad bucal y provoca una succión, de modo que la presa entra en la

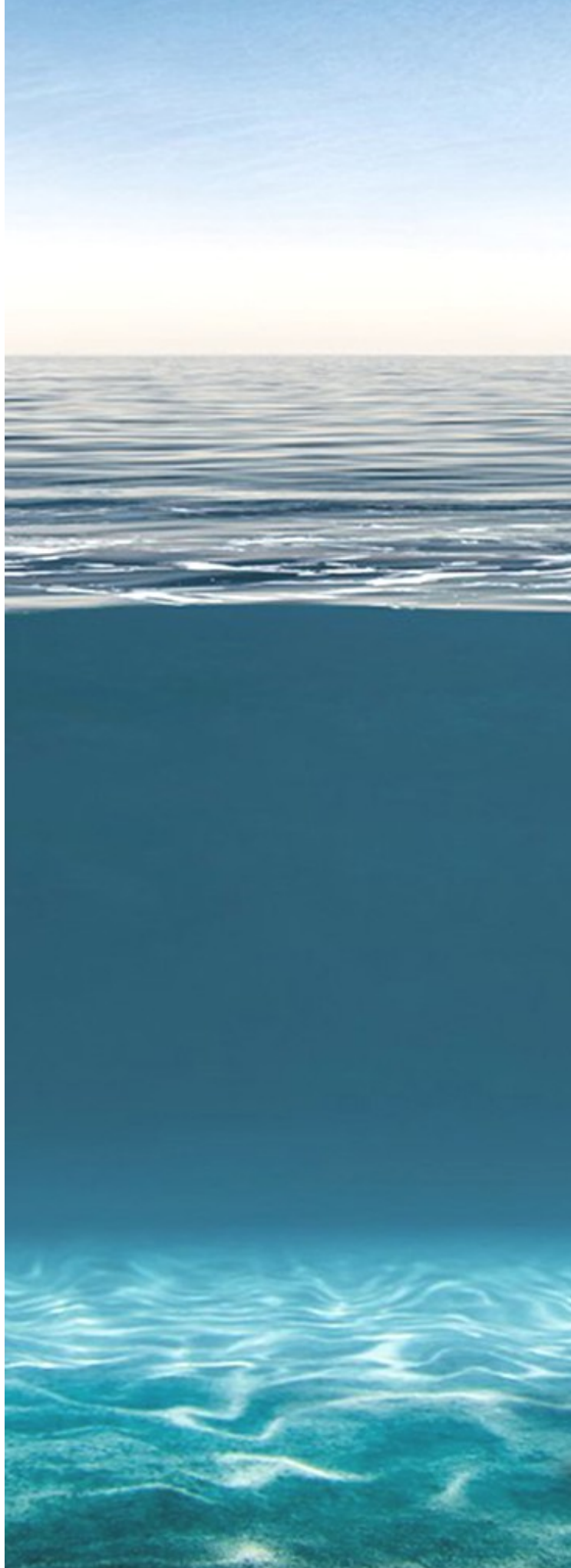
cavidad bucal del depredador¹; esto puede observarse fácilmente en los carpines, en acuario. La importancia de este hecho radica en que los peces sin esta capacidad de succión han de hacer un mayor esfuerzo en la captura de la presa y, por esto, han de tener una aleta caudal grande, la dorsal que alcanza prácticamente la cola y una anal también bien desarrollada. Todo ello origina un abanico posterior impulsor bien desarrollado, que también vemos en un gran depredador como es el lucio (*Esox lucius*) de aguas dulces (Fig. 3). A modo de curiosidad, el lucio antiguamente era más conocido que la merluza (Fig. 4), de ahí la denominación científica de esta *Merluccius*, lucio de mar.

La forma de incorporar el alimento ha tenido una gran importancia en la evolución de los peces. Los peces primitivos, los evolutivamente primitivos, capturaban y capturan sus presas con la boca abierta con lo que el agua retenida en la cavidad bucal, que está abierta, empuja también hacia adentro a su posible presa. Un cambio importante en el proceso evolutivo se da cuando el pez abre la cavidad bucal y provoca una succión.

El efecto de la temperatura sobre el mecanismo de alimentación de las sardinas, extensible a otras especies, nos ha de hacer pensar y meditar sobre el efecto del cambio climático, no solo sobre las especies terrestres si no también sobre las marinas y el mar en sí mismo, sobre la Tierra en su conjunto. No puede aceptarse el mar como sumidero de los desastres cometidos por el hombre en el medio terrestre.

Bibliografía

- (1) Nadal, J. 2001. Vertebrados. Origen, organización, diversidad y biología. Ediciones Omega. Edicions Universitat de Barcelona.
- (2) Lorenzo-Nespereira, J.M. 1992. Crecimiento de la caballa *Scomber japonicus* (Houttuyn 1782) en aguas del archipiélago canario. Mem. Tesis Doctoral, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.
- (3) Chanet, B., Guintard, C. 2019. Cah. Biol. Mar., 60: 299-302.





**PLASTICS FOR
CHANGE**

SERRIVOMER BEANII,

una angula de los abismos



Figura 1. *Serrivomer beanii* (Extraído de NOAA's Fisheries Collection; <http://www.photolib.noaa.gov/htmls/fish9114.htm>)

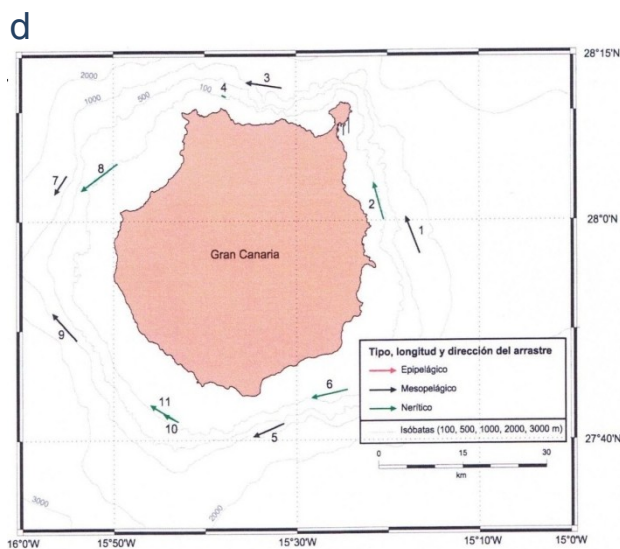
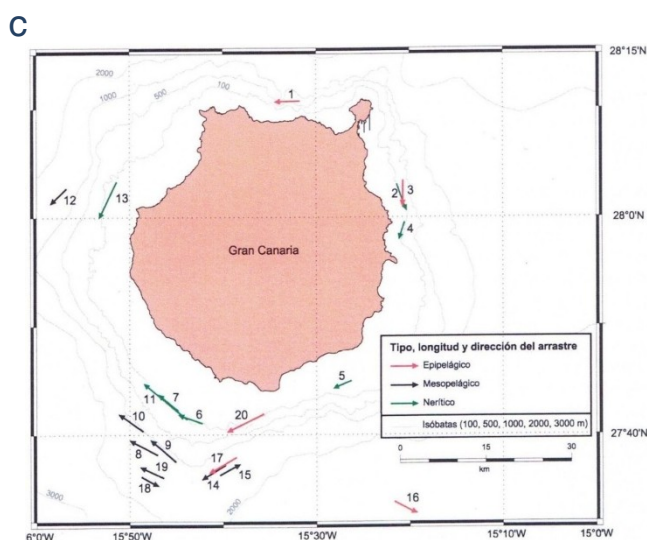
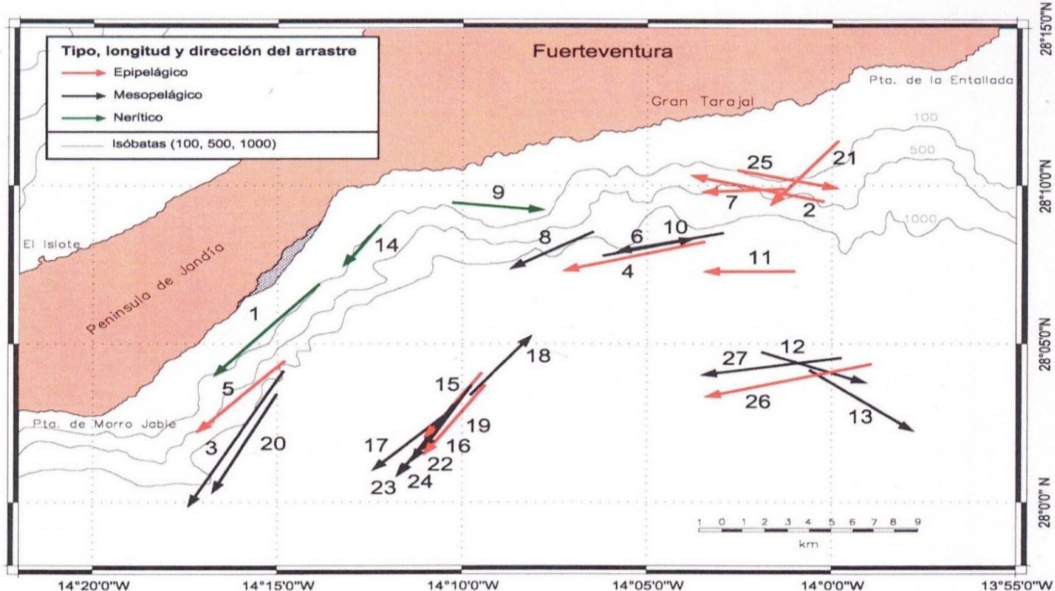
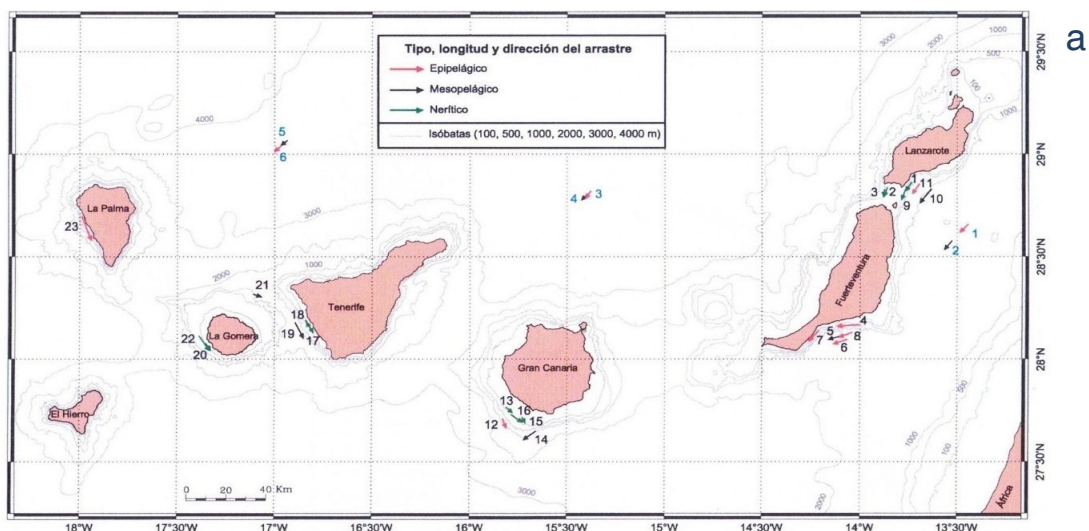


Figura 2. Puntos donde se realizaron las pesca de peces mesopelágicos durante el desarrollo de las campañas (a) Mesopelagic 05/99, indicadas por estrellas rojas. (b) Bocaina 03/02. (c) Pelagic 11/00 v (d) Pelagic 01/00 (Extraído de Bordes et al., 2009).

Claudia Garetto

Training Project, Universidad de Génova, Italia.

El Archipiélago Canario, de origen volcánico, está situado en la región subtropical del Atlántico Centro-oriental, un poco más al norte del Trópico de Cáncer. Esta zona presenta una hidrología particular, ya que se encuentra en el paso de la rama descendente de la Corriente del Golfo, más conocida como Corriente de Canarias, que en este tramo presenta aguas frías que fluyen en dirección sur-suroeste y confiere a las aguas superficiales de la región temperaturas más bajas que las que le corresponderían por la latitud¹. Su posición transversal a esta corriente y su proximidad relativa a las zonas de afloramiento del noroeste africano determina una gran variedad de ecosistemas y una elevada biodiversidad², particularmente en lo que es su fauna mesopelágica³. Esta fauna es responsable de una intensa dinámica vital que comunica las aguas profundas con las más superficiales y, por ello, ha sido mejor estudiada en el ámbito de varias campañas oceanográficas cercanas a las costas de las Islas Canarias a lo largo de las últimas tres décadas.

Durante mi trabajo de postgrado en Gran Canaria tuve la oportunidad de estudiar una especie meso/batipelágica, la anguila dientes de sierra (*Serrivomer beanii*) (Fig. 1), a través de ejemplares pescados en cuatro campañas diferentes realizadas entre los años 1999 y 2002 (Fig. 2).

Este pez pertenece al orden de los Anguilliformes (familia Serrivomeridae), lo cual lo emparenta con las anguilas, morenas y congrios. Su distribución geográfica abarca ambos lados del Atlántico, entre 60°N y 20°S, y en el Atlántico Oriental desde Islandia hasta Sudáfrica⁴. La anguila dientes de sierra es relativamente frecuente y abundante en todas las capturas, pero fundamentalmente en aquellas que se realizaron en el límite entre el talud de la plataforma insular y la llanura abisal, en profundidades que oscilaron entre los 255 y 1035 m, tanto de noche como de día. También hubieron capturas en aguas muy poco profundas, entre los 19 m y 139 m, lo que sugiere que diariamente realiza una migración vertical que comienza al atardecer, desplazándose desde los abismos hasta las aguas más superficiales³.

La biología y ecología de esta especie es muy poco conocida y solo se dispone de datos muy descriptivos y muy poco precisos. En mi trabajo se analizaron 387 individuos, que mostraron un rango de tallas entre los 12 y 47,5 cm de

longitud total. Los datos disponibles apuntan a que las especies se reproducen durante los meses de invierno, aunque la falta de muestras de todo un ciclo anual completo no permite precisar mucho el periodo reproductor o si se reproduce también en otros momentos del año. Se alimenta preferentemente de pequeños crustáceos, tales como larvas de decápodos y misidáceos, pero también ha sido posible encontrar pequeños peces, del grupo de los mictófidios o peces linterna, en algunos de los estómagos analizados.

La anguila dientes de sierra es relativamente frecuente y abundante en todas las capturas, pero más en aquellas que se realizaron en el límite entre el talud de la plataforma insular y la llanura abisal, en profundidades que oscilaron entre los 255 y 1035 m, tanto de noche como de día.

Bibliografía

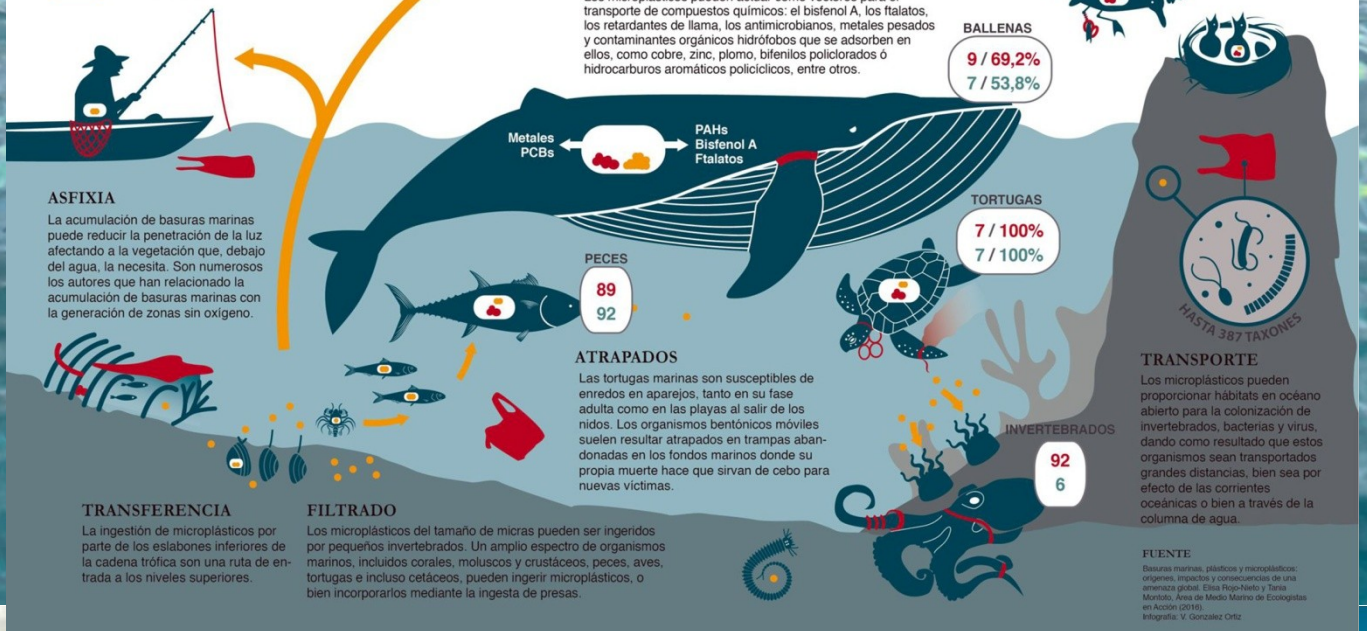
- (1) Bas, C., Castro, J.J., Hernández-García, V., Lorenzo, J.M., Moreno, T., Pajuelo, J.G., Ramos, A.G. 1995. La Pesca en Canarias y áreas de influencia. Ediciones del Cabildo Insular de Gran Canaria.
- (2) Espino, F., Boyra, A., Tuya, F., Haroun, R. 2006. Guía visual de especies marinas de Canarias. Oceanográfica.
- (3) Bordes, F., Wienerroither, R., Uiblein, F., Bordes, I.; Hernández, V., Caballero, C. (2009). Catálogo con las especies meso- y batipelágicas de peces, moluscos y crustáceos recogidas con arrastres en las islas Canarias, durante las campañas realizadas a bordo del B/E "La Bocaina" en el período 1997-2002.
- (4) Saldanha, L. and E. Karmovskaya, 1990. Serrivomeridae. p. 169-171. In J.C. Quéro, J.C. Hureau, C. Karrer, A. Post and L. Saldanha (eds.) Check-list of the fishes of the eastern tropical Atlantic (CLOFETA). JNICT, Lisbon; SEI, Paris; and UNESCO, Paris. Vol. 1.

IMPACTOS DE LOS MICROPLÁSTICOS Y MACROPLÁSTICOS EN LA BIOTA

Los casos más comunes de enredos, atrapamientos e ingestión se han citado en cetáceos, focas, tortugas y aves marinas pero, ¿qué impactos tiene en el resto de la fauna?

Número de especies afectadas / % total de especies

ENREDOS / MACROPLÁSTICOS
INGESTIÓN
MICROPLÁSTICOS



Cuantificación económica
de las capturas obtenidas por

LA PESCA RECREATIVA EN CANARIAS



Grupo	Pesca con caña de orilla (Kg)	Pesca con caña desde barco (Kg)	Pesca submarina (Kg)	Precio de mercado (€/Kg)	Valor total (€)
Meros y afines (Serranidae)	54.551,4	58.655,7	13.529,9	14,2	1.802.834,3
Atunes y afines (Scombridae)	14.639,5	1.489.087,4	1.963,8	9,8	14.680.484,7
Sargos y afines (Sparidae)	1.228.100,5	334.294,9	142.215,0	8,5	14.536.539,2
Jureles y afines (Carangidae)	117.193,1	28.794,6	12.352,3	7,5	1.187.550,2
Salmonetes (Mugilidae)	760.637,9	0,0	80.592,3	4,5	3.785.536,1
Viejas, lábridos y similares	204.953,1	42.658,7	112.141,9	12,0	4.317.044,2
Otros peces	280.924,4	1.907.484,0	114.411,7	7,6	6.632.266,9
Cefalópodos	0,0	6.398,8	1.793,1	10,8	88.062,7

Tabla 1. Contribución de los distintos grupos de especies objetivo a la captura total recreativa por modalidad de pesca, precio medio de mercado (€/Kg) y valor económico total de la captura desembarcada (€).



Figura 1. La pesca submarina se puede desarrollar desde tierra o con la asistencia de una embarcación. Es la actividad pesquera más selectiva, pero muchas veces esa capacidad selectiva se orienta negativamente hacia los grandes peces reproductores. La valoración económica de las capturas obtenidas con esta modalidad de pesca se estima en torno a los 4 millones de euros anuales (ver tabla 1).



José J. Castro¹, J. Macías², L. Couce-Montero¹, A. Guerra¹, A. Espino-Ruano¹ y D. Jiménez-Alvarado¹

¹. Instituto Universitario Ecoaqua, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, Edif. Ciencias Básicas, Campus Universitario de Tafira, 35017, Las Palmas de Gran Canaria.

². Canaest Consultores, C/ León y Castillo 30, 35003 Las Palmas de Gran Canaria.

A partir de la década de 1980, la pesca recreativa ha experimentado un crecimiento muy significativo en el conjunto del Archipiélago Canario, pasando de ser una actividad muy minoritaria

hasta llegar a ser practicada por algo más del 5% de la población insular, lo que le ha permitido que desempeñe un rol nada despreciable en el estado actual de los recursos pesqueros de las islas, especialmente a partir del año 2008¹. Además, se ha convertido en un sector económico cada vez más relevante, que en determinadas áreas de las islas supera con creces la aportación de la pesca profesional, tanto en valorización económica como en capturas^{2,3}. Así, un informe de Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPyA), de 2006, cifra-



A partir de la década de 1980, la pesca recreativa ha experimentado un crecimiento muy significativo en el conjunto del Archipiélago Canario, pasando de ser una actividad muy minoritaria hasta llegar a ser practicada por algo más del 5% de la población insular.

Figura 2. La pesca de caña desde la orilla es la que tiene un mayor número de adeptos, pero también es la que tiene un impacto más limitado, tanto en el espacio afectado como en el número de especies objetivo. La valoración económica de las capturas obtenidas con esta modalidad de pesca se estima en torno a los 20 millones de euros anuales (ver tabla 1).

ba en aproximadamente 117 millones de euros (incluyendo gastos en equipos y embarcaciones) la contribución económica de la pesca recreativa en su conjunto, frente a los algo más de 77 millones que representaba la pesca profesional en 2018 sólo en términos de capturas⁴. A esta cantidad habría que sumar otros 40,3 millones de euros anuales sólo en gastos directos de la actividad diaria (carnada, aparejos y desplazamientos), sin tener en cuenta los costes asociados a equipos, amortizaciones, seguros, gastos portuarios, licencias, etc³.

Si bien es cierto que existe una importante infravaloración de las dimensiones económica asociadas a la pesca artesanal desarrollada en el archipiélago, y posiblemente una sobreestimación de los datos referidos a la pesca recreativa, no cabe duda de que esta última es un sector que no se puede menospreciar, tanto en su vertiente económica como en el impacto que tiene sobre las poblaciones de especies objetivo y ecosistemas⁵. No obstante, y aunque el simple análisis económico dibuja un impacto positivo de esta actividad, este debe ser contextualizado



en el marco de la sobrepesca crónica que están sufriendo los recursos pesqueros de las islas¹, introduciendo en el balance también los impactos negativos de modo que se pueda establecer la dimensión real de la pesca recreativa y sus efectos a corto, medio y largo plazo sobre la sostenibilidad de los servicios ecosistémicos que aporta el océano que rodea al archipiélago.

Cada vez son más los estudios que ponen de relieve la contribución de la pesca recreativa a las capturas globales mundiales⁶, y que alertan de que la evaluación y gestión de los stocks pesqueros no puede realizarse sólo en base a los datos procedentes de la pesca profesional o comercial, ya que la no consideración de la pesca recreativa está introduciendo un sesgo muy significativo en las estimaciones que compromete la validez de las mismas. Así, y aunque existe cierta disparidad en las estimaciones con relación a las capturas obtenidas por la pesca recreativa en las islas, se observa una relativa convergencia en cuando a la magnitud de su contribución a la

captura total desembarcada. El MAPyA dimensionaba las capturas totales desembarcadas por estos pescadores en 2005 aproximadamente 7.000 t anuales, lo que significaba casi el 40% de la captura total desembarcada en el archipiélago². Sin embargo, Jiménez-Alvarado³ estimó que para el año 2010, tras un incremento muy notable en el número de licencias (2,5 veces más, pasando de apenas 40 mil a más de 100 mil), osciló entre unas 7.300 t, en el escenario más conservador, y las 15.400 t, sin incluir las capturas de túnidos y especies afines. Más recientemente, Gordoa y colaboradores⁷ rebajan la cuantificación de las capturas totales asociadas a la pesca recreativa a 5.583 t para el año 2016, pero mantiene una horquilla que las eleva hasta las 11.769 t según la estimación que se determine para el esfuerzo de pesca.

Los servicios ecosistémicos del océano que se adquieren a través de la pesca recreativa son muy variados y van mucho más allá de la simple cuantificación económica de las capturas que



Figura 3. La pesca desde embarcación permite acceder a gran parte del caladero de pesca, dependiendo del tipo de barco y, por ello, su impacto sobre ecosistemas y especies es mayor que el resto de modalidades, al tiempo que entra en mayor competencia por los recursos con la pesca artesanal. También es la que moviliza más recursos económicos, superando los 33 millones de euros anuales. Por otro lado, la mayoría de estos barcos de pesca están contruidos en fibra de vidrio y los más pequeños (en torno a los 3 m de eslora) pueden ser fácilmente trasportados por carretera y guardados en garajes.

se obtienen por parte de los miles de pescadores, ya que muchos pescadores buscan en esta actividad sólo un modo de relajación, de estar en contacto con la naturaleza o de pasar un buen momento con amigos, utilizándose en muchos casos alternativas de no-pesca como la captura y suelta de los peces una vez pescados⁸. No obstante, estos servicios ecosistémicos que proporciona la pesca recreativa, en parámetros de mejora de la calidad de vida, fisiológica y psicológica, son muy difíciles y complejos de cuantificar y varían muchos en función del nivel cultural y económico de los pescadores, del entorno social, y entre países y comunidades, pero sin duda son muy importantes en la gestión de estas pesquerías.

La pesca recreativa es una actividad sin ánimo de lucro, llevada a cabo a través de una variedad de modalidades, cuyo despliegue dependen del cuerpo de agua sobre la que se realice y del perfil y posibilidades económicas del pescador. Pero, a pesar de que el pescador

no puede vender sus capturas, es posible asumir que la pesca recreativa tiene un impacto económico, o valor de mercado, en el sentido de que su producción compite directamente con el mercado de la pesca profesional, reduciendo sus beneficios al disminuir la demanda o una menor venta de pescado. En este contexto, se puede hacer una aproximación al valor económico de la captura recreativa al equipararla en valor al que tienen las especies capturadas en el mercado de la pesca artesanal. No obstante, uno de los aspectos en los que difieren la pesca recreativa y la profesional es la falta de registros de capturas recreativas, lo cual es un importante impedimento para la adecuada gestión de las especies objetivo de la pesquería⁷, y de su dimensión económica.

En las Islas Canarias, la pesca recreativa marina puede llevarse a cabo a través de tres modalidades (pesca con caña desde la orilla o desde embarcación, y pesca submarina), cada una de ellas con características distintivas, pero con una desigual accesibilidad a los recursos pesqueros (a especies y a tallas) y a los caladeros (Fig. 1 a 3). A estas hay que añadir también el marisqueo en las áreas intermareales y submarinales poco profundas (Fig. 4). En este contexto, la pesca submarina tiene un alto coeficiente de selectividad en término de especies y tallas, pero generalmente está restringida a aguas de menos de 30 m de profundidad por las limitaciones propias de los buceadores. Al contrario, los pescadores de orilla solo pueden acceder a ciertas especies costeras, frecuentemente de menor talla, dependiendo del cebo utilizado, calibre del anzuelo y estación de año, limitación que no tienen los pescadores desde embarcación².

En esta aproximación a la valorización económica de la pesca recreativa en Canarias se ha tratado de establecer la composición y contribución relativa de cada especie a las capturas, según cada modalidad de pesca recreativa, utilizando para ello las actas de los concursos de pesca realizados entre 2007 y 2018, en las diferentes islas, proporcionados por la Dirección General de Pesca del Gobierno de Canarias. Se consultaron un total de 746 actas (267 de pesca de orilla, 227 de pesca desde barco y 252 de pesca submarina), aunque desgraciadamente una gran parte de las mismas no aportaron información completa sobre los kilogramos o número de ejemplares capturados de cada especie.



Figura 4. El marisqueo es otra actividad que los pescadores recreativos pueden desarrollar con la oportuna licencia. En este caso, las especies objetivo suelen ser fundamentalmente los pequeños cangrejos (i.e. *Xantho poressa*) que se utilizan como carnada para la pesca de viejas (*Sparisoma cretense*), pero también se capturan lapas (*Patella* spp.), burgados (*Osilinus* spp.), pulpos (*Octopus vulgaris*), erizos de mar (*Paracentrotus lividus*) y otras especies presentes en el intermareal. No obstante, no existe una cuantificación de lo que aporta esta modalidad de pesca a la economía de las islas.

No obstante, esta información fue complementada con datos procedentes de diferentes informes realizados sobre la pesca recreativa en el archipiélago. Por otra parte, se fijó como nivel de captura total desembarcada por modalidad de pesca la estimada por el equipo de Gordo⁷ en su nivel más conservador (5.583 t). De esta captura total, 2.661 t fueron obtenidas con la modalidad de pesca de caña desde orilla, 2.443 t con pesca de caña desde embarcación y 479 t a través de pesca submarina. El precio de mercado por kilo minorista de las diferentes especies fue proporcionado por un comerciante de pescado (Mogán, Gran Canaria) a precio pagado al pescador (no precio de venta al consumidor final). Sin embargo, para facilitar los cálculos, las especies fueron agrupadas en familias y se estimó el valor de la captura aplicando el precio medio de venta del grupo. Es importante resaltar que las capturas reportadas de pez espada (*Xiphias gladius*), marlín azul (*Makaira nigricans*) y marlín blanco (*Tetrapturus albidus*) no fueron consideradas en la estimación económica, al ser especies cuya captura está prohibida desde 2013 y han de ser liberadas tras la pesca.

El valor de las 5.583 t de peces capturados y desembarcados por los pescadores recreativos en el año 2017 ascendió a 57,9 millones de euros, aproximadamente la mitad del valor que se ha reportado para la pesquería artesanal desarrollada en el conjunto del archipiélago (100 millones de euros), y muy similar a la dada para la producción de peces en acuicultura en las islas (55 millones de euros)⁴. No obstante, es importante destacar que, de forma individual, los espáridos, donde se incluyen especies como las samas (*Dentex* spp.), sargos y bocinegro (*Diplodus* spp.) y *Pagrus* spp.), brecas (*Pagellus* spp.) y salemas (*Sarpa salpa*), contribuyen en mayor medida a la captura total recreativa, aunque su menor número de ejemplares hace que sean superado ligeramente por las caballas, túnidos y especies afines (Scombridae) en valor económico. La alta diversidad de especies objeto de captura por parte de

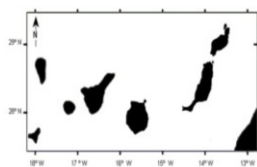
los pescadores en la modalidad de pesca desde embarcación, que aglomera especies pelágicas oceánicas y bentodemersales de aguas neríticas y muy profundas, nos ha obligado a crear una categoría muy heterogénea (otras especies de peces) que va a aportar el mayor volumen de capturas y, por ello, la mayor contribución económica a esta actividad (Tabla 1).

Este conocimiento sobre las especies objetivo de la pesca recreativa, en cada una de sus modalidades, y su valorización económica de mercado, puede tener distintas implicaciones de política y gestión pesquera. Generalmente el número de peces capturados por los pescadores recreativos está positiva y significativamente correlacionado con su valor económico. Así, los pescadores pueden estar más dispuestos a pagar por la licencia de pesca en función de la previsión del valor de la captura que pueden obtener a cambio. Sin embargo, es muy probable que el aumento de precio de las licencias de pesca no afecte *per se* al comportamiento de los pescadores recreativos⁹. Jiménez-Alvarado y colaboradores⁹ apuntan que cualquier política orientada a incrementar el coste de las jornadas de pesca afectará negativamente a la probabilidad de que los pescadores se orienten a desarrollar una modalidad de pesca desde embarcación o de pesca submarina, pero que casi no tendrá efectos en la pesca con caña desde la orilla. Por otro lado, algunos de los estudios realizados ponen el acento en que muchas de las especies objetivo de la pesca recreativa en Canarias presentan un índice de vulnerabilidad a la sobreexplotación muy alto, particularmente los serránidos (meros y afines), situación que también ha sido puesta en evidencia en otras partes del mundo.

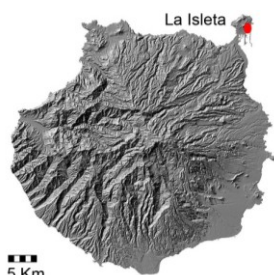
Bibliografía

- (1) Hernández, J.M., Rolán, R., Swinnen, F., Gómez, R., Pérez, J.M. (2011). Moluscos y Conchas Marinas de Canarias. Ed. ConchBooks.
- (2) Centoducati, G., Tarsitano, E., Bottalico, A., Marvulli, M., Lai, O.R., Crescenzo, G. (2007). *Environ Monit Assess.* 131:339-347.
- (3) Gualart, J., Templado, J. (2012). *Pinna nobilis* en VVAA. *Bases ecológicas preliminares para la conservación de las especies de interés comunitario en España: Invertebrados*. Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental y Medio Natural (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente).81 pp.

ISLAS CANARIAS



GRAN CANARIA



5 Km

La Esfinge



2 Km

Vista general de La Esfinge



Detalle del yacimiento

LA ESFINGE

NUEVOS PALEO-INDICADORES AMBIENTALES PARA EL PLIOCENO DE CANARIAS

**Mónica Almenara¹, Juan F. Betancort¹
Alejandro Lomoschitz² y Joaquín Meco¹**

¹ Departamento de Biología, Laboratorio de Paleontología, Facultad de Ciencias del Mar, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, 35017 Las Palmas de Gran Canaria, España. E-mail: moni_skt@hotmail.es, juanbetancort@gmail.com, joaquinfrancisco.meco@ulpgc.es

² Instituto de Oceanografía y Cambio Global, IOCAG, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, 35017 Las Palmas de Gran Canaria, España. E-mail: alejandro.lomoschitz@ulpgc

Obras de desmote en los accesos a la cantera y la zona de exclusividad económica en el Volcán de La Esfinge, en La Isleta (Gran Canaria), mostraron unos extraños niveles sedimentarios entre materiales de origen volcánico, tanto subaéreos

como submarinos (Fig. 1). Estos depósitos sedimentarios son muy ricos en fauna, apareciendo fauna interpretada como de edad Pliocena como *Grypahea virleti* (Deshayes, 1832), *Nerita emiliana* (Mayer, 1872), *Persististrombus coronatus* (Defrance, 1827), *Patella ambrogii* (Lecointre, 1952) o restos de equinodermos del género *Clypeaster*, entre otros taxones (Fig. 2). Junto con la fauna, estos niveles están sobre lavas almohadilladas o *pillow lavas* datadas en 4,2 millones de años¹. Esto permite ubicar estos niveles en el Plioceno Inferior, siendo otro punto de afloramiento de los niveles de edad pliocena ya conocidos en las Islas Canarias orientales (Gran Canaria Fuerteventura y Lanzarote).



Figura 1. Localización y vista general de La Esfinge (La Isleta, Las Palmas de Gran Canaria, Gran Canaria, Islas Canarias, España).



Figura 2. a.- *Lutraria oblonga* (Gmelin, 1791); b, c, d.- *Janthina typica* (Bronn, 1860); e, f.- *Solarium carocollatum* (Lamarck, 1822), g.- *Nerita emiliana* (Mayer, 1872), h.- *Persististrombus coronatus* (Defrance, 1827).

El yacimiento de La Esfinge es un punto muy complejo donde se observan, además del volcanismo plioceno en forma de lavas almohadilladas antes indicado, niveles sedimentarios también de edad pliocena ricos en fósiles y niveles subaéreos pleistocenos que se corresponden con el volcanismo de La Isleta (del edificio de La Esfinge), datados en aproximadamente 106.000 años. Dentro del listado de 42 taxones citados en los últimos trabajos publicados sobre este punto², destacan algunos que porta una especial información de carácter paleoecológico y paleoceanográfico, como son los casos del gasterópodo planctónico *Janthina typica* (Bronn, 1860) y el bivalvo *Lutraria oblonga* (Gmelin, 1791).

Marco geológico

El corte estratigráfico de La Esfinge (Figs. 1 y 3) presenta una potencia total de aproximadamente 16 metros y se pueden diferenciar 5 niveles sedimentarios sobre las *pillow lavas* que conformaran el denominado nivel 0.

Nivel 0: Coladas basaníticas masivas con estructuras de *pillow lavas* a nivel de techo con una potencia estimada de 3 metros. El límite superior de estas se encuentra a 24 metros sobre el nivel actual del mar. Han sido datadas en 4,2 Ma¹.

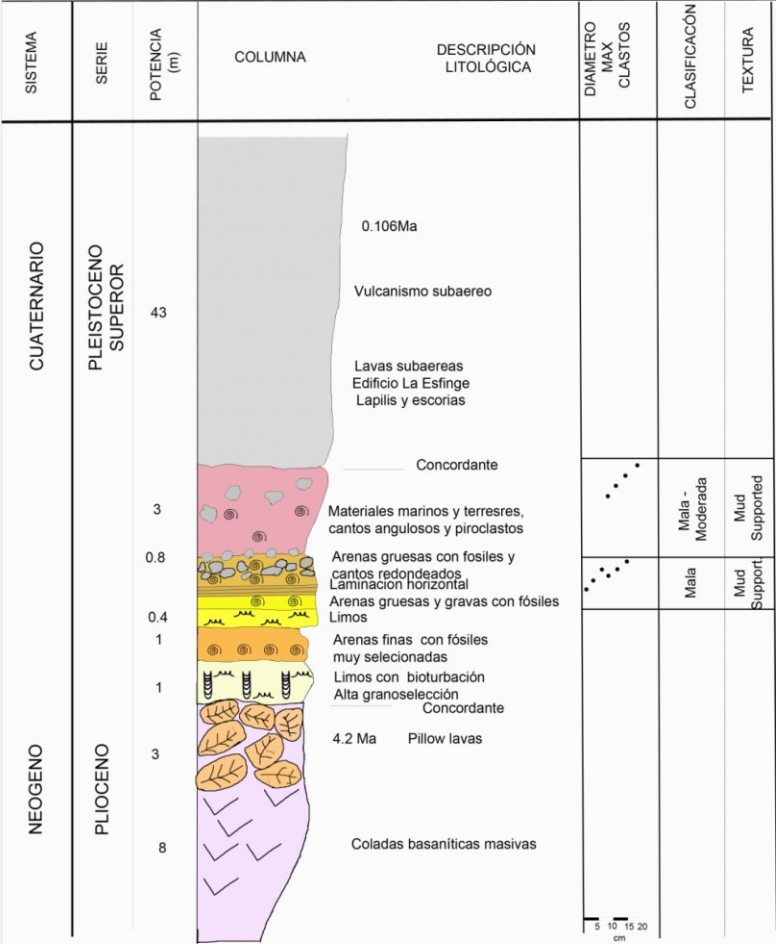


Figura 3. Columna de La Esfinge (Obtenida de Almenara-Perera, 2021).

Figura 4. Horizonte de *Lutraria oblonga*
(Gmelin, 1791) a 26 metros de altura.





Figura 5. Acumulaciones de *Janthina typica* (Bronn, 1860).

Nivel I: Capa de limos de aproximadamente 1 metro de potencia que se deposita sobre las *pillow lavas*, rellenando sus irregularidades. Aparece numerosa bioturbación, diferenciándose el icnotaxón *Ophiomorpha nodosa*. Estas galerías se interpretan como pertenecientes a crustáceos.

Nivel II. Nivel de arenas finas de color, sin laminación aparente y una potencia de 1 metro, concordante con el nivel anterior. Aproximadamente a 26 metros sobre el nivel actual del mar aparece un horizonte de *Lutraria oblonga* (Gmelin, 1791) en posición de vida (Fig. 4). Aparece junto a *Lucina leonina* (Basterot, 1825) y *Diloma patulum* (Brocchi, 1814), ambas especies de moluscos característicos del plioceno mediterráneo y citadas para los niveles de esta edad en Canarias. Dentro de este nivel se localizan escasos piroclastos rojizos muy alterados.

Nivel III. Capa de limos finos sin estructuras, bioturbación o fósiles, con una potencia de 0,4 metros.

Nivel IV. Conjunto de capas horizontales bien diferenciadas, de arenas medias-medias gruesas a gravas con cantos y gran cantidad de fósiles. Presenta una potencia total de 0,8 m. Dentro de este nivel, de muro a techo, se diferencia una primera capa de arenas medias-gruesas ricas en fósiles. Destaca la presencia de capas, agregados o acumulaciones, del gasterópodo planctónico *Janthina typica* (Bronn, 1860) (Fig. 5). La cantidad de cantos, de naturaleza basáltica, así como de piroclastos aumenta hacia el techo del nivel IV, donde se diferencia una capa de matriz de gravas calcáreas rica en cantos basálticos mal clasificados, variando entre 2 y 20 centímetros.

Nivel V. Gran cantidad de fósiles marinos de edad pliocena, tanto sueltos en una matriz de limos finos como formando agregados, con cantos redondeados y angulosos, así como piroclastos y restos de fauna terrestre: gasterópodos terrestres e icnitas de insectos. Aparecen ejemplares de *Persististrombus coronatus* (Defrance,

De alguna manera, se produjo un cambio en la altura del nivel del mar, lo suficientemente rápido y brusco para atrapar a estos bivalvos

1824) y *Nerita senegalensis* Gmelin, 1791, fragmentos de equinodermos del género *Clypeaster* y el molusco *Janthina typica* (Bronn, 1860), entre otros muchos taxones. Presenta una potencia estimada de 3 metros.

Desarrollo de los sucesos geológicos acontecidos

El horizonte de *Lutraria oblonga* (Gmelin, 1791), preservadas en posición de vida, permite inferir que en algún momento esta localidad debió levantarse y ascender rápidamente. En algún momento del plioceno final, posiblemente relacionado con el vulcanismo local, una parte del lecho marino somero que conformaba la región noreste de Gran Canaria, caracterizada por potentes acumulaciones de sedimentos, emergió rápidamente, lo bastante como atrapar en posición de vida a las *Lutraria oblonga* (Gmelin, 1791). Se trata de moluscos bivalvos que viven enterrados en sedimentos en un rango de profundidad que va desde la región circalitoral (15-35 m) hasta profundidades cercanas a los 100 metros. El horizonte de *Lutrarias* se localiza a unos 26 metros de altura sobre el nivel del mar actual y a cerca de 5 metros desde el comienzo del nivel de *pillow lavas*. Este horizonte está a unos 30 centímetros bajo la discontinuidad que supone el límite entre este nivel y el nivel superior. La fauna acompañante permite inferir unas condiciones someras en la región litoral.

De alguna manera, se produjo un cambio en la altura del nivel del mar, lo suficientemente rápido y brusco como para atrapar a estos bivalvos. No coincide ningún cambio global en la altura del nivel del mar con este periodo, así que la explicación más probable es un levantamiento posiblemente asociado a un vulcanismo local.

Esta nueva playa fue rápidamente cubierta por organismos que la recientemente creada Corriente de Canarias arrastraba, como pueden ser las *Janthin*as. Estos gasterópodos planctónicos presentan una especie de flotador creado

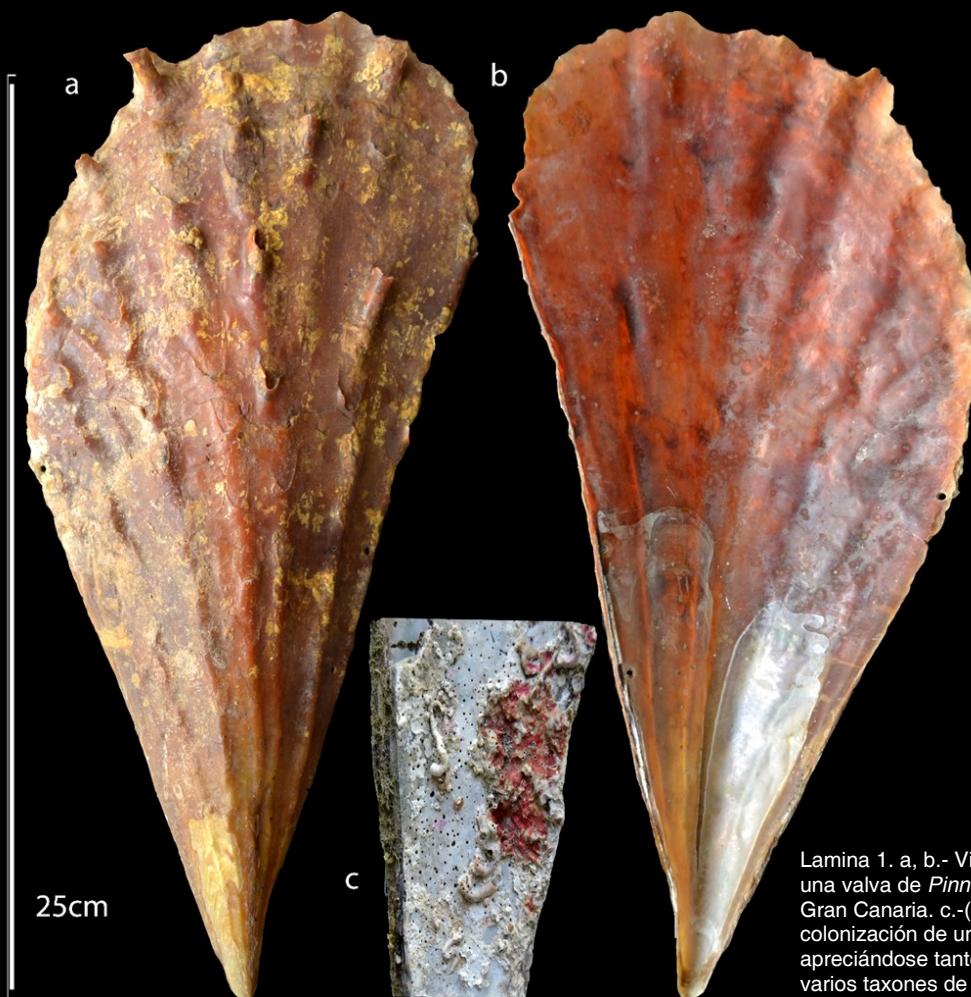
a base de burbujas de aire que mantiene al animal y su delgada y frágil concha derivando con las corrientes en la superficie. En La Esfinge se aprecian acumulaciones de *Janthina typica* (Bronn, 1860), actualmente extinta, homogéneas en el tamaño de los ejemplares. El nivel donde aparece se corresponde con una zona de rompiente de una playa, una paleoplaya, constituida por gravas medias a gruesas y arenas bioclásticas, junto con bolos y algunos piroclastos muy poco alterados. *Janthina typica* (Bronn, 1860) ha sido interpretada como un trazador de paleocorrientes a escala global³.

La historia de la playa pliocena de La Esfinge continúa y se complica aún más. El nivel V se interpreta como un nivel de transición entre el dominio litoral y el terrestre, donde se produce la entrada de sedimentos terrestres que se mezclan con sedimentos litorales (fósiles) y donde incluso llega a formarse un paleosuelo. Podría corresponderse con la entrada de materiales terrestres desde un barranco o una pequeña cuenca, ubicada en una orografía diferente a la que actualmente tiene La Isleta. La presencia de piroclastos, rojos, apenas erosionados en prácticamente toda la columna puede ser interpretada como procedentes de emisiones desde volcanes pliocenos localizados en la región de La Isleta, actualmente dismantelados y cubiertos por todo el vulcanismo pleistoceno.

Este yacimiento es un indicador de la complicada historia geológica de Canarias y de La Isleta en particular. Bajo unos depósitos de piroclastos frescos, con apenas 106.000 años, se localizan testimonios mucho más antiguos y complejos. Hay un salto de varios millones de años que se corresponde al surgimiento y destrucción de un relieve distinto al actual en La Isleta, así como cambios a nivel ecológico y climático.

Bibliografía

- (1) Meco, J., Koppers, A.A.P., Miggins, D.P., Lomoschitz, A., Betancort, J.F. 2015. Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol., 435: 53-69.
- (2) Almenara-Perera, M. 2021. Aportación de un nuevo punto significativo para el neógeno de canarias: La Esfinge, Gran canaria, Islas Canarias. Trabajo de Fin de Grado. Grado en geología. Facultad de Ciencias. Universidad de Salamanca.
- (3) Meco, J. Lomoschitz, A., Betancort, J.F. 2016. *Rev. Mex. Cienc. Geol.*, 33(2):192-197.



Lamina 1. a, b.- Vistas exterior e interior de una valva de *Pinna rudis* procedente del SE de Gran Canaria. c.-(x5) Detalle del alto grado de colonización de un fragmento de *P. rudis*, apreciándose tanto esponjas endolíticas como varios taxones de anélidos serpulidos.

Juan Francisco Betancort Lozano

Laboratorio de Paleontología, Paleoclimatología y Paleocceanografía. Departamento de Biología, Universidad de las Palmas de Gran Canaria.

Las *Pinnas* (familia Pinnidae Leach 1819), nacras en el Mediterráneo y abanicos en Canarias, son moluscos bivalvos de gran tamaño que ocupan una posición estratégica en los ecosistemas marinos. Presentan una característica concha triangular anclada a los diferentes tipos de sustratos gracias a una desarrollada Glándula del Biso. Son organismos filtradores, capaces de retirar notables cantidades de materia orgánica del agua, que además sirven de sustrato para la fijación de gran cantidad de organismos epibiontes, desde esponjas y briozoos a otros moluscos y pequeños crustáceos (Lámina 1). Este supone que su mera presencia incrementa la biodiversidad y la salud de los ecosistemas. A su vez, estos gigantes están expuestos a depredación por parte de peces y de pulpos, pero sobre todo por parte de los seres humanos.

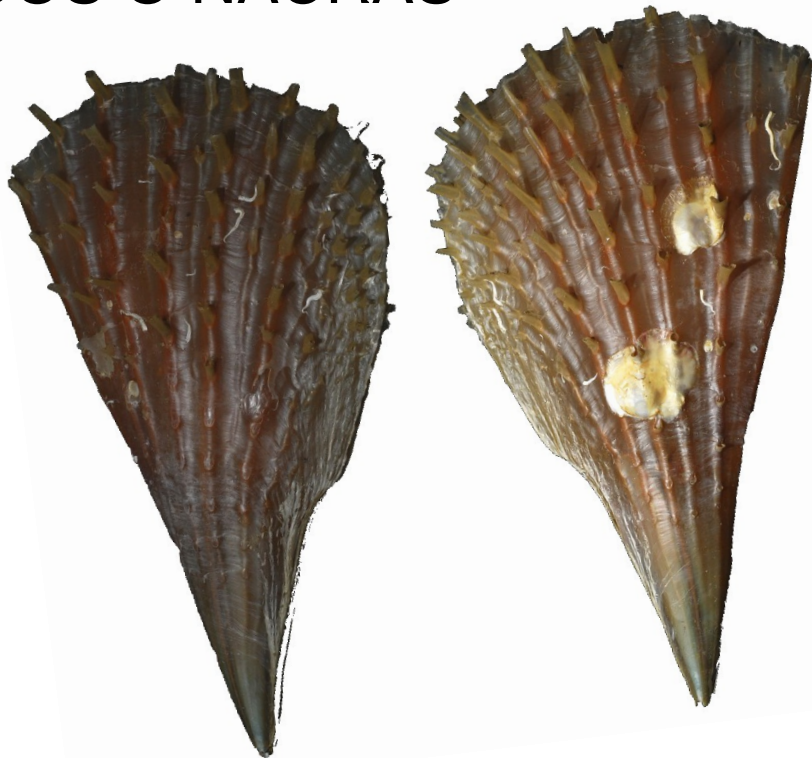
Pinnas atlanto-mediterráneas

Dentro de esta familia se ubican dos géneros: *Pinna* y *Atrina*, con más de 60 especies descritas en las regiones Atlántico-mediterránea, Indo-pacífica y Caribe. En las costas del Atlántico y Mediterráneo se citan dos especies: *Pinna nobilis* y *Pinna rudis*.

Pinna nobilis es el mayor molusco (bivalvo) del Mediterráneo y entre los mayores del planeta. Es endémico del Mediterráneo y habita entre la zona intermareal y cerca de los 60 metros de profundidad, principalmente en ambientes costeros con fondos arenosos y fangosos, pero también excepcionalmente adheridas a sustratos rocosos. Esta distribución es la que le da su nombre en inglés: *giant Mediterranean fan mussel* (el mejillón gigante del limo del Mediterráneo). Es una de las especies más características de las praderas submarinas de *Posidonia oceanica* y *Cymodocea nodosa* en todo el Mediterráneo. Presenta un tamaño máximo de hasta 120 centímetros y son muy longevas, con ejemplares que han sobrepasado los 50 años.

EL GÉNERO PINNA

ABANICOS O NACRAS



Pinna rudis está presente en el Mediterráneo y en Atlántico, desde Azores y sur de Portugal hasta Angola, siendo la especie de *Pinna* propia de las costas de las Islas Atlánticas (Lámina 1). En Canarias se denomina abanico y en el Mediterráneo nacra de roca, lo cual ya da una idea de una primera diferencia respecto a *Pinna nobilis*; su mayor afinidad por sustratos duros. Su tamaño máximo es unos 40 centímetros¹.

La principal diferencia a nivel morfológico entre estas dos especies de abanicos, o nacras, no es solo el tamaño, siendo sensiblemente mayor *Pinna nobilis*, sino además que, morfológicamente, *P. rudis* presenta una superficie con costillas verticales de las que surgen espinas de gran tamaño (menos numerosa pero más desarrolladas que en *P. nobilis*) (Lámina 1). Otra diferencia solamente visible en ejemplares vivos, y en buen estado, es el color del manto, visible a través de las conchas cuando están abiertas; *P. nobilis* presenta un color rosáceo, con el borde que puede ser más oscuro, mientras que *P. rudis* presenta un moteado blanco interno muy característico.

Las nacras en peligro crítico

Son numerosos los peligros a los que estos grandes moluscos se enfrentan. Además de la degradación de los ecosistemas por la contaminación o los efectos del Cambio Climático, muy visibles en las praderas submarinas, hay que añadir la captura por parte de coleccionistas y pescadores, o el efecto de las anclas arrastradas sin control sobre el fondo.

Junto con estos problemas ya conocidos desde hace tiempo, recientemente la situación de *Pinna nobilis* ha alcanzado cotas dramáticas. Desde 2016, se han constatado la propagación a lo largo del Mediterráneo de un parásito, el protozoo *Haplosporidium pinnae*, responsable de que *P. nobilis*, la gran nacra del Mediterráneo, se encuentre actualmente clasificada como en peligro crítico. Han desaparecido poblaciones enteras, un 100 % de los individuos, de puntos de las costas de España, Italia, Francia, Grecia, Croacia, Turquía, Túnez y Marruecos^{2,3}. El género *Haplosporidium* es un sospechoso habitual en epidemias de bivalvos con una gran tasa

de mortalidad, especialmente sobre ostras, desde el Caribe hasta las costas atlánticas de Norteamérica. Paradójicamente, *Pinna rudis* y los representantes del género *Atrina* parecen ser inmune a este parásito, pero toda la presión de predadores y consumidores que sufren estas especies ha reducido significativamente también sus poblaciones.

Seda de mar

Tradicionalmente, se ha recolectado *Pinna nobilis* y en mucha menor medida *P. rudis* por los filamentos del biso o pluma, denominada seda de mar, lana de mar o seda de sirena. Es considerada como la tela más exclusiva del mundo y las piezas de ropa elaboradas con este material se consideran obras de arte y objeto de subastas. Desde la antigüedad clásica, las prendas más finas y caras se elaboraban a partir de los filamentos tejidos de estos bivalvos. Ya en la Piedra Rosetta, el texto comercial escrito en piedra que permitió traducir el lenguaje jeroglífico del Antiguo Egipto, se mencionan estos tejidos. Era el tejido más fino y costoso conocido en la antigüedad, parte del ajuar de nobles, reyes y emperadores de Egipto, Grecia y Roma. Tres veces más fina que un cabello humano con unas tonalidades amarillas, marrón o pardo dorado, incluso puede brillar con tonos dorados al exponerlo a luz solar después de ser tratado con especias y limón. Esto las vincula con la mitología griega, ya que podría ser el “vellocino dorado” de Jasón y los argonautas. Incluso en la China del siglo X, se conoce este producto mediterráneo y se creía que la lana de mar se obtenía de ovejas acuáticas. La pieza de tejido más antigua que se conoce pertenecía al ajuar funerario de una dama de alta nobleza de Aquinum, la Budapest actual, que resultó destruida durante la Segunda Guerra Mundial. Guantes y medias del siglo XVIII, ropa infantil de principios del siglo XX y sombreros y turbantes de mediados del siglo XX, pasan a ser reliquias de muy alto valor, piezas únicas.

Actualmente, en Sant'Antioco, una isla de Cerdeña, se sigue recolectando de forma legal este material para sostener una industria tradicional con profundas raíces en el tiempo. Para esto se ha desarrollado un modelo fiscalizado sostenible, controlando las poblaciones y ejemplares, dañando lo menos posible a estos animales, por lo que son necesarias entre 300-400 inmersiones para recolectar tan solo 200 g de tejido para ser posteriormente procesado con mimo.

Pinna nobilis es el mayor molusco (bivalvo) del Mediterráneo y entre los mayores del planeta. Es endémico del Mediterráneo y habita entre la zona intermareal y cerca de los 60 metros de profundidad.

La principal diferencia a nivel morfológico entre estas dos especies de abanicos, o nacras, no es solo el tamaño, siendo sensiblemente mayor *Pinna nobilis*, sino además que, morfológicamente, *P. rudis* presenta una superficie con costillas verticales de las que surgen espinas de gran tamaño (menos numerosa pero más desarrolladas que en *P. nobilis*).

Bibliografía

- (1) Hernández, J.M., Rolán, R., Swinnen, F., Gómez, R., Pérez, J.M. (2011). Moluscos y Conchas Marinas de Canarias. Ed. ConchBooks.
- (2) Centoducati, G., Tarsitano, E., Bottalico, A., Marvulli, M., Lai, O.R., Crescenzo, G. (2007). *Environ Monit Assess.* 131:339-347.
- (3) Guallart, J., Templado, J. (2012). *Pinna nobilis* en VVAA. *Bases ecológicas preliminares para la conservación de las especies de interés comunitario en España: Invertebrados*. Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental y Medio Natural (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente). 81 pp.

≡PORQUE QUIERO DISFRUTAR DE UN MAR LLENO DE PECES≡



David de Jorge,
chef



Martín Berasategui,
chef

ELIGE EL SELLO AZUL, ELIGE PESCADO SOSTENIBLE

Haz como David y Martín y súmate al movimiento #MaresParaSiempre.
Pequeño como un gesto, inmenso como el mar.

Súmate en www.msc.org/es

**MARES PARA
SIEMPRE**
ELIGE EL SELLO AZUL





26th Open Fotosub Master



- 1- Aguja - *Belone belone*
- 2- Morena negra - *Muraena helena*
- 3- Carmelita - *Myrichthys pardalis*
- 4- Fula blanca - *Chromis limbata*
- 5- Sargo blanco - *Diplodus cadenati*
- 6- Barriguda mora - *Ophioblennius atlanticus atlanticus*
- 7- Seifía - *Diplodus vulgaris*
- 8- Pejeperro - *Bodianus scrofa*
- 9- Damisela - *Abudefduf saxatilis*
- 10- Morena picopato - *Enchelycore anatina*
- 11- Gallito verde - *Stephanolepis hispidus*
- 12- Barriguda - *Parablennius incognitus*
- 13- Carmelita - *Myrichthys pardalis*
- 14- Tamboril espinoso - *Chilomycterus atringa*
- 15- Sargo breado - *Diplodus cervinus cervinus*
- 16- Damisela - *Abudefduf saxatilis*
- 17- Gallinita - *Canthigaster capistratus*
- 18- Liza - *Liza aurata*
- 19- Congrio de arena - *Ariosoma balearicum*
- 20- Fula negra - *Similiparma lurida*
- 21- Murión - *Gymnothorax unicolor*
- 22- Gallo azul - *Aluterus scriptus*
- 23- Gallito verde - *Stephanolepis hispidus*
- 24- Caboso de Madeira - *Mauligobius maderensis*
- 25- Barriguda de pelo - *Scartella cristata*
- 26- Morena - *Gymnothorax miliaris*
- 27- Barriguda mora - *Ophioblennius atlanticus atlanticus*
- 28- Mantelina - *Gymnura altavela*
- 29- Abade - *Mycteroperca fusca*
- 30- Vieja - *Sparisoma cretence*
- 31- Camarón verde - *Hippolyte inermis*
- 32- Pejeperro - *Bodiaunus scrofa*
- 33- Medregal - *Seriola* sp.
- 34- Mero - *Epinephelus marginatus*
- 35- Vieja - *Sparisoma cretence*
- 36- Baja Bocarones, La Restinga (El Hierro)
- 37- Lady escarlata - *Lysmata grabhami*
- 38- Peje peine - *Xyrichtys novacula*
- 39- Morena - *Gymnothorax miliaris*

Okeanos de fotos

Especial Open FotoSub El Hierro

Primer clasificado



Isidro Felipe Pérez. Tinerfeño, de la Matanza de Acentejo, muy vinculado al mar desde pequeño. Aún sin saber nadar ya utilizaba gafas de buceo motivado por su padre, con el que salía a pescar y quien le enseñó a amar y respetar el mar. Ha practicado la pesca submarina hasta que se decantó por el Cazafotosub en Apnea, un deporte que, según él, le ayuda a conocer aún más la naturaleza que encierran los océanos. Ha sido vencedor del Open Cazafotosub El Hierro en 2018, 4 veces subcampeón de España de Cazafotosub, 2 veces tercero en el Campeonato de España de Cazafotosub, 6 veces campeón de Tenerife de Cazafotosub, 6 veces subcampeón de Canarias de Cazafotosub, 2 veces vencedor del Open Cazafotosub la Palma, 2 veces vencedor del Open Cazafotosub LPA Las Canteras y subcampeón del Open internacional Isla de Malta. Es embajador de la marca Mares.





3



4





5



6

7



8





9



10

Especial *Open FotoSub El Hierro*

Segundo clasificado



Juan Antonio Carballo Díaz nació en Adeje (Tenerife) y es considerado como el mejor especialista de la caza fotográfica en apnea del país. Practica esta actividad desde hace unos 11 años, tiempo en el que ha obtenido unos resultados sorprendentes: 6 veces campeón de España individual Cazafotosub, 5 veces campeón de España por equipos Cazafotosub, medalla de bronce de La Copa del Mundo de Cazafoto 2021, 8 veces campeón de Canarias Cazafotosub, 4 veces campeón de Tenerife Cazafotosub, campeón de Gran Canaria Cazafotosub, 2 veces campeón de La Palma Cazafotosub, 3 veces campeón Open de La Biodiversidad de El Hierro, 2 veces campeón Cazafotosub Open Isla Azul La Palma, 3 veces campeón Open Columbretes Valencia, 2 veces campeón Cazafotosub Open San Marcos Icod (Tenerife), 2 veces campeón Open Tenerife Azul, 1 vez campeón Open Cazafotosub Isla de la Gomera y 3 veces campeón Open Las Canteras Cazafotosub. En 2016, fue nombrado mejor deportista Adejero y FEDECAS lo reconoció en 2019 como el mejor deportista Cazafotosub de su historia.





12



13



14



15



16



17

18



19



20



Especial *Open FotoSub El Hierro*

Tercer clasificado



Tanausú Motas García es natural de Gran Canaria, por lo que ha estado íntimamente ligado al mar desde la infancia. Desde que se sumergió por primera vez, su afán siempre ha sido conocer todos los secretos, las costumbres y tradiciones vinculadas al mar. Comenzó haciendo pesca submarina, pasión que después de 25 años sigue manteniendo, ya que la considerada la pesca más selectiva y responsable. Ese respeto que siente por el medio marino le llevó a intercalar la cámara de fotos con sus salidas de pesca, que le han convertido en el gran fotógrafo submarino profesional que es hoy en día y con un gran palmarés de éxitos. Ha sido ganador de varios certámenes como el Open de la Biodiversidad El Hierro 2019, también medalla de bronce en el Open de la Biodiversidad El Hierro 2021, subcampeón de La Copa del Mundo de Cazafoto 2021, campeón del Open Cazafoto de Sardina (Gran Canaria) 2021, medalla de bronce en el Campeonato de Canarias 2022, subcampeón de España Cazafotosub 2016, 2 veces medalla de bronce en el campeonato de España de Cazafotosub 2013 y 2014, 6 veces campeón de España por equipos de Cazafotosub, 11 veces campeón de Gran Canaria de Cazafotosub, vencedor del cazafotosub LPA Las Canteras en 2020 y 2014, del Fotosub Chinijo Online 2018, del Open Cazafotosub de Manacor 2018, del Open Cazafotosub de Formentera 2021 y subcampeon del Open Cazafotosub Isla de La Gomera 2014.



22



23





24



25

26



27





28



29



30

Especial *Master FotoSub El Hierro*



Primeros clasificados

Sacha Lobenstein y Carlos González

Sacha Lobenstein es natural de Puerto de la Cruz (Tenerife). Cursó estudios de imagen y sonido dedicándose en la actualidad al diseño gráfico. Comienza a bucear el año 2008 y, fascinado por la belleza de los fondos marinos, rápidamente decide llevar una cámara submarina en sus inmersiones para poder compaginar el buceo con su otra gran pasión, la fotografía. En el año 2010 crea el blog www.enelmar.es, donde publica y comparte sus imágenes submarinas y experiencias en el mar.

Obtuvo el Premio del Jurado en el Segundo Concurso H2Ocean de la revista *National Geographic* (Barcelona, 2019) y el premio de Mejor fotógrafo de medio acuático en el Primer Festival Nacional de Biodiversidad (Canarias, 2015). Compite regularmente en campeonatos federativos regionales y nacionales perteneciendo a la Selección Española de Fotografía Submarina (2019) y obteniendo títulos como el de Campeón de España (2017), Campeón de Canarias (2017), tres veces subcampeón de Canarias (2014, 2015 y 2017) y cinco veces Campeón de Tenerife Copa Cabildo (2013, 2014, 2015, 2016 y 2019). En dichas competiciones obtiene premios nacionales como el de mejor fotografía ambiente con modelo (Mazarrón, 2014), mejor macro selectivo (Sant Feliu de Guixols, 2015), medalla de oro angular con buceador (Cabo de Palos, 2018) y otros muchos. Es ganador de diversos certámenes de fotografía submarina como: IV Open Fotosub Online El Hierro (2019), VII Open Fotosub Lanzarote Mar de Lava (2016), Open Fotosub Tenerife-Güimar (2015), Open FotoSub Isla de La Gomera (2014 y 2015), Open Fotosub San Blas (2013), Open Fotosub San Marcos (2013) y Open Fotosub Villa de Arico (2012). Ha obtenidos premios especiales como el de mejor foto macro y mejor foto «Fifty-fifty» en el Open Fotosub Lanzarote Mar de Lava (Lanzarote, 2013 y 2015), o la medalla de bronce en la categoría «Macro Unrestricted» en el certamen internacional «Our World Underwater» (2015).

Colabora habitualmente aportando fotografías a diversas publicaciones como guías de buceo, guías turísticas, trabajos de investigación, tesis doctorales o portadas de revistas especializadas en buceo y fotografía submarina. Ha participado en el ciclo NaturaJazz organizado por el Museo de la Naturaleza y el Hombre de Santa Cruz de Tenerife en sus 5 últimas ediciones de 2015, 2016, 2017, 2018 y 2019. Es coautor de la Guía de Peces de Canarias y embajador Nauticam y miembro de Cressi Team España. Le acompaña como asistente/modelo Carlos González Acebes.



32



33



Especial *Master FotoSub El Hierro*



Segundos clasificados

Yeray Delgado y Abigail Martín

Yeray Delgado es un fotógrafo submarino natural de Icod de los vinos (Tenerife). Comienza su andadura como fotógrafo submarino en el año 2012 y desde entonces ha obtenido diversos títulos en los diferentes campeonatos a los que se ha presentado. Siendo buzo desde muy temprana edad y apneista, ha participado en dos modalidades de imagen subacuática como es el fotosub y cazafotosub. Ha sido Subcampeón del Mundo, Medalla de oro en el Europeo, Campeón de España y de Canarias, así como ganador de concursos abiertos como el Open de Gran Canaria, el Open Islas Columbretes, el Mar de Lava en Lanzarote, el Open de La Palma, El Open Isla de El Hierro y el Open Fotosub Online El Hierro, un Puerto de Vida. Le acompaña como asistente/modelo Abigail Martín Hernández.

34



35





Especial *Master FotoSub El Hierro*

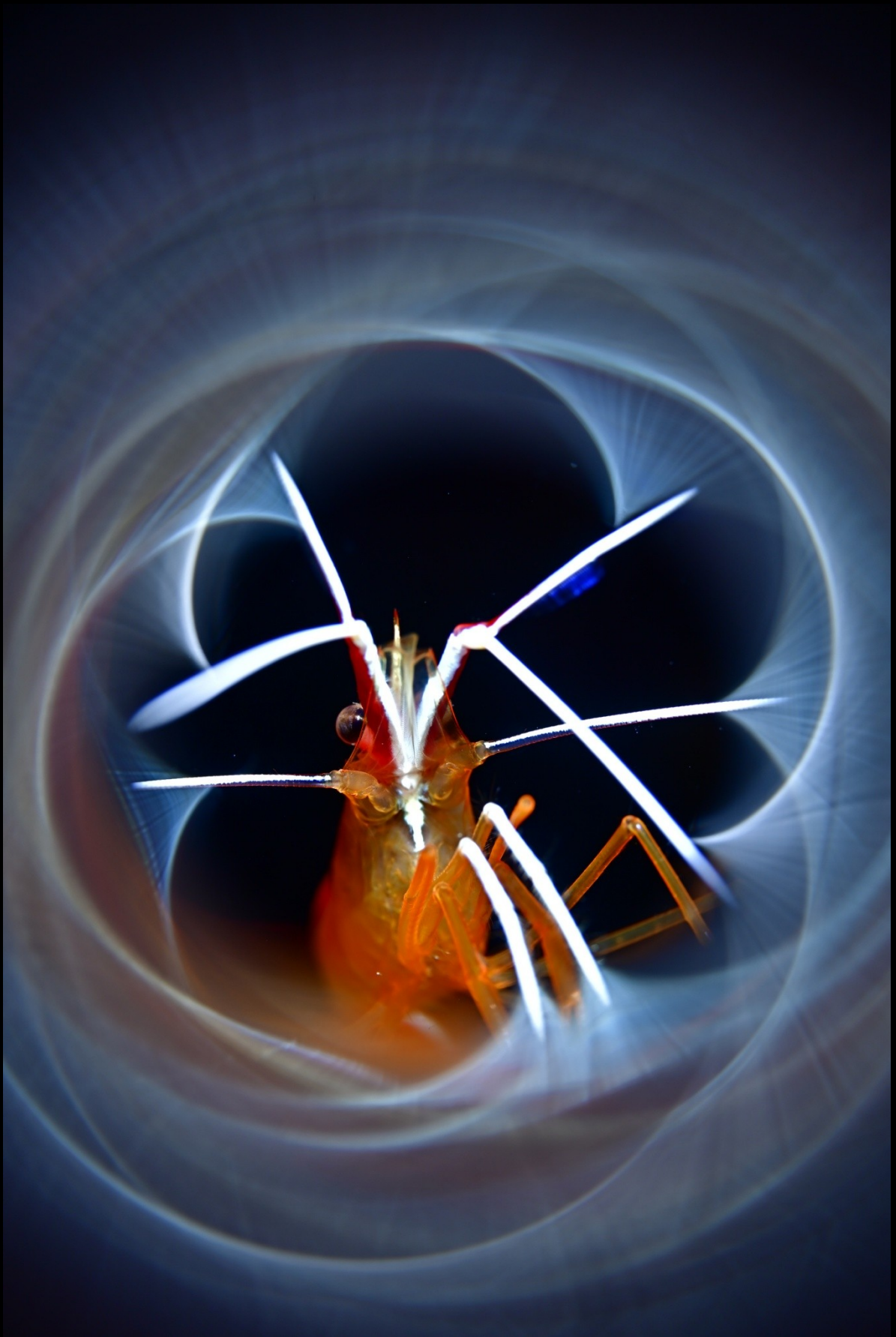


Terceros clasificados

Rui Bernardo y Sonia Bernardo

Rui Bernardo viene de Monte Estoril (Portugal) y es ingeniero civil. Descubrió su pasión por la fotografía subacuática en 2005 y comienza a competir en 2009, alcanzando el primer podio internacional en su año de debut, con el 3^{er} puesto en los Atlantic Water Games. Desde entonces ha ganado en cinco ocasiones el Campeonato de Portugal, además de obtener la medalla de plata en el Campeonato Europeo de Fotosub en la categoría de «Macro» y dos medallas de oro en el Campeonato Mundial de Fotosub en la categoría de «Pez». Ha participado en festivales relacionados con la fotografía de la naturaleza incluido el IV Cinclus (Festival de Fotografía de Naturaleza) y el IV Encuentro de Fotografía y Fotografía de Naturaleza, organizado por la Universidade de Trás os Montes e Alto Douro. Desde 2014, es el número 1 en el Ranking Nacional de Fotografía Subacuática, siendo parte de la Selección Nacional Portuguesa desde esa fecha.

Rui cuenta con el patrocinio de marcas relevantes en el panorama internacional de la fotografía subacuática, como Nauticam España, Saga Dive, Out-Pro Store y Subtronic GmbH. Le acompaña como asistente/modelo su esposa Sónia Bernardo.





38



39

Glaciar en la costa de la Antártida (Autor: Jason Auch).



Ejemplar de tiburón azul o tintorrera (*Prionace glauca*) (Autor: Diego Delso, delso.photo).



Huracán Lane visto desde la Estación Espacial Internacional en agosto de 2022 (Fuente: NASA).



LOS TSUNAMIS GENERADOS POR LOS GLACIARES ANTÁRTICOS MEZCLAN EL OCÉANO

Es conocido que la mezcla de las aguas de los océanos que convergen en la Antártida tiene una gran influencia en la dinámica de los glaciares y el retroceso de las plataformas de hielo, así como en productividad marina, lo que afecta al nivel del mar y al clima mundial. No obstante, hasta ahora se había pensado que este proceso estaba principalmente dominado por los vientos, las mareas y el forzamiento de la flotabilidad de las masas de hielo, pero los datos recogidos por Michael Meredith (British Antarctic Survey, Gran Bretaña) y sus colaboradores en la Península Antártica demuestran que el desprendimiento de los glaciares desencadena tsunamis internos que generan una mezcla vigorosa (Sci. Adv., 8(47); 10.1126/sciadv.add0720). Estos frecuentes tsunamis internos producen una fuerza de mezcla comparables a la causada por los vientos y mucho más importantes que las creada por las mareas. Es muy probable que este proceso sea también relevante en todos los lugares

donde se forman glaciares que terminan en el mar, como en Groenlandia y en el Ártico. El aumento de la frecuencia de los desgajamientos de las masas de hielos de los glaciares y de los tsunamis internos que estos generan puede dar lugar a una mayor homogeneización de las temperaturas oceánicas más altas, consecuencia de una mayor mezcla en un clima más cálido, lo que a su vez acelerará el proceso de pérdida de las masas de hielo.

CITES AL RESCATE DE LOS TIBURONES

Muchas especies de tiburones están gravemente amenazadas por la industria pesquera y el comercio de sus aletas. Un tercio de las especies de tiburones están en peligro de extinción y dos tercios de ellas se capturan por sus aletas o su carne. En este contexto, La Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES) del pasado mes de noviembre (CITES CoP19) votó a favor de supervisar las exportaciones de 54 especies de tiburones y rayas, con algunas especies comercialmente importantes, como es el caso del tiburón azul o tintorera, que satisfacen gran parte de la demanda mundial de sopa de aleta de tiburón. CITES es una convención internacional, con 183 países miembros y la Unión Europea, que puede prohibir o regular el comercio internacional de especies o productos de vida silvestre en peligro. La exportación de marfil está prohibida desde 1989, por ejemplo, junto con la exportación de más de 1000 especies de animales y plantas, en la misma lista, denominada Apéndice I. La convención también mantiene otra lista, Apéndice II, de más de 37.000 especies, cuyo comercio está permitido en determinadas circunstancias.

En la lista aprobada dominan los tiburones de la familia Carcharhinidae (e.g. tiburón blanco, tiburón cailón, tiburón tigre, tiburón toro, tintorera, tiburón oceánico de puntas blancas, etc.) y martillos, que constituyen la mayor parte del comercio mundial de aletas. Diecinueve de las especies incluidas en la lista están gravemente amenazadas y siguen disminuyendo. La lista también incluirá otras 35 especies que no corren un peligro tan grave, pero que son difíciles de distinguir de los tiburones altamente amenazados una vez que se procesan los animales.

SE ACELERAN LAS CORRIENTES OCEÁNICAS A MEDIDA QUE SE FORTALECEN LOS CICLONES TROPICALES

Los modelos numéricos realizados por el equipo liderado por Guihua Wang (Departamento de Ciencias Atmosféricas y Oceánicas de la Universidad de Fudan, China) sugieren que los ciclones tropicales se fortalecerán con el aumento de la temperatura del océano (Nature, 611, 2022; 10.1038/s41586-022-05326-4). No obstante, las tendencias observadas en la intensidad de estos ciclones siguen sin ser concluyentes, excepto en el Atlántico Norte. Las estimaciones basadas en satélites no son lo suficientemente precisas para determinar la tendencia en la intensidad de los ciclones, ya que sufren interferencias por fuertes lluvias, nubes, oleaje y rocío. Sin embargo, Wang y su equipo muestran que las tormentas tropicales se han intensificado en todas las cuencas oceánicas entre 1991 y 2020, utilizando datos procedentes de boyas derivantes que arrastran sensores a 15 m de profundidad para reducir los sesgos inducidos por los procesos en la interfaz aire-mar y, por lo tanto, medir con precisión las corrientes superficiales, incluso durante los ciclones tropicales más destructivos. Así, las velocidades de las corrientes oceánicas muestran una sólida tendencia al alza de ~4,0 cm/s por década a nivel mundial, lo que corresponde a un incremento positivo de 1,8 m/s por década en la intensidad de los huracanes.

OCULTAR LA PESCA ILEGAL A LOS OJOS DEL GRAN HERMANO

La pesca ilegal, no declarada y no reglamentada representa una pérdida económica anual de hasta 25.000 millones de dólares y, además de estar muy ligada con violación de los derechos humanos y la esclavitud, genera un impacto negativo muy significativo sobre la vida acuática. En esta lucha contra la pesca ilegal o IUU (en sus siglas en inglés), el seguimiento de los buques de pesca con el sistema de identificación automática por satélite (o AIS) es considerada como una herramienta poderosa, pero que no es infalible. Estos transpondedores AIS instalados en los barcos pueden desactivarse, lo que reduce su eficacia como sistema de vigilancia. Heather Welch (Instituto de Ciencias Marinas de la Universidad de California, EE.UU.) y colabo-

radores, han realizado un estudio con los datos global es de desactivación de AIS en pesquerías comerciales, estimando que la desactivación de los transpondedores, durante actividades de pesca ilegal, es de casi los 5 millones de horas. Estas desconexiones se detectan principalmente aguas próximas a las zonas económicas exclusivas (ZEE) de Argentina, países de África Occidental, del Pacífico Noroccidental y Alaska. La mayoría de los apagones ocurren cerca de lo que se consideran como puntos críticos de transbordo y cerca de las aguas territoriales de los citados países. El 82 % de estas desconexiones del sistema AIS fue realizado por barcos españoles (hasta el 14%), chinos (hasta el 11%) y estadounidenses (hasta el 8%), principalmente de barcos de palangre derivantes (Sci. Adv., 8, eabq2019 2022) .

AGUAS MÁS CALIENTES, PECES MÁS CHICOS Y MENOS LONGEVOS

El aumento de la temperatura del agua del mar reducirá el tamaño corporal de muchas especies de peces, debido al impacto que esta tiene sobre la fisiología de los organismos, con efectos sobre la respiración, ciclo vital, crecimiento, madurez sexual y otros procesos vitales. Paige Levangie (Queen's University, Canadá) y su equipo, a partir de datos filogenéticos de 100 especies marinas, han encontrado que al ser el agua más caliente también produce un aumento en la tasa de mortalidad natural en la mayoría de las especies. Así, en todos los peces óseos el aumento puede llegar a ser del 10,5 % de media, y algo menos en tiburones y rayas. Las especies más pequeñas experimentarán mayores aumentos en la mortalidad, de modo que, por ejemplo, en la caballa noratlántica (*Scomber scombrus*) ésta aumentará en 0,14 año, mientras que en la merluza plateada (*Merluccius bilinearis*) será de 0,08, 0,04 para el arenque (*Clupea harengus*) y 0,02 para el bacalao el (*Gadus morhua*) y fogonero (*Pollachius virens*) (Env. Biol. Fish., 102:1447-1461, 2022).

CUANTO MÁS GRANDE, MEJOR

Siempre ha habido cierta controversia sobre cuál debe ser el tamaño ideal de las reservas marinas, de modo que se pueda alcanzar un equilibrio entre conservación y el coste de su vigilancia. Esto último ha motivado que predominen las reservas marinas relativamente pequeñas, pero que

no permiten la protección de las especies altamente migradoras, como es el caso de ballenas, tortugas, atunes y tiburones, cuya distribución geográfica es muy amplia. En este sentido, un reciente estudio realizado por Sarah Medoff, John Lynham y Jennifer Raynor, de la Universidad de Hawaii (EE.UU.) aporta evidencias de los beneficios indirectos que el área marina protegida más grande del mundo, el Monumento Nacional Marino Papahānaumokuākea en Hawaii, provee sobre estas especies altamente migradoras. Así, usando datos recopilados por observadores pesqueros independientes y examinando los cambios en las tasas de captura de embarcaciones que faenaban cerca y lejos del área protegida, antes y después de su creación en 2016, encontraron evidencias de recuperación de los stocks de rabil (*Thunnus albacares*) y patudo (*Thunnus obesus*) (Sciences, 378:313-316, 2022).

ESTIMACIONES SOBRE LAS ARTES DE PESCA PERDIDAS ANUALMENTE EN LOS OCÉANOS DEL PLANETA

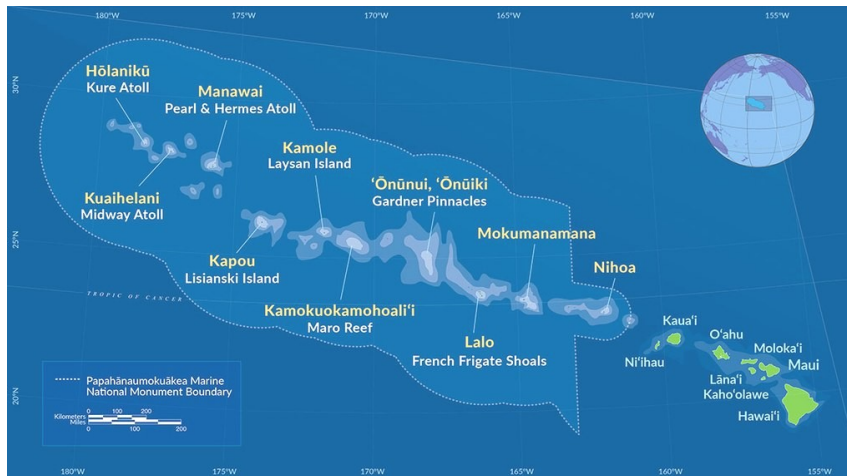
Los artes y aparejos de pesca abandonados, perdidos o simplemente desechados, son uno de los principales contribuyentes a la contaminación de los océanos, con amplios impactos sociales, económicos y ambientales. Sin embargo, las evaluaciones cuantitativas de estos artes perdidos son muy limitadas. Para proporcionar estimaciones globales actuales, Kelsey Richardson y sus colaboradores (Universidad de Tasmania, Australia) entrevistaron a pescadores de todo el mundo sobre la cantidad de artes de pesca que pierden anualmente y multiplicaron las pérdidas estimadas por los datos del esfuerzo de pesca global. De esta manera han calculado que casi se pierden anualmente el 2% de todos los artes de pesca, que son unas 2.963 km² de redes de enmalle, 75.049 km² de redes de cerco, 218 km² de redes de arrastre, 739.583 km de líneas de palangre y más de 25 millones de nasas y trampas (Sci. Adv., 8, eabq0135, 2022). Todos estos equipos de pesca abandonados producen un impacto ecológico muy importante, no solo por la contaminación que significan, sino por la destrucción de ecosistemas con su acción abrasiva sobre los fondos al ser arrastrados por las corrientes y la pesca fantasma que continúan generando durante mucho tiempo después de ser perdidos.



Barco cerquero faenando en aguas de la isla de Raspeberry, en Alaska (Autor Nancy Heise).



Caballa del Atlántico sur o estornino (*Scomber colias*) (Autor: Alessandro Duci- Etrusco25).



Mapa del área protegida por el Monumento Nacional Marino Papahānaumokuākea, en Hawaii (EE.UU.) (Fuente: <http://www.papahanaumokuakea.gov/>. NOAA).

La captura de peces, tortugas, cetáceos y otros organismos marinos por artes de pesca perdidos o abandonados se conoce como pesca fantasma (Autor: Martin Stelfox).



Tortuga verde (*Chelonia mydas*)
fotografiada en aguas de Hawaii
(EE.UU.) (Autor: Brocken Inaglory).



TENDENCIAS EN LA CAPTURA ILEGAL DE TORTUGAS MARINAS

En la información disponible, Jesse Senko y su equipo científico (Universidad Estatal de Arizona, EE.UU.) han estimado que más de 1,1 millones de tortugas marinas fueron capturadas ilegalmente, entre los años 1990 y 2020, en todo el mundo (más de 44.000 tortugas capturadas anualmente entre 2010 y 2020). En estos 30 años las capturas se centraron principalmente en tortugas verdes (56%) y tortugas carey (39%), pero en la década de 1990 las tortugas carey representaron el 67%, mientras que en los años 2000 las tortugas verdes fueron muy mayoritarias (81%). En la década de los 2010 ambas especies fueron capturadas en cantidades muy similares.

Se ha registrado una disminución del 28% en la tasa de explotación entre las décadas del 2000 y 2010 y, además, la mayor parte de las capturas fueron realizadas en regiones donde las poblaciones de estos reptiles presentan un menor riesgo de pérdida de diversidad genética. Durante la última década disminuyó la cantidad de regiones con puntajes de impacto de explotación "moderados" o "altos", apuntando a que la explotación ilegal de tortugas parece haber disminuido y, con algunas excepciones, está ocurriendo principalmente sobre poblaciones de tortugas marinas estables y genéticamente diversas (Glob. Change Biol., 28(2):6509-6523).

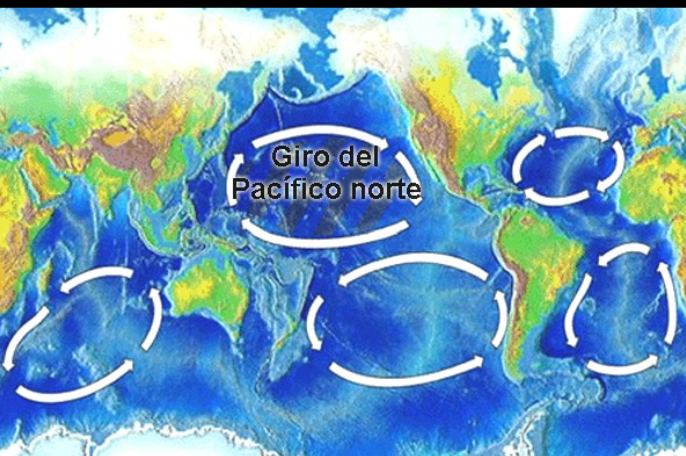


Bosque de kelp (*Macrocystis* spp.)
en la costa de California (EE.UU.)
(Autor: Ed Bierman).

¿CUÁNTAS MACROALGAS HAY EN LOS OCÉANOS DEL PLANETA?

La magnitud y distribución de la producción de las algas en las aguas marinas costeras es muy poco conocida, en particular en las zonas poco profundas. Albert Pessarrodona (Universidad de Australia Occidental), al frente de un amplio equipo internacional, han realizado una recopilación de mediciones anuales de producción primaria algal en más de 400 lugares de 72 ecorregiones geográficas, lo que les ha permitido establecer predicciones globales de la productividad de los hábitats costeros de algas marinas más grande del planeta. En este sentido, han estimado que la producción neta de las algas marinas está fuertemente ligada a

las variables climáticas, alcanza su punto máximo en latitudes templadas y está dominada por los bosques de grandes algas marrones. Los bosques de algas exhiben tasas de producción por área excepcionalmente altas (un promedio global de 656 y 1711 gC m⁻² año⁻¹ en el submareal e intermareal, respectivamente), siendo hasta 10 veces más altas que el fitoplancton costero en mares templados y polares. Estos resultados muestran que la producción primaria neta de algas marinas es un fuerte propulsor de la producción en el océano costero y exige que sea tenida en cuenta en el ciclo del carbono oceánico, donde tradicionalmente se ha pasado por alto (Sci. Adv., 8, eabn2465, 2022).



Esquema de los cinco grandes giros oceánicos, destacando el giro del Pacífico Norte (extraído de North_Pacific_Gyre_World_Map.png).



Bacalao (*Gadus morhua*) en el acuario de Atlanerhavsparken (Noruega) (Autor: Hans-Petter Fjeld).

REMOLINOS MESOESCALARES POBRES RICOS EN PESCA DE GRANDES PECES

Los remolinos oceánicos son grandes corrientes giratorias, omnipresentes en latitudes medias, que pueden modular los ecosistemas pelágicos en muchos niveles tróficos. Su dinámica de mesoescala pueden aumentar la productividad de las regiones pobres en nutrientes, acumular presas y modular las condiciones del hábitat en la columna de agua. Sin embargo, en los giros subtropicales, pobres en nutrientes, los remolinos modulan el comportamiento de toda la comunidad de depredadores pelágicos, aunque aún sigue siendo poco conocidos cuales son los mecanismos. Martin Arostegui (Universidad de Washington, Seattle, EE.UU.) y colaboradores, a partir de datos de pesca a gran escala en el Giro Subtropical del Pacífico Norte, han conseguido observar un patrón generalizado de aumento de la captura de depredadores pelágicos (i.e. atunes, peces espada, etc.) dentro de los remolinos anticiclónicos (aquellos que giran en el sentido de las agujas del reloj en el hemisferio norte) en relación con los ciclónicos (los que giran en contra) y las áreas sin remolinos. Sus resultados indican que una mayor abundancia de presas mesopelágicas en los núcleos anticiclónicos puede estar atrayendo a diversos depredadores, formando puntos críticos ecológicos donde estos se agregan y exhiben una mayor abundancia. Se espera que en este gran giro, menos energético y de características mesoescalares (y sus condiciones de habitabilidad), tenga una mayor importancia que las estructuras oceanográficas periféricas más pequeñas, o de submesoescala en la

estructuración de las oportunidades de alimentación de los depredadores pelágicos. Los resultados obtenidos muestran que los remolinos influyen en el acoplamiento de las comunidades epipelágicas y mesopelágicas y corrobora las evidencias de que los organismos de la capa de dispersión profunda (mesopelágicos) son presas vitales para un conjunto de especies de depredadores comercialmente importantes (epipelágicas) y, por lo tanto, estos grandes sistemas oceanográficos brindan valiosos servicios ecosistémicos.

LOS STOCKS DE PECES DEL ATLÁNTICO NORESTE AL BORDE DEL COLAPSO

Los países europeos se han comprometido a restaurar y mantener las poblaciones de especies de peces comerciales por encima de los niveles sostenibles. Sin embargo, a pesar de algunos avances realizados en los últimos años, el estado de algunas poblaciones de peces sigue siendo crítico según un informe recientemente elaborado por Oceana (López y Perry, 2022, 10.5281/zenodo.7408382). Oceana ha identificado las 20 poblaciones de peces más deprimidas en el Atlántico nororiental, para poner de manifiesto su grave estado actual y la urgente necesidad de medidas de gestión destinadas a su recuperación. La lista de poblaciones sobrepescadas del Atlántico nororiental abarca un grupo diverso de especies y cuencas marinas, desde el Báltico hasta el oeste de Escocia y desde el mar de Barents hasta las aguas de España y Portugal. Especies como la anchoa, la anguila, el arenque, el jurel, la cigala, la sardina y la pescadilla, entre otras, tienen una o



Estalagmita en la cueva Baradla (Hungría)
(Autor: Wojsyl).



Vertido de aguas residuales de origen urbano o agrícolas están cargadas de nutrientes que llegan al océano (Fuente: Departamento de Agricultura de los EE.UU.).

más poblaciones que se considera que están agotadas. El caso más extremo es el del bacalao, con nueve stocks agotados en toda la región.

La situación de las poblaciones mermaidas es tan alarmante que, en la mayoría de los casos, los científicos aconsejan que las capturas se reduzcan drásticamente o se detengan por completo (es decir, 'captura cero') para facilitar su recuperación y explotación sostenible. La necesidad de implementar tales reducciones se vuelve más apremiante por el hecho de que la recuperación de las poblaciones se ve obstaculizada por otros impactos antropogénicos y cambios ambientales en curso, como la degradación del hábitat y el cambio climático.

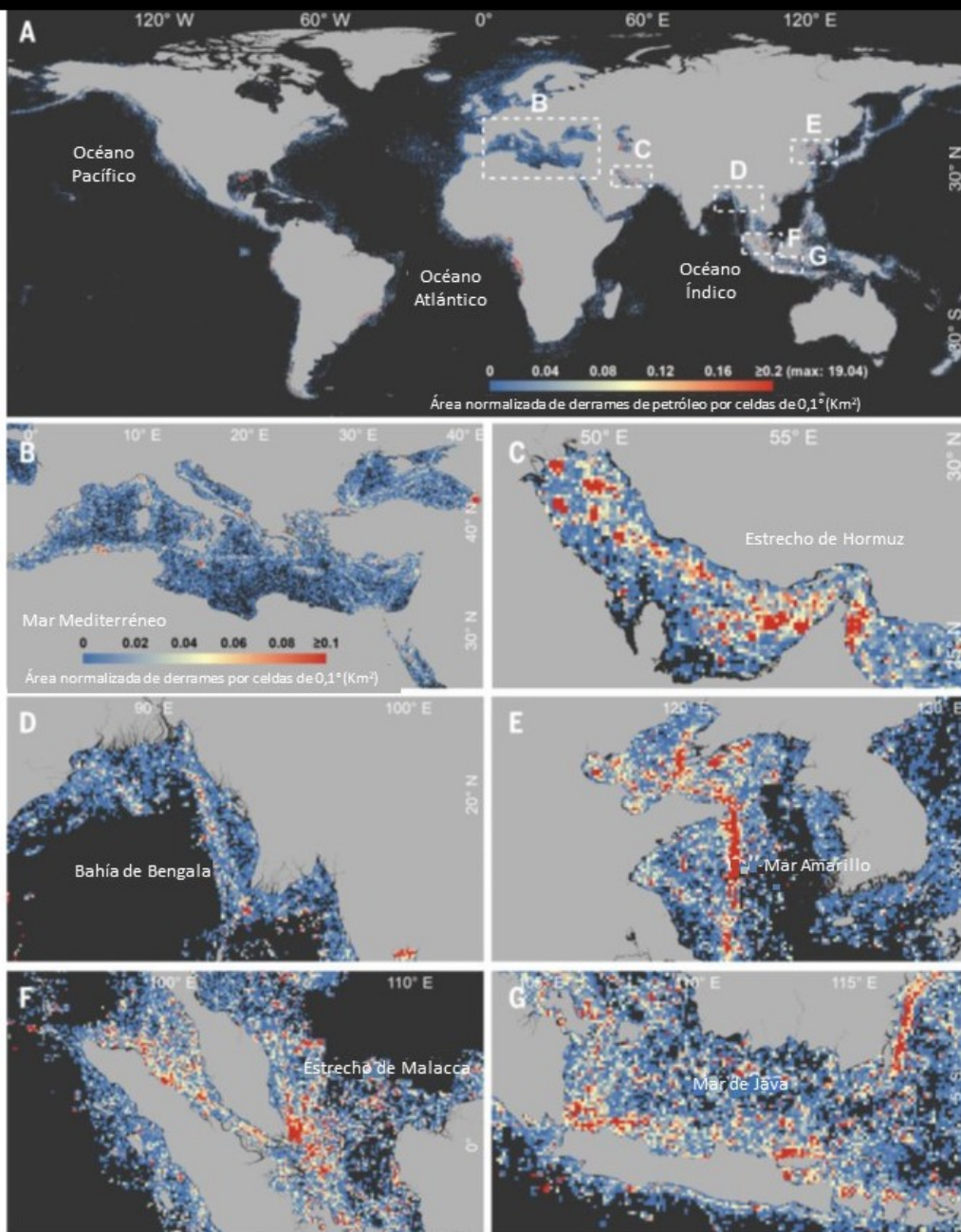
ANÓMALA SUBIDA EN EL NIVEL DEL MAR MEDITERRÁNEO OCCIDENTAL

Bogdan Onac (Universidad de Florida Sur) y un amplio grupo de colaboradores internacionales han medido los sobrecrecimientos freáticos sobre espeleotemas (formaciones minerales creadas por el goteo persistente del agua) fechados con precisión de los cuales han obtenidos índices detallados del aumento del nivel del mar del Holoceno tardío en Mallorca. El análisis estadístico indica que el nivel del mar aumentó localmente de 0,12 a 0,31 m desde hace 3,26 a 2,84 miles de años, y se mantuvo dentro de los 0,08 m de los niveles preindustriales desde hace 2,84 miles de años hasta 1900. Esta evolución del nivel del mar es consistente con los modelos de ajuste isostático glacial que adoptan viscosidades del manto superior relativamente débiles de $\sim 10^{20}$ Pas. Existe certeza de que el aumento

promedio del nivel medio global del mar desde 1900 ha superado incluso la alta tasa promedio de aumento del nivel del mar entre 3,26 y 2,84 miles de años inferida de los registros de los espeleotemas. De este modo concluyen que el aumento moderno de nivel medio del mar es anómalo en relación con cualquier variabilidad natural en los volúmenes de hielo durante los últimos 4000 años.

LOS EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN EN LOS OCÉANOS SON COMPARABLES A LOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO

Las actividades humanas aumentan sustancialmente los aportes de nutrientes de la atmósfera y los ríos al océano. Sin embargo, los efectos del aumento de los aportes de nutrientes no se incluyen en los modelos del sistema terrestre más ampliamente utilizados en modelización climática (Quinta Fase del Proyecto de Comparaciones de Modelos Acoplados o CMIP5 en sus siglas en inglés), que introducen sesgos en las simulaciones de la biogeoquímica oceánica. Akitomo Yamamoto y su equipo (Universidad de Tokyo, Japón), utilizando las simulaciones de un modelo del sistema terrestre con aportes de nutrientes atmosféricos y fluviales, muestran que la contribución histórica de los aportes de nutrientes antropogénicos a los cambios globales en la biogeoquímica oceánica son de similar magnitud al efecto del cambio climático. Los aportes de nutrientes antropogénicos aumentan la productividad oceánica y la absorción de carbono, compensando la disminución inducida por el clima y



Distribución mundial de mareas negras entre 2014 y 2019. (A) Área normalizada de manchas de petróleo en una cuadrícula de 0,1° x 0,1° que representa el área de la mancha de petróleo por observación SAR de cobertura total. (B a G) Vistas ampliadas de áreas marcadas con cuadros blancos discontinuos en (A). Se pueden observar cinturones de alta densidad causados por la contaminación por petróleo de derrames desde barcos, y su forma coincide bien con las rutas de navegación sobre estas áreas. La barra de color es la misma para (A) y (C) a (G).

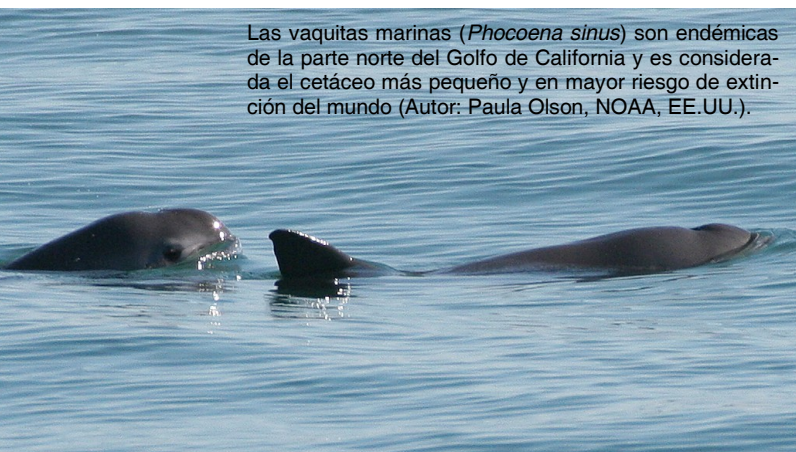
acelerando la desoxigenación impulsada por el clima en la capa superior del océano. Además, la cuantificación de los aportes de nutrientes antropogénicos mejora el conocimiento del desequilibrio en el balance de carbono y la infravaloración que tienen el modelo en la disminución observada en el oxígeno. Considerar los efectos tanto de los aportes de nutrientes como del cambio climático es crucial para evaluar los impactos antropogénicos en la biogeoquímica oceánica (Sci. Adv., 8, erab19207, 2022).

MAREAS NEGRAS CRÓNICAS DE LOS OCÉANOS GLOBALES

Las mareas negras de petróleo en el océano se pueden atribuir a filtraciones naturales o a derrames de origen humano. Hasta la fecha, tanto la imagen global de la distribución de las manchas, como la proporcionalidad de las contribución natural y antropogénica siguen sin estar claras. El equipo científico liderado por Yanzhu Dong (Universidad de Nanjing, China), mediante el análisis de 563.705 imágenes del satélite Sen-



Pólipos del gran coral de estrellas *Montastraea cavernosa* (Autor: personal del Santuario Marino Nacional de los Cayos de Florida; NOAA, EE.UU.).



Las vaquitas marinas (*Phocoena sinus*) son endémicas de la parte norte del Golfo de California y es considerada el cetáceo más pequeño y en mayor riesgo de extinción del mundo (Autor: Paula Olson, NOAA, EE.UU.).

tinel-1 de 2014 a 2019, ha elaborado el primer mapa mundial de mareas negras, así como un inventario detallado de las fuentes estáticas y persistentes (filtraciones naturales, plataformas y oleoductos). Alrededor del 90% de las mareas negras se encontraban dentro de los 160 kilómetros próximos a las costas, con 21 cinturones de manchas de alta densidad que coincidían bien con las rutas de navegación. Cuantificada por área de mancha, la proporción de descargas antropogénicas fue un orden de magnitud mayor que las filtraciones naturales (94% frente al 6%),

en contraste con una estimación anterior que indicaba que los volúmenes durante 1990 -1999 eran muy similares (54% frente al 46%). Este hallazgo revela que la contribución antropogénica actual a la contaminación marina por petróleo puede haber sido sustancialmente subestimada (Science, 376, 1300-1304, 2022).

LOS DAÑOS COLATERALES DEL USO DE OXIBENZONA COMO PROTECTOR SOLAR PARA LOS CORALES

La conocida toxicidad de los protectores solares a base de oxibenzona para los corales ha generado preocupación entre los ecoturistas sobre los impactos de estos protectores solares en los corales ya debilitados por los factores de estrés globales, pero al desconocerse los mecanismos de toxicidad de la oxibenzona es difícil desarrollar protectores solares más seguros. Investigadores de la Universidad de Stanford (EE.UU.) liderados por Djordje Vuckovic han descubierto los mecanismos por los cuales la oxibenzona causó una alta mortalidad de una anémona en condiciones de luz solar simulada, incluyendo radiación ultravioleta (UV) (290 a 370 nanómetros). Aunque la oxibenzona en sí misma protege contra la fotooxidación inducida por los rayos UV, tanto la anémona como un hongo coralino modificaron la estructura de esta a conjugados de oxibenzona-glucósido que eran fuertes fotooxidantes. Las algas simbiotas de los corales secuestraron estos conjugados, de modo que se halló una correlación entre la tasa de mortalidad y las concentraciones de conjugados en el citoplasma animal. La mayor mortalidad en las anémonas que carecían de simbiotas sugiere un mayor riesgo de la oxibenzona para los corales ya blanqueados por el aumento de las temperaturas. Debido a que muchos protectores solares comerciales contienen sustancias químicas estructuralmente relacionadas con la oxibenzona, comprender la fototoxicidad de los potenciales metabolitos derivados facilitaría el desarrollo de productos seguros para los corales (Science, 376:644-648, 2022).

UN RAYO DE ESPERANZA PARA LA VAQUITA

En las estrategias de conservación y recuperación de especies que se encuentran en peligro crítico de extinción, con poblaciones salvajes

muy disminuidas, frecuentemente se plantea la pregunta de si los esfuerzos de recuperación se verán obstaculizados por factores genéticos, como la depresión endogámica. Este es el caso de la vaquita marina de México (*Phocoena sinus*) cuya población actual se ha visto reducida a apenas unos 10 individuos, consecuencia de décadas de excesiva mortalidad accidental por la pesca con redes de enmalle. Jacqueline Robinson (Universidad de California, EE.UU.) y un amplio equipo de investigadores, tras analizar las secuencias completas del genoma de 20 vaquitas e integrado información genómica y demográfica en simulaciones estocásticas para cuantificar el potencial de recuperación de la especie, han llegado a la conclusión de que la rareza histórica de la vaquita ha dado como resultado una baja carga de segregación de variaciones nocivas, lo que reduce el riesgo de depresión endogámica en esta especie. Las simulaciones basadas en el genoma sugieren que la vaquita puede recuperarse si la mortalidad por captura incidental se detiene de inmediato. Este estudio, publicado en la revista *Science* (376:635-639, 2022) brinda esperanza para las especies en peligro de extinción naturalmente raras y destaca la utilidad de la genómica para predecir el riesgo de extinción.

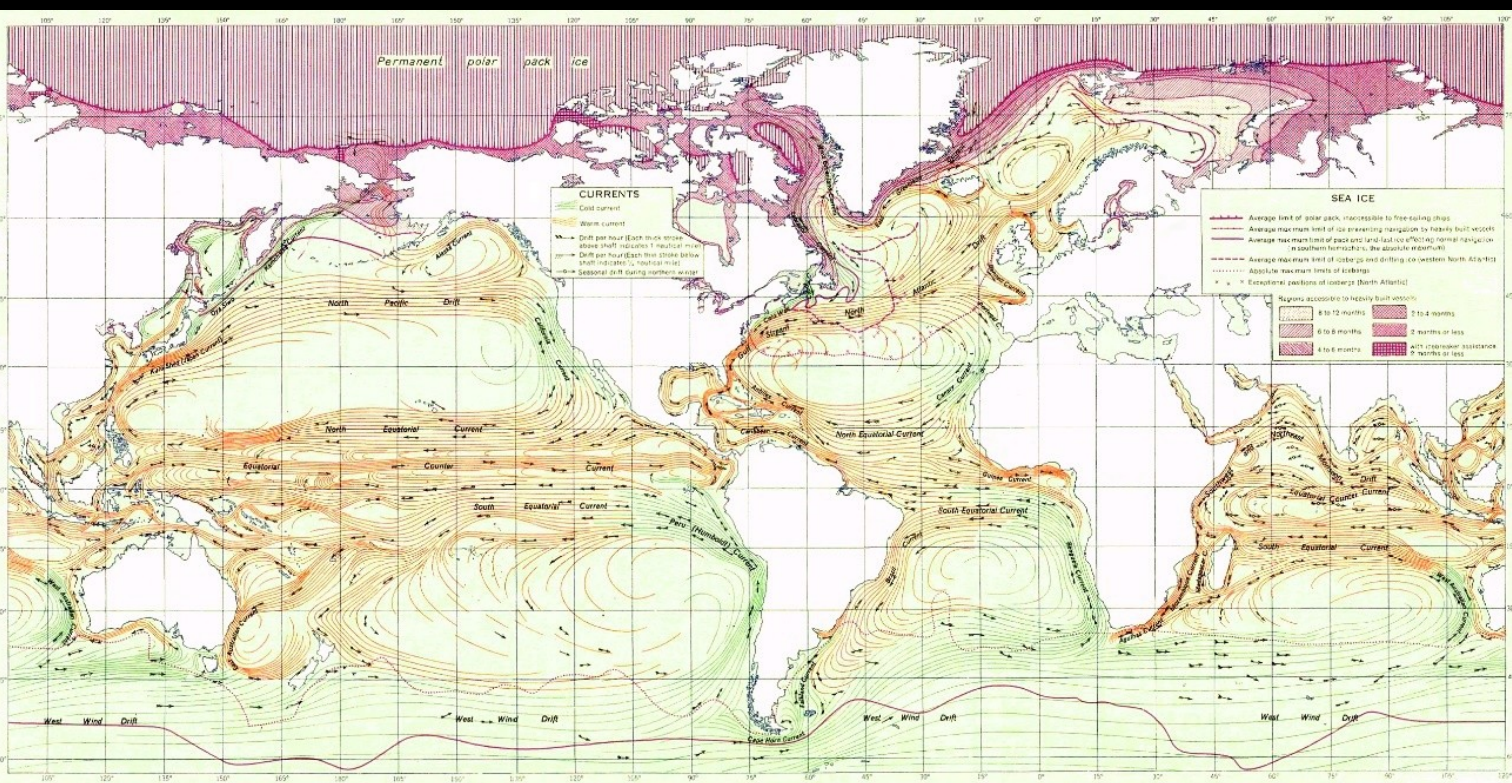
ACELERACIÓN GLOBAL DE LAS CORRIENTES OCEÁNICAS INDUCIDAS POR EL CALENTAMIENTO DE LA SUPERFICIE DEL MAR

Cómo cambia la circulación oceánica en un clima más cálido es un problema importante pero poco conocido. Qihua Peng (Academia de Ciencias de China) y otros investigadores internacionales, usando un modelo oceánico global y tras analizar las distintas respuestas del sistema circulatorio oceánico a cambios en la temperatura, salinidad e intensidad del viento sobre la superficie del mar, han concluido que el efecto de calentamiento de la superficie, debido al cambio climático antropogénico, domina y acelera las corrientes oceánicas superficiales en el 77% del océano global. Mas concretamente, el aumento de la estratificación vertical intensifica los giros subtropicales superficiales y las corrientes ecuatoriales al calentar estos sistemas, mientras que las dife-

rencias de calor entre la zona de afloramiento del Océano Austral y la región del norte aceleran las corrientes superficiales zonales en dicho océano. Sin embargo, los cambios en la intensidad del viento y en la salinidad superficial afectan más a los sistemas de corrientes regionales (Sci. Adv., 8, eabj8394, 2022).

CUATRO MÁS UNO, CINCO. LOS PECES SABEN SUMAR Y RESTAR

El equipo científico del Instituto de Zoología de la Universidad de Bonn (Alemania), liderado por V. Schluessel, ha diseñado una serie de experimentos que han permitido evaluar la comprensión numérica de los cíclidos (*Maylandia zebra*) y las rayas de agua dulce (*Potamotrygon motoro*), con relación a operaciones de suma y resta dentro del espacio numérico del uno al cinco. Estos experimentos se llevaron a cabo como dos pruebas alternativas de elección forzada, utilizando una técnica de emparejamiento diferido con la muestra. En cada prueba, los peces tenían que realizar una suma o una resta, basándose en la presentación de objetos de dos dimensiones en dos colores distintos, de modo que cada color indicaba un proceso aritmético particular. Seis cíclidos y cuatro rayas completaron con éxito el entrenamiento y reconocieron colores específicos como símbolos para sumar y restar. Los cíclidos necesitaron más sesiones que las rayas para alcanzar el criterio de aprendizaje. Las pruebas de transferencia mostraron que el aprendizaje era independiente de la simple memorización de símbolos. Los peces no solo aprendieron a elegir el número más alto o más bajo presentado en función del color respectivo, sino que también el aprendizaje era específico para sumar o restar 'uno'. Aunque los resultados grupales fueron significativos para ambas especies en todas las pruebas, los resultados individuales variaron. Ambas especies aprendieron la suma más fácilmente que la resta, si bien los cíclidos aprendieron más rápido que las rayas, y más cíclidos que rayas aprendieron la tarea, aunque a nivel individual la capacidad de las rayas superó al de los cíclidos. Estos resultados refuerzan las amplias evidencias previas de que los peces tienen habilidades numéricas comparables a las de otras especies de vertebrados e invertebrados que han sido estudiadas (Sci. Rep., 2022; <https://doi.org/10.1038/s41598-022-07552-2>).



Corrientes marinas en la superficie de los océanos. Se representan de rojo las corrientes marinas cálidas, en amarillo el afloramiento de aguas profundas y frías en costas occidentales continentales, en verde las corrientes que este afloramiento origina y en morado la capa superficial de hielo oceánico. La dirección de las corrientes aparece indicada en flechas de color negro (Fuente: Ejército de los Estados Unidos de América).

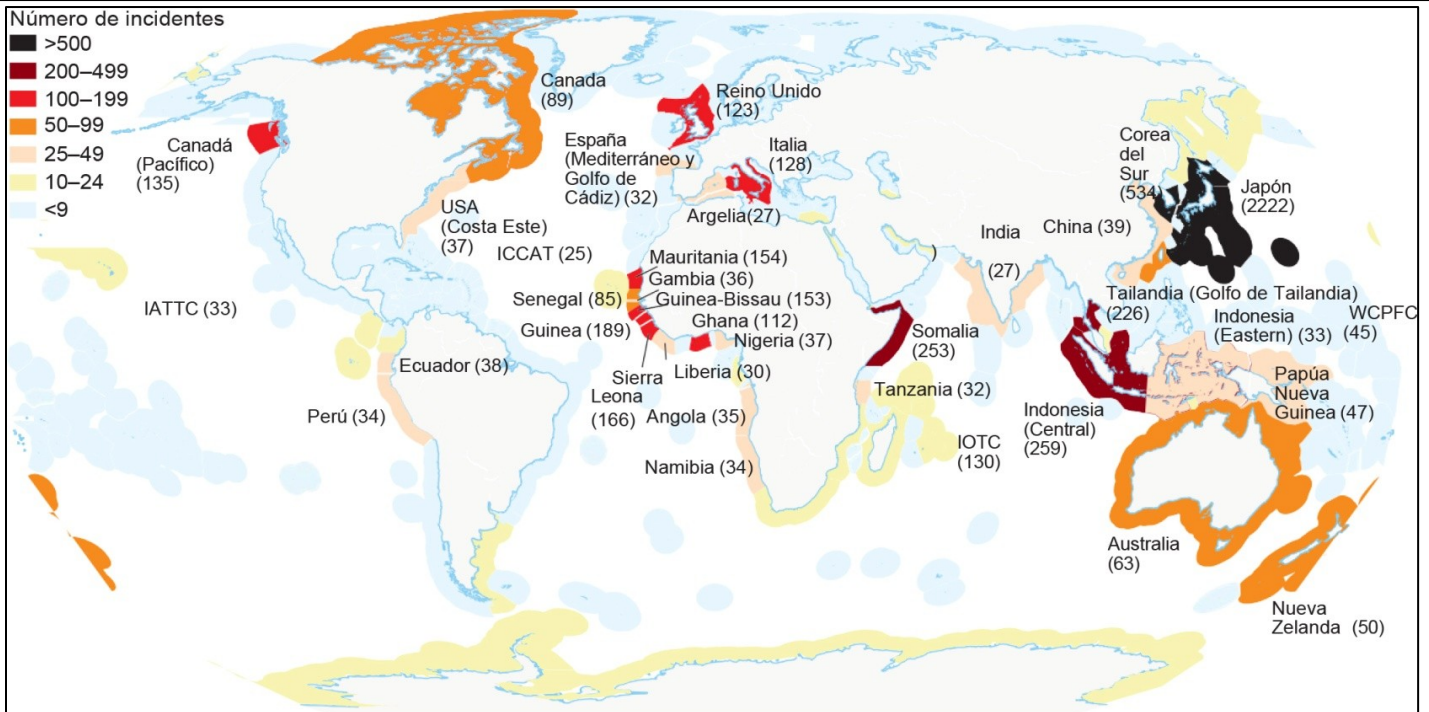
Ejemplares de raya ocelada (*Potamotrygon motoro*) del zoo de Duisburg (Alemania) (Autor: Raimond Spekking / CC BY-SA 4.0; Wikimedia Commons).



EL HAMPA DE LA PESCA GLOBAL

Dyahai Belhabib y Philippe Le Billon (Servicio de Investigaciones sobre Delitos Náuticos de Canadá) han realizado un estudio que evalúa los delitos relacionados con la pesca mundial, entre 2000 y 2020. Para ello han accedido al repositorio más grande de datos existente, con 6.853 eventos que informan de delitos en 18 categorías relacionadas con la pesca, donde se incluye no solo la pesca ilegal, sino también abusos de los derechos humanos, contrabando y tráfico de drogas. Al menos el 33% de todos los delitos registrados están asociados solo con 450 embar-

caciones industriales y 20 empresas originarias de China, la UE y compañías residenciadas en paraísos fiscales. Aunque no todos los países aportan información sobre los delitos asociados a sus nacionales, existe una tendencia creciente en la aportación de información, particularmente a partir de 2010. La distribución geográfica de todos los delitos muestra una amplia repartición a nivel mundial, con puntos críticos en Asia oriental (especialmente Japón, China, y Corea del Sur) que representan el 41%, África occidental con el 16% y el sudeste asiático con el 8% de todos los incidentes notificados. Curiosamente Europa occi-



dental es aún un foco de delincuencia en el mundo de la pesca, con el 5% de los delitos. Si se tiene en cuenta solo el sector industrial, África occidental es un importante foco de pesca ilegal y delitos asociados con el 27% de todos los incidentes, seguida por los países del sudeste asiático (8%) y los de Europa occidental (7%). La eliminación de los incidentes notificados a través del análisis de seguimiento de buques AIS (sistema de identificación automática por satélite), que cubría principalmente África Occidental y Oriental, reduce la participación de África Occidental en los delitos mundiales vinculados al sector industrial al 6%, lo que sugiere que al menos el 21% de los delitos potenciales para el sector industrial no son denunciados por los gobiernos o en otro tipo de informes. A primera vista, parece que el 50% de todas las empresas que figuran en los antecedentes penales tienen su sede en China (20% del total de delitos), la Unión Europea (13%) y Canadá (10%), seguidos de los países paraísos fiscales (9%), que a menudo se utilizan para albergar transacciones financieras y ocultar actividades ilícitas. Las empresas con sede en Ghana (6%), Indonesia (6%) y Tailandia (5%) constituyen un 17% acumulado de la base de propiedad de estos buques, países con fama de albergar empresas originarias de China, España y otras jurisdicciones (Sci. Adv., 8, eabj1927, 2022).

Distribución geográfica de los puntos críticos de delitos relacionados con la pesca denunciados en el mundo entre 2000 y 2020. Los delitos en las costas del Pacífico de EE.UU. y México, el norte de Rusia y Myanmar no fueron accesibles en el momento de realizar el estudio debido a limitaciones de tiempo o barreras del idioma (Extraído de: Belhabib & Le Billon, 2022, Sci. Adv., 8, eabj1927).

REDUCCIÓN EN EL CRECIMIENTO DEL SALMÓN ATLÁNTICO

Datos históricos obtenidos de 52.384 salmones atlánticos (*Salmo salar*) salvajes capturados en 180 ríos, entre 1989 y 2017, han permitido al equipo liderado por Knut W. Vollset (Norwegian Research Centre, Bergen, Noruega) determinar que el crecimiento de este pez en el Atlántico Noroccidental ha disminuido abruptamente a partir de 2004. Al mismo tiempo, la proporción de salmones tempranamente maduros también ha disminuido. Estos cambios han tenido lugar después de un marcado descenso en la extensión de las aguas árticas en el mar de Noruega y un posterior calentamiento de las aguas fluviales antes de la migración al mar del salmón, que también ha coincidido con una reducción de aproximadamente el 50% del zooplancton en grandes áreas geográficas del Atlántico Noroccidental. Esta reducción en la tasa de crecimiento también se observó en la caballa del Atlántico Norte (*Scomber scombrus*) en el mar de Noruega. Los resultados apuntan a un cambio brusco en la estructura y función del ecosistema del Océano Atlántico Noroccidental que persiste en el tiempo.



LA PRESENCIA DE BUCEADORES AUMENTA LA PREDACIÓN SOBRE SUS PUESTAS EN LAS CASTAÑETAS

El buceo es una forma de ecoturismo que tiene impactos negativos demostrables en los organismos sésiles bénticos a través del daño mecánico inducido por los buceadores, pero sabemos relativamente poco sobre los impactos directos e indirectos que estos tienen en los peces y las comunidades en las que viven. Vinicius J. Giglio y su equipo (Universidad Federal de Sao Paulo, Brasil) han estudiado este efecto en los peces damisela o castañetas (Pomacentridae), especies un comportamiento territorial, con exclusivamente demersales y que ofrecen cuidados parentales a sus puesta de huevos. Concretamente estudiaron el comportamiento del sargento mayor (*Abudef duf saxatilis*), duran-

Ejemplar de salmón atlántico (*Salmo salar*) en el acuario de Alesund, Noruega (Autor: Hans-Petter Fjeld).

te la fase reproductiva y de vigilancia de la puesta, ante la presencia de buceadores. En este contexto, observaron que la mera presencia de un buzo cambió el comportamiento a corto plazo del pez durante su fase reproductiva, lo que resultó en un aumento del 92% en la frecuencia de depredación oportunista sobre sus propios huevos (J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 549, 2022). Las consecuencias de estos cambios en el comportamiento de los peces por la presencia humana ponen de relieve la necesidad de evaluar el impacto ecológico de actividades, a priori no dañina, como el buceo y establecer medidas de gestión orientadas a su mitigación.

El animal más largo del mundo



Ejemplar adulto del nemertino *Lineus longissimus* (autor: Bruno C. Vellutini).

José J. Castro

Universidad de Las Palmas de Gran Canaria

Lineus longissimus, o gusano cordón de bota, es posiblemente el animal más largo de la Tierra, aunque su distribución geográfica se limita a aguas poco profundas o zonas intermareales de costas arenosas, orillas fangosas o en rocas del norte de Europa (Mar del Norte y Mar Báltico). También es bastante común en las islas Británicas, llegando hasta el norte de Francia y descrito en la costa cantábrica de España, en aguas de Asturias y Galicia (Islas Cíes). Está presente fundamentalmente en zonas de aguas limpias, protegidas de las corrientes marinas y con temperaturas bajas, no mayores de 11 o 12,5 °C. Generalmente, pueden vérselos enrollados en fisuras de rocas o sobre ellas, en sedimentos de conchas o entre algas pardas como las laminarias.

Ciertos especímenes hallados en la costa, al ser desenrollados (suelen estar enrollados al estar expuestos en la bajamar), han llegado a medir hasta aproximadamente 55 m de largo. El ejemplar más largo del que se tiene constancia se midió en Escocia, en 1864, tras quedar varado en la playa después de una fuerte tormenta. No obstante, esta medida puede estar un tanto sesgada, ya que el cuerpo de los nemertinos (gusanos acelomados no segmentados, con cuerpo alargado y plano) es muy flexible y pueden estirarse fácilmente a longitudes mucho mayores que la habitual. Los tamaños más frecuentes de estos gusanos no suelen superar los 15 m.

Aunque su cuerpo es largo, su diámetro no supera los 10 mm de grosor, y es prácticamente constante a lo largo de toda su longitud. El cuerpo es blando, flácido y muy frágil, y está soportado por los músculos y tejidos presentes en su pared. Las capas musculares también se localizan alrededor del tubo digestivo y de otros órganos. Esta arquitectura muscular le permite gran flexibilidad y es por lo que pueden contraerse y estirarse fácilmente.

Su color corporal es de tonalidades oscuras, siendo los juveniles más claros con colores marrones o verdosos, mientras que los adultos suelen ser más negruzcos. Posee rayas o líneas longitudinales a lo largo de su cuerpo, algunas de tonos pálidos y otras más oscuras.

Es un gusano alargado, no segmentado, con la cabeza de forma rectangular, bilobulada, cuyo extremo punteado es de coloración blanca. La cabeza tiene a cada lado una hilera de varios ojos de tonos entre marrón-rojo y negro (generalmente entre 10 y 20). Posee cilios de naturaleza epidérmica que recubren su cuerpo. Su respiración tiene lugar por el intercambio de gases a través de las paredes del cuerpo.

Esta especie secreta una sustancia mucosa de olor ocre, entre suave a picante, que permite la lubricación de las superficies para contribuir al desplazamiento del animal. Esta mucosa contiene

sustancias químicas diversas y funcionales que son utilizadas para la captura de presas o para defenderse de predadores, pero además pueden actuar como posibles señales químicas, feromonas, para comunicarse con otros coespecíficos. Estas sustancias presentes en el moco segregado por estos invertebrados están concentradas en la región anterior de la trompa.

Para el gusano cordón de bota se ha descrito una neurotoxina capaz de matar a cangrejos, conocida como nemertide α -1, una sustancia muy venenosa que tiene un fuerte efecto paralizante y que parece tiene interesantes aplicaciones como potente insecticida. No parece ser venenoso para los mamíferos.

Los gusanos nemertinos se pueden reproducir tanto por vía sexual, utilizando diferentes mecanismos de transferencia de gametos, como de manera asexual, por fragmentación del cuerpo. Esto es particularmente frecuente en las especies del género *Lineus*, las cuales pueden regenerar la parte del cuerpo que les falta tras una fragmentación transversal del mismo.

La reproducción sexual del gusano cordón de bota es a través del desove libre de los huevos y espermatozoides en la masa de agua, tras entrelazar los cuerpos y segregar los gametos de manera sincronizada para asegurar la fertilización de los huevos. Es decir, son especies ovíparas con fecundación externa. *Lineus longissimus* tiene una alta tasa de fecundidad, generando un gran número de gametos por individuo. En algunos ejemplares se han contabilizado hasta más de 700 ovocitos por ovario.

El desarrollo de estos gusanos es indirecto, pasando por algunas etapas o fases larvarias antes de convertirse en adultos. Cuando eclosionan del huevo la proboscidea es funcional, a diferencia de lo que ocurre con otros gusanos nemertinos.

Se alimenta gracias a una proboscidea (órgano bucal alargado a modo de trompa) reversible. Esta proboscidea no está armada con un estilete de púas, común en otras especies de nemertinos, pero sí posee un grupo de filamentos pegajosos que utilizan para inmovilizar a las presas. Su dieta se basa en poliquetos, además de moluscos, crustáceos y también otros gusanos nemertinos. Entre las presas descritas para esta especie se encuentran bivalvos del género *Anomia* y *Ciona intestinalis*. La alimentación es de tipo macrófaga, ya que consumen toda la presa y no solo algunas partes.



14 VIDA SUBMARINA



Mary Sears, oceanógrafa líder en operaciones militares

Figura 1. Mary Sears en su oficina en Woods Hole, 1960 (imagen extraída de Woods Hole Oceanographic Institution, WHOI).

Airam Sarmiento Lezcano

Instituto Universitario de Oceanografía y Cambio Global.
Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. E-mail:
airam.sarmiento@ulpgc.es

El 19 de julio de 1905 nació la bióloga y comandante Mary Sears (Fig. 1), en Massachussets (EE.UU.). Pionera en la oceanografía naval en EE.UU., Sears dirigía la oficina que se encargaba de recopilar datos sobre mareas y corrientes, batimetría oceánica y otros datos oceanográficos que eran cruciales para las operaciones de guerra. Su influencia en la investigación marina fue corta debido a que sufrió las consecuencias del sexismo, lo que la llevó a convertirse en una agente muy influyente en el ejército. Aun así, a sus 22 años se graduó en biología marina y con 29 se doctoró en zoología en el Radcliffe College, lo que entonces era la sección femenina de la Universidad de Harvard y que no se integró bajo el mismo nombre hasta 1977. El Woods Hole Oceanographic Institution (WHOI), una de las instituciones marinas más prestigiosa del mundo, fue su casa durante 10 años, desde que se graduó, trabajando con la distribución y movimientos del plancton marino, donde aprendió cómo funcionaban las corrientes. Además, Sears fue uno de los primeros miembros del personal de la institución y trabajó para organizar colecciones de plancton, medusas y otras criaturas marinas.

Por supuesto, estaba confinada en el laboratorio porque Henry B. Bigelow (su director) no permitía que las mujeres realizaran investigaciones a bordo del buque de investigación del WHOI.

Después de los fracasos de las fuerzas estadounidenses en la conquista de las Islas Gilbert (actual República de Kiribati), el ejército aumentó drásticamente sus servicios de inteligencia oceanográfica. Los líderes militares no querían repetir el error de cálculo fatal que se cometió en el período previo a la invasión del atolón de Tarawa, en lo que fue su primera gran incursión en el Océano Pacífico Central, con la esperanza de desalojar a las tropas japonesas en las Islas Gilbert y acercarse a Tokio. En esta operación militar, tan pronto como comenzó el asalto, encallaron. La mayoría de los botes de desembarco se estrellaron contra un arrecife de coral poco profundo, lo que obligó a los infantes de la marina a abrirse camino hacia la costa en medio de los disparos japoneses. Este fracaso demostró que quien estaba al mando de las operaciones militares no tuvo en cuenta el estrecho rango del nivel del mar durante una marea muerta, lo que provocó que los barcos encallaran.

Sears adquirió en el WHOI habilidades que podían ser útiles durante la guerra. Sin embargo, tuvo que reconvertirse y pasar de escribir artículos académicos a las aceleradas necesidades de



Figura 2. Buque oceanográfico Mary Sears
(Imagen de Shuji Kakegawa extraída de MarineTraffic.com).

las fuerzas armadas americanas. Los funcionarios de la Marina se acercaron a ella solo unos meses antes de las operaciones militares y le encargaron de inmediato una evaluación detallada de los posibles objetivos de abordaje. Tanto así, que interrumpían el sueño de Mary llamando a su puerta en medio de la noche e iba a la oficina para armar tablas de mareas. Se unió a la Marina en enero de 1943 (en el WAVES o división de Mujeres Aceptadas para el Servicio Voluntario de Emergencia, del cual había sido previamente excluida por artritis en sus dedos) a través de un acto casual de sexismo. Cuando el oceanógrafo Roger Revelle necesitó que alguien lo reemplazara en un puesto administrativo en la Oficina Hidrográfica de la Marina, buscó a alguien que no se considerara crucial para la investigación en tiempos de guerra. Mary Sears fue identificada como la única persona no esencial en el WHOI, por lo que se mudó a Washington DC. Al inicio, Sears dirigía un equipo pequeño formado principalmente por mujeres de la Reserva Naval. En el que produjeron informes sobre la configuración oceanográfica de las islas del Pacífico que la Marina estaba pensando invadir. La inteligencia incluía no solo información básica, como rangos de mareas y topografía submarina, sino también evaluaciones de cómo las corrientes oceánicas, la hora del día, el clima y otros factores podrían contribuir al éxito o fracaso de las tácticas militares.

Incluso la vida marina microscópica podría revelar la presencia de una operación nocturna si el agua contenía organismos que brillaban cuando un submarino pasaba a través de ellos.

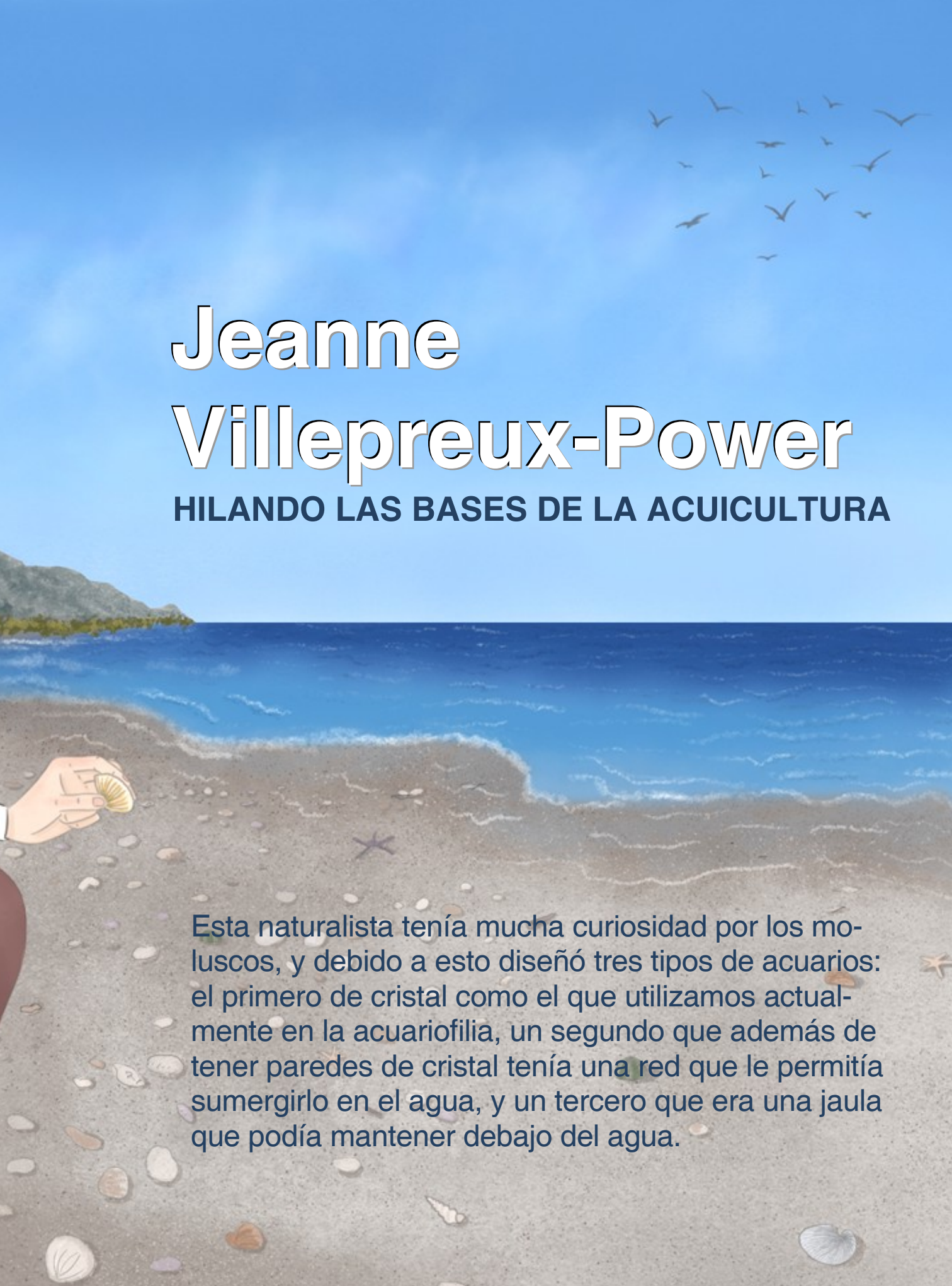
Después de dejar el servicio militar activo, Mary Sears continuó trabajando en el WHOI hasta el final de su carrera, en 1970. Murió en 1997 con 92 años, pero dejó un legado importante de trabajos sobre oceanografía (fue editora fundadora de la prestigiosa revista *Deep Sea Research*) y se convirtió en la primera mujer en tener un buque de investigación de la Marina que lleva su nombre (Fig. 2). Aunque curiosamente, su primera campaña oceanográfica a bordo de un barco de investigación la hizo durante un viaje a Europa, donde sus colegas noruegos la dejaron navegar a bordo de uno de sus barcos.

La oceanógrafa fue una gran inspiración para muchas investigadoras en el ámbito, por su contribución, y la de su equipo, tanto para operaciones militares como en la investigación directa en los océanos.

Bibliografía

- (1) Denton, P. (2015). Mary Sears Brief life of an oceanographer and patriot: 1905-1997. *Harvard Magazine*.
- (2) Schroeder, S. B. (2022). *Lethal Tides: Mary Sears and the Marine Scientists Who Helped Win World War II*.





Jeanne Villepreux-Power

HILANDO LAS BASES DE LA ACUICULTURA

Esta naturalista tenía mucha curiosidad por los moluscos, y debido a esto diseñó tres tipos de acuarios: el primero de cristal como el que utilizamos actualmente en la acuariofilia, un segundo que además de tener paredes de cristal tenía una red que le permitía sumergirlo en el agua, y un tercero que era una jaula que podía mantener debajo del agua.

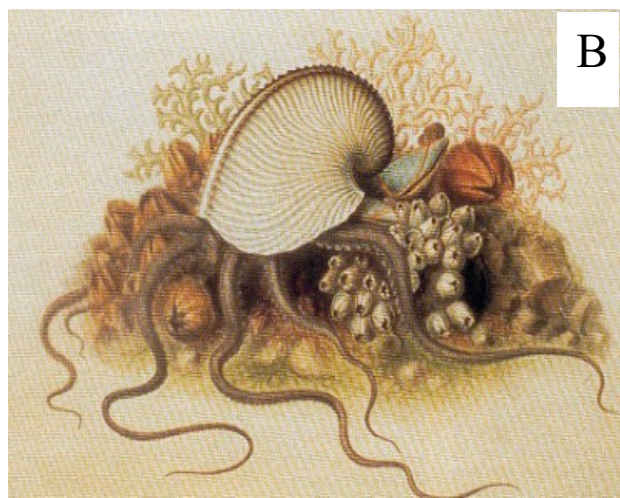


Figura 2: Dos ilustraciones de *Argonauta argo* realizadas por Jeanne Villepreux. A) Tomada de Jatta, G. (1896) y B) Boceto a color realizado en 1839.

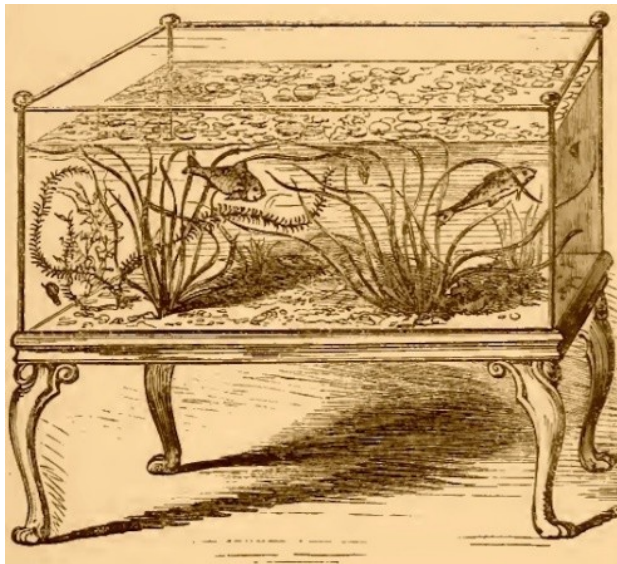


Figura 1: Ilustración de un acuario realizada por Jeanne Villepreux. Tomada de <https://soloesciencia.com/2021/01/25/jeanne-villepreux-power-inventora-de-los-acuarios/>

Raibel Z. Núñez-González

Es común que al oír hablar de avances en ciencia o de algunos descubrimientos, nos vengan a la mente nombres de hombres, pero durante la historia de la humanidad ha habido mujeres alrededor del mundo que, pese a las dificultades, han hecho hasta lo imposible por sobresalir en el mundo científico, haciendo aportes extraordinarios.

En esta nueva sección de la revista Okeanos, les hablaré de mujeres inspiradoras, con aportes muy importantes en el ámbito de la ciencia asociada con los océanos.

Jeanne Villepreux-Power fue una mujer nacida en 1794 en la ciudad de Juillac, Francia, que inicialmente se preparó y ejerció como modista,

profesión que la hizo famosa por crear el vestido de bodas de la futura Duquesa de Berry en 1816, pero que además fue autodidacta al aprender a leer y escribir. En 1818 se casó con James Power y migraron a Sicilia, donde comenzó sus primeras descripciones científicas. Durante los 25 años que estuvo en Mesina, Sicilia, realizó registros y descripciones de la flora y fauna de la ciudad, teniendo un interés especial en la vida marina, lo que fue considerado como su “laboratorio al aire libre”.

Se dice que esta naturalista tenía mucha curiosidad por los moluscos, y debido a esto diseñó tres tipos de acuarios: el primero de cristal como el que utilizamos actualmente en la acuariofilia (Fig. 1), un segundo que además de tener paredes de cristal tenía una red que le permitía sumergirlo en el agua, y un tercero que era una jaula que podía mantener debajo del agua. Cada tipo de acuario era utilizado para diversos tipos de moluscos y, gracias a ello, pudo hacer descripciones tan importantes como las de la especie *Argonauta argo* (Fig. 2), conocida comúnmente como nautilus de papel, un cefalópodo pelágico distribuido de manera cosmopolita en aguas tropicales y subtropicales.

Existía una disputa entre científicos sobre el caparazón que posee el nautilus de papel: ¿era formado por el animal, o era una concha que tomaba de otro organismo, como en el caso de los cangrejos ermitaños. Entre los años 1832 y 1843 esta naturalista realizó experimentos en acuarios y pudo demostrar que este organismo formaba su caparazón desde el estadio larvario, y que estas a su vez se desarrollaban en el caparazón formado por la madre. Además, describió que estos organismos eran capaces de regenerar roturas en el caparazón utilizando una sustancia secretada por los tentáculos.



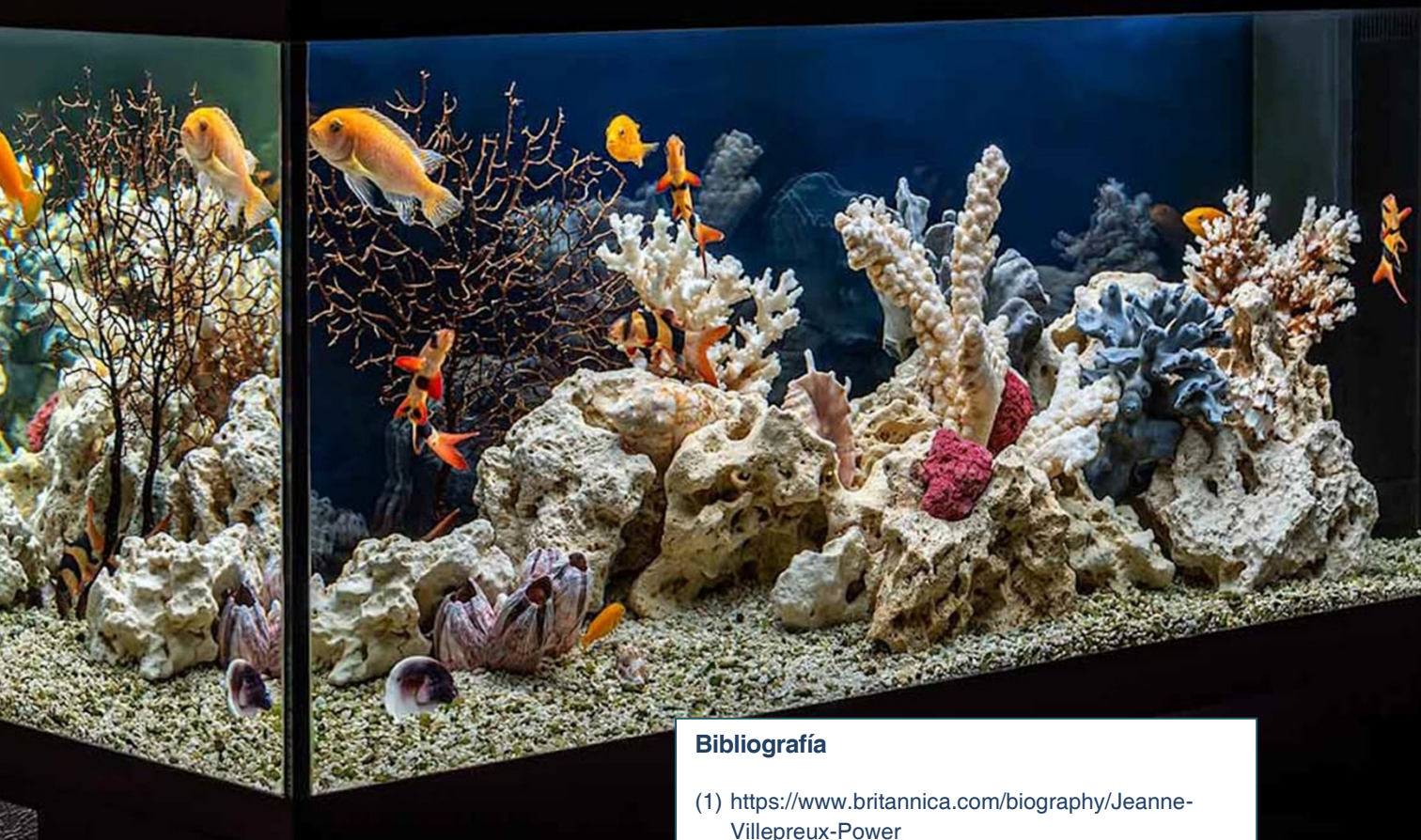
© Kimberlyn Fonseca-Pérez

Por otro lado, se dice que tuvo ideas pioneras en repoblar cauces de agua dulce que habían sido sobreexplotados, usando peces y cangrejos de río, así como también describió el uso de conchas del bivalvo *Pinna nobilis* por el pulpo *Octopus vulgaris* que le permitían pasar desapercibido.

La invención de los acuarios para el estudio de los organismos no pasó desapercibida en el mundo académico, científico y también en los hogares, ya que comenzaron a usarlos de manera ornamental. Y es por ello que en 1858 la comenzaron a considerar como “la madre de los acuarios”. Es importante destacar que Villepreux no solo diseñó los acuarios, sino que tuvo que realizar muchas pruebas para que estos funcionaran, resolviendo problemas asociados al manejo del agua, la ambientación de estos, y por supuesto la alimentación de los organismos. Debido a sus trabajos pioneros, se le atribuye también el inicio de la acuicultura.

Dada la importancia de sus observaciones, publicó su primer libro titulado “Observations et expériences physiques sur plusieurs animaux ma-

rins et terrestres” (Observaciones físicas y experimentos en muchos animales marinos y terrestres), donde registró su trabajo con *A. argo* y otras especies. Y posteriormente, en 1842, escribió su segundo libro titulado “Guida per la Sicilia”, la primera guía exhaustiva del ambiente de la zona en la que describe lo siguiente: “A quien, cruzando las olas del Tirreno, llega a Sicilia, a la boca del estrecho, el mar siempre le hace oír un gorgoteo atronador. Entonces vienen a la mente las fábulas de Escila y Caribdis, y todas las maravillas inventadas por los poetas, como para oscurecer las causas desconocidas de terribles fenómenos memorables. Luego, introduciendo el bosque en el Mar Jónico, donde las orillas se extienden en un brazo más ancho, allí sucumbirás a risueñas escenas de colinas abiertas y playas de suave pendiente, y cubiertas de forraje, de viñedos, de jardines, de olivos, hasta al final entro en su seno da la bienvenida al magnífico puerto de Messina”. [...] “Este brazo, que ofrece una entrada solo al noreste, constituye el puerto de Messina, que es uno de los más bellos del mundo”.



Participó como miembro de la Catania Accademia Gioenia, siendo la primera mujer en ser parte de la misma, de la Sociedad Zoológica de Londres, de la Sociedad de Ciencias Médicas y Naturales de Bruselas, de la Sociedad Zoológica de Cuverian de París, así como miembro de la Real Academia Peloritana de Messina, además de otras asociaciones relacionadas con la ciencia.

Luego de todos estos descubrimientos, Jeanne y su marido deciden migrar a Londres en 1843 y enviar muchas de sus pertenencias en un barco que naufragó, perdiendo muchos de sus registros más importantes e ilustraciones científicas que aún no habían sido publicadas. Muchos otros se recuperaron debido a los numerosos escritos que tuvo con otros investigadores. En el año 1871, Jeannette huyó de París por el asedio del ejército prusiano y regresó Juilliac, a su pueblo natal, donde murió poco después.

Debido a todas las descripciones que han hecho de Jeanne podría decirse que fue una mujer emprendedora, creativa y con mucho interés en la naturaleza. Gracias a sus investigaciones, hoy en día podemos realizar experimentos con organismos marinos para entender mejor su desarrollo, su hábitat y su comportamiento.

Bibliografía

- (1) <https://www.britannica.com/biography/Jeanne-Villepreux-Power>
- (2) Claude Arnal, J. (2023) www.malacsoc.org.uk/malacological_bulletin/BULL34/JEANNE.htm
- (3) www.fundacionaquae.org/wiki/jeanne-villepreux-inventora-de-los-acuarios/amp/interestingengineering.com/culture/jeanne-villepreux-power-marine-biologist-and-inventor-of-the-aquarium
- (4) Jatta, G. (1896). I cefalopodi viventi nel Golfo di Napoli (sistemica): Monografia (Vol. 35). Stazione Zoologica. <https://archive.org/details/icefalopodiviven00jatt/page/n61/mode/2up>
- (5) <https://www.letteraemme.it/un-acquario-nellarea-dell'ex-fiera-nel-segno-di-jeannette-villepreux/>
- (6) http://www.malacsoc.org.uk/malacological_bulletin/BULL34/JEANNE.htm
- (7) Rodríguez, P. (2014) principia.io/2014/11/09/la-gran-biologa-de-los-oceanos.ljUi/ soloesciencia.com/2021/01/25/jeanne-villepreux-power-inventora-de-los-acuarios/
- (8) <http://steamempowered.blogspot.com/2015/05/jeanne-villepreux-power-natural.html>
- (9) <https://www.vistaalmar.es/ciencia-tecnologia/historia/4887-jeanne-villepreux-power-la-madre-de-los-acuarios-modernos.html>

DISFRUTA  RESPETA

SOMOS MAR

por un litoral con

0% PLÁSTICOS y 100% VIDA



Ayuntamiento
de Las Palmas
de Gran Canaria



TODA UNA
CIUDAD
LAS PALMAS DE GRAN CANARIA



CIUDAD
DE MAR
Las Palmas de Gran Canaria

Un mar para comérselo

Merluza con almejas

Juan Manuel Hernández Pérez

Restaurante La Barca (Maspalomas-Gran Canaria)

Elaboración

Para la preparación del caldo de pescado se calienta un poco de aceite de oliva virgen extra en una cacerola amplia, a la cual añadimos las verduras que habremos troceado groseramente y removemos. Una vez comiencen a dorarse añadimos el vino blanco y dejamos reducir, con la cacerola sin tapar para que se evapore el exceso de líquido.

Seguidamente introducimos los restos de nuestro pescado y removemos. Añadimos el agua y llevamos a ebullición, para después bajar el fuego al mínimo y dejar que hierva suavemente durante 30 minutos. De vez en cuando retiramos la espuma que se forma en la superficie, al tiempo que mantenemos el caldo de pescado limpio de impurezas.

Transcurrido el tiempo de cocción, colamos el caldo y trituramos junto a las verduras.

En la preparación del plato, en una sartén realizamos un sofrito con la cebolla y cuando adquiere un color dorado añadimos dos cucharitas de harina y nuestro caldo. Retiramos del fuego, trituramos y reservamos esta salsa (rectificar de sal si es necesario). Dejamos las patatas peladas en agua hirviendo con un poco de sal hasta que estén listas y reservamos.

Las almejas se lavan para eliminar cualquier partícula de arena o residuos que pudieran contener. Se deja hervir el agua suficiente para cubrirlas las almejas y una vez alcanzado el punto de ebullición se añaden. El tiempo de cocción será de aproximadamente 5 minutos. Transcurrido este tiempo las retiramos del fuego y colamos, desechando todas las almejas que estén rotas o no se hayan abierto.

INGREDIENTES (2 PERSONAS):

PARA LA ELABORACIÓN DEL CALDO:

- 50 ml de vino blanco seco
- ½ zanahoria
- ½ ramita de apio
- ½ nabo
- ½ cebolla
- Los restos de nuestro pescado
- 1 litro de agua
- Aceite de oliva virgen extra
- Sal (al gusto)

PARA LA PREPARACIÓN DEL PLATO:

- 1 merluza europea de tamaño medio (entre 800 g. y 1 Kg.)
- ½ cebolla
- 2 dientes de ajo
- Perejil
- 1 cucharada de harina
- Patatas
- Almejas (aproximadamente 500 g.)

Tiempo de elaboración

- 45 minutos

La merluza se pasa por harina y se fríe en un poco de aceite de oliva. Antes de servir se escurre bien el exceso de aceite.

Para la presentación del plato, se dispone la merluza con la salsa y se acompaña de las almejas y unas patatas. Decoramos con un poco de perejil y maridamos con un buen vino blanco de la tierra.

Curiosidades de la especie

La merluza europea o *Merluccius merluccius* es una especie bentodemersal que habita en aguas del océano Atlántico Oriental, desde Noruega e





Ejemplar de merluza europea (*Merluccius merluccius*) en el Aquarium Finisterrae, de A Coruña (Galicia, España) (Autor: Fernando Losada Rodríguez).

Islandia hasta Mauritania. También está presente en el Mediterráneo y en las costas sur del Mar Negro. Puede vivir en aguas con profundidades entre los 30 y 1000 m, aunque lo más frecuente es que su presencia se restrinja a zonas entre 70 y 400 m de profundidad.

Los individuos más grandes de esta especie capturados han alcanzado los 140 cm y 15 kg de peso, aunque lo frecuente es que no superen en mucho los 45 cm de longitud. Dependiendo de la región, estos peces alcanzan la madurez sexual a tallas muy diferentes, siendo aproximadamente a los 57 cm en aguas atlánticas y a los 40 cm en el Mediterráneo. Las hembras crecen más rápido que los machos y puede llegar a vivir hasta 20 años.

Esta especie de merluza presenta el cuerpo delgado, aunque es más ancho justo detrás de la cabeza. Tiene grandes mandíbulas con dientes grandes y curvos, ordenados en una (superior) o dos filas (inferior). El interior de la boca y la cavidad branquial tiene color negro. Tiene dos aletas dorsales, la primera con una sola espina y de 7 a 10 radios, mientras que la segunda tiene de 36 a 40 radios. La aleta caudal está bien desarrollada y tiene el borde truncado, y la línea lateral es recta y más oscura que el color de fondo. Su cuerpo es de color gris azulado en el dorso, plateado en los flancos y blanquecino en el vientre.

Su periodo reproductor es muy amplio, siendo en diferentes meses dependiendo de la región, y la puesta ocurre en aguas entre los 100 y 300 m de profundidad. Las hembras pueden poner huevos cuatro o cinco veces durante una temporada reproductiva con descansos intermedios.

Las merluzas adultas viven cerca del fondo durante las horas del día, pero se alejan del mismo al anochecer, para alimentarse en aguas más superficiales. Sus principales presas son otros peces como las anchoas, sardinas, arenques, bacalaos pequeños e incluso juveniles de su propia especie. Los individuos más jóvenes se alimentan principalmente de pequeños crustáceos como los anfípodos y eufausiáceos.

Gran parte de sus stocks se encuentran actualmente sobreexplotados, ya que es una especie muy vulnerable a la sobrepesca al crecer lentamente y a que las hembras alcanzan la madurez sexual a una edad relativamente avanzada. Sus poblaciones han experimentado importantes variaciones, principalmente en el Mediterráneo. Así, las capturas han pasado de las 160.000 toneladas en 1955 a las aproximadamente 60.000 toneladas en 2000, aunque posteriormente aumentó a casi 100.000 toneladas en 2009 y 2010, hasta las casi 155.000 toneladas en 2018. Las principales zonas de pesca donde se captura la merluza europea se encuentran en el norte y oeste de Escocia, el oeste y sur de Irlanda, el golfo de Vizcaya, la costa portuguesa y la costa occidental del norte de África.

En otro orden de cosas, cuando los pescadores volvían a puerto con las redes llenas, para celebrar esa buena captura solían emborracharse y de ahí viene la frase hecha “ha cogido una buena merluza”. En la zarzuela del maestro Sorozábal, con letra de Romero y Fernández Shaw *La tabernera del puerto*, hay una parodia en la que se dice «has pillado una merluza que parece un tiburón».



Recreación de Santa Cruz de Mar Pequeña y sello de Correos de 1961 conmemorativo a Diego de Herrera.



Mapa de situación general del parque nacional Khnifis y la laguna Naila en el recuadro rojo. En las fotos, dentro del cuadrado rojo, situación de la torre de Mar Pequeña.

Jorge A. Liria

Okeanos

La pesca en la costa de África ha sido para Canarias una actividad vital para el abastecimiento de su población. La comida proporcionada por el mar constituyó, desde la finalización de la conquista de las Islas, una parte importante de la base alimentaria de los segmentos más pobres de sus habitantes. Las islas estaba aún en el siglo XV, y la pesquería caminaba unida a las cabalgadas y rescates llevados en las costas africanas. La salazón de pescado se convirtió además en la imprescindible provisión para los buques que partían y hacían escala en Canarias con dirección a América.

Las primeras noticias que tenemos sobre la existencia de pescadores canarios en las costas africanas, o de Berbería, como son denominadas por los contemporáneos, datan de los años 1520. Esta referencia cronológica viene marcada por las quejas efectuadas por los pescadores sobre los abusos hechos por los navíos de guerra portugueses; según el historiador A. Rumeu de Armas en un artículo publicado en el número 23 del *Anuario de Estudios Atlánticos*, titulado "Las pesquerías en la costa de África (siglo XV-XVI)". Estas denuncias son corrientes, aunque no quiere decir ello que fuera normal que los portugueses atacasen las naves canarias, simplemente porque durante la primera mitad del siglo XVI fueron pobladores lusos los que más ejercitaron la pesca.



Detalle de la Carta Portulana de Jorge de Aguiar de 1492.



Detalle del Portulano de Pedro Reinel 1492-1504.

LA PESCA EN LAS COSTAS DE BERBERÍA

En los últimos años del siglo XV los pioneros en esta actividad fueron los pescadores andaluces, y ellos fueron quienes posibilitaron un mayor conocimiento de la zona de Marruecos y genéricamente de la costa del África Occidental. La consecuencia directa es un crecimiento del oficio de carpintero de ribera, y por descontado, del número de pescadores. El negocio de la pesca es llevado por los mismos que dominan el comercio azucarero y el de esclavos, así tras esta aparentemente elemental dedicación productiva están los mercaderes, quienes recibirán las ganancias. Sobre éstos escribió en *Estudios históricos sobre las Canarias Orientales* Leopoldo de la Rosa Olivera: "si los primeros son posiblemente andaluces o castellanos, los últimos son genoveses y flamencos. Al parecer, los

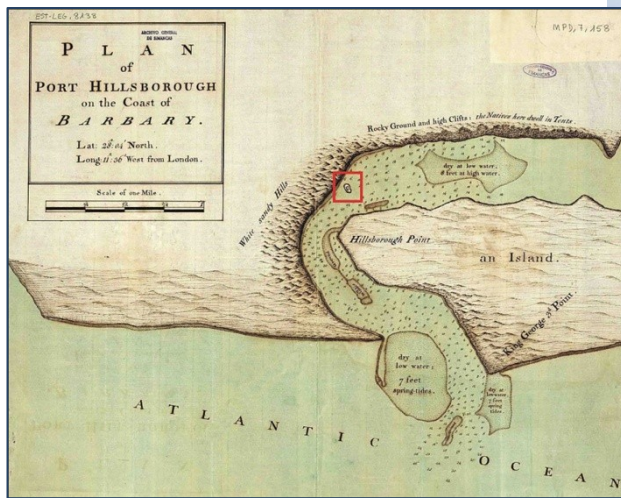
genoveses se dedicaban a este negocio desde los comienzos del siglo XVI". Estas operaciones no llevaban siempre un seguro beneficio para el inversor. Los riesgos eran muchos y con ellos debía correr el capitalista, el inversor, tanto en caso de naufragio o ante cualquier acto de piratería, tan frecuentes en estas aguas. Entre estos, no podemos olvidar a los ingleses, que en esta época eran elementos destacados en los asaltos piráticos. Por ello los nombres de Hawkins, Horsey, o los de algún corsario francés han sido comentados en la historiografía con bastante reiteración. R. Ricard hablaba en 1945, en un artículo titulado "Canarios cautivos en África", publicado en la *Revista de Historia* de la Universidad de La Laguna, sobre los maltratos que

sufrieron los pescadores que faenaban en las costas del Sahara. También, F. Busto y Blanco opinaba en 1864 que éstos debieron ser los motivos por los que se creó el Gremio de Mareantes en el siglo XVI bajo la "protección" de San Telmo.

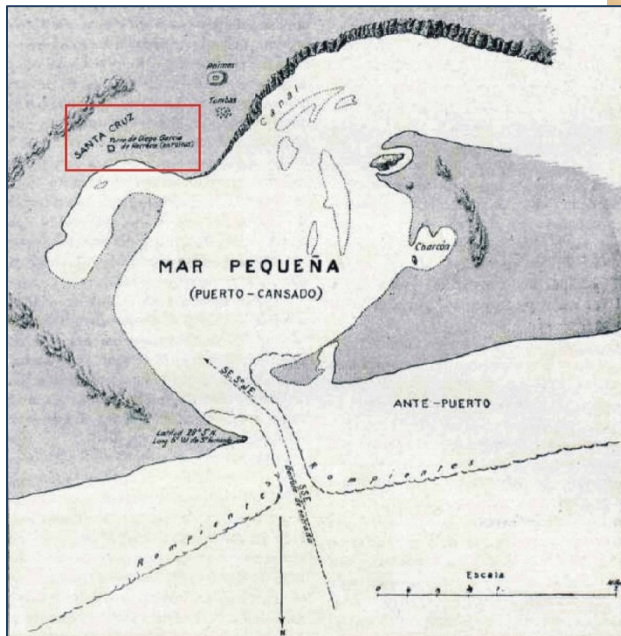
Esta evolución de capturas transforma la venta del pescado. El crecimiento obliga al Cabildo de La Laguna a establecer precios por peso, como afirma Serra Rafols: "(...) ordena en 1498 que el pescado no se venda a ojo sino por peso". Unas circunstancias que perduran hasta bien avanzado el siglo XVIII, como lo describe el viajero inglés George Glas en 1764: "En vez de estimular este muy útil y provechoso sector comercial, los magistrados en estas islas adoptan todos los medios para perjudicarlo; pues de manera muy poco política fijan un precio al pescado y cargan su comercio con derechos disparatados y poco razonables, impidiendo además a los pescadores que tengan cualquier trato con los moros a cuyas costas van a pescar, lo cual constituye una muy grave injusticia, ya que se ven a menudo obligados, debido al mal tiempo, a arribar a la costa para repostar agua y combustible".

El historiador Manuel Lobo Cabrera afirma: "África, especialmente la costa noroccidental, vecina a las Islas fue para Canarias durante el siglo XVI una cantera inagotable de productos que los isleños supieron explotar con mayor o menor acierto, según las épocas y la beligerancia llevada a cabo por Castilla". Estos primeros momentos de pesquerías en África de los pobladores de las Islas Canarias tuvieron un hecho significativo, en el que coinciden casi todos los especialistas, la creación en un lugar, no especificado con exactitud, de la costa sahariana de una pequeña fortaleza llamada 'Santa Cruz de la Mar Pequeña'. Esta guarnición de refugio fue construida en 1476 por Diego García de Herrera, señor de las Islas Canarias; su objetivo, esclavizar infieles, además debió servir de útil refugio a los pescadores canarios que faenaban por aquellas costas. Esta edificación fue destruida en 1524 por las tribus nómadas de los alrededores.

Estas circunstancias frecuentemente son atendidas con la única óptica hispana, olvidándose la visión que sobre éste y otros hechos históricos tienen los demás pueblos afectados. Por ello, hemos traído este testimonio de un historiador marroquí, Adnan Mechbal, quien nos dice: "(...) se situaba la costa sahariana de Marruecos, por donde pasaban incesantemente las carabanas del comercio hacia el interior africano.



Plano de 1764 sobre posible ubicación de la Torre de Mar Pequeña.



Plano de Manrique de Puerto Cansado - Mar Pequeña en 1902.

Mientras tanto, esta costa era una zona rica en frutos, en la que los canarios se irán arriesgando para aprovecharla. Y digo riesgo, porque los marroquíes de dicha costa no miraban la nueva situación con ojo flexible, en un tiempo en que había en la zona una flota proporcionalmente fuerte que perseguía a las faluchas canarias más allá de su posibilidad".

La fortaleza de 'Santa Cruz de la Mar Pequeña' ha tenido un lugar en la historiografía marroquí, ejemplo de ello es la obra de Azzuz Hakim: *A-Síaáda Al Magrebía Fi Al Akálím As-sahrauíá*, publicada en Casablanca en 1981. Afirmando: "Así, ya en 1476, en el sur de Ued Chkiba, pudo el señor de Lanzarote (Diego García de Herrera) implantar una pequeña fortaleza, con la misión de cortar el camino a los aborígenes saharianos".



Vestigios de la torre de Santa Cruz de Mar Pequeña

La segunda mitad del siglo XVI ve crecer la pesca en Berbería, aunque a partir de la prohibición de Felipe II para realizar cabalgadas y rescates, ésta cayó por un período. Estas actividades habían ido juntas hasta aquel momento, por ello los pescadores se quedarán sin grandes posibilidades de comunicarse con tierra, y consecuentemente proveerse de víveres, agua y leña, así como un lugar donde salar y secar el pescado. Las necesidades alimenticias de los canarios obligaban a éstos a lanzarse al mar e idearse el método para salvar estos obstáculos, por ello a medida que el siglo se acababa, las naves que partían a la costa africana crecían en número, “(...) se acostumbraron a realizar todas sus labores dentro de los navíos”, afirma el profesor Manuel Lobo, quien continúa diciendo: “Los preparativos que la pesquería llevaba consigo variaba muy poco de cual-

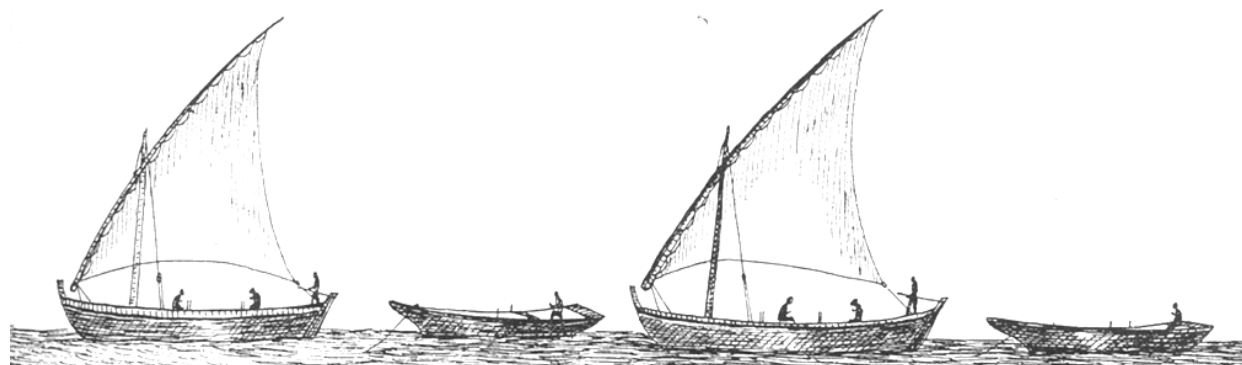
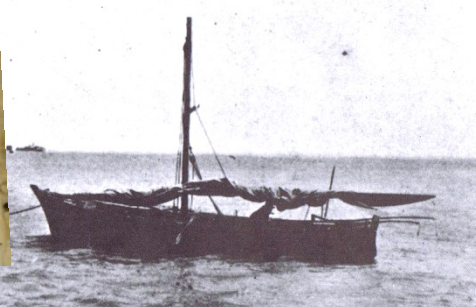
quier fletamiento que se realizara tanto para llevar azúcar a Cádiz como para ir a buscar esclavos a Cabo Verde. Tal vez la diferencia radicaba en la presencia de la sal, elemento imprescindible en la pesquería, entre los mantenimientos”.

El peligro continuó asechando a los pescadores, pues durante todo el siglo XVII las condiciones no variaron, e incluso, como recoge Viera y Clavijo: “No fue esta isla tan dichosa con los moros, que en 1618 ejecutaron la más violenta irrupción que cuenta en sus anales. Una armadilla de berberiscos y de turcos compuesta de 60 velas, mandada por Taban Arráez y Soliman, desembarcaron 5.000 hombres el día primero de mayo y marchando inmediatamente hacia la villa de Teguisse, la embistieron el día dos y entraron a saqueo, sin que los habitantes hallasen otra defensa que la fuga (...)”.

3.^a Lista - de Canaria + B 4.^o 18.

Barquito de Pesca. Sea del buen
 sucesos de 28 cuartas de quilla, 3 1/2 de labor
 8 1/2 de manga y 3 1/2 de puntal de porte
 de 60 quintales, construido por el maestro
 Carpintero Fran.^{co} Maman vecino de esta Ciu-
 dad valorado en la cantidad de cien pesos

Formose este asien-
 to en lo de Abril
 de 1859. por el...



Tipos de barcos de pesca canarios en la costa, con barquillos y chinchorro y registro de barquillo de pesca de 1859.

Leopoldo de la Rosa habla que en 1695 la Audiencia prohíbe ir a pescar a las costas saharianas si no van en comboy y acompañadas por una fragata de guerra. Una Carta del último rey de la Casa de Austria, Carlos II, en 1697 establece que los gastos de esta embarcación de guerra deben correr a cargo de los propios pescadores, comentando Viera y Clavijo en su *Historia de Canarias* que la precariedad de la economía de las Islas Canarias y por ello una manifiesta imposibilidad de costear estos gastos.

Las condiciones de trabajo en las zonas de pesca de los isleños no variaron con el paso de los siglos, por eso las descripciones realizadas por el inglés George Glas en 1764 nos pueden servir para realizar una reconstrucción de los modos de vida y las condiciones de la pesca y los pescadores en Canarias hasta hace apenas 150 años. "La alimentación de la gente, en general, es de gofio, fruta y vino, con pescado salado que se trae a estas islas, en gran abundancia, de las costas de Berbería. Algunos piensan que la comezón, tan frecuente aquí, se debe a que los nativos comen tanto de ese pescado. El pescado fresco en verano es medianamente abundante, pero en otras temporadas más escaso y caro. No necesito hablar de la alimentación de la gente rica, porque en todos los países vive de lo mejor que puede conseguir", es éste un texto de *Descripción de las Islas Canarias*, obra del citado viajero británico.

La alimentación de los más poderosos no era comparable a la descrita de los pobres, éstos servían un primer plato de sopa hecha con vaca, cordero, cochino, tocino, zanahorias, nabos, papas, guisantes, cebollas, azafrán, ... además de pan; el segundo plato lo constituía, casi exclusivamente, la carne asada; luego vendrá el postre, cargado de frutas y dulces. Es desde luego una alimentación que excluye el pescado, ese era alimento de los míseros, la mayoría de la población.

La miseria del pescador canario, el isleño que habita en la costa

Glas escribe numerosas anécdotas con pescadores, como la protagonizada por los pescadores de La Gomera una vez que nuestro viajero fue a hacer aguada a aquella isla: "(...) alquilé unos cuantos miserables y pobres astrosos pescadores para que llenaran nuestras barricas de agua y las llevaran a bordo: algún tiempo después, me fui al lugar de la aguada para ver cómo avanzaba el trabajo, en donde encontré las barricas llenas de agua y listas para ser rodadas hasta la playa, y con los pescadores allí al lado, hablando entre sí como si no tuvieran nada que hacer", entonces el inglés les recriminó, a lo que contestaron los pescadores: "¿Quién cree usted que somos, señor? ¿Se imagina que somos faquines? No, señor, somos marineros".



George Glas define a los pescadores: “La gente de estas islas es generalmente pobre, pero extremadamente cortés y bien criada”, una afirmación que realizó tras el encuentro con el patrón de un pesquero canario que faenaba en Berbería, y que invitado a desayunar en el barco del inglés, junto a un judío, intérprete de éste, y un moro, comentó: “Aunque me veo obligado por necesidad de ganarme el pan pescando por esta costa, sin embargo, soy un cristiano viejo de sangre limpia, y tengo a menos sentarme en compañía de muchos en Santa Cruz que son llamados caballeros, aunque no pueden lavarse de la mancha de tener una mezcla de sangre judía y mora en sus venas”.

Las embarcaciones a finales del XVIII eran de similares características a las que habían iniciado la actividad pesquera en Canarias en el siglo XV, aunque había aumentado la capacidad y el número de tripulantes en cada una de ellas. Existe una diferencia sustancial entre las empleadas en las aguas más próximas a las Islas y aquellas que son utilizadas en la costa sahariana. Todas las naves son construidas en las islas, aunque el peso y tripulación en las primeras es menor, siendo mayor en las segundas, oscilando entre quince y treinta toneladas de capacidad, necesitando la más pequeñas quince hombres y la mayor, unos cincuenta. Los barcos son preparados de modo parecido, convirtiéndose la sal en el mayor gasto inversor antes de zarpar. Esta es

adquirida en Lanzarote y Gran Canaria, sobre todo, y en La Palma y Tenerife, en menor medida, pues a estas dos últimas islas exportaba con frecuencia Lanzarote sal y pescado salado.

Cada hombre llevaba consigo los aparejos de pesca (liñas, anzuelos, alambre de cobre, cuchillo y cañas de pescar). El único alimento que proporcionan los dueños de las embarcaciones a los tripulantes de éstas, era pan, cualquier extra alimenticio debía correr dentro de los gastos del marinero (sólo hacían una comida sobre las seis de la tarde).

Las ganancias eran recibidas al llegar a puerto, con el reparto de las capturas. El primer beneficio era para el socio capitalista que financiaba la expedición y los propietarios, el resto se repartía en partes proporcionales entre los diferentes tripulantes, una vez deducidos los gastos de la sal y el pan. Y como describe George Glas: “(...) un pescador habilidoso consigue una parte; un mozo, un hombre de tierra o alguien no experimentado en la pesca, media parte o un cuarto, de acuerdo con su habilidad. El patrón del barco o el capitán disfruta de la parte igual a la de los pescadores habilidosos, y los dueños le conceden también una parte de las suyas, por su trabajo al cuidar del barco”.

Los pescadores cuando llegan a las costas de África se dedican a buscar cebos, seguidamente se hacen de nuevo a la mar con las velas desplegadas y lanzando las cañas por la popa

de sus embarcaciones. Los barcos podían llenarse en épocas de buena pesca en una semana, aunque lo corriente eran períodos más largos, realizándose unos ocho o nueve viajes al año, permaneciendo desde los meses de febrero a abril en las islas para “carenar, reparar, ...”.

La salazón del pescado se realiza muchas veces en tierra, para lo cual arriban en la costa del Sahara. Comenta nuestro viajero del siglo XVIII que las actividades de pesca eran “susceptibles del mayor perfeccionamiento”, pero los ingleses no deberían ver en los españoles competidores de sus pesquerías en Terranova, pues aunque con un mejor aprovechamiento de las posibilidades que ofrecen las aguas próximas al continente africano, los españoles “rivalizarían con los mercados español e italiano”.

El clero es, según Glas, el mayor impedimento a este desarrollo de las pesquerías en Canarias: “La potencia del clero en España es una seguridad mejor para los ingleses contra tal posibilidad que si una flota de cien buques de línea se situaran frente a la costa de Berbería para impedir la pesca por parte de los españoles”. Sobre estos pescadores isleños, escribió el mismo autor: “Nadie que conozca la labor, la fatiga, el frío y el calor que estos pescadores pasan, acusará jamás a los españoles de pereza”.

Canarias una excusa para la ocupación colonial española en África

Reguard escribía en 1791, recordando lo que años antes había escrito Glas sobre los canarios: “no habían variado en 300 años sus métodos de pesca”. Es sin duda un testimonio demostrativo del fuerte estancamiento de la actividad pesquera en el Archipiélago Canario a las puertas del siglo XIX. En el otro extremo de estos marineros, de estos pescadores del alimento de los marginados de las islas, están los pilotos de los barcos que van a América, que como bien afirma Roberto Oliva Niebla: “En 1758 se dice que los canarios servían en la Real Escudra y en los navíos del Comercio de Indias en número de veinte pilotos con crédito de ser los más diestros de la navegación”, son sin duda dos fuertes contrastes dentro la dedicación marinera canaria”.

Estos años finales del siglo XVIII estaban viendo un cambio sustancial en las relaciones entre los reinos de España y Marruecos, así en 1765 se restablecen relaciones entre los dos estados. No será por iniciativa española, el promotor será el sultán de Marruecos, Sayyidi



Retrato de Jorge Juan y Santacilia (1713-1773), embajador del rey Carlos III ante el Sultán de Marruecos para negociar un establecimiento en sus costas para los pescadores canarios.

Muhammad b. 'Abd Allâh. La respuesta del monarca español Carlos III se produce con premura, así en ese mismo año envía como embajador al país rifeño a un misionero franciscano, Bartolomé Girón de la Concepción. Las instrucciones que traía especificaban que se permitiera mediante permiso un establecimiento en algún lugar de la costa africana para los pescadores canarios. Estos marineros podrían de este modo utilizar este espacio para secar y curar el pescado, evitando de este modo los ataques de los nativos de la zona. Las pretensiones de Carlos III fueron rechazadas por el Sultán, quien sólo permitiría la licencia para la pesca de los marineros canarios al norte de Agadir y una cierta protección a los posibles naufragos españoles que arribasen en las costas del río Nun.



Plano de Jean Baptiste Louis Clouet (1729-1790) del norte de África, Canarias, Madeira y Sur de la Península Ibérica. La copia que reproducimos fue publicada en *Géographie moderne avec une introduction*, París, chez Mondhare en el año 1767.

«En 1758 se dice que los canarios servían en la Real Escuadra y en los navíos del Comercio de Indias en número de veinte pilotos con crédito de ser los más diestros de la navegación».

El año siguiente es enviado al Magred un militar, Jorge Juan y Santacilia, éste portará las credenciales como embajador y unas instrucciones específicas del rey español, conservadas en el Archivo Histórico Nacional: “(...) El fin es hacer un establecimiento en el paraje de la costa de África que más convenga para la pesca de los canarios; ponerlo insensiblemente y con disimulo en estado de precaver los insultos de los moros bravos de aquellas inmediaciones; y con el tiempo, fomentarlo según lo requieran las circunstancias. Sin permiso del emperador de Marruecos no podría lograrse este objeto, al menos de enviar un armamento y expedición formal, que causaría ruido en Europa; (...)”.

Vicente Casado escribía en su obra *Política marroquí de Carlos III* (1946), que el enviado ma-

roquí Sidi Ahmet El Ghazal llegaba a Madrid con el propósito de discutir las condiciones de un tratado entre España y Marruecos, y determinar los asuntos retenidos hasta ese momento. Fue entonces cuando el monarca español aprovechó la ocasión para recordar la olvidada cuestión de la fortaleza de ‘Santa Cruz de Mar Pequeña’ y establecer en su supuesto emplazamiento un establecimiento de pesca. El historiador marroquí, Adnan Mechbal comenta en este punto: “(...) Sorprendido ante tal sugerencia inexistente en el calendario de su negociación, Ahmet El Ghazal, a pesar de su ignorancia de la lengua castellana, por lo que se servía de un intérprete, dejó el punto pendiente de la respuesta única y autorizada del Sultán”.



Mapa de Canarias-
África de Abraham-
Ortelius. Centro Nacio-
nal de Información
Geográfica

Localización de la torre
de Mar Pequeña en la
laguna de Naila.
Foto L. Blanco, 2017

El 28 de mayo de 1767 firma Santacilia un tratado de paz y comercio con el sultán de Marruecos, un extracto del texto de este documento lo recoge el profesor Mariano Arribas Palau en un trabajo titulado “Canarias en los tratados entre España y Marruecos”, y publicado en el *// Aula Canarias y el Noroeste de África* (1986), conteniendo el artículo 18 lo siguiente: “S.M.I. se aparta de deliberar sobre el establecimiento que S.M.C. quiere fundar al sur del río Nun, pues no puede hacerse responsable de los accidentes o desgracias que sucedieran, a causa de no llegar allí sus dominios y ser la gente que habita el país errante y feroz, que siempre ha ofendido y apisionado a los canarios. De Santa Cruz (Agadir) al Norte, S.M. concede a éstos y a los españoles la pesca, sin permitir que ninguna otra nación la ejecute en ninguna parte de la costa, que quedará enteramente por aquéllos”.

Los límites que se fijan son muy arbitrarios, la antigua fortaleza canaria en las costas de África no tenía un límite preciso y el Norte tampoco. Añadiendo imprecisiones de este tratado vemos como se concede un permiso de exclusividad para pescar en la zona a los españoles, pero se puede cuestionar la utilidad del mismo cuando no se garantiza la seguridad de quienes acudan a faenar en aquellas aguas. La aparente insistencia que parecía tomarse en el tema pesquero canario en estos primeros contactos entre España y Marruecos, pronto se verá que es sólo pasajera, se olvida específicamente la existencia de las islas en las próximas redacciones de acuerdos España-Marruecos.

Incluso una carta dirigida por Jorge Juan y Santacilia al Marqués de Grimaldi el 3 de febrero de 1767 evidencia las dudas del primero hacia su futuro cometido Real: “(...) Supóngase, sin embargo, que fuese de alguna utilidad a los canarios el establecimiento pretendido en los términos expresados: ¿de qué gasto no sería al Rey? Es preciso fortificarle, ponerle un gobernador y tropa que lo custodie, y, en tiempo de guerra con mucho más fuerza (...)”. La cuestión expresada por el monarca español es la supuesta pretensión británica sobre esta zona, aunque cronistas, como el escocés George Glas (luego encarcelado por orden de Carlos III en Canarias), afirmaran que la pesca en estas aguas, por su rudimentariedad, no representaba un peligro para la realizada por ellos en Terranova. Otro supuesto propósito perseguido podría ser evitar tensiones internas en las Islas Canarias, no era desconocido que era el pescado salado de las costas africanas parte importante de la alimentación de los isleños más pobres.

Un siglo sin apenas cambios y acuerdos incumplidos

En el tratado firmado en 1780 no se cita Canarias, circunstancia que se repetirá en sucesivos acuerdos. Este olvido no es casualidad, éstas serán incluidas como parte integrante del territorio nacional, no atendiéndose sus peculiares características en todo este asunto. Evidencia de ello es el artículo 22 de la renovación hecha en 1799, y recogida por Arribas Palau: “Si algún buque español naufragase en río Nun y su cos-



ta, donde no ejerce dominio S.M. Marroquí, ofrece sin embargo, en prueba de cuanto aprecia la amistad de S.M. Católica, valerse de los medios más oportunos y eficaces para sacar y liberar las tripulaciones y demás individuos que tengan la desgracia de caer en manos de aquellos naturales”.

Las relaciones iniciadas en época de Carlos III no cambian prácticamente hasta la *Guerra de Africa* de 1859-1860, serán los años coincidentes con las reivindicaciones de la burguesía canaria, sobre todo de la isla de Gran Canaria, según afirma el historiador Francisco Galván Fernández: “Coinciden los que controlan las pesquerías con quienes controlan el agua. (Gran Canaria, Fuerteventura y Lanzarote). Control de la oligarquía de todos los sectores productivos decididamente a Gran Canaria, elegida en este caso como centro de sus operaciones, en las estrategias capitalistas contemporáneas”. El historiador magrebí, Alí Yata, nos comenta en su obra: *La question des territoires marocains occupés par l'Espagne* que España, al considerar la posibilidad de convertirse en potencia, “con pretensiones expansionistas competitivas, ¿por qué no aumentar el apetito colonial?”. Por ello, en 1844, nos continúa diciendo este autor marroquí que el gobierno español comunica a su Cónsul en Tánger, “la decisión de sumar a la lista de reclamaciones una nueva relación: un presunto derecho a ocupar las Islas Chafarinas, con el único apoyo de que se encuentran en una línea geográfica igual a la de Melilla. Y, ¿por qué no?, la memoria colonial no había olvidado del todo la desaparecida Santa Cruz de Mar Pequeña”.

Las potencias europeas estaban comenzando a expandirse por el continente africano, la costa marroquí y las Islas Canarias eran lugar de paso obligado, por ello los intereses pesqueros encubren otros de más rentabilidad económica. La incipiente burguesía de Gran Canaria ve este hecho, ya se estaban asentando en su viejo puerto las primeras compañías coloniales inglesas y la Ley de Puertos Francos (1852), o *Ley Bravo Murillo* había entrado en vigor. El tratado de paz suscrito por los representantes de las dos partes combatientes en la guerra hispano-marroquí de 1859-1860, el general O'Donnel y Mawlay al-Abbas, abre nuevos horizontes en las viejas pretensiones coloniales españolas en la costa africana. El 26 de abril de 1860 se firma en Tetuán este documento, del cual extraemos el siguiente texto: “S.M. Marroquí se obliga a conceder a perpetuidad a S.M. Católica en la costa del Océano junto a Santa Cruz la Pequeña, el territorio suficiente para la formación de un establecimiento de pesquería como el que España tuvo allí antiguamente”.

El año 1903 escribía Jerónimo Becker en *España y Marruecos. Sus relaciones diplomáticas durante el siglo XIX* sobre las averiguaciones que se llevaron a cabo para determinar el lugar exacto donde estuvo ubicada la pequeña fortaleza, recogiendo la opinión del ministro residente de España cerca del sultán marroquí, Francisco Merry y Colom: “las investigaciones necesarias para elegir con acierto el punto en que se había de establecer la pesquería podían llevarse a cabo tratando directamente con el jefe



Barquillos canarios artesanales de pesca en las costas de las islas en la década de los cincuenta del pasado siglo XX.

de aquel Estado independiente de hecho”. Mientras todo esto ocurría, los pescadores canarios continuaban faenando en aguas de la costa sahariana y aunque sus artes eran pobres y sus resultados no muy óptimos, atendiendo a los medios de pesca utilizados, una entidad como la Real Sociedad Económica de Amigos del País de Gran Canaria (RSEAPGC) se empeñaba en proteger la pesca de los canarios en las *aguas de Berbería*. Ejemplo de ello es lo reflejado en las actas de las juntas celebradas en estos años, como la de 11 de agosto de 1867. En esta junta se cita a Amaranto Martínez de Escobar, según recoge Cristóbal García del Rosario en: *Historia de la RSEAPGC (1776-1900)*, quien lee una propuesta destinada a *Su Magestad* para que se bajen los aranceles al comercio del pescado canario destinado a las Antillas.

Las penurias de los pescadores canarios no habían acabado, lo que importaba en todo este asunto era el abastecimiento de barcos en sus travesías trasatlánticas o de Cuba, no podían pensar lo mismo los que se debían lanzar a la mar para ganar su alimento. Los capitalistas de estas empresas eran, en su mayoría, miembros de la Real Sociedad Económica de Amigos del País, pero sus intereses iban mucho más allá de la estricta captura de peces para comer. Los métodos no cambiaron en exceso, aunque poco a poco se iban introduciendo nuevos aparejos, la mejora del volumen de pesca era el objetivo, era el único modo de rentabilizar esta actividad.

A pesar de todos los juegos diplomáticos, existen testimonios sobre la inseguridad del Banco Pesquero Canario-Sahariano, como el mostrado por Juan Padilla, secretario de la Real Sociedad Económica: “En sesión del 2 de agosto (1881) se vio una proposición del socio Don Rafael García Sarmiento, exponiendo las dificultades con que tropieza la industria pesquera en la Costa de África a causa de los actos de piratería que recientemente han cometido los moros estacionados en el Golfo de Santa María”.

La cuestión de este pequeño enclave en la costa africana perduró durante muchos años, tantos que este territorio llamado Ifni no fue ocupado hasta 1934, en plena II República Española. En el presente artículo no nos adentraremos a fechas tan recientes, permaneceremos en la hasta el siglo XIX, y trayendo un documento insólito, estudiado por Ibn Azzuz Hakim, quien como miembro de la Fundación Torres de Tejuán asistió a la *II Aula Canarias y el Noroeste de África* en 1986. Sobre este documento habla el referido ponente con sorpresa, afirmando que: “no conozco ninguna obra en árabe en la que figuren los nombres de las siete islas mayores y las cinco menores del archipiélago canario; su superficie, más o menos exacta; los nombres de algunas ciudades importantes. Tampoco sé de ninguna obra en árabe que trate, siquiera someramente, de la historia de las Islas Canarias, (...)”. A continuación realiza una traducción de ese inédito documento:



Barquillos canarios artesanales de pesca que se adentraban más allá de las costas de las islas y en días de buena mar se acercaban a la costa africana.

“Lo de Santa Cruz (de Mar) Pequeña no era, en un principio, cuestión que interesaba al Rey de España, sino que lo era de los habitantes de las (Islas) Canarias, quienes deseaban obtener un lugar en Tarfaya o Bujadur donde al salir a la pesca y encontrarse lejos de las Islas Canarias, poder refugiarse y estar seguros a su abrigo hasta que les fuera dable dirigirse con su pesca a donde quisieran”.

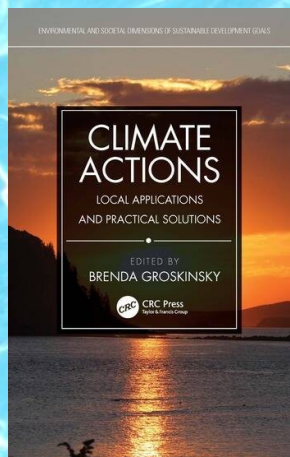
El documento incluye un mapa realizado por un español, Pedro Agustín, en el siglo XVII. Este especifica todos los lugares de la costa sahariana, incluyendo la famosa fortaleza, a la que denomina ‘Santa Cruz’. Incluso narra cómo fue destruida esta pequeña fortaleza: “Hemos hallado en algunas historias españolas, de que un príncipe de la dinastía Saadi (Mulay Ahmad al-A'ray) es quien sitió la Torre de Santa Cruz de Mar Pequeña hasta que la tomó por las armas el año 1524 J.C. correspondiente al 930 H.; como expulsó, asimismo, a los portugueses de Funti y de las ciudades de Asafi y Azammur el año 1541 J.C. correspondiente al 948 H.”, (coincidente con el fin de la dominación portuguesa en las costas marroquíes).

La pesca supuso durante siglos el sustento para muchos canarios, así como un importante aporte para las bodegas de los barcos que debían cruzar el Atlántico. La torre de Santa Cruz del Mar Pequeña significó sólo una excusa para una ocupación colonial española en África, y escoradamente pretender defender con ello la pesca en

La pesca supuso durante siglos el sustento para muchos canarios, así como un importante aporte para las bodegas de los barcos que cruzaban el Atlántico. La torre de Santa Cruz del Mar Pequeña significó una excusa para una ocupación colonial española en África, con la excusa de proteger a los pescadores canarios.

la zona. Sólo cuando las potencias europeas se fijan en estas aguas próximas a Canarias, los españoles advierten el peligro que ello puede suponer, sólo hay que reivindicar el pasado histórico de la ocupación hispana en toda la zona. Por ello, se clasifica como sorpresiva la decisión de Carlos III de poner la condición de recuperar aquella olvidada fortaleza canaria construida por Diego García de Herrera en 1476.

Reseñas bibliográficas

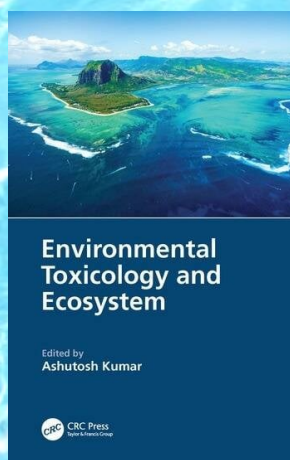


Climate Actions: Local Applications and Practical Solutions

(Acciones climáticas: aplicaciones locales y soluciones prácticas)

Editor: Brenda Groskinsky
Año de edición: enero 2023
ISBN-13: 978-1003048701
Editorial: CRC Press
Precio aproximado: 34,00 €

Este libro ofrece un diverso conjunto de estrategias para el desarrollo e implementación de "acciones climáticas" específica, en espacios naturales y urbanizados. Sirve como vía de conocimiento para aquellos que no están seguros de cómo pueden marcar la diferencia para sus familias, sus comunidades y los lugares naturales que los rodean. Aporta muchos ejemplos prácticos de cómo intentar mitigar los efectos del cambio climático, especialmente para aquellos que no comprendan la amplia gama de oportunidades de acción climática que están disponibles. Los científicos, académicos y líderes de comunidades encontrarán ejemplos concretos sobre cómo ellos también pueden desarrollar e implementar soluciones de acción climática.

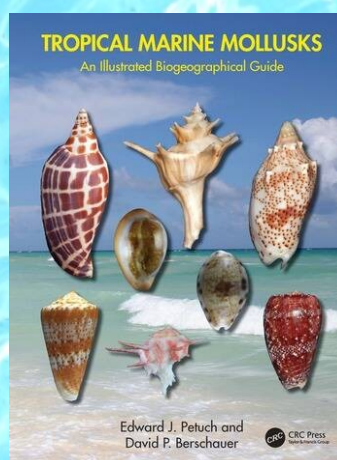


Environmental Toxicology and Ecosystem

(Toxicología ambiental y ecosistema)

Editor: Ashutosh Kumar
Año de edición: diciembre 2022
ISBN-13: 978-1032154947
Editorial: CRC Press
Precio aproximado: 80,00 €

Environmental Toxicology and Ecosystem cubre varios aspectos de los contaminantes ambientales y su efecto sobre los organismos vivos. Aborda los conceptos básicos de la evaluación de la ecotoxicidad, la interacción de los factores abióticos o bióticos con las nuevas sustancias químicas y el destino de la materia orgánica natural al interactuar con estas nuevas sustancias. Además, incluye modelos para estudios de ecotoxicidad y enfoques de alto rendimiento, incluidas tecnologías ómicas (técnicas de alto rendimiento que permiten estudiar una gran cantidad de componentes en los resultados analíticos de una muestra). Proporciona una descripción general de la evaluación de riesgos ecológicos, las pautas regulatorias de toxicología y posibles hojas de ruta para la protección de la salud ambiental.



Tropical Marine Mollusks

(Moluscos tropicales marinos)

Editores: Edward J. Petuch y David P. Berschauer
Año de edición: diciembre 2020
ISBN-13: 978-0367636388
Editorial: CRC Press
Precio aproximado: 100,00 €

La biogeografía marina, el estudio de la distribución espacial de los organismos en los océanos del mundo, es una de las ramas más fascinantes de la oceanografía. Moluscos tropicales marinos continúa con la investigación pionera sobre la distribución de la fauna de moluscos, estudiada por primera vez hace ya más de 160 años. El libro aporta ilustraciones a todo color de 1778 especies de gasterópodos, muchas de las cuales son endémicas, extremadamente raras y poco conocidas, y que se ilustran por primera vez fuera de sus descripciones originales.

El libro **Modern Fisheries Engineering: Realizing a Healthy and Sustainable Marine Ecosystem** es un compendio de la información más reciente y de vanguardia sobre la diversidad de aspectos técnicos asociados con la ingeniería pesquera. Amplia las presentaciones realizadas en la Conferencia Internacional sobre Ingeniería Pesquera (ICFE), celebrada en Nagasaki en 2019, y tiene como objetivo alentar e inspirar a las futuras generaciones de jóvenes investigadores en el campo. Los temas incluyen arrecifes artificiales, desarrollo de artes de pesca, tecnologías modernas de monitoreo y otros temas relacionados con las últimas prácticas para realizar una pesca eficiente y sostenible.

Modern Fisheries Engineering: Realizing a Healthy and Sustainable Marine Ecosystem

(Ingeniería Pesquera moderna: por un ecosistema marino saludable y sostenible)
Editores: Stephen A. Bortone y Shinya Otake
Año de edición: abril 2022
ISBN-13: 978-0367560669
Editorial: CRC Press
Precio aproximado: 50,00 €

Modern Fisheries Engineering

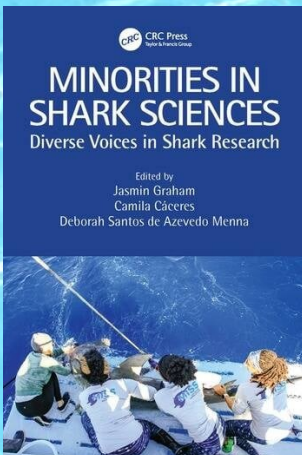
Realizing a Healthy and Sustainable Marine Ecosystem



Edited by
Stephen A. Bortone
Shinya Otake



Puedes comprar y
reservar tus libros en



**Minorities in shark sciences:
Diverse Voices in Shark Re-
search**

(Minorías en la ciencia sobre
tiburones: voces diversas en la
investigación en tiburones)

Editores: Jasmin Graham,
Camila Cáceres y Deborah
Santos de Azevedo Menna

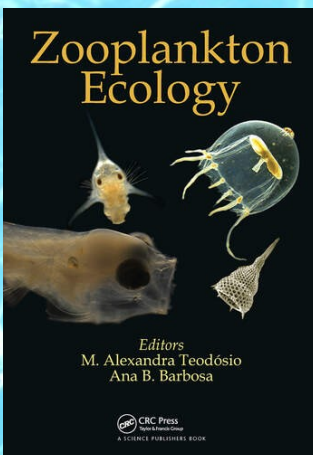
Año de edición:
noviembre 2022

ISBN-13: 978-1032196947

Editorial: CRC Press

Precio aproximado: 25,00 €

Este libro recopila el trabajo realizado por investigadores que no cuentan con el respaldo económico de instituciones o centros de investigación que trabajan en la conservación de los tiburones. Editado por tres investigadores de estas minorías, proporciona modelos positivos a seguir para la próxima generación. Destaca investigaciones novedosas e importantes realizadas en los campos de la biología, la ecología y la evolución, poniendo énfasis en científicos con diversos antecedentes y experiencia de todo el mundo. La razón de este libro es poner de manifiesto que las voces de la comunidad y las minorías son también importantes (y siempre lo han sido) para la ciencia, independientemente de los diplomas, universidades, reconocimientos y estándares académicos occidentales.



**Zooplankton Ecology
(Ecología del zooplancton)**

Editores: M. Alexandra
Teodosio y Ana María Bran-
co Barbosa

Año de edición: mayo 2022

ISBN-13: 978-0367620561

Editorial: CRC Pres

Precio aproximado: 55,00 €

Este libro tiene como objetivo proporcionar a los estudiantes e investigadores una visión integral y avanzada de la ecología del zooplancton, que abarca organismos marinos y de agua dulce, desde protistas fagotróficos microscópicos hasta macromedusas y larvas de peces. La primera sección del libro aborda los organismos y procesos zooplanctónicos, mientras que la segunda sección está dedicada a los patrones de distribución espacial y temporal del zooplancton y la dinámica trófica. La parte final del libro aborda enfoques metodológicos emergentes (e.g., ómica). Los capítulos del libro incluyen una síntesis integral de estudios de observación y manipulación y análisis basados en sedimentos, mostrando el acoplamiento bentónico-pelágico y la conectividad global del ecosistema. La mayoría de los capítulos también abordan los impactos de los cambios ambientales previstos (e.g., calentamiento, acidificación, etc.).

