

OKEANOS



Revista de la Sociedad Atlántica de Oceanógrafos

Nº 14-15 enero-diciembre 2022

ISSN: 2444-4758



P.V.P 14,80 €

Arrecifes artificiales en
Canarias

Los grandes cetáceos,
posibles centinelas del
cambio climático

Microalgas marinas como
fuente de aminoácidos

Comunidades bentónicas en un volcán activo de la Antártida



El libro, el valor de la eternidad



Disponibles en todas las librerías y además
podrás comprarlos a través de nuestra web:

www.mercurioeditorial.com



Editor Jefe Dr. José Juan Castro Hernández

(Universidad de Las Palmas de Gran Canaria)

Editor Técnico D. Jorge A. Liria (Mercurio Editorial)**Coordinadores de sección. Artículos científicos** Dr. Aridane González González (Universidad de Las Palmas de GC)**Personajes y efemérides** D. Aíram Sarmiento Lezcano y D. Amir Cruz Makki (Sociedad Atlántica de Oceanógrafos)**Agenda** Dr. Juan Fco. Betancort Lozano

(Sociedad Atlántica de Oceanógrafos)

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

(Sociedad Atlántica de Oceanógrafos)

Mantenimiento Web Dr. Francisco J. Machín Jiménez

(Universidad de Las Palmas de GC)

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

Edición papel y on-line: Mercurio Editorial

(www.mercurioeditorial.com)

Correo electrónico: jose.castro@ulpgc.es

Teléfono: (+34) 928454549

Mercurio Editorial

Oficina comercial

c/ Berbiquí, 17-19

Polígono Industrial Santa Ana

28529 Rivas-Vaciamadrid (Madrid)

Impreso en Reprográficas Malpe, SA

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

28906 Getafe (Madrid)

ISSN: 2444-4758

DL: GC 639-2015

04 EDITORIAL**06** Comunidades bentónicas en un volcán activo de la Antártida. Carlos Angulo-Preckler**14** Arrecifes artificiales en Canarias: 1983-2021. José J. Castro, Vicente Benítez, Aíram Guerra, Lorena Couce y David Jiménez**18** ¿Pescar o no pescar? Cangrejos invasores y el efecto Hidra. Raúl Triay Portella**24** Una ecuación matemática para conocer cómo se distribuye un alga en los charcos de marea. Ángela Gómez Alcañiz y Rodrigo Riera Elena**28** Las Islas Canarias hace 21.000 años ¿cómo les afectó la última glaciación? Alejandro Lomoschitz Mora-Figueroa**42** Los grandes cetáceos, posibles centinelas del cambio climático. Jacint Nadal**48** Recogida de datos de capturas en Zanzíbar (Tanzania). Batuli M. Yahya, José Juan Castro Hernández y Lorena Couce Montero**42** Microalgas marinas como fuente de aminoácidos. Paula Santiago Díaz y Argimiro Rivero Rosales**54** Cremas solares: ¿protegan también a los organismos marinos? Ana Teresa Santana-Ortega y otros**60** MAXAR Seastar Services: aplicaciones de nuevas tecnologías a la pesca sostenible de especies pelágicas. Iratxe Díaz y Unai Ganzedo**66** ¿Química orgánica en Oceanografía? Paula Santiago Díaz, Argimiro Rivero Rosales, Milagro Rico Santos y J. Magdalena Santana Casiano**71** OKEANOS DE FOTOS. William Tan**98** Conocer las profundidades: los peces aceptan. Sara Biancardi**102** Fauna oculta en los bosques submarinos. Juan Carlos De La Rosa Valdivia y Rodrigo Riera**104** Medusas en Canarias. Explorando su papel en la cadena trófica. Daniel Rickue Bondyale Juez, Vanesa Romero Kutzner, Ico Martínez y May Gómez**116** Caracterización del marisqueo en la costa norte de Gran Canaria. Julio César Bolaños Ramos y José J. Castro**120** ENTREVISTA A: Beatriz Morales-Nin**124** El pesquero portugués *Alcyon*, hundido por la baja de Gando. Vicente Benítez Cabrera**134** PERSONAJES. Gonzalo Krohn Barba. Vicente Benítez Cabrera**138** NOTICIAS OKEANOS. José J. Castro**150** EFEMÉRIDES. Sylvia Alice Earle. Líder en la protección y exploración de los océanos. Aíram N. Sarmiento Lezcano**152** La expedición del Conde Argelejos desde Montevideo a Fernando Poo (1778). Jorge A. Liria**156** MONSTRUOS MARINOS (13). El sable negro. José Juan Castro**158** UN MAR PARA COMÉRSELO. Filete de lenguado con langostinos. Juan Manuel Hernández Pérez**160** RESEÑAS BIBLIOGRÁFICAS

Durante los siglos XV y XIX, el periodo de mayores logros de la navegación transoceánica y de exploración geográfica, con largas travesías sin tocar tierra durante varios meses, uno de los mayores temores de los navegantes eran la aparición de enfermedades en la tripulación, particularmente los efectos mortales del escorbuto, ya que esto podía hacer fracasar las expediciones. Desgraciadamente las enfermedades siguen afectando a todas las tripulaciones modernas, pero los avances médicos permiten que los efectos de las mismas sean menos críticas para los actuales navegantes. El COVID-19 ha puesto en jaque al conjunto de la humanidad, y nuestra tripulación tampoco ha sido inmune a esta pandemia que ha afectado a gran parte de nuestro equipo de edición. Debido a esto, nuestro buque *Okeanos* ha estado amarrado a puerto durante un largo tiempo y tuvimos que aplazar la misión de enero-junio de 2022. Pero, pasada esta parada necesaria, tenemos la voluntad de volver a navegar en otra nueva misión y recuperar en lo posible el tiempo perdido. Mercurio Editorial ha programado el lanzamiento de este número especial que aglutina a los números 14 y 15, misiones fijadas para este año, posibilitando así cumplir con la ruta y misiones científicas previstas para el 2022.

En la sección de noticias de este número especial de la revista *Okeanos* se hace referencia a dos artículos publicados en la revista *Science Advances*, relacionados con la evolución histórica y futura de las pesquerías. En el primero de ellos el equipo encabezado por Daniele Bianchi (Universidad de California) se proporciona una estimación de la reducción histórica de la biomasa de peces debido a la pesca. Según estos investigadores, la biomasa de peces pasó de $3,3 \pm 0,5$ Gigatoneladas (tres mil trescientos millones de toneladas), antes de que hubiese ningún tipo de pesca, a un $47 \pm 20\%$ de los valores preindustriales cuando las pesquerías mundiales alcanzaron su mayor desarrollo (1970-1980). Estos investigadores sugieren que esta pérdida de biomasa de peces, y sus consecuencias en los ciclos biogeoquímicos, ha producido un impacto comparable al del cambio climático antropogénico. Por otra parte, en el segundo de los artículos, el equipo liderado por William Cheung (Universidad

de British Columbia) ha calculado que, en promedio, durante los eventos de calentamiento extremo del agua del mar, el 77% de las especies de peces e invertebrados objeto de explotación pesquera sufren una disminución en su biomasa, episodios extremos que serán cada vez más frecuentes si no se corrigen las previsiones que se establecen para el futuro inmediato para el calentamiento global que está experimentando el planeta. No obstante, en un trabajo recientemente publicado en *Nature Climate Change*, firmado por Jorge Avaria-Llautureo (CEAZA, Coquimbo)¹ y otros investigadores chilenos, profundiza en el debate sobre el efecto que el calentamiento global tiene en el tamaño del cuerpo de los peces y cómo estos cambios pueden afectar la capacidad de dispersión y la tasa de especiación. La teoría predice que, bajo temperaturas más cálidas, los peces serán más pequeño, con menor capacidad de dispersión y aumenta la tasa de especiación. Sin embargo, los investigadores chilenos, usando modelos filogenéticos de especies de peces clupeiformes, demuestran que estas predicciones son correctas, particularmente para las especies de anchosas y arenques.

Es decir, que el escenario futuro se muestra muy preocupante para los peces, pero no solo porque su tamaño y biomasa se vaya a ver reducida por el calentamiento global, sino porque las poblaciones de partida son muy inferiores a las que se han enfrentado a los cambios climáticos acontecidos a lo largo de la historia del planeta, con una muy mermada capacidad de resiliencia. Aceptando que la talla media de los peces se verá reducida como consecuencia del efecto de las temperaturas más altas sobre el sistema metabólico de los animales, así como sobre la capacidad productiva de los océanos y su menor contenido en oxígeno, entre otros factores, es importante tener en cuenta que ya las poblaciones de peces han sufrido una significativa disminución en su talla media, como consecuencia de la sobrepesca genética. Durante siglos la pesca, tanto la profesional como la recreativa, se ha orientado a la explotación de los individuos de mayor tamaño de cada una de las especies, ya sea por exigencia de los mercados o por el placer de obtener estos grandes

trofeos, haciendo que estos ejemplares grandes sean cada vez más raros. Con ellos no sólo ha ido disminuyendo la capacidad reproductiva de las especies, al eliminar estos grandes reproductores de sus poblaciones, sino que se ha ido modificando la prevalencia de los genes que permiten la existencia de estos magnos individuos. En todas las especies, es natural que la edad o tallas de reproducción sea variable, con individuos que alcanzan la madurez sexual a edades tempranas y otros más tardíos, pero son estos últimos los que suelen alcanzar tallas mayores porque dedican más tiempo de su vida al crecimiento somático. Cuando estos ejemplares desaparecen, y sus genes con ellos, como consecuencia de la pesca, la talla media de reproducción de la población, y de la especie, se reduce de forma significativa. Es decir, ya los peces son más pequeños sin que haya actuado el calentamiento global de manera importante. Pero, además, la reducción de la biomasa de las poblaciones de peces desde la era preindustrial hasta ahora en aproximadamente un 90%, acorde a las estimaciones de Ransom Myers y Boris Worm², o aunque fuese algo menos, cercano al 50% indicado por Daniele Bianchi y colaboradores, hemos disminuido la variabilidad genética de los peces en un porcentaje muy alto, y con ello la capacidad de respuesta de los mismos, su resiliencia, a los cambios que se puedan dar en el clima presente y futuro, ya que pueden haber desaparecido aquellos genes que permitían que hubiesen individuos capaces de soportar eventos térmicos más extremos y sobrevivir, y con ellos las especies. Desgraciadamente, el Cambio Climático o el Calentamiento Global no serán más que la puntilla que rematará un episodio de extinción masiva de origen antropogénico, que según parece no ha sido el primero en la historia, pero si el mayor de todos.

Con todos los tripulantes recuperados, alertados del temporal y la mar gruesa que se nos echa encima, les ruego que ocupen sus puestos y se dispongan a zarpar lo antes posible, hacia otra misión por aumentar el conocimiento, el único puerto seguro que encontraremos en la dura travesía que nos espera y que nos podrá salvar del probable naufragio global. Suelten amarras.



Fletán de 123 kg capturado en 1923 (Fuente: The Encyclopedia of Food by Artemas Ward; Foto de Brown Bros.).



Pescadores submarinos posando ante su captura de Meros Goliat, especie que se consideró comercialmente extinta en la década de 1980 (foto obtenida en la década de 1950 en Kayo West, Florida, EE.UU., por un fotógrafo desconocido).

- 1- Avaria-Llautero et al. 2021. Historical warning consistently decreased size, dispersal and speciation rate of fish. *Nature Climate Change*, 11:789-793.
- 2- Myers, R.A., Worm, B. 2003. Rapid worldwide depletion of predatory fish communities. *Nature*, 423:280-283.



Figura 2. Vista aérea de Isla Decepción.

COMUNIDADES BENTÓNICAS

en un volcán activo de la
ANTÁRTIDA



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

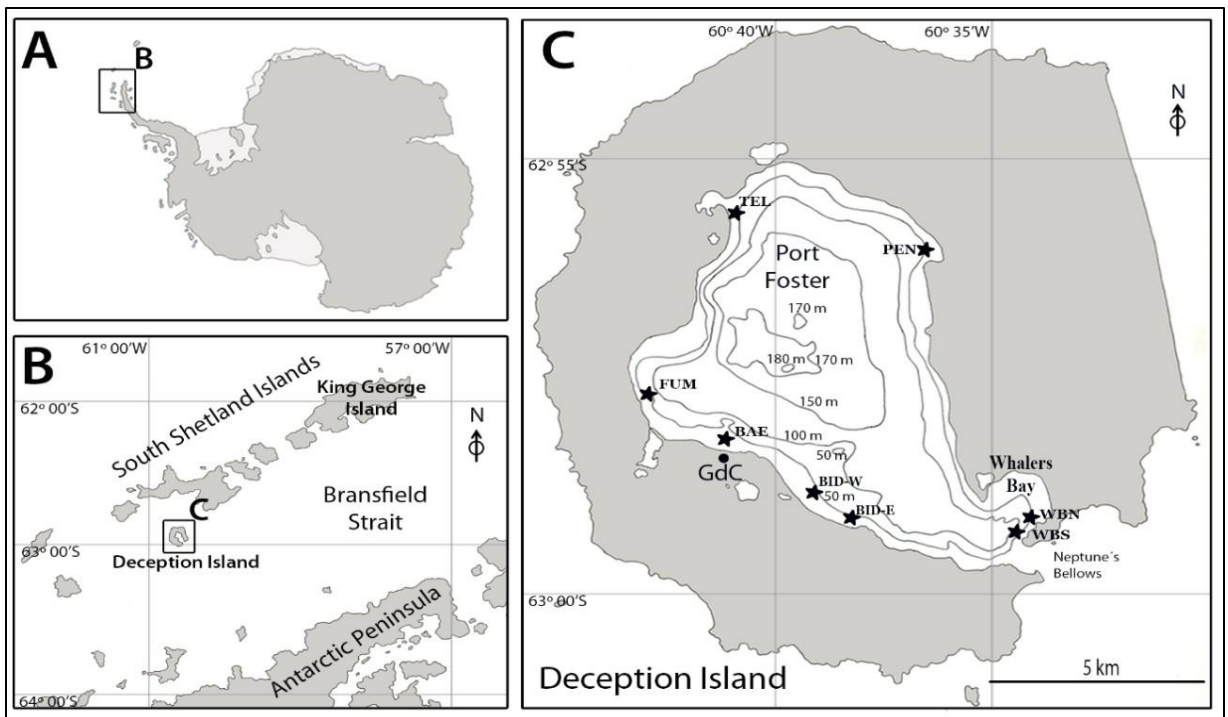


Figura 1. (A) Continente Antártico, (B) Islas Shetland del Sur, (C) Isla Decepción (estaciones de muestreo).

Carlos Angulo-Preckler

Norwegian College of Fishery Science, UiT. The Arctic University of Norway & Departamento de Biología Evolutiva, Ecología y Ciencias Ambientales, Facultad de Biología, Institut de Recerca de la Biodiversitat (IRBio), Universidad de Barcelona (UB), Spain.

Isla Decepción, un volcán activo

Isla Decepción es un volcán activo situado en el extremo suroeste del archipiélago de las Shetland del Sur, en la Antártida (Fig. 1). Su caldera central (Puerto Foster) se conecta con el estrecho de Bransfield a través de un canal angosto y somero llamado los Fuelles de Neptuno (Fig. 2). Esto provoca un aislamiento parcial de las aguas en el interior de la bahía formando un refugio natural, usado ya en el siglo XIX por los balleneros y fogueros que buscaban refugio en su interior. Esta isla se originó por la expulsión de unos 30 km³ de magma en forma de nubes ardientes o material piroclástico, tras una erupción muy rápida, con un volumen de magma expulsado muy superior al normal, hace aproximadamente 4000 años¹. La formación de la caldera se debe al hundimiento de la cima del volcán por pérdida brusca de presión dentro de la cámara magmática, donde se acumula roca fundida a pocos kilómetros de profundidad. Se tienen registros de más de 20 erupciones en los dos últimos siglos, las más recientes en 1967, 1969 y 1970. Estas erupciones destruyeron las bases científicas de Chile e Inglaterra y afectaron principalmente a la fauna y flora presente en la isla (Fig. 3).

Isla Decepción se encuentra entre los volcanes responsables de las mayores erupciones de la Tierra de los últimos milenios. Es el volcán activo más grande de toda la región de la Península Antártica. La erupción en la que se formó la caldera de la isla provocó un evento volcánico climático con un probable impacto en todo el hemisferio. Es la erupción más grande documentada en la Antártida durante todo el Holoceno (últimos 11.000 años). Esta gran bahía protegida tiene una extensión de 10 × 7 km² y una profundidad máxima inferior a las 200 m. La temperatura del agua del fondo en el sector central y norte de Port Foster es de aproximadamente 2-3° C, lo que sugiere un calentamiento geotérmico. La isla es uno de los sitios más cálidos de todo el Océano Austral como resultado de su actividad volcánica, y uno de los puntos más visitados por los turistas en la Antártida.

Comunidades bentónicas antárticas

El bentos antártico ha sido categorizado como una unidad biológica relativamente homogénea². Muchas especies de invertebrados comparten las mismas limitaciones evolutivas y las condiciones ecológicas a gran escala son similares en la mayoría del continente, es decir, temperaturas bajas y relativamente estables (alrededor de 0°C), estacionalidad de la producción primaria (directamente relacionado con las horas de luz) y bajo aporte terrígeno proveniente del continente (apenas existen ríos).



Figura 4. Buque de investigación oceanográfica Hespérides.

Durante los proyectos AC-TIQUIM y DISTANTCOM (2011-2016), liderados por la Dra. Conxita Avila (Universidad de Barcelona), se llevó a cabo un estudio completo de las comunidades de invertebrados bentónicos que habitan las aguas someras de Isla Decepción (hasta 25 m) con ayuda del B/O Hespérides y la Base Antártica Gabriel de Castilla

Se han propuesto dos tipos de asentamientos macrobentónicos a nivel de comunidad. El primero estaría dominado por suspensívoros sésiles y sedentarios, mientras que el segundo consistiría en detritívoros vágiles e infauna. En ambas comunidades, este patrón puede superponerse con un segundo gradiente que va desde abundancias muy altas hasta extremadamente bajas².

El agente individual más importante de perturbación del bentos en aguas someras de la Antártida, es el hielo. La perturbación mediada por el hielo puede tomar una variedad de formas y operar en varias periodicidades, pero todas pueden causar daños regulares y catastróficos a la biota cercana a la costa. La alteración producida por el hielo es una fuerza estructural clave que actúa sobre las comunidades bentónicas de aguas poco profundas en latitudes altas. Se ha sugerido que donde la alteración del hielo es frecuente y severa, las comunidades bentónicas se mantienen en etapas sucesivas tempranas, dominadas por consumidores secundarios móviles. En un futuro cercano, las tendencias de calentamiento de la Península Antártica podrían aumentar las tasas de sedimentación debido al

Figura 5. Base Antártica Española Gabriel de Castilla en Isla Decepción.



retroceso glaciar. Por lo tanto, las perturbaciones producidas por las altas tasas de sedimentación podrían llegar a ser más relevantes que las perturbaciones del hielo, reforzando drásticamente las comunidades detritívoras en menoscabo de las comunidades suspensívoras, reduciendo la biodiversidad en estas aguas.

El estudio de las comunidades bentónicas en Isla Decepción

Durante los proyectos ACTIQUIM y DISTANTCOM (2011-2016), liderados por la Dra. Conxita Avila (Universidad de Barcelona), se llevó a cabo un estudio completo de las comunidades de invertebrados bentónicos que habitan las aguas someras de Isla Decepción (hasta 25 m) con ayuda del B/O Hespérides y la Base Antártica Gabriel de Castilla (Figs. 4 y 5). Se evaluaron diferentes niveles de biodiversidad, desde la megafauna hasta la infauna de los primeros centímetros del sedimento. Todos los organismos recolectados (excepto las macroalgas) fueron separados, fotografiados y fijados en etanol para su posterior estudio taxonómico en la Universidad de Barcelona.

Las macroalgas fueron directamente congeladas hasta su posterior almacenamiento en el Centro de Documentación de Biodiversidad de la Universidad de Barcelona. Todas las muestras fueron identificadas hasta el taxón más bajo posible. Se recopilaban todos los datos de las inmersiones del grupo para hacer un catálogo de la flora y fauna submarina de Isla Decepción. Se examinaron los patrones de abundancia y estructura de tallas de los tres equinodermos dominantes en la isla (la ofiura *Ophionotus victoriae*, el erizo *Sterechinus neumayeri* y la estrella *Odontaster validus*). Además, se estudiaron las comunidades de macroinvertebrados (infauna) de fondos blandos que viven en los primeros centímetros del sedimento. Para ello, se seleccionaron 8 localidades en el interior de la bahía con un gradiente de distancia al océano abierto y dos profundidades (5 y 15 m). Las estaciones de muestreo fueron seleccionadas con la intención de cubrir todo el perímetro interior de la bahía e incluir lugares con características físicas especiales (fumarolas, cercanía a bases de investigación, etc.). Se realizaron transectos (desde los 15 hasta los 5 m de profundidad), cuadrados ($25 \times 25 \text{ cm}^2$) y muestras

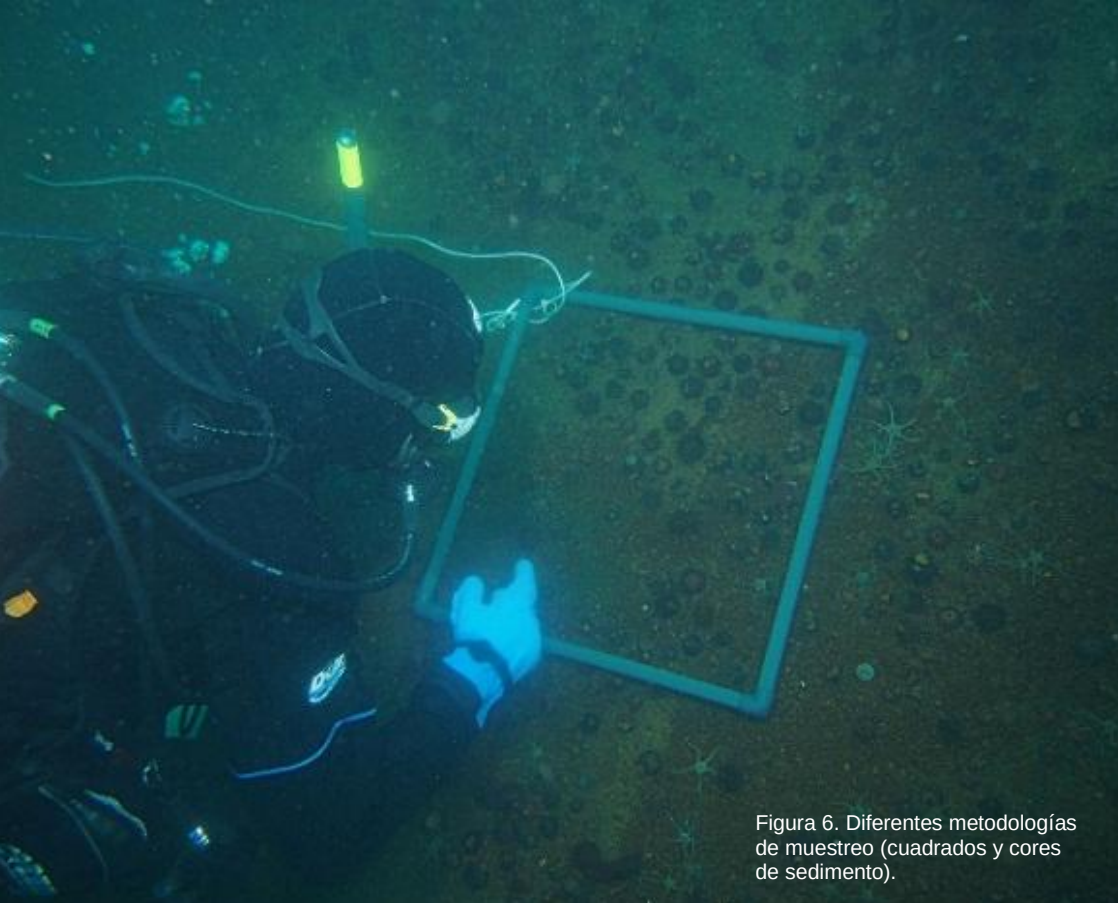


Figura 6. Diferentes metodologías de muestreo (cuadrados y cores de sedimento).



(cores) de sedimento de $0,008 \text{ m}^2$ (Fig. 6). En total se realizaron más de 150 inmersiones y se recolectaron e identificaron 1413 muestras de invertebrados.

Bucear en aguas frías

La inmersión en aguas frías reduce la frecuencia cardíaca y disminuye el flujo sanguíneo a brazos y piernas. Cuando sometemos el cuerpo humano a bajas temperaturas, se desencadenan una serie de cambios en los distintos sistemas del organismo. Esto conlleva cansancio, la habilidad para ejercitarse disminuye, incrementando el metabolismo de inmediato (lo que se evidencia con el aumento en el consumo de oxígeno). El frío y la inmersión combinados incrementan la producción de orina, el cuerpo reacciona produciendo calor por temblor. Se produce una gran fatiga si se somete el cuerpo a exposiciones prolongadas. Cualquier operación de buceo en aguas frías requiere una cuidadosa preparación, pero además el buceo en la Antártida exige una serie de precauciones adicionales que se deben tener en cuenta para la seguridad de los buceadores. El buceo, es una herramienta más de trabajo que permite la recolección selectiva y controlada de los invertebrados bentónicos, causando un mínimo impacto en el ecosistema.

Comunidades bentónicas de Isla Decepción

En Isla Decepción varios estudios han documentado el impacto de las erupciones y la recolonización posterior de las comunidades bentónicas. Sorprendentemente, se ha observado una intensa repoblación de flora y fauna en Port Foster desde las últimas erupciones (1967 – 1970), que arrasaron con el fondo marino. Los impactos y sus efectos sobre las comunidades han continuado durante varios años³.

Las comunidades submarinas de la isla se caracterizan por un fuerte dominio de los equinodermos, particularmente la ofiura *Ophionotus victoriae* y el erizo *Sterechinus neumayeri*, que también eran dominantes en las muestras de la Expedición Antártica Francesa de 1908-1910. Esto sugiere que probablemente esta comunidad bentónica ha alcanzado el nivel más alto de organización que permite la actividad volcánica de Isla Decepción⁴. Encontramos abundancias mucho mayores que las descritas previamente para los tres equinodermos estudiados, incluida una gran contribución de *S. neumayeri* mucho mayor que en estudios previos. Los valores máximos de abundancias observados se dan siempre en las estaciones de 15 metros de profundidad y se corresponden a $412 \text{ individuos/m}^2$, $324 \text{ individuos/m}^2$ y $24 \text{ individuos/m}^2$ para la ofiura, el erizo



Correlaciones entre la abundancia y los parámetros del sedimento examinados (materia orgánica, granulometría, etc.) sugieren que la profundidad (o factores relacionados con la profundidad como la disponibilidad de alimentos) desempeña un papel fundamental en la estructuración de las comunidades macrobentónicas de equinodermos.

y la estrella, respectivamente. Este erizo de mar es dos veces más abundante que la ofiura en las estaciones más someras (5 m de profundidad), mientras que mostraron valores similares a 15 m de profundidad. *Sterechinus neumayeri* es el equinodermo más abundante en las aguas costeras de la isla.

Correlaciones entre la abundancia y los parámetros del sedimento examinados (materia orgánica, granulometría, etc.) sugieren que la profundidad (o factores relacionados con la profundidad como la disponibilidad de alimentos) desempeña un papel fundamental en la estructuración de las comunidades macrobentónicas de equinodermos. A diferencia de la macrofauna bentónica, las comunidades de megafauna se ven menos influenciadas por las limitaciones físicas. Estas restricciones normalmente están asociadas con perturbaciones asociadas al hielo, como hielo de anclaje (anchor ice) y el arrastre del hielo (ice-scouring), ausentes aquí, debido a las condiciones especiales de la isla. Parece que la sedimentación se ha convertido en el factor físico más destacado, promoviendo densas comunidades de equinodermos y evitando la proliferación de comunidades de filtradores.

En general, dos comunidades bentónicas diferentes son fácilmente distinguibles en las aguas

poco profundas de Isla Decepción, correspondientes a las propuestas por Gutt en el 2007 para comunidades macrobentónicas: i) una comunidad de suspensívoros asociada a fondos duros, lo que se conoce como “Bosques Animales” (Fig. 7 y ii) una comunidad de detritívoros móviles e infauna asociados a fondos blandos, con menor biodiversidad, pero abundancias muy elevadas (Fig. 8).

Es posible que parte de las comunidades que ahora observamos en Isla Decepción sean, de hecho, los restos de comunidades anteriores bien desarrolladas destruidas por las erupciones volcánicas hace más de 40 años. La mayoría de estos animales son especies de crecimiento lento y su recuperación puede llevar décadas. La ausencia de perturbaciones debidas al hielo dentro de la bahía ha permitido el desarrollo de una comunidad rica de suspensívoros asociada a sustratos duros, mientras que la inestabilidad del sedimento asociada a fondos blandos ha favorecido una comunidad dominada por infauna y especies detritívoras, que incluyen enormes densidades de equinodermos^{4,5,6}. Las comunidades someras de suspensívoros sésiles están fuertemente definidas por los impactos físicos (alteración del hielo, acción de las olas, penetración de la luz e inestabilidad de los sedimentos).



Figura 8. Grandes densidades de equinodermos asociados a fondos blandos.

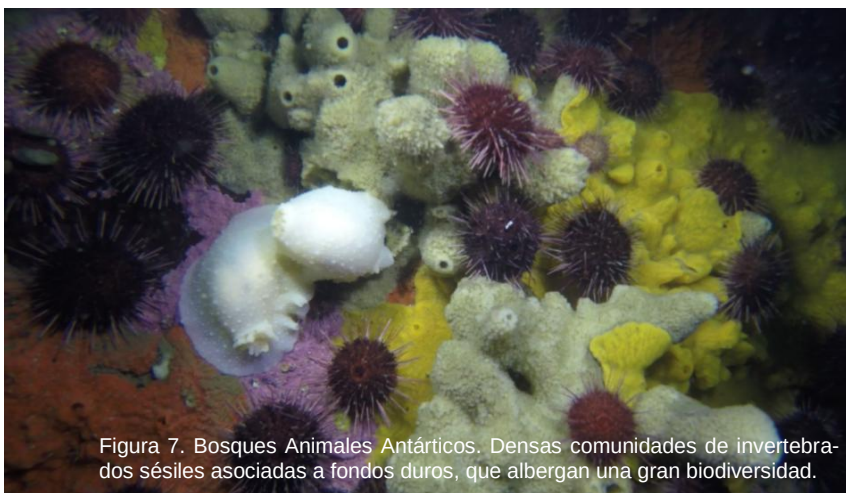


Figura 7. Bosques Animales Antárticos. Densas comunidades de invertebrados sésiles asociadas a fondos duros, que albergan una gran biodiversidad.

La gran inestabilidad de los sedimentos y las altas tasas de sedimentación, que se dan en Isla Decepción, resultan en una comunidad habitada principalmente por animales móviles, a menudo con solo unas pocas especies dominantes. Por lo tanto, la gran diversidad encontrada en esta isla después de las erupciones relativamente recientes, sugiere la necesidad de un monitoreo biológico y abiótico a largo plazo para establecer pautas de conservación en las zonas antárticas y subantárticas, especialmente bajo las amenazas del aumento del turismo y el cambio climático.

Las densidades de meiofauna (infauna) encontradas aquí son de un orden de magnitud superior al máximo previamente reportado para las Islas Shetland del Sur y la Península Antártica. Este hecho, junto con los valores relativamente altos de biomasa reportados en los estudios, sugieren que los fondos someros de Port Foster son altamente productivos, aunque estos valores deben tomarse con precaución debido a los dife-

rentes métodos de muestreo utilizados en los diferentes estudios. A la luz de estos resultados se propone una red trófica general para Isla Decepción. La alta concentración de nutrientes debido a la naturaleza volcánica de la isla es explotada por comunidades bacterianas, conocidas por usar estos nutrientes durante todo el año. Esta biomasa microbiana podría ser entonces explotada por la meiofauna, el siguiente nivel trófico, que presenta también altas densidades en Port Foster⁵. La bahía recibe mucha escorrentía durante el verano austral y también puede servir como una trampa de nutrientes, influyendo en los organismos meiofaunales. Esta bonanza de meiofauna, junto con las comunidades microbianas, podrían sostener las altas densidades de macrofauna descritas. Finalmente, todos estos compartimentos tróficos estarían sosteniendo a las comunidades de megafauna notablemente abundantes⁴, representada principalmente por tres especies de equinodermos omnívoros y oportunistas: el erizo *Sterechinus neumayeri*, la estrella *Odontaster validus* y la ofiura *Ophionotus victoriae*. Simultáneamente, estas especies consumen larvas bentónicas durante su alimentación detrítica, que podría estar condicionando el establecimiento de una comunidad diferente de invertebrados bentónicos.

Bibliografía

- (1) Antoniades D, Giralte S, Geyer A, Álvarez-Valero AM, Pla-Rabes S, Granados I, Liu EJ, Toro M, Smellie JL, Oliva M. 2018 Sci. Rep., 8(17279).
- (2) Gutt J. 2007 Antarct. Sci.,19(2):165-82.
- (3) Lovell LL, Trego KD. 2003 Deep Sea Res. Part II, 50:1799-1819.
- (4) Angulo-Preckler C, Tuya F, Avila C. 2017 Cont. Shelf Res., 137:131-141.
- (5) Angulo-Preckler C, Leiva C, Avila C, Taboada S. 2017 Mar. Environ. Res.,127:62-74.
- (6) Angulo-Preckler C, Figuerola B, Núñez-Pons L, Moles J, Martín-Martín R, Rull-Lluch J, Gómez-Garreta A, Avila C. 2018 Cont. Shelf Res., 157:20-31.

Cuando sea mayor
mi ilusión es que los océanos
sigan llenos de peces



Ayuda a Sofía a cumplir su sueño.

Practica un consumo responsable y compra productos del mar
con la ecoetiqueta azul del MSC.

PESCA
SOSTENIBLE
CERTIFICADA
MSC

www.msc.org/es



ARRECIFES ARTIFICIALES en Canarias 1983-2021

Figura 1. Alevines de boga (*Boops boops*) agregados en torno a un módulo del arrecife artificial del Gran Tarajal (Fuerteventura).

**José J. Castro¹, Vicente Benítez Cabrera²,
Airam Guerra Marrero¹, Lorena Couce Monte-
ro¹ y David Jiménez Alvarado¹**

(1) IU-Ecoaqua, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, Campus de Tafira, 35017 Las Palmas de Gran Canaria, España. (2) Sociedad Atlántica de Oceanógrafos, Las Palmas de Gran Canaria, España.

El poner algún elemento en el medio acuático con objeto de favorecer el “asentamiento” de determinadas especies, su crecimiento y reproducción es una actividad que se realiza desde la antigüedad. En la India se han lastrado troncos de árboles para este cometido desde hace más de 18 siglos, al igual que los pescadores japoneses depositaban piedras a escasa profundidad con objeto de incrementar las capturas desde el siglo XVII. Así, a nivel general, el objetivo final de los arrecifes artificiales ha sido el mejorar la pesca¹, de manera análoga a los objetos flotantes que utilizan las flotas cerqueras para agregar atunes y aumentar sus rendimientos².

En España se han venido desarrollando programas de instalación de arrecifes artificiales desde la década de 1980, con el objetivo principal de aumentar la pesca y ayudar a la recuperación de la capacidad de producción de determinados caladeros³. Por otro lado, los arrecifes también han sido destinados a la protección de zonas de interés ecológico y pesquero, ayudando así en la repoblación natural de las áreas circundantes (Fig. 1).

En teoría, los arrecifes actúan como zonas cuyas poblaciones estables generan nueva biomasa hasta que se alcance la capacidad de carga del sistema. Cuando esto sucede, teóricamente el excedente poblacional migrará paulatinamente hacia las áreas adyacentes al sistema arrecifal y ocupará zonas menos pobladas. De esta forma se pretende alcanzar, a partir de esta estrategia junto con otros planes de gestión y regulación pesquera, el establecimiento de un nivel de explotación de las áreas próximas a los arrecifes que permita una pesquería más sostenible.



Figura 2. Nasa para peces calada junto a un modulo del arrecife artificial de Arguineguín, Gran Canaria.

Los arrecifes actúan como zonas cuyas poblaciones estables generan nueva biomasa hasta que se alcance la capacidad de carga del sistema. Cuando esto sucede, teóricamente el excedente poblacional migrará paulatinamente hacia las áreas adyacentes al sistema arrecifal y ocupará zonas menos pobladas.

Pero para ello, es necesario que las áreas arrecifales se encuentren protegidas de esta actividad extractiva, en sus diversas variantes. Cuando esto no sucede, esta estrategia puede dar lugar a muchos problemas y dejar el medio que los sostiene igual o peor de como se encontraba al comienzo.

Los arrecifes artificiales pretenden contribuir a la recuperación de los recursos de interés pesquero a través de la instalación de sustratos que sirvan de refugio y permitan un aumento de la supervivencia y del reclutamiento de las especies. Pero, el problema principal es que los arrecifes actúan, para muchas especies, como agregadores de biomasa más que como generadores, lo que implica que, si la gestión de estos espacios no es adecuada, pueden favorecer la sobreexplotación de las especies agregadas, al facilitar la actividad pesquera y aumentar los rendimientos en un espacio muy reducido (Fig. 2).

Los investigadores del Centro de Taliarte realizaron un primer reconocimiento de la zona utilizando un aeroplano submarino con el que remolcaban a los buzos que hacían los censos visuales de las especies.

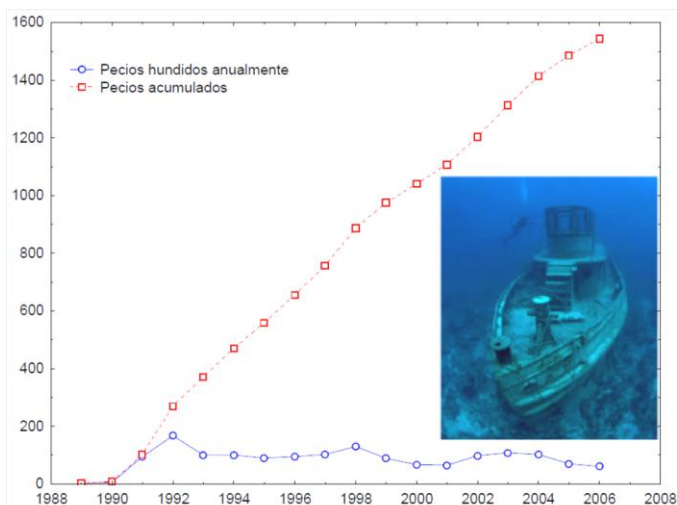


Figura 3. Evolución temporal del número de arrecifes artificiales construidos con pecios en España entre 1988 y 2006 (Fuente: Ministerio de Medio Ambiente)³.

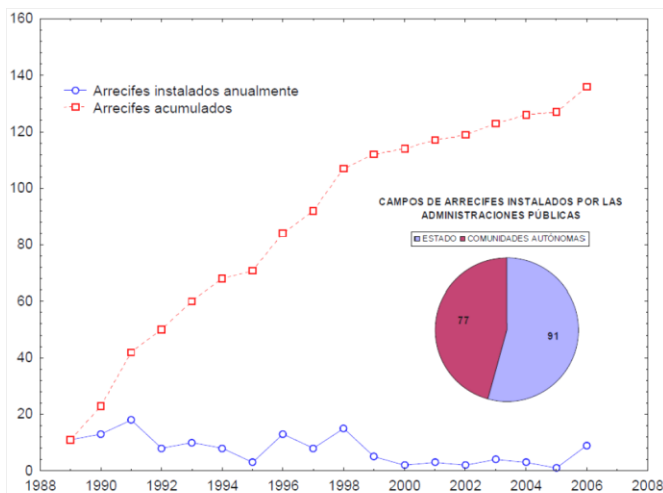


Figura 4. Evolución temporal del número de arrecifes artificiales construidos en hormigón en España entre 1989 y 2006 (Fuente: Ministerio de Medio Ambiente)³.

A lo largo de la costa del país, y particularmente en las costas mediterráneas de Valencia, Andalucía y Cataluña, se han instalado diversos tipos de arrecifes artificiales que comprenden desde los realizados con barcos hundidos (pecios), los más abundantes, hasta los más de 130 construidos con bloques de hormigón con diversas formas o los intentos de crearlos con figuras diversas a modo de museos submarinos como atractivo turístico (Fig. 3 y 4).

Los arrecifes artificiales se clasifican acorde a su función. Así, más del 30% son sistemas orientados a la protección de las costas o para impedir la realización de ciertas actividades pesqueras consideradas dañinas (arrecifes de protección), mientras que aproximadamente el 15% se instalan solo con el objetivo de aumentar la producción pesquera (arrecifes de producción). No obstante, en torno al 40% de los arrecifes instalados en España son de carácter mixto, actuando de protección antes ciertas actividades pesqueras, pero con el objetivo de aumentar la productividad de ciertas otras. El resto de campos de arrecifes están orientados a favorecer el turismo de buceo y el ocio.

Arrecifes artificiales en Canarias

En 1981 el Mando Aéreo de Canarias, por medio del Coronel Jefe de la Base Aérea de Gando, D. Juan Ángel Casteleiro Licetti, se puso en contacto con el entonces director del ya desaparecido Instituto Tecnológico de Taliarte, D. Prudencio Guzmán, para que realizaran los estudios ambientales marinos necesarios para recuperar los fondos marinos de la bahía de Gando, donde habían realizado prácticas de tiro los T-6 durante la década de 1970. Los investigadores del Centro de Taliarte realizaron un primer reconocimiento de la zona utilizando un aeroplano submarino con el que remolcaban a los buzos que hacían los censos visuales de las especies. En los primeros reconocimientos encontraron los cráteres de las bombas en el fondo de la bahía.

Para la recuperación del área se decidió construir un arrecife artificial y hacer su seguimiento durante cinco años⁴. El arrecife se configuró con materiales de desecho, principalmente tubos de goma y chatarra colocada a modo de pirámide, con la ayuda de una barcaza de la armada, ocupando un área de aproximadamente 150 m, a una profundidad de 19 metros. Gran parte de los materiales utilizados procedía del material militar, ya obsoleto, que se había traído tras la retirada de España del antiguo Sahara Español, principalmente fuselajes de aviones.



Figura 5. Diferentes fotografías tomadas en el arrecife artificial construido en la Bahía de Gando en 1983 (Fotos extraídas de Castillo et al., 1987)⁴.

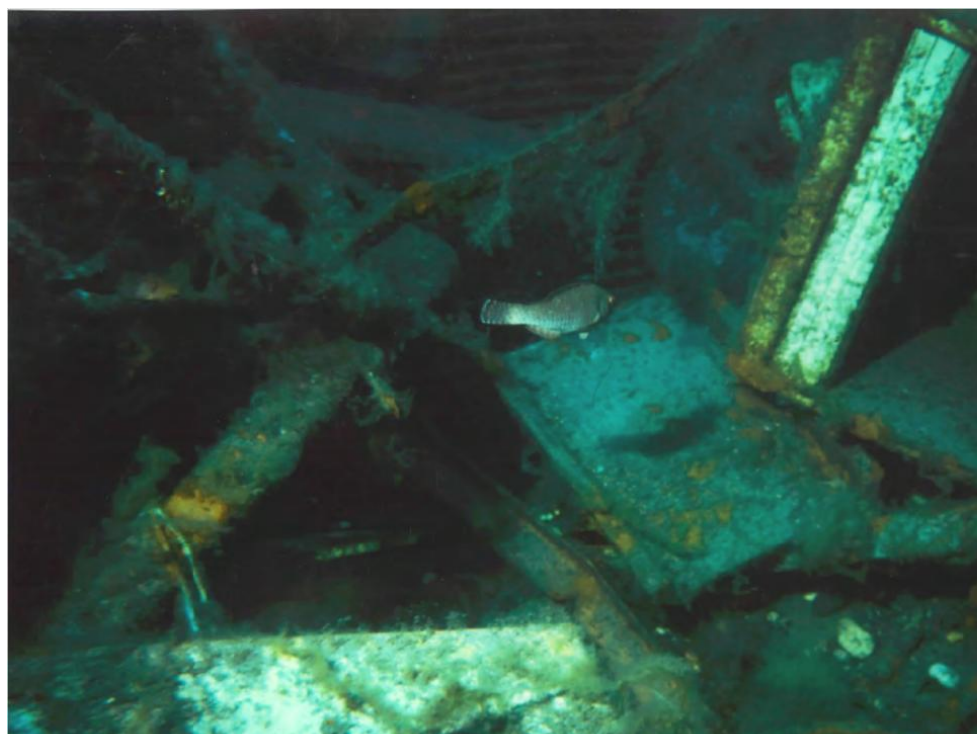
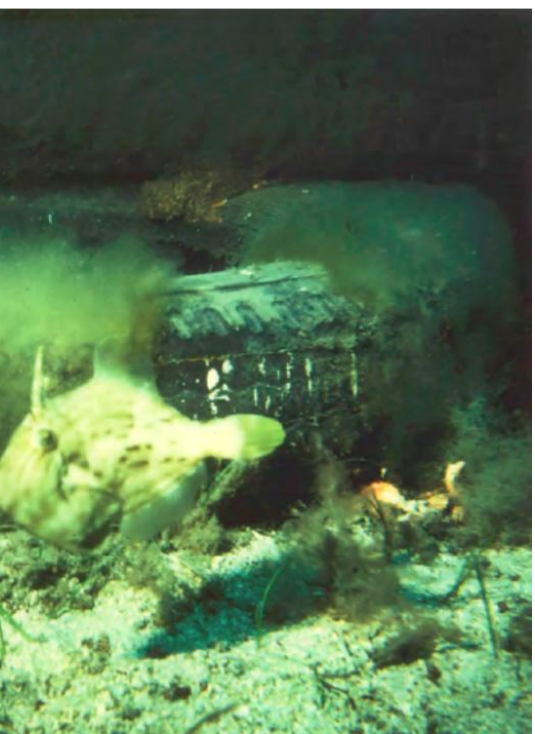
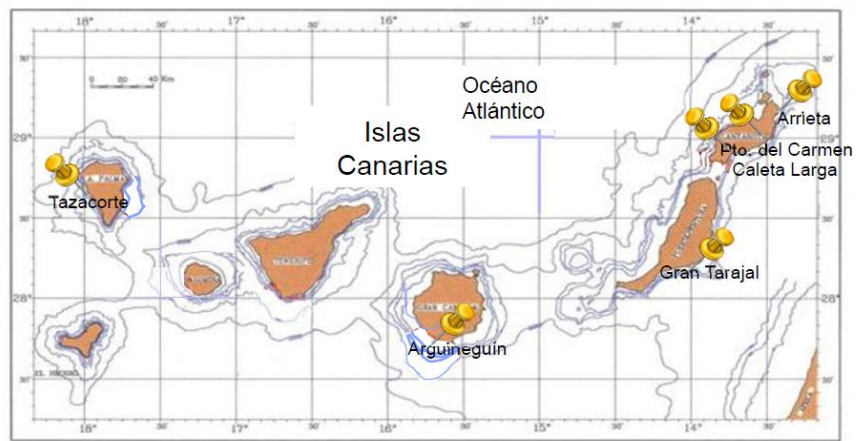




Figura 7. Distintas configuraciones de los módulos instalados en el arrecife artificial de Arguineguín (Gran Canaria).

Figura 6. Mapa de ubicación de los campos de arrecifes artificiales construidos en las Islas Canarias.



La idea original era que, si no se conseguía la recuperación ecológica de la zona, siempre se podía retirar la chatarra. Desgraciadamente, con el paso de los años, la chatarra se fue cayendo y aplastando, y ha dejado de realizar la función para la que fue inicialmente pensada, quedando convertida en una especie de vertedero submarino irreconocible (Fig. 5).

Durante el seguimiento del arrecife, los buzos del Centro de Tecnología Pesquera de Taliarte anotaban el desarrollo del proceso de colonización por parte de invertebrados, moluscos y peces, en los distintos niveles de estratificación ecológica que fue adquiriendo el arrecife. Como resultado final se elaboró un documento sobre el estado de progreso de la fauna y flora en el entorno de aquel arrecife experimental, que se convirtió en la primera experiencia de arrecifes artificiales en las islas⁴. Desgraciadamente, tras esos 5 años, el proyecto y su seguimiento se abandonó.

Actualmente existen en Canarias seis áreas de arrecifes artificiales, localizándose los más antiguos en la vertiente oeste de la isla de La Palma y en el suroeste de Gran Canaria, mientras que los más modernos se ubican en la costa noreste de Lanzarote y sureste de Fuerteventura. Los dos restantes se ubican en el sureste de Lanzarote, frente a Puerto del Carmen y Caleta Larga (Fig. 6). Estos arrecifes están constituidos fundamentalmente por módulos de atracción-agregación; en algunos de los campos se han dispuesto además estructuras pensadas para evitar la realización de pesca de arrastre o la instalación de redes a modo de cazonales o trasmallos (e.g. Arguineguín) (Fig. 7). La disposición de estos arrecifes en el archipiélago canario se caracteriza por ser campos de arrecifes artificiales aislados o costeros. Todos se localizan a profundidades que oscilan entre los 20 y 40 m. Los arrecifes aislados, como por ejemplo los situados en Arguineguín (en una amplia zona arenosa) favorecen el reclutamiento de determinadas especies de interés pesquero, así como la puesta de especies que requieren un sustrato duro (e.g. Sepias). Por el contrario, los arrecifes coste-

ros, como los situados frente a Puerto del Carmen y Caleta Larga (Lanzarote), actúan como atractor de especies de hábitos costeros, agrupándolas en un área reducida. Este tipo de arrecife atractor hace que el esfuerzo pesquero se concentre en esas zonas arrecifales, favoreciendo la sobreexplotación de las poblaciones de peces.

Hasta 2010, el Gobierno de Canarias realizó un seguimiento científico regular de estas instalaciones submarinas, con un programa de evaluación de las especies de peces e invertebrados asociadas a los arrecifes, así como de la variación estacional de la abundancia (Figs. 8, 9 y 10). Desgraciadamente, después de esta fecha el programa de seguimiento se ha abandonado.

El comportamiento de los peces en los arrecifes

Durante el programa de seguimiento se realizaron pescas selectivas, evaluaciones periódicas de la biomasa de peces con técnicas hidroacústicas con una ecosonda SIMRAD EK60, split-beam de 38 y 120 KHz, y censos visuales de las especies de peces e invertebrados presentes en el área inmediata a los módulos. No obstante, también se realizaron censos, a modo de control, en arrecifes naturales próximos y en zonas de fondos arenosos cercanas, con objeto de comparar la naturaleza y dimensión de las agregaciones.

Aunque inicialmente la biomasa agregada fue inferior en el arrecife artificial, con el tiempo esta superó ligeramente a la presente en los arrecifes naturales próximos, mostrando un nivel de madurez de ambos ecosistemas muy similar. No obstante, desde un principio fue evidente que los arrecifes artificiales actuaban como agregadores de toda la vida marina que había en el entorno próximo a ellos, concentrando seis veces más especies que las visibles en los arenales que rodean a estos sistemas.

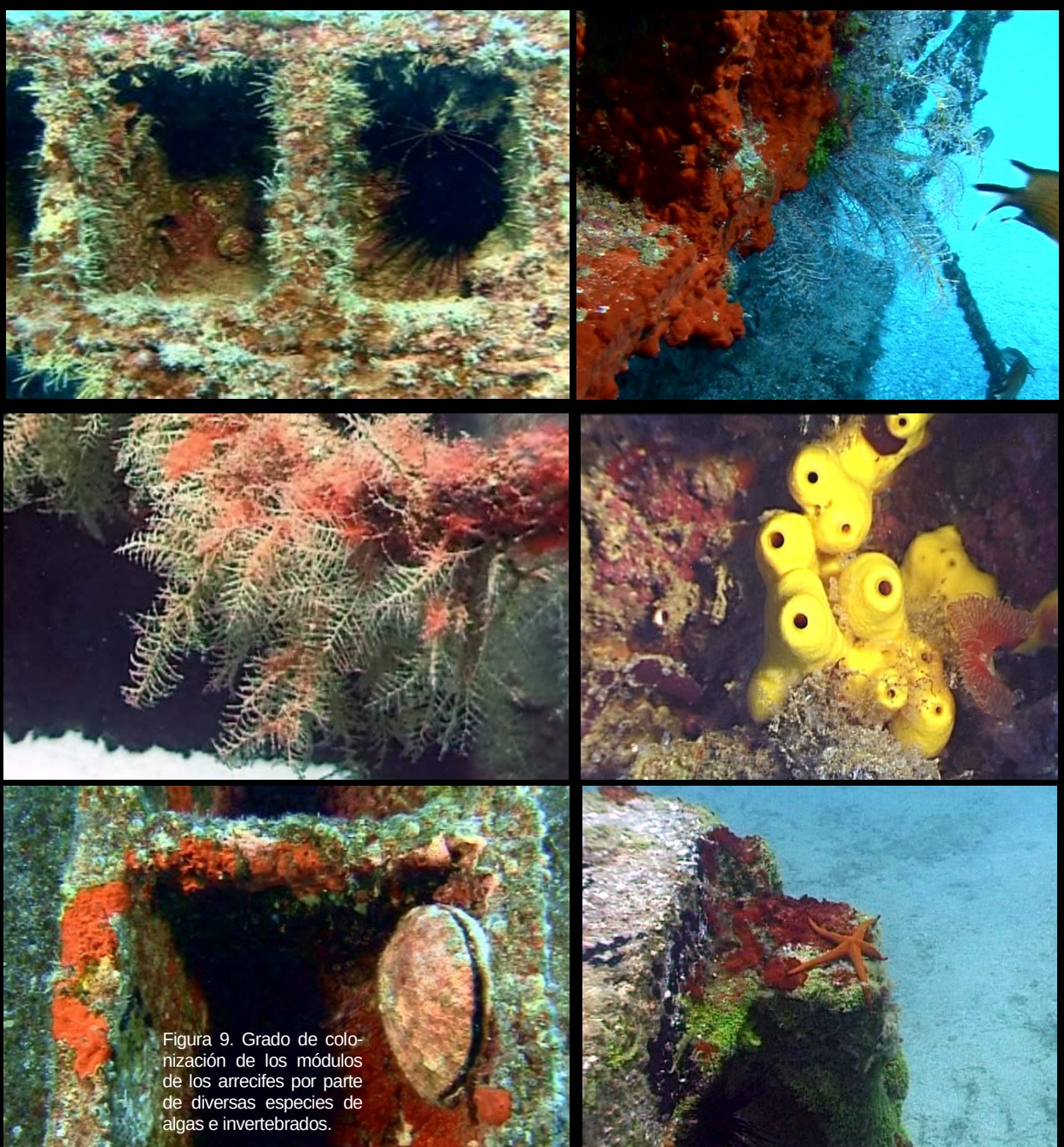


Figura 8. Investigador censando las especies de invertebrados y peces agregadas a un módulo del arrecife artificial de Arrieta, en Lanzarote.

Además, existe una elevada variabilidad en el patrón de agregación de las especies a lo largo de todo el arrecife, de modo que los peces muestran importantes agregaciones en módulos determinados, mientras que en otros apenas se observan unos pocos individuos. Por otra parte, estas agregaciones en torno a los módulos se producen fundamentalmente durante el día, abandonando la mayoría de las especies de peces el refugio que proporciona el arrecife durante la noche (Fig. 11), para desplazarse a los arenales próximos para alimentarse, fundamentalmente de los invertebrados que componen el zooplancton nocturno que durante el día vive entre los sedimentos.

2010-2021

En los últimos once años, los arrecifes artificiales han quedado al margen de la entidad responsable. Se conoce por distintos centros de buceo de la continuidad de algunos arrecifes artificiales en las localizaciones originales, al igual que se conoce la degradación de otros. El efecto que están generando actualmente estos arrecifes artificiales se desconoce por completo ya que no existe un seguimiento de las poblaciones asociadas, por lo que no puede afirmarse rotundamente que estén ejerciendo la función para la que fueron contruidos, ayudar a la sostenibilidad pesquera y recuperación de los fondos marinos.



Se conoce desde la década de 1990 los estragos que ocasionan determinados invertebrados en la flora y fauna asentada en los arrecifes artificiales. Un claro ejemplo lo tenemos con los erizos de lima o erizas (*Diadema africanum*), donde su carácter herbívoro convirtió determinados campos de arrecifes en blanquiales (zona rocosa con recubrimiento calcáreo producido por la alimentación de erizos, Fig. 12). Aún así, en el último seguimiento de 2010 se concluyó que estos arrecifes, en relación a distintas zonas de control cercanas, seguían mostrando una abundancia numérica de peces, diversidad y biomasa mayor.

La falta de evaluación de estos sistemas hace que tengamos un sistema de agregación que pueda usarse indebidamente o darles un uso para el que no fueron diseñados. Puede que, por desconocimiento del estado de estos arrecifes, estos estén aumentando la capturabilidad de determinadas especies demersales y, por ello, estén favoreciendo su sobrepesca (Fig. 2). Por ello, a estas áreas arrecifales deben aplicarse una legislación específica similar a la de una reserva marina, donde estén permitidas determinadas actividades lúdicas como el buceo, pero restringida la actividad pesquera.

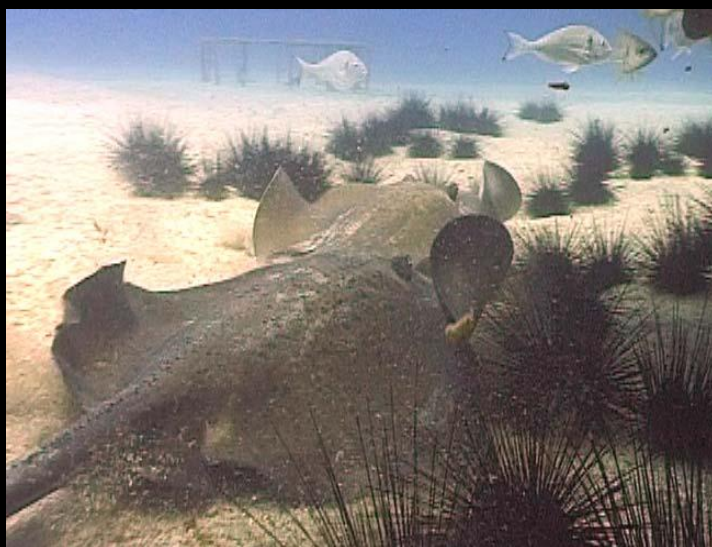
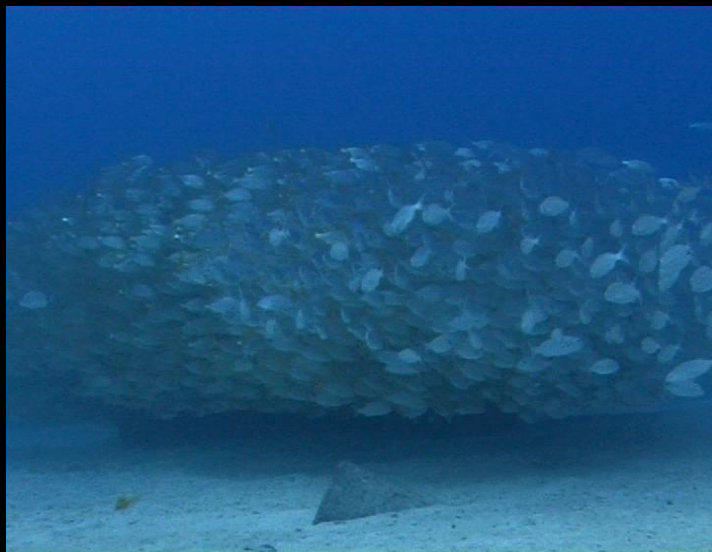
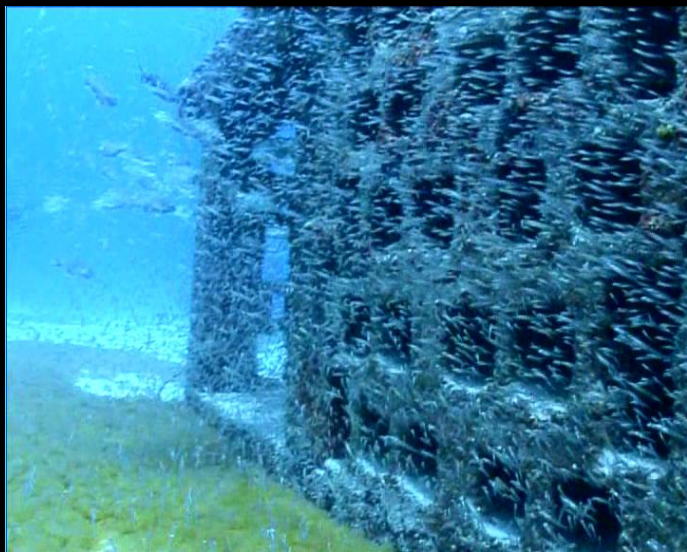


Figura 10. Las especies de peces que se agregan a los módulos de los arrecifes artificiales son muy diversas, desde pequeños alevines de múltiples especies hasta grandes chuchos que merodean por entre los módulos.

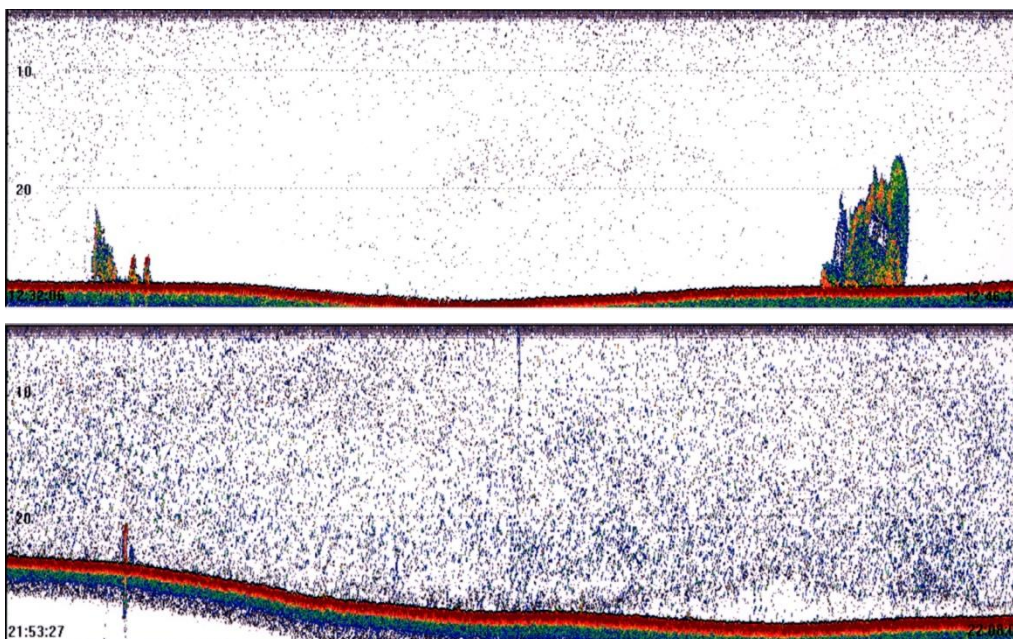


Figura 11. Perfil acústico generado por los peces agregados sobre los módulos del arrecife artificial de Gran Tarajal, a las 12:32 h (imagen superior) y 20:18 h (imagen inferior) del día 10 de mayo de 2005. Ecograma registrado a una frecuencia de 120 kHz (Autor: Fernando Bordes Caballero). Se observa que durante la noche prácticamente no hay agregaciones de peces sobre los módulos del arrecife artificial.

Figura 12.- Módulo de Santa Águeda (Arguineguín, 2007) cubierto de la eriza *Diadema africanum*. Se estimó una abundancia entre 1 y 40 individuos por m².



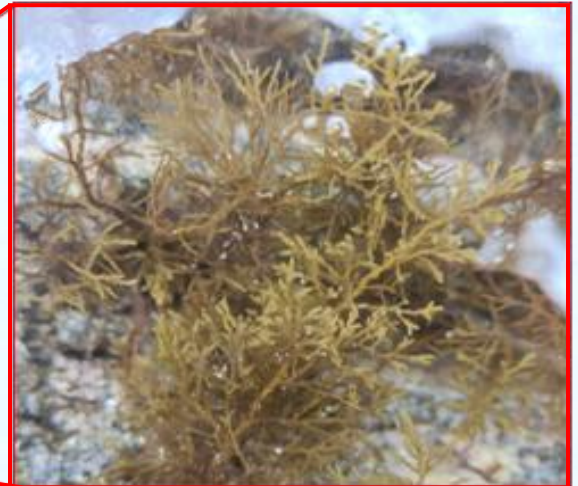
Entre 2009 y 2011, en la Bahía del Confital, se hicieron ensayos de colonización de sustratos y nuevos materiales artificiales con excelentes resultados, que aun hoy en día siguen ofreciendo posibilidades para evaluar los rendimientos y el debate siempre abierto en torno al control ejercido por *Diadema africanum* sobre otros organismos sésiles fijados a estos sistemas.

Una adecuada estrategia de gestión

Los módulos de producción ofrecen refugio para alevines y juveniles, además de favorecer la disponibilidad de alimento y generar un incremento de la biomasa mediante la reducción de la mortalidad natural de estas primeras fases de vida de los peces litorales. Pero, una óptima gestión se alcanzaría si la mortalidad por la pesca es inferior al incremento de las tasas de supervivencia que se han obtenido debido a una reducción en la mortalidad natural. Y es aquí donde se tiene el punto clave, en la implementación de una regulación estricta del acceso de la flota de pesca a los arrecifes, y a las zonas cercanas que están influenciadas por este. Es necesario ordenar estos ecosistemas artificiales de igual forma que si de una reserva marina se tratase, con una zona integral y un área de amortiguamiento a su alrededor y restringir totalmente la pesca en la zona integral del arrecife, donde se encuentran los módulos instalados. Pero también es importante hacer una labor de concienciación entre los pescadores, incluidos los de carácter recreativo, así como elaborar un manual de buenas prácticas y, entre otras cosas, construir un sistema de recopilación de información biológica y pesquera que permita dinamizar la gestión de estos espacios altamente sensibles.

Bibliografía

- (1) Seaman, J. W. (Jr). 2000. Artificial reef evaluation with application to natural marine habits. Ed. CRC press. 246 pp.
- (2) FAO 2021. Fish Aggregating Device (FAD). Text by J. Prado. Fisheries and Aquaculture Division [online]. Rome. [Cited Thursday, December 23rd 2021]. <https://www.fao.org/fishery/en/equipment/fad/en>
- (3) Ministerio de Medio Ambiente. 2008. Guía metodológica para la instalación de arrecifes artificiales. Secretaría Técnica, Ministerio de Medio Ambiente. https://www.miteco.gob.es/es/costas/temas/proteccion-medio-marino/Gu%C3%ADa%20metodol%C3%B3gica%20para%20la%20instalaci%C3%B3n%20de%20arrecifes%20artificiales_tcm30-157012.pdf
- (4) Castillo, R., Gómez, J.A, Guzmán, P. 1987. Experiencia de un biotopo artificial en la Bahía de Gando. Gran Canaria. Centro de Tecnología Pesquera, Excmo. Cabildo Insular de Gran Canaria.



Distribución espacial del alga *Cystoceira humilis* en charcos rocosos de la costa de Gran Canaria.

UNA ECUACIÓN MATEMÁTICA

para conocer cómo se distribuye
un alga en los charcos de marea

$$s^2 = am^b$$



Detalle de un ejemplar del alga parda *Cystoseira humilis*.

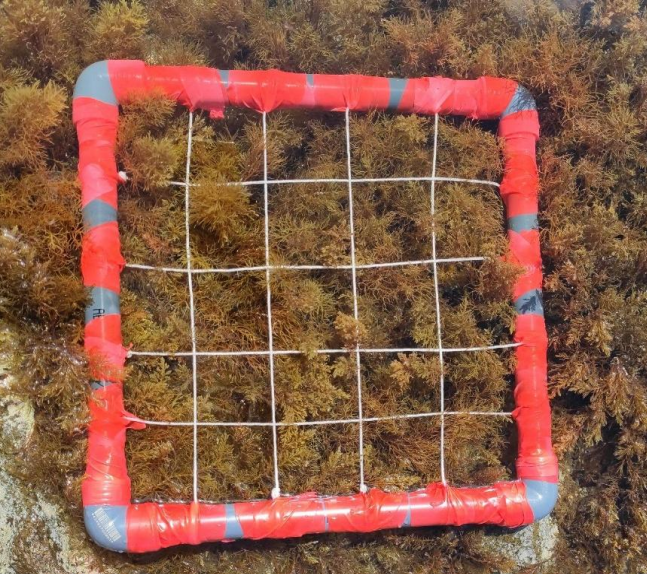
Ángela Gómez Alcañiz¹ y Rodrigo Riera Elena²

(1) Grado en Ciencias del Mar, Universidad Católica de Valencia, 46001 Valencia, España. (2) BIOCON, IU-ECOQUA, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, 35001 Las Palmas de Gran Canaria, España.

Las algas son organismos que realizan la fotosíntesis y son fundamentalmente acuáticos. Se pueden clasificar en tres tipos: algas rojas, verdes y pardas. Estas últimas tienen una gran importancia ecológica debido a que sirven como hábitat o refugio para otras especies. Dentro del grupo de las algas pardas, destacan los géneros *Fucus*, *Sargassum* y *Cystoseira*, debido a su abundancia. *Cystoseira* es un género ampliamente distribuido que se encuentra principalmente en las regiones templadas del hemisferio norte. Actualmente comprende al menos 42 especies, la mayoría de las cuales son endémicas de las regiones mediterránea o atlántico-mediterránea.

En las costas de estas regiones podemos encontrar diversas especies pertenecientes a este género, como por ejemplo *Cystoseira abies-marina*, que se distribuye a lo largo de la línea de costa, y *Cystoseira humilis* que está presente en charcos intermareales.

Cystoseira humilis se distribuye por todas las islas pertenecientes a la Macaronesia, siendo abundante en las Islas Canarias, aunque su extensión se ha visto disminuida respecto a la década de 1990. La disminución de esta especie sésil en el archipiélago canario puede ser debida a que se encuentra en sus límites de distribución latitudinal, en concreto en el límite meridional. Es especialmente abundante en plataformas litorales bien iluminadas en costas expuestas, predominando en charcos del litoral superior, cubriendo el fondo y las paredes de charcos protegidos y semiprotegidos^{1,2,3}.



Cuadrante de 50x50 cm utilizado en ecología para separar una unidad de área estándar, a modo de muestra, para el conteo de individuos y sus características, como parte representativa de una población distribuida por un área grande.

Las algas son organismos que realizan la fotosíntesis y son fundamentalmente acuáticos. Se pueden clasificar en tres tipos: algas rojas, verdes y pardas.

Un método para conocer la forma en la que se distribuye la *Cystoseira humilis* es aplicando la Ley de Taylor. Esta ley se basa en la relación empírica entre la varianza muestral, espacial o temporal (s^2) y la media muestral (m).

Pero, ¿cómo se sabe la forma en la que se distribuye esta alga? ¿Por qué parece que hay más en un charco que en otro?

Un método para conocer la forma en la que se distribuye esta alga es aplicando la Ley de Taylor. Esta ley se basa en la relación empírica entre la varianza muestral, espacial o temporal (s^2) y la media muestral (m)^{4,5}. Estos dos términos se relacionan mediante una ley de potencias: $s^2 = am^b$

Calculando el término b mediante una regresión lineal se conocerá el índice de agregación, que nos indicará la forma en la que se distribuye el alga, que puede ser de forma agregada, al azar o regular. La distribución agregada es la más común en la naturaleza y ocurre cuando se encuentra un alto valor de individuos en un sector o en diferentes sectores. Dos ejemplos de especies que muestran una distribución agregada son el plancton y la sardina (*Sardina pilchardus*) un pez pelágico clupeiforme que forma cardúmenes de muchos individuos⁶.

La distribución aleatoria es la menos común; la posición de cada individuo es independiente de los otros individuos. La nacra (*Pinna nobilis*) presenta este tipo de distribución⁶. Por último, la distribución regular se da por la necesidad de maximizar el espacio entre individuos debido a la competición por un recurso. Está condicionada por los factores ambientales o por la competencia. La anguila jardinera (*Heteroconger longissimus*) y la tellina (*Tellina tenuis*) son dos especies que presentan este tipo de distribución⁶.

Observamos que *Cystoseira humilis* se distribuye de forma regular en los charcos de marea en los que se encuentra presente, por lo que hay poca variación en el número de individuos por área.

Bibliografía

- (1) Betancor, S., Domínguez, B., Tuya, F., Figueroa, F.L., Haroun, R. 2015. Aquat. Bot., 121:16-25.
- (2) Buonomo, R., Chefaoui, R. M., Lacida, R. B., Engelen, A. H., Serrão, E. A., Airolidi, L. 2018. Mar. Environ. Res., 138:119-128.
- (3) Pardi, G., Piazzi, L., Cinelli, F. 2000. Bot. Mar., 43(1):81-86.
- (4) Taylor, L.R. 1961. Nature, 189 (4766):732-735.
- (5) Teixeira Roth, V., Sánchez Infantas, E. 2006. Ecol. Apl., 1-2(5):23-27.
- (6) Begon, M., Townsend, C., Harper, J. 2005. Ecology. From individuals to ecosystems, 4: Blackwell Publishers.

¿DICES O HACES?



HAZTE SOCIO/SOCIA

900 100 014 dicesohaces.org

Cada vez más cerca de las personas



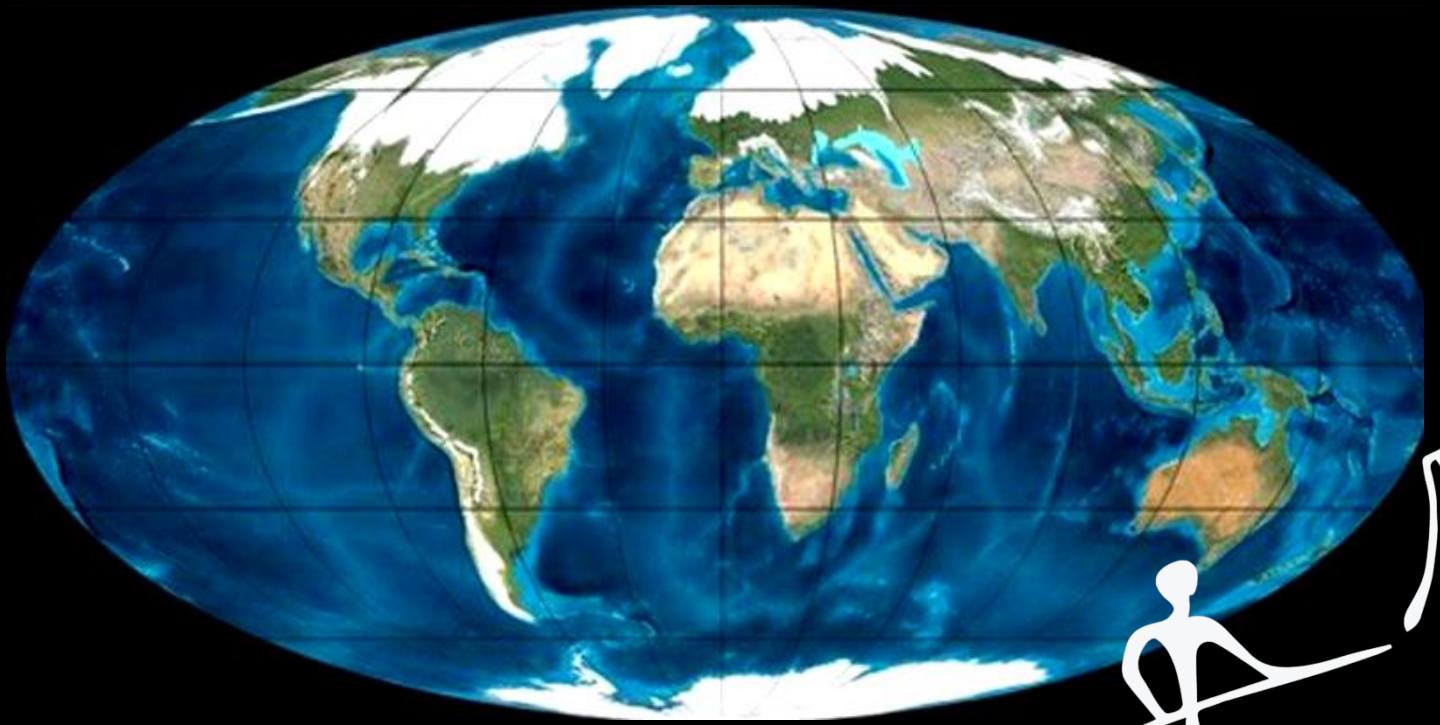


Figura 1. Mapa con la extensión de los hielos en la última glaciación hace unos 21.000 años. Las zonas heladas en el hemisferio norte alcanzaron Inglaterra e Irlanda, el norte de Europa y gran parte de Norteamérica. Proyecto CLIMAP, 1976.

Las Islas Canarias hace
21.000 años ¿cómo les afectó
**LA ÚLTIMA
GLACIACIÓN?**



La última Edad de Hielo, conocida como ICE AGE por las populares películas de animación, se extendió desde hace unos 70.000 años hasta hace 12.000 años, dando paso al periodo interglacial actual, llamado Holoceno.

Alejandro Lomoschitz Mora-Figueroa

Instituto de Oceanografía y Cambio Global, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, Unidad Asociada ULPGC-CSIC, 35017-Las Palmas de Gran Canaria, España.
alejandro.lomoschitz@ulpgc.es

Este artículo describe cómo serían las Islas Canarias en el momento más frío de la última glaciación, es decir, hace unos 21.000 años, teniendo en cuenta como debieron ser las condiciones climáticas del archipiélago y su paleogeografía. Para una persona corriente, 21.000 años pueden parecer muchos años. Sin embargo, esa época tiene un significado paleoclimático y paleoecológico especial, pues en Europa y Norte América se alcanzaron las temperaturas más bajas de nuestro planeta dentro de la última glaciación, que se extendió entre hace unos 70.000 años y unos 12.000 años. Esa Edad de Hielo, popularmente conocida por las películas de animación como *ICE AGE*, la asociamos con facilidad a la presencia de grandes mamuts, o elefantes lanudos, tigres “dientes de sable” y osos cavernarios, siempre envueltos de un ambiente gélido, inhóspito y hostil. Pero, curiosamente, durante esa Edad de Hielo también se produjeron las primeras expresiones artísticas de nuestros ancestros, en forma de bellas pinturas de bisontes, caballos, ciervos, etc. y con frecuentes escenas de caza, que han quedado plasmadas en numerosas cuevas, como las de Altamira, en Cantabria, o las cuevas de Lascaux y de Chauvet en Francia, y que son valiosos testimonios del Paleolítico superior.

Además, sabemos que el *Homo sapiens* pervivió a esa glaciación, y al menos a otras dos anteriores, pues su aparición como especie se sitúa por el momento hace unos 315.000 años. También sabemos que convivió con el *Homo neanderthalensis* entre hace 230.000 y 40.000 años, y que, sin embargo, los neandertales no pudieron sobrevivir a esa última Edad de Hielo. Existen diversas hipótesis. Pudo ser por tener menor capacidad de adaptación, por falta de recursos o por vivir en competencia con el *Homo sapiens*. En cualquier caso, este último es el que ha pervivido como *Homo* dominante hasta nuestros días, diversificado en multitud de razas humanas.

No obstante, en Canarias no se conocen con certeza vestigios de pobladores tan antiguos, aunque si aparecen restos arqueológicos de esa época en la Península Ibérica y en Eurasia.

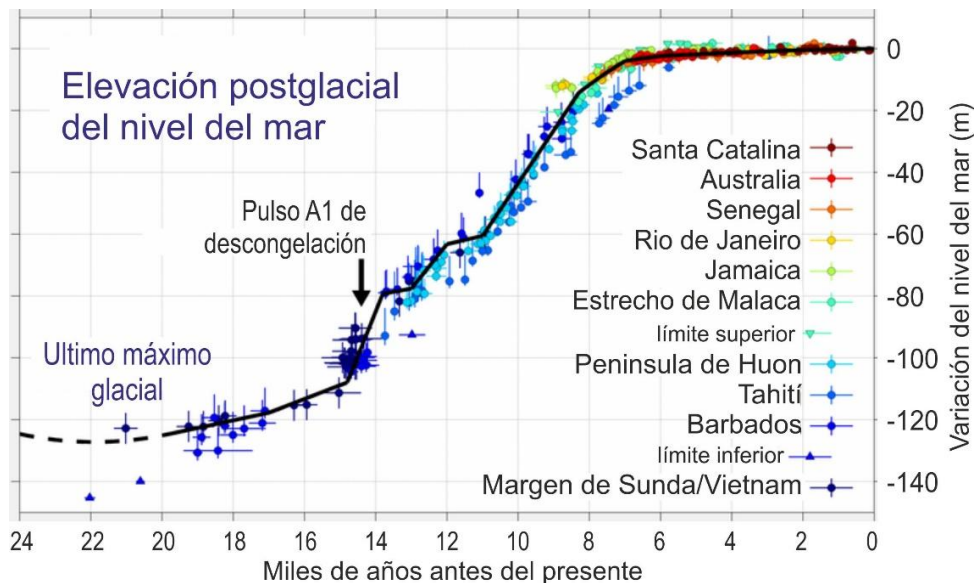


Figura 3. Subida del nivel medio del mar a partir del último máximo glacial, hace unos 21.000 años. Las inflexiones de la curva indican pulsos de aumento en la velocidad de ascenso, consecuencia de un aumento en el volumen de agua por la fusión de los hielos polares. El cambio de tendencia a los 11.700 años indica el comienzo del Holoceno, período Interglacial actual. Imagen creada por Robert A. Rohde. Global Warming Art/CC-BY-SA-3.0/GFDL.

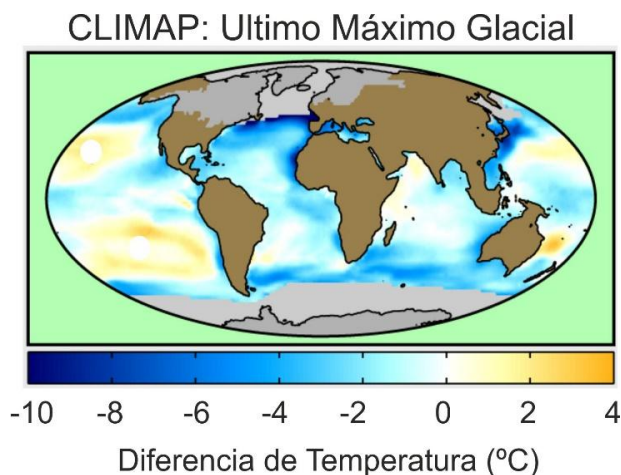


Figura 2. Diferencias de temperaturas del Último Máximo Glacial respecto a las temperaturas medias actuales. Proyecto CLIMAP, 1981.

Origen geológico de las plataformas insulares

Entonces, ¿qué importancia puede tener lo que ocurriera en Canarias hace 21.000 años? La importancia radica en que los estudiosos de los paleoclimas (climas de épocas pasadas) saben bien que los 21.000 años marcan la época del último máximo glacial, conocido por sus siglas en inglés, LGM, *Last Glacial Maximum* (Fig. 1). Es decir, el LGM es el estadio más frío dentro de la última glaciación (Fig. 2) que, con bastantes fluctuaciones, afectó a nuestro planeta desde hace 70.000 años hasta los 11.700 años, que marcan el inicio del Holoceno, o estadio interglacial actual. El Holoceno se caracteriza por tener climas mucho más cálidos y templados, según las regiones, que la última glaciación.

Los científicos también han podido demostrar que a cada glaciación le acompañó una bajada importante del nivel de los océanos, debido a que gran parte del agua de la hidrosfera estaba convertida en hielo. Al menos cuatro glaciaciones han tenido lugar en el Cuaternario reciente. Y existen registros geológicos que atestiguan que, tras el último máximo glacial, hace unos 21.000 años, se produjo una bajada de -120 m de promedio por debajo del nivel medio del mar actual (Fig. 3).

Por otro lado, en los mapas que incluyen la topografía submarina en torno a las islas Canarias puede verse que los márgenes insulares incluyen una marcada plataforma sumergida, a modo de escalón amplio y plano, ligeramente inclinado, y que supera los -100 m de profundidad (Fig. 4). En algunas islas, como Gran Canaria y La Gomera, esta plataforma sumergida es bastante regular y muy amplia¹, con una anchura de 4 a 10 km, indicando largos periodos de abrasión marina². También en los márgenes de Lanzarote y Fuerteventura la plataforma es muy patente y presenta amplitudes variables, de 2 a 20 km, mientras que en el resto de las islas su extensión es muy reducida.

Estas actuaron erosionando las costas cuando el nivel del mar estaba mucho más bajo que el nivel del mar actual. Y las plataformas de abrasión resultantes pudieron producirse durante la última glaciación, o bien ser morfologías heredadas de glaciaciones anteriores. En cualquier caso, esas plataformas de abrasión quedaron emergidas durante la última glaciación, cuando el nivel del mar bajó hasta los -120 m y se mantuvo por debajo de los -100 m más de 6000 años (Fig. 3).

Los geólogos y geomorfólogos marinos interpretan esta plataforma sumergida de los márgenes insulares como un elemento geomorfológico bien diferenciable, que fue producido por la abrasión marina de las olas en combinación con las mareas.

Durante el último máximo glacial, hace unos 21.000 años, el mar estuvo -120 m. por debajo del nivel del mar actual. Así lo demuestran testimonios geológicos diversos del océano Atlántico, del Índico y del Pacífico.

Hasta aquí, las plataformas insulares pueden considerarse elementos geomorfológicos de primer orden, por su morfología y dimensiones, y pueden relacionarse con estadios glaciares antiguos. Pero, ¿de qué forma han podido influir en la configuración actual del relieve de las islas?

El último máximo glacial en Europa continental y norte de África

El último máximo glacial (LGM), con un pico hace unos 21.000 años, pertenece a una de las glaciaciones más pronunciadas de los últimos 2,6 Ma (Ma: millones de años) de la historia de la Tierra. Es decir, desde el inicio del Cuaternario. Conviene destacar que en torno a esos 2,6 Ma el clima terrestre entra en una secuencia de ciclos glacial-interglacial, en la que se suceden periodos fríos (glaciales) en alternancia con periodos cálidos (interglaciales), que no se había dado antes.

Las características principales del LGM fueron: 1) la temperatura media global descendió unos 5°C respecto a los valores actuales; 2) en el hemisferio norte, existieron dos amplias capas de hielo, una que descendió hasta las latitudes medias de Norte América, y la otra que cubrió las regiones Fino-escandinavas y la mitad norte de Inglaterra e Irlanda. Por su parte, los glaciares de los Alpes y Pirineos aumentaron notablemente en extensión y espesor; 3) el nivel medio del mar estaba unos 120 m más bajo que el actual; 4) las comunidades vegetales eran muy diferentes a las actuales, persistiendo en Europa continental aquellas adaptadas a climas fríos, propias de la tundra, la estepa y en las zonas de bosque, principalmente coníferas; y 5) las comunidades ani-

males también fueron muy diferentes a las actuales³. Pero, ¿cuál era el aspecto de los paisajes durante la última glaciación? En el hemisferio norte, la enorme cubierta de hielo alcanzó los 3000 m de espesor, principalmente en el norte de Europa, y el relieve resultante de Groenlandia era muy plano y uniforme.

Las zonas del sur de la cubierta de hielo alcanzaron donde hoy está Berlín y casi llegaron a donde está Londres. Con el nivel del mar a unos -120 m, e incluso -130 m, por debajo del nivel del mar actual quedó emergida gran parte de la plataforma continental en torno a las costas. Se ampliaron notablemente las superficies emergidas y las conexiones por tierra de la fauna. Por ejemplo, el Canal de la Mancha quedó emergido, dejando unidos por tierra lo que hoy es Francia, Inglaterra e Irlanda, así como gran parte del Mar del Norte, que quedó emergido en el sur y cubierto de hielo en el norte. En consecuencia, hace unos 21000 años Europa continental, Inglaterra e Irlanda estaban unidas y los cazadores-recolectores podían atravesarlas a pie o con sus animales. Por su parte, los frentes glaciares de los Alpes europeos avanzaron varios cientos de kilómetros, respecto a sus límites actuales, y muchos valles alpinos yacían bajo más de 1000 m de hielo.

Por otra parte, en el norte de África durante el LGM se alcanzó la máxima aridez. De hecho, gran parte del mundo en esa época era frío, seco e inhóspito, con frecuentes tormentas y con una atmósfera cargada de polvo. La mayoría de los desiertos del mundo se expandieron.

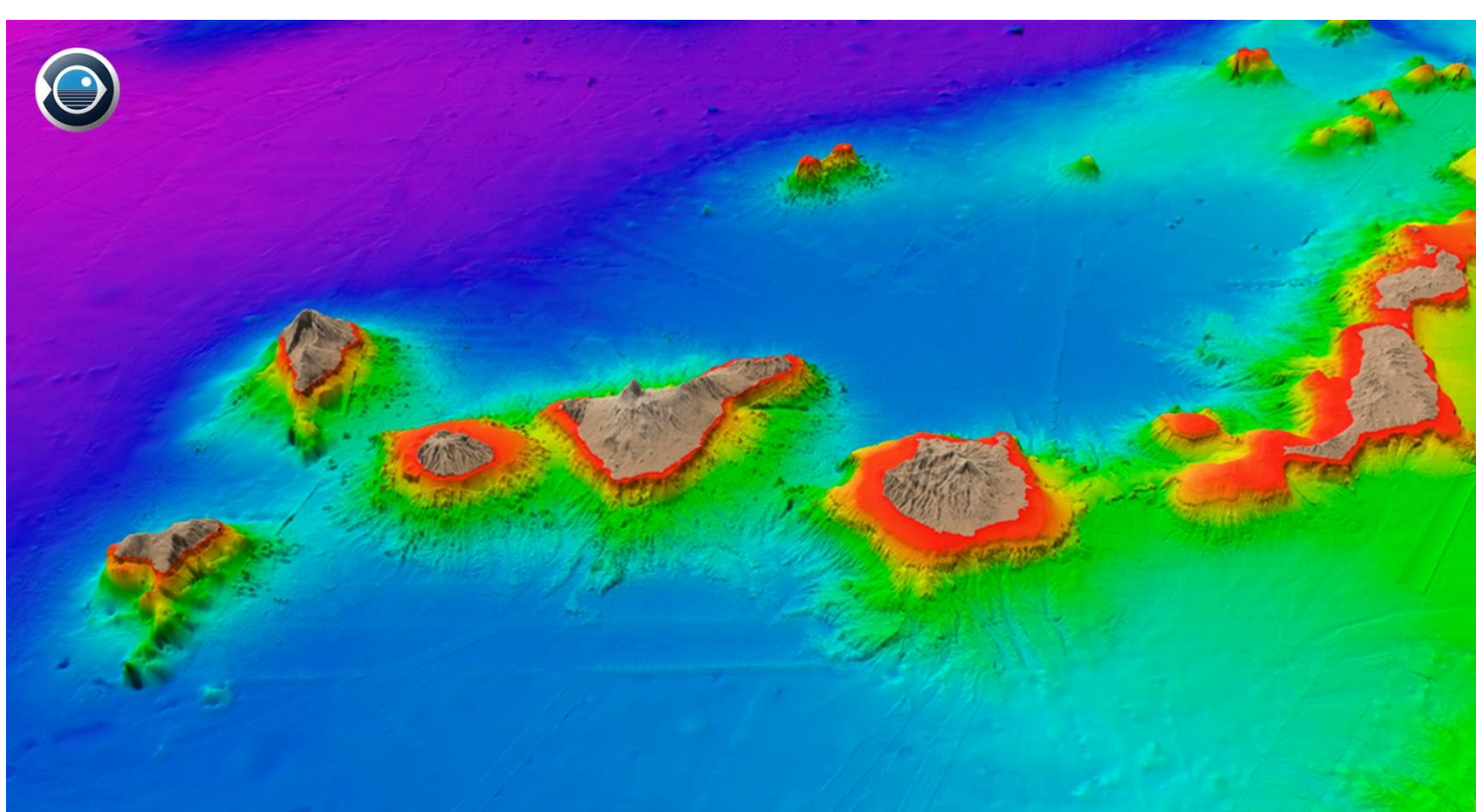


Figura 4. Modelo Digital de Elevaciones del Archipiélago Canario que muestra el relieve de los fondos marinos, generados a partir de datos adquiridos con ecosonda de multihaz. La topografía submarina hasta aprox. -100 m (franja roja o naranja fuerte) muestra un resalte o plataforma sumergida. Ésta debió formarse por abrasión costera en épocas geológicas pasadas, cuando el nivel del mar descendió notablemente, a consecuencia de las glaciaciones. La información batimétrica ha sido procesada por el IEO y adquirida en colaboración con otros organismos en el marco de distintos proyectos en los que el IEO ha participado (Imagen cortesía del IEO, Instituto Español de Oceanografía).



Figura 5. Situación de los registros paleoclimáticos principales del Atlántico, obtenidos a partir de testigos de perforación profunda en sedimentos marinos (ODP: Ocean Drilling Program) y en hielos de la Antártida (Vostok) y de Groenlandia (GISP2).

En la franja Nord-atlántica y mediterránea de África (actuales Marruecos y Argelia) la vegetación era de tipo tropical semidesértica; mientras que el Sahara era desértico tropical extremo. Salvo algunas zonas elevadas, donde se formaron pequeños glaciares de montaña, el Sahara y otros desiertos de arena de África se expandieron notablemente.

Respecto a las poblaciones del norte de África, se han podido establecer conexiones indirectas con los antiguos pobladores canarios. Aunque de los primeros pobladores de Canarias no se han encontrado vestigios directos que se remontan al último máximo glacial. Sin embargo, si se tiene constancia de que hace unos 20.000 años grupos de pastores nómadas habitaban una extensa región del norte de África, desde el océano Atlántico hasta Libia y desde el Mediterráneo hasta el Sahel. Y estos grupos étnicos, denominados bereberes, compartieron un mismo grupo de lenguas bereberes, o “amazigh”, con los primeros canarios.

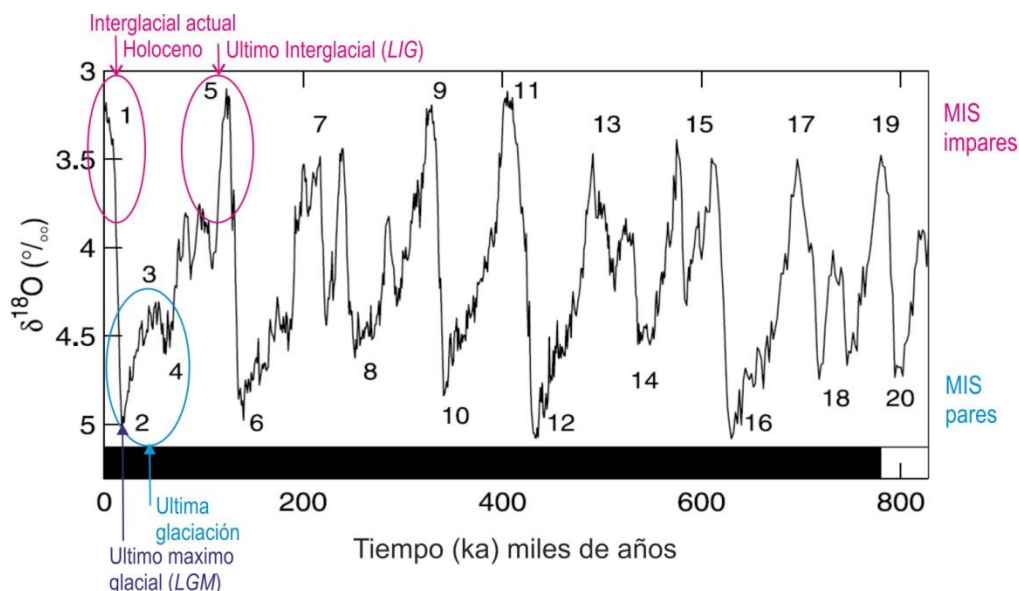


Figura 6. Representación de los períodos MIS (*Marine Isotope Stages*) identificados a partir del $\delta^{18}\text{O}$ de los foraminíferos bentónicos de registros distribuidos globalmente (Lisiecki y Raymo, 2005). Los MIS pares son períodos glaciales (o glaciaciones), cuyos valores más pronunciados corresponden al MIS2 (la última glaciación, entre los 11.700 y 70.000 años) y a los MIS6, MIS10, MIS12 y MIS16 (las glaciaciones anteriores). Y los MIS impares son períodos interglaciales, siendo MIS1 el más moderno, interglacial Holoceno actual, que comprende los últimos 11.700 años.

Registros paleoclimáticos del Atlántico

Con el fin de reconstruir las oscilaciones del clima a lo largo del Cuaternario se utilizan “proxies”, que son indicios o medios indirectos, de varios tipos. Especialmente los *proxies* basados en las variaciones de los isótopos de oxígeno con el tiempo (Oxígeno-18/Oxígeno-16, $\delta^{18}\text{O}$ ‰) han revolucionado nuestra forma de comprender los cambios climáticos del pasado geológico.

Por un lado, se han utilizado los testigos de perforación de sedimentos marinos con sus foraminíferos fósiles y el análisis de *alquenonas* (moléculas biomarcadoras que indican la temperatura de formación), que han permitido reconstruir las temperaturas superficiales marinas (SST, *Sea Surface Temperature*). Y, por otro lado, se han empleado los registros de testigos (o núcleos) de hielo perforados en la Antártida y en Groenlandia (Fig. 5). El análisis químico de las burbujas de aire atrapadas en el hielo permite tener acceso a los cambios químicos producidos en la atmósfera a lo largo de miles de años, junto a las variaciones locales de la temperatura del aire.

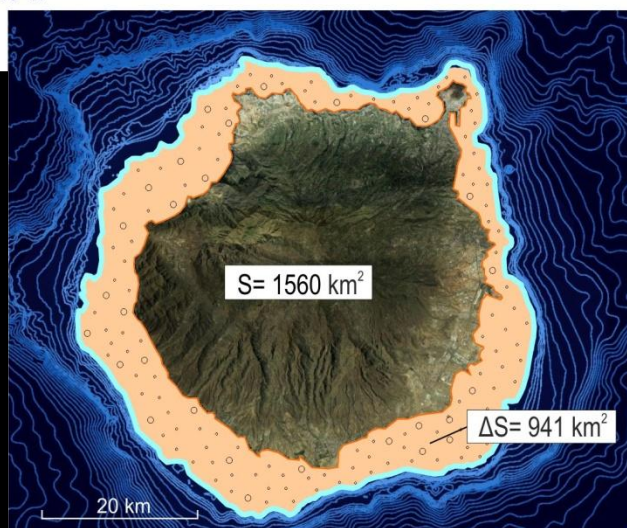
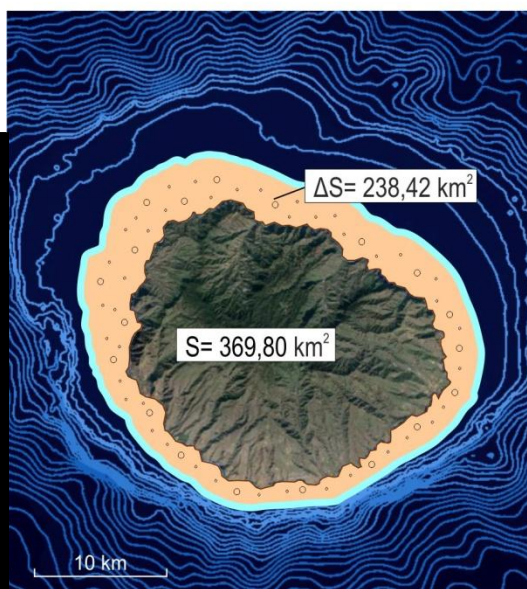
Estos dos tipos de *proxies* tienen la gran ventaja de haber sido depositados de forma continua, durante largos periodos de tiempo, dando acceso a una lectura continua de los cambios climáticos del pasado. En el Atlántico, los registros paleoclimáticos más empleados en la actualidad son los de GISP-2, perforación en el hielo de Groenlandia, y los del ODP658, perforación en sedimentos marinos frente a la costa de Mauritania (Fig. 5).

La mayoría de los registros del Cuaternario de testigos de hielo comprenden los últimos 420 ka (ka: miles de años), e incluso estudios recientes alcanzan los 800 ka, cubriendo desde el Pleistoceno medio hasta el Holoceno (Fig. 6). Sin embargo, las edades de los registros de sedimentos marinos alcanzan los 5,2 Ma (Ma: millones de años), es decir, se extienden hasta el Plioceno inferior.

Geomorfología de las islas Canarias durante la última glaciación

A partir de la observación de la figura 4, que muestra la topografía emergida y sumergida del archipiélago canario, se obtiene una visión bastante clara de la geomorfología de los márgenes insulares. En este apartado se hace una reconstrucción de la paleogeografía de las islas durante la última glaciación, con el propósito de obtener una “foto fija” de cómo eran hace unos 21.000 años. Aunque la configuración del paisaje insular pueda resultar difícil de reconstruir en detalle para aquella época, se puede realizar una reconstrucción por islas basada en dos argumentos: primero, si hace 21.000 años el nivel del mar estaba -120 m más bajo que el actual, a partir de la topografía submarina podríamos obtener las áreas que entonces estaban emergidas. Y, segundo, sería conveniente añadir algunos testimonios geológicos de confirmación, para sustentar la reconstrucción.

Para obtener la “foto fija” de hace 21.000 años del archipiélago bastaría hacer un sencillo “ejercicio” que consiste en rebajar el nivel del mar hasta



los -120 m y mostrar cual sería la geomorfología resultante. Las figuras 7 y 8 son ejemplos de este ejercicio. Dado que durante la última glaciación el nivel del mar estuvo por debajo de los -100 m al menos durante 6000 años (Fig. 3), se ha decidido tomar la isobata -100 m como representativa para definir los contornos de la línea de costa de aquella época.

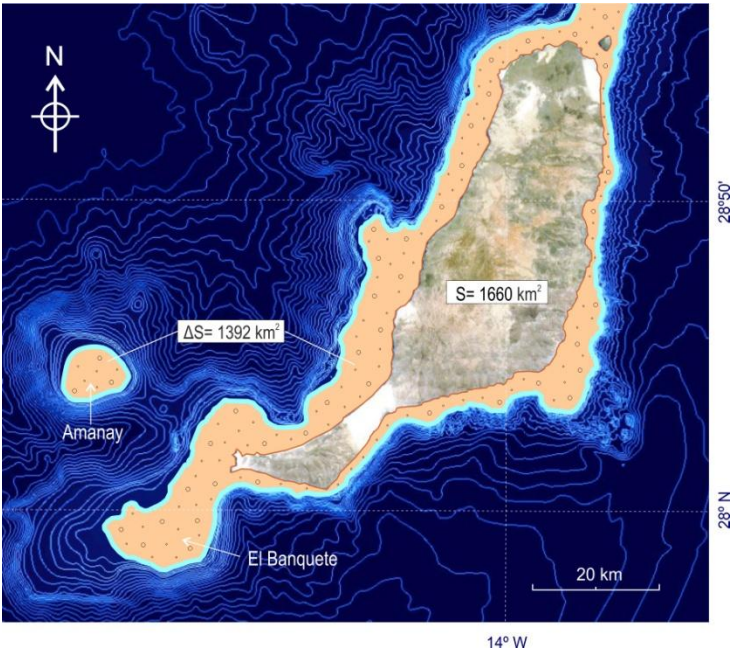
Una vez marcado el contorno en cada isla de las áreas que estuvieron emergidas en el último máximo glacial (LMG) (Figs. 7 y 8), se han podido medir las superficies que quedaron emergidas en aquella época, en forma de incremento de áreas (ΔS), en extensión (km^2) y en porcentaje (%), y se han obtenido unas cifras notables. A partir de los valores de la Tabla 1 se desprenden las siguientes conclusiones: 1º) La topografía submarina indica que hace 21.000 años cinco de las islas (La Gomera, Tenerife, Gran Canaria,

Lanzarote y Fuerteventura) dejaron expuestas al aire entre 238 y 1392 km^2 de plataforma insular, mientras que La Palma y El Hierro apenas aumentaron su zona emergida; 2) en cuatro de las islas, el incremento de la superficie emergida superó el 60% y en dos de ellas estuvo próximo al 80%; 3) en extensión, el incremento de la superficie emergida estuvo entre 455 km^2 y 1392 km^2 ; 4) la suma de las áreas que dejaron de estar sumergidas en el archipiélago canario durante el LMG alcanzó los 3706 km^2 ; y 5) en las islas con una plataforma extensa (LG, GC, FV y LZ) el ΔS promedio en porcentaje fue del 62% y en su conjunto, contando todas las islas, de casi el 45%.

Y, en segundo lugar, se aportan testimonios geológicos de dos tipos que corroboran esa posición relativa del nivel del mar, de al menos -100 m por debajo del nivel del mar actual. El testimonio más destacado lo encontramos en el tubo volcá-

Figura 7. Ortofotos y topografía submarina de las islas de La Gomera y Gran Canaria, obtenida de la cartografía de GRAFCAN-IEO, escala 1:500.000. Entre la línea de costa actual y la isobata -100 m se han dibujado unas franjas de terreno (color beige claro). Durante la última glaciación a las áreas de las zonas emergidas actuales (S) se sumaron esas franjas de terreno, que supondrían un incremento significativo en las superficies emergidas (ΔS). Este incremento supuso un aumento superior al 60% en las superficies emergidas de estas dos islas.

Figura 8. Ortofoto y topografía submarina en torno a la isla de Fuerteventura, obtenida de la cartografía de GRAFCAN-IEO, escala 1:500.000. Entre la línea de costa actual y la isobata -100 m se han establecido unas franjas de terreno (color beige claro) que corresponden a las áreas que quedaron emergidas durante la última glaciación. Además de una amplia plataforma en torno a Fuerteventura, de 2 a 8 km de ancho, quedaron emergidos los montes submarinos de Amanay y El Banquete, cuyo relieve superior es marcadamente plano, en forma de meseta, y testimonia la acción erosiva del mar que actuó labrando amplias plataformas de abrasión. El incremento de las superficies emergidas (ΔS) hace unos 21.000 años entorno a Fuerteventura fue del 84%.



Isla	S actual (Km ²)	ΔS (Km ²)	ΔS (%)	S LGM (Km ²)
Lanzarote	845,90	663,1	78,39	1509
Fuerteventura	1660	1392	83,86	3052
Gran Canaria	1560	941	60,32	2501
Tenerife	2034	455	22,37	2489
La Gomera	369,80	238,42	64,47	608,22
La Palma	708,32	14,16	~2	722,48
El Hierro	268,71	2,69	~1	271,40
Suma	7446,73	3706,37	---	11153,10

Tabla 1. Incremento de la superficie de las Islas Canarias durante el último máximo glacial (LGM), hace unos 21.000 años, respecto a las superficies actuales.

nico del Volcán Corona en el norte de Lanzarote. Dicho tubo volcánico es bien conocido como atracción turística, pues “asoma” a la superficie en la zona de los Jameos del Agua. Las observaciones geológicas han permitido reconocer que este conducto discurre desde el Volcán Corona en dirección este, alcanza 7,6 km de longitud y tiene en sección diámetros variables, de hasta 25 m, y se formó en las primeras fases de la erupción. Actualmente, el último tramo de 1,6 km está sumergido, finalizando a una profundidad de más de -80 m bajo el nivel del mar actual⁴. Estos autores obtienen una edad media radio-isotópica para las lavas que constituyen el tubo de 21 +/-6,5 ka (ka: miles de años); además, consideran que el tubo volcánico no habría podido progresar, mediante un flujo de lava interno, circulando por un medio subacuático, porque la lava se habría enfriado y habría dejado de fluir.

El último periodo glacial produjo en Canarias un incremento notable de la superficie de las islas, con un aumento promedio del 45%, llegando a tener unos 11.154 km² en vez de los 7.447 km² actuales. Las islas de Gran Canaria, La Gomera, Lanzarote y Fuerteventura estaban rodeadas de una amplia plataforma con extensas playas arenosas.

Son efectos de la última glaciación el gran espesor de sedimentos de los barrancos de decenas de metros cerca de su desembocadura y, singularmente, el tubo volcánico del Volcán Corona, Lanzarote, que se adentra en el mar hasta una profundidad de más de -80 m. Su formación coincidió con un pronunciado descenso del nivel del mar durante el último periodo glacial, hace unos 21.000 años.

Sin embargo, concluyen que la lava fluyó sobre una plataforma costera emergida, de al menos 1,6 km de ancho, y discurrió hasta una cota al menos -80 m más baja que la costa actual. Todo ello indica que la formación del tubo volcánico coincidió con un pronunciado descenso del nivel del mar durante el último periodo glacial, hace unos 21.000 años.

Otro testimonio geológico, de la influencia en Canarias de la bajada del nivel del mar durante las glaciaciones, lo constituyen los potentes depósitos aluviales próximos a la desembocadura de los barrancos, cuya base queda muy por debajo del nivel del mar actual. Estos depósitos indican un encajamiento notable de los barrancos pues dejaron espesores de depósitos aluviales de decenas de metros. Por ejemplo, en Valle Gran Rey, al oeste de La Gomera, los depósitos aluviales tienen unos 40 m de espesor; en el barranco de San Nicolás, oeste de Gran Canaria, superan los 85 m y en el abanico deltaico del barranco de Tirajana, sureste de Gran Canaria, alcanzan los 100 m.

Causas de la variada anchura de las plataformas insulares

Además, quedaría por encontrar una posible explicación a la diferente amplitud de las plataformas insulares. Según se indicó antes, en los márgenes insulares de La Gomera, Gran Canaria, Fuerteventura y Lanzarote existe una amplia plataforma, de 2 a 20 km de anchura, sumergida a más de -100 m de profundidad¹, que indicaría que existieron largos periodos de abrasión marina en el pasado², cuando el nivel del mar estaba muy por debajo del actual. Sin embargo, esas amplias plataformas contrastan con la reducida anchura que tienen en las otras islas principales (El Hierro, La Palma y Tenerife) donde apenas configuran un pequeño escalón.

A continuación, se plantean diversas causas que podrían justificar el mayor o menor desarrollo de las plataformas insulares y los procesos geológicos que pudieron actuar en su formación. Primero, las diferentes anchuras de las plataformas insulares podrían atribuirse al diferente estado de crecimiento de los edificios insulares. Varios autores⁵ consideran tres grupos de islas en el archipiélago canario según su grado de evolución erosiva, al comparar el volumen de materiales volcánicos emitidos y la relación de aspecto (altura/base) de cada isla con las edades de las rocas volcánicas emergidas más antiguas (edades en Ma: millones de años). Estos grupos son: 1) Fuerteventura (20,6 Ma), Lanzarote (15,5 Ma), Gran Canaria (14,5 Ma) y La Gomera (12,0 Ma) que son claramente islas antiguas, cuyos edificios subaéreos han sido afectados por la erosión de forma prolongada y se encontrarían en una etapa senil. (2) Tenerife (11,6 Ma), la isla más alta y voluminosa, está en una etapa de máximo crecimiento, y no presenta aun signos notables de erosión en sus márgenes sumergidos. Y, por último, (3) las islas de La Palma (1,77 Ma) y El Hierro (1,12 Ma) son con diferencia las islas más modernas y están ambas aun en una etapa juvenil de crecimiento. Las islas del grupo 1 tienen amplias plataformas insulares y además sus rocas emergidas son antiguas, entre 20,6 y 12 Ma. Sin embargo, Tenerife, incluida en el grupo 2, es un caso singular, pues aun contando con edificios volcánicos antiguos, del Mioceno superior y del Plioceno, no presenta en su margen insular una amplia plataforma. Esto indica que Tenerife no ha permanecido estable durante un periodo prolongado de tiempo, que permitiera tallar por abrasión marina en sus márgenes una amplia plataforma. Estudios de geofísica profunda, realizados en las Islas Canarias⁶, han revelado que existe una depresión litosférica centrada en la isla de Tenerife y

que debió actuar provocando un hundimiento de hasta -500 m en el edificio insular de Tenerife⁷ y una flexión de la litosfera en los alrededores. La isla de Tenerife desde hace 3.5 Ma ha estado sometida a cargas isostáticas muy variables, a lo largo de su compleja historia geológica, y las reacciones de la litosfera a esas cargas han debido ser muy cambiantes en el tiempo. Todo ello pudo contribuir a una falta de estabilidad en la vertical y, en consecuencia, justificaría la ausencia de plataforma insular.

Otra causa, que se considera necesaria, es la abrasión marina de las costas pues, habiendo actuado durante intervalos de tiempo prolongado, facilitó el desarrollo de las plataformas insulares, hoy sumergidas. Y esta abrasión, como se dijo antes, tuvo lugar durante los periodos glaciales, cuando el nivel del mar estaba decenas de metros más bajo que el nivel del mar actual.

No obstante, todas las Islas Canarias, al superar el millón de años de antigüedad, debieron estar afectadas al menos por los cinco últimos periodos glaciales del Pleistoceno. El más reciente corresponde a la última glaciación (o etapa MIS2, MIS: *Marine Isotope Stage*) y tuvo lugar entre hace 12.000 y 70.000 años. Y las glaciaciones principales anteriores (MIS6, MIS10, MIS12 y MIS16), se produjeron hace entre 150 y 700 ka (ka: miles de años). Es decir, en su conjunto, abarcarían el Pleistoceno medio y superior (Fig. 6).

Todas estas etapas glaciales produjeron bajadas del nivel del mar que alcanzaron los -100 m por debajo del nivel del mar actual y mantuvieron su influencia durante miles de años. Es decir, todas, o parte de ellas, pudieron ser responsables de la erosión o retrabajamiento de la costa, para dar como resultado final el relieve submarino que encontramos hoy. En consecuencia, las plataformas submarinas actuales pueden ser formas heredadas, resultado de uno o varios periodos glaciales, que tuvieron lugar durante el Pleistoceno medio y superior. Tampoco se puede descartar que sean formas heredadas de épocas anteriores, del Pleistoceno inferior o el Gelasien-se que se extienden hasta hace 2,6 Ma, el inicio del Cuaternario. Pero es improbable que sean más antiguas, pues precisamente con el inicio del Cuaternario se establece la alternancia climática entre etapas glaciales e interglaciales. Este último razonamiento permitiría justificar la ausencia de plataforma insular en torno a La Palma y El Hierro, pues ambas se originaron hace más de 1 millón de años.

Las plataformas submarinas actuales pueden ser formas heredadas, resultado de uno o varios periodos glaciales, que tuvieron lugar durante el Pleistoceno. Las plataformas insulares en Canarias deben su origen geológico a la combinación de la estabilidad vertical y la acción erosiva del mar, mantenidas durante un prolongado periodo de tiempo.

La ausencia de plataforma insular en Tenerife, La Palma y el Hierro, puede atribuirse a los grandes deslizamientos que afectaron a sus flancos y que se sucedieron a lo largo del Cuaternario. Estos deslizamientos gigantes modificaron el relieve costero e impidieron la estabilidad necesaria de las vertientes, prolongada en el tiempo, para que progresaran las plataformas de abrasión marina.

Tomadas en conjunto las posibles causas arriba descritas, puede concluirse que las plataformas insulares en Canarias deben su origen a la combinación de la estabilidad vertical y la acción erosiva del mar, mantenidas durante un prolongado periodo de tiempo. Los periodos glaciales produjeron las plataformas de abrasión originales, hoy sumergidas a unos -100 m bajo el nivel del mar actual, y que pudieron ser retrabajadas en sucesivos periodos glaciales a lo largo del Cuaternario. Y respecto a las islas de Tenerife, La Gomera y El Hierro, donde las plataformas son casi inexistentes, pueden aducirse dos hipótesis:

1) falta de estabilidad en la vertical, con fluctuaciones repetidas en el tiempo, por fenómenos isostáticos; 2) que no fueran afectadas por las principales glaciaciones del Cuaternario, de los últimos 700 ka, ni tampoco por etapas glaciares anteriores. Con los conocimientos actuales, la primera hipótesis resulta la más probable.

Los sedimentos sobre las plataformas insulares

También debe hacerse una reflexión acerca de los depósitos sedimentarios que están sobre la plataforma insular de las islas, toda vez que son superficies planas con leve inclinación y que facilitan la deposición y acumulación de sedimentos.

Hay estudios recientes centrados en el margen insular de Gran Canaria, en sus rasgos geomorfológicos⁸ y en las características de los sedimentos superficiales de la plataforma sumergida de esta isla⁹. Estos permiten concluir que: 1) a una profundidad media de -100 m se produce el cambio de pendiente del borde de la plataforma insular, si bien la profundidad máxima alcanza los -300 m; 2) en su mayoría, hay arenas medias y finas, poco carbonáticas, y con selección entre moderada y pobre, que se localizan al NW, N, E y SE de la isla; y 3) los sedimentos carbonáticos de mayor tamaño de grano que los anteriores, en general pobremente seleccionados, se acumulan en el resto de la plataforma. Por otro lado, otros autores¹⁰ han sugerido que las áreas de plataforma insular pudieron proveer de arenas carbonáticas a las islas Canarias orientales, durante las eras glaciales.

Además, la historia geológica de Canarias incluye grandes deslizamientos que afectaron a los flancos y taludes insulares, modificando su morfología y cuyos depósitos en general traspasaron el margen de las plataformas sumergidas. A lo largo del Cuaternario se produjeron deslizamientos gigantes que afectaron a los flancos nordeste y sureste de Tenerife, el flanco oeste de La Palma y los márgenes noroeste, suroeste y sureste de El Hierro¹. Estos grandes deslizamientos modificaron el relieve costero de estas islas e impidieron la estabilidad necesaria de las vertientes para que progresaran las rasas costeras y el desarrollo ulterior de plataformas insulares. Y, a una escala menor, los grandes desprendimientos rocosos también han modificado las costas y sus depósitos han alcanzado las plataformas insulares. No obstante, la información directa de estos depósitos es escasa por estar hoy sumergidos (1).

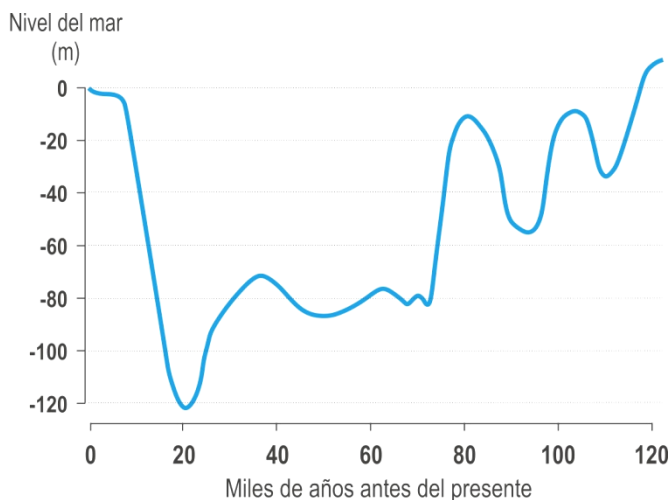


Figura 9. Cambios del nivel del mar en los últimos 120.000 años. Reconstrucción generalizada del valor medio del nivel del mar (NMM) basada en Camoin et al. (2004).

Y, por último, los depósitos aluviales, aportados por los barrancos principales de las islas hacia el mar han quedado adosados a los márgenes insulares en forma de abanicos deltaicos a partir de su desembocadura. No obstante, estos depósitos sedimentarios han quedado en gran parte desfigurados por las corrientes marinas y la información disponible de estos sedimentos es escasa.

¿Y qué ha ocurrido desde entonces?

A escala global, a partir de la figura 8 se pueden explicar los cambios principales del nivel del mar desde el último periodo interglacial (Eemense), hace unos 120.000 años, hasta la actualidad. Hace 120 ka (ka: miles de años) el nivel del mar estaba unos 10 m por encima del actual. Entre 110 ka y 70 ka el nivel del mar fue descendiendo, con amplias fluctuaciones, hasta los -60 m. Es el inicio de la última glaciación. A continuación, hubo un periodo de relativa estabilidad en torno a los -80 m. Y después se produjo una caída extrema del nivel del mar en torno a los 21 ka, que constituye el último máximo glacial. Le sucede un rápido ascenso del nivel del mar, que corresponde al Holoceno. Finalmente, a partir de los 6000 años (óptimo climático del Holoceno) la curva tiende a estabilizarse.

Sin embargo, las curvas climáticas del Holoceno muestran fluctuaciones y de su observación detallada pueden obtenerse tres ideas de interés: 1) a escala global se dio un “óptimo climático” entre hace 7.000 y 5.000 años; 2) el clima del Holoceno Medio, en torno hace 6.000 años, fue en general más cálido que el actual, sobre todo du-

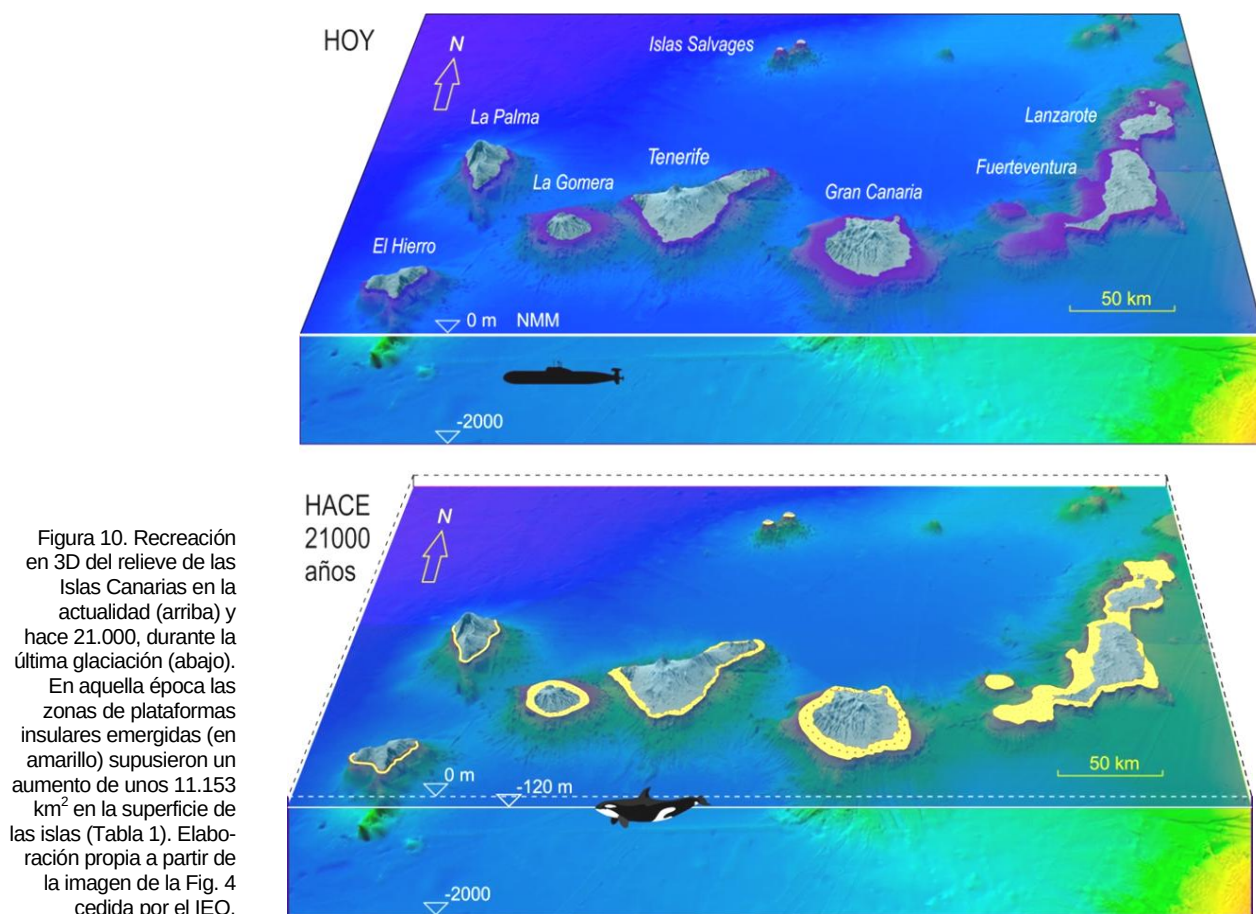


Figura 10. Recreación en 3D del relieve de las Islas Canarias en la actualidad (arriba) y hace 21.000, durante la última glaciación (abajo). En aquella época las zonas de plataformas insulares emergidas (en amarillo) supusieron un aumento de unos 11.153 km² en la superficie de las islas (Tabla 1). Elaboración propia a partir de la imagen de la Fig. 4 cedida por el IEO.

rante los veranos en el hemisferio norte y, en algunos lugares, también en invierno; 3) los registros paleoclimáticos indican una coincidencia de periodos históricos conocidos (Minoico, Romano y Medieval) con épocas cálidas; y confirman la existencia de otros periodos relativamente más fríos, como la “Dark Age”, época fría previa a la Edad Media, y la “Little Ice Age” o Pequeña Edad de Hielo.

Del Holoceno en Canarias han quedado registrados varios cambios significativos del nivel del mar¹¹. En concreto, hubo subidas de +2 m hace unos 1.450 años y de +2,5 m hace unos 4.200 años con respecto al nivel medio del mar actual. Además, hay testimonios de que hace unos 3.000 años el nivel del mar alcanzó una altura próxima a la actual. Es decir, en orden cronológico, en los últimos 5.000 años el Atlántico tuvo una subida del NMM de 2,5 m hace 4.200 años; una bajada hasta los 0 m hace 3.000 años, una nueva subida de 2 m hace 1.450 años, y finalmente una bajada hasta el nivel del mar actual.

Conclusión

Los diversos temas tratados en los apartados anteriores no deberían apartar nuestra atención del objeto principal de este artículo: obtener una reconstrucción paleogeográfica de cómo fueron las islas Canarias hace 21.000 años en el momento álgido de la última glaciación. La figura 10 muestra esa “foto fija” en comparación con la geografía actual.

En conclusión, los periodos glaciales, con las consiguientes bajadas del nivel del mar, produjeron las plataformas de abrasión originales hoy sumergidas a unos -100 m bajo el nivel del mar actual y que pudieron ser retrabajadas en sucesivos periodos glaciales a lo largo del Cuaternario.

Agradecimientos

El autor agradece al Dr. Jesús Rivera del Instituto Español de Oceanografía el permiso para reproducir el Modelo Digital del Terreno de elevaciones del Archipiélago canario. También quiere agradecer la estrecha colaboración del profesor Dr. Joaquín Meco Cabrera y el intercambio de ideas con los geólogos José Miguel Medina y Benito García Henríquez.

Bibliografía

- (1) IGME. 2005. Mapa geomorfológico de España y del margen continental a escala 1:1.000.000. Instituto Geológico y Minero de España. Área de Cartografía Geológica; Martín-Serrano, A., ed. , Madrid. 232 pp y 2 mapas.
- (2) Krastel, S. Schmincke, H.-U., Jacobs, C.L., Rihm, R., Le Bas, T.P., Alibés, B. 2001. *Geo-marine Letters*, 20:160-167.
- (3) Mélières, M. A., Maréchal, C. 2015. *Climate Change: Past, Present, and Future*. John Wiley & Sons.
- (4) Carracedo, J. C., Singer, B., Jicha, B., Guillou, H., Rodríguez Badiola, E., Meco, J., Pérez Torrado F.J., Gimeno, D., Socorro, S., Láinez, A. 2003. *Est. Geol.*, 59:277-302.
- (5) Carracedo, J.C., Pérez Torrado F.J., Ancochea E., Meco J., Hernán F., Cubas C.R., Casillas R., Rodríguez Badiola E., Ahijado A. 2002. Cenozoic volcanism II: The Canary Islands. En: *The Geology of Spain* (W. Gibbons y T. Moreno editores). The Geological Society. London. 439-472
- (6) Watts, A.B. 2000. The growth and decay of oceanic islands. En: *Geomorphology and global tectonics* (M.A. Summerfield, ed.). John Wiley & Sons, Chichester, 338-360.
- (7) Collier, J.S., Watts, A.B. 2001. *Geophys. J. Int.*, 147: 660-676.
- (8) Sánchez, M. J., Quartao, R., Alonso Bilbao, I., Montoya Montes, I., Casamayor, M., Rodríguez, S. 2017. *Geotemas* 17:331-333.
- (9) Montoya Montes, I., Alonso Bilbao, I., Sánchez, M. J., Marrero, N., Casamayor, M., Rodríguez, S. 2017. *Geotemas* 17:335-338.
- (10) Muhs, D. R., Meco, J., Budahn, J. R., Skipp, G. L., Simmons, K. R., Baddock, M. C., Betancort, J.F., Lomoschitz, A. 2021. *Quat. Sci. Rev.*, 265:107024.
- (11) Meco, J., Lomoschitz, A., Rodríguez, Á., Ramos, A. J., Betancort, J. F., Coca, J. 2018. *Palaeogeogr. Palaeoclim. Palaeoecol.*, 507: 214-225.



¿Qué **pescamos**?

¿Qué **deseamos**
comer?

¿Qué **futuro**
queremos para
nuestros mares?





Ballena azul o rorcual azul (*Balaenoptera musculus*) (Fuente: NOAA Photo Library).

LOS GRANDES CETÁCEOS

posibles centinelas
del cambio climático



La vaquita (*Phocaena sinus*) es quizás el cetáceo actualmente más amenazado de extinción debido a la pesca accidental (Autor: Alfokrads).

Jacint Nadal

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

Antes de abordar el tema al que alude el título y ver su importancia, aceptamos que el almacenamiento de calor por parte de los océanos y su posterior liberación es lo que los convierte en el principal regulador de la temperatura de la Tierra. De un tiempo a esta parte se han utilizado los organismos vivos como prospectores del medio e integradores de información. Se han utilizado como centinelas desde pequeños mamíferos hasta musgos. Pero ciertamente que para un seguimiento de la evolución térmica de los océanos los grandes cetáceos se nos muestran idóneos por sus especiales características anatómicas y fisiológicas, y si analizamos algunas de las características de los cetáceos veremos el porqué de esta idoneidad.

Entre sus singularidades está su origen evolutivo, derivan de formas terrestres de artiodáctilos, siendo los hipopótamos los seres viviente más próximos con los que mantienen algunos rasgos comunes, como parir sus crías en el agua y que para respirar abren sus orificios nasales, es decir, cuando están bajo el agua cierran automáticamente estos orificios, además de otros rasgos de su anatomía interna. De hecho, ambos grupos, artiodáctilos y cetáceos, se unifican en un mismo orden, los denominados cetartiodáctila.

Su diversidad de forma que va desde la imponente ballena azul (*Balaenoptera musculus*) a una marsopa, la vaquita (*Phocaena sinus*), especie de la cual solo existe actualmente una población inferior a cincuenta individuos, ya que con frecuencia queda enmallada en las redes de pesca. Esta última especie se halla limitada a las aguas cálidas del golfo de California (Méjico) y no alcanza a pesar 55 Kg al no necesitar una capa de grasa que la aisle del frío y porque por su distribución geográfica se escapa de la ley de Bergmann, según la cual el tamaño de un homeotermo es mayor cuanto más baja es la temperatura ambiental media del medio en que vive. Esto se acentúa cuando el ambiente es el agua y no el aire.

La capa de grasa que ciertamente aísla del frío a las grandes ballenas, también representa un serio peligro en el cual normalmente no se piensa, la dificultad que supone para eliminar el calor que genera su cuerpo, de ahí que no suelen resistir, al menos los jóvenes, la persecución de las orcas. Disipan el calor por las aletas, pero sobre todo por la lengua. La lengua interviene en el proceso de alimentación en los balénidos, junto con las conocidas barbas, pero no en los balaenoptéridos, los rorcuales (Rorcual es el nombre noruego con el que se conocen las ballenas, aquí aplicado fundamentalmente a los balaenoptéridos), las más grandes ballenas. Estas



Una hembra de cachalote (*Physeter macrocephalus*) y su cría cerca de la costa de Mauricio (Autor: Gabriel Barathieu).

para capturar el alimento lo hacen expandiendo y contrayendo la faringe junto con las barbas, que no son otra cosa que rugosidades palatinas bien desarrolladas (que podemos palpar pasando un dedo por el paladar de un perro). Es por esta función que los balaenoptéridos conservan la lengua. Un ejemplo más de una norma biológica, la Naturaleza no conserva órganos inútiles.

Permítanme un inciso. ¿Cómo queda protegido el ojo de los cetáceos si la capa de grasa no lo protege? En vertebrados terrestres existe un músculo que retiene el ojo dentro de la órbita ocular, muy patente en anfibios que incluso cuando degluten una presa los ojos se hunden dentro de la órbita respectiva. Este músculo está también presente en los mamíferos con órbita ocular abierta e incluso en ciertos humanos. Pero, en los cetáceos, este músculo es el que al contraerse genera el calor que permite mantener los ojos de estos animales a una temperatura adecuada.

Admirables son las adaptaciones que presenta este grupo, como la capacidad de buceo en general. En los cachalotes esta capacidad es muy destacada, pudiendo estar sumergidos cerca de dos horas, hasta profundidades próximas a los 2000 metros, sin respirar y regresar a la superficie sin los problemas generados por una embolia gaseosa, cosa que se explica porque, junto a otros sistemas, al sumergirse contraen la caja torácica y expulsan así todo el aire de los pulmones. En las inmersiones desencadenan una bradicardia y la circulación se limita a irrigar los órganos imprescindibles como el cerebro. Por otra parte, parece que los centros respiratorios y el seno carotídeo son menos sensibles a la concentración de dióxido de carbono en sangre.

También es admirable la capacidad de orientación de estas especies y los grandes desplazamientos que hacen algunas de ellas, tanto para reproducirse como para alimentarse. En el primer



Ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*) alimentándose cerca de la costa de Alaska. Se aprecian las barbas o ballenas que conforman su sistema de filtración del agua para atrapar los pequeños crustáceos que le sirven de alimento (Autor: David Csepp, NOAA Photo Library).

caso porque al nacer los pequeños no presentan la capa de grasa que los aísla del frío, después, una vez formada esta gracias a la alimentación materna, ya pueden emigrar hacia las aguas frías árticas o antárticas en las que aprovecharán la enorme productividad que allí se da.

Las técnicas de marcaje y seguimiento de los individuos vía satélite han permitido conocer con precisión las rutas migratorias de algunas especies, rutas que han aprendido de la denominada herencia cultural y en las que se orientan gracias al campo magnético y la posición del sol.

Por todo esto, y por su sensible y ajustada fisiología, se intuye han de ser pues muy buenos indicadores del cambio climático térmico oceánico y por ende del de la Tierra, al considerar las aguas oceánicas, como se ha indicado anteriormente, sumidero del calor originado en el antropoceno. Esta afirmación se ha visto contrastada por los trabajos realizados por el Profesor Agui-

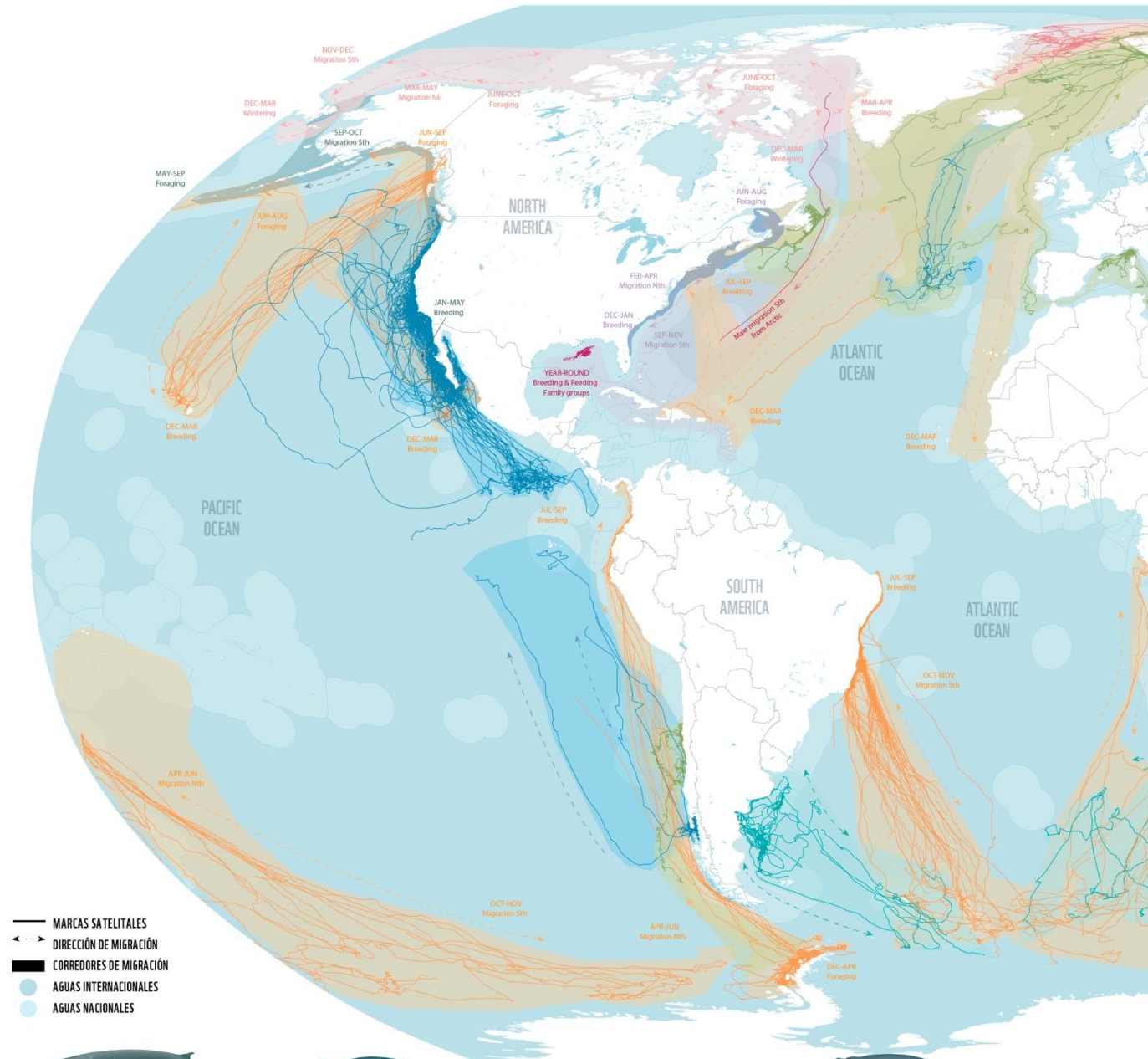
lar¹ al reconstruir las rutas migratorias seguidas por estos grandes cetáceos durante los años del mínimo climático de Dalton (1790-1830) a partir de los datos de capturas minuciosamente registrados en los cuadernos de bitácora de los buques balleneros. Estos grandes cetáceos adecuaron sus rutas migratorias al cambio térmico que hubo en esta fría época. Queda así demostrado el interés del estudio de estos grandes cetáceos y de sus rutas migratorias como centinelas del cambio climático oceánico y, por lo tanto, también terrestre.

Bibliografía

- (1) Aguilar-Vila, A. 2019. Impacte del canvi climàtic en els misticets. Memorias de la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona, 67(10):1-48.

CORREDORES PARA BALLENAS

Las ballenas viajan entre las áreas de alimentación y reproducción, dentro y fuera de aguas nacionales e internacionales. Algunas migraciones son estacionales, otras duran todo el año.



BALLENA DE ALETA
(*Balaenoptera physalus*)

Estado IUCN: Vulnerable
Longitud: 17-20m
Población: ~100,000



BALLENA DE GROENLANDIA
(*Balaena mysticetus*)

Estado IUCN: Preocupación menor
Longitud: 13-15m
Población: ~10,000



BALLENA GRIS
(*Eschrichtius robustus*)

Estado IUCN: Preocupación menor
Longitud: 12-14m
Población: ~27,000



BALLENAS FRANCAS DEL ATLÁNTICO NORTE
(*Eubalaena glacialis*)

Estado IUCN: En peligro crítico
Longitud: 13-16m
Población: ~350



RANGOS DE DISTRIBUCIÓN

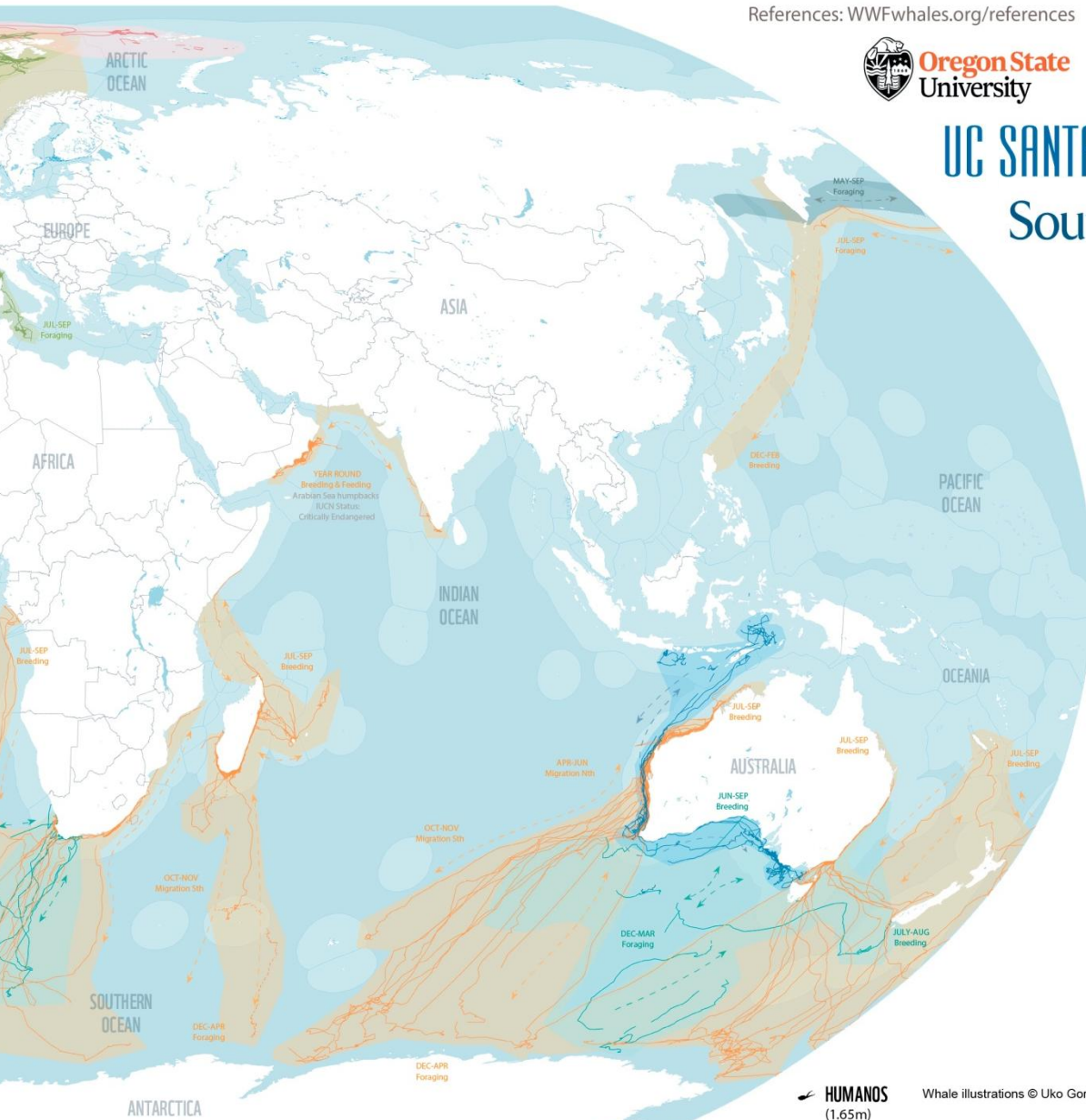
Por primera vez, presentamos una visión global de los corredores azules para las ballenas, combinando datos de rastreo satelital de más de 900 marcas satelitales colocadas por 50 investigadoras /investigadores. Esto nos ayuda a descubrir los patrones de migración de las ballenas y sus hábitats críticos.

References: WWFwhales.org/references



Oregon State University

UC SANTA CRUZ
UNIVERSITY OF
Southampton



HUMANOS
(1.65m)

Whale illustrations © Uko Gorter



BALLENAS JOROBADAS
(*Megaptera novaeangliae*)

Estado IUCN: Preocupación menor
Longitud: 13-16m
Población: ~84,000



BALLENAS FRANCAS AUSTRALES
(*Eubalaena australis*)

Estado IUCN: Preocupación menor
Longitud: 15-18m
Población: ~13,600



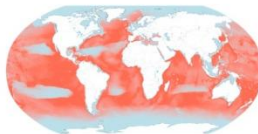
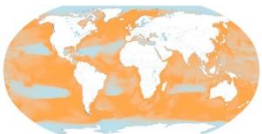
CACHALOTES
(*Macrocephalus physeter*)

Estado IUCN: Vulnerable
Longitud: 11-20m
Población: ~350,000



BALLENA AZUL
(*Balaenoptera musculus*)

Estado IUCN: En peligro
Longitud: 24-26m
Población: ~5,000-15,000





Captura de túnidos mostrada sobre la playa en Nungwi, Zanzíbar.

Recogida de datos de CAPTURAS EN ZANZÍBAR (TANZANIA) Recomendaciones para su mejora



**Batuli M Yahya^{1,2}, José J. Castro¹
and Lorena Couce Montero¹**

¹Departamento de Biología, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, Edif. Ciencias Básicas, Campus de Tafira, 35017 Las Palmas de Gran Canaria, Spain. ²Institute of Marine Sciences, University of Dar es Salaam P.O. Box 668, Zanzibar, Tanzania

Unas islas en el Océano Índico

Zanzíbar es una región archipelágica semiautónoma de la República de Tanzania, que consta de dos islas principales (Unguja y Pemba) y varios islotes pequeños, localizada en la costa este del continente africano. Al estar rodeado por el océano Índico, la pesca es la principal fuente de proteína animal para la población local y la industria turística de Zanzíbar. Actualmente, la producción total de pescado es aproximadamente 28.000 toneladas y el consumo per cápita anual es de alrededor de 22 kg/persona (DFD, sección Estadística, 2021 datos no publicados). El gran aumento de la densidad de población y la falta de medios de vida alternativos en la mayoría de las comunidades costeras conducen a que el número de pescadores y artes tradicionales aumente anualmente, a medida que más personas se involucran en el negocio de la pesca¹. Esta alta dependencia resalta la importancia primordial que adquiere la gestión de la pesca artesanal.



Venta de pescado en Matemwe, Zanzíbar.

Los pescadores utilizan artes de pesca tradicionales y la flota está compuesta por aproximadamente 7.919 embarcaciones.

La pesca en general contribuye significativamente a los medios de subsistencia de las comunidades costeras de Zanzíbar proporcionando empleo, seguridad alimentaria y aporta alrededor del 5,7% del Producto Interno Bruto (PIB). Las pesquerías de Zanzíbar están condicionadas por las temporadas de monzones, que muestran dos estaciones importantes a lo largo del año, la temporada de "Kaskazi" (monzón del noreste) y las de "Kusi" (monzón del sureste), con dos períodos entre monzones. El 95% del sector se clasifica como de pesca artesanal², y casi el 100% de capturas de especies marinas se realiza dentro de las 12 millas náuticas. El censo de pescadores asciende a 50.218 personas (el 14 % son mujeres), incluidos 14.566 pescadores mariscadores a pie³. Estos pescadores utilizan artes de pesca tradicionales y la flota está compuesta por aproximadamente 7.919 embarcaciones, incluidos botes pequeños, dhows, canoas y canoas con estabilizadores, que son las embarcaciones más comunes. Aproximadamente el 61% de estos barcos de pesca son propulsados a vela o a remo y no pueden resistir con seguridad las condiciones del mar más allá de las aguas territoriales. La pesca se practica durante todo el año, mientras que las temporadas altas varían según los sitios, pero están relacionadas con los vientos monzónicos. El sector emplea indirectamente a 13.925 personas adicionales, en la fabricación y venta de artes de pesca, construcción y reparación de embarcaciones, procesamiento, exportación e importación de productos pesqueros.

Situación actual

En 2020 se contabilizaron 235 puntos de descarga formales a lo largo de las costas de las islas, de los cuales 109 (49% del total de puntos de descarga) se localizan en la isla de Unguja y 126 (57%) en Pemba³. Sin embargo, los datos de captura de peces se recopilan solo en 30 de los lugares de desembarque (18 en Unguja y 12 en Pemba). Los datos son recopilados por personal registrador ubicado en las playas, que son empleados oficialmente por el Departamento de Desarrollo Pesquero, y que se les envía a los lugares de desembarque durante 16 días aleatorios al mes². Los datos recopilados se limitan principalmente a la captura anual total en kg y el precio por familia de especies objetivo, de modo que no se tiene información crucial sobre la biomasa de la mayoría de las especies objetivo, lo que sigue siendo un problema importante.



Captura de invertebrados (gasterópodos y bivalvos) recolectada por mujeres en Zanzíbar.

Si bien la pesquería es artesanal y está limitada por la profundidad, la distancia y la tecnología, se ha demostrado que se sustenta en un gran número de especies. Esto puede tener impactos significativos en las poblaciones de las especies objetivo y los ecosistemas, y probablemente provocar disminuciones más importantes en las tasas de captura. A pesar de ello, el Departamento de Pesca de Zanzíbar recopila datos de captura solo para diecinueve grupos/familias de especies de peces, principalmente agrupadas como Siganidae, Scaridae, Lethrinidae, Serranidae, Mullidae, Lutjanidae, Mugilidae, Engraulidae, Clupeidae, caballas del océano Índico, Carangidae, atunes, Xiphiidae, caballas españolas, Sphyrnidae, Tiburones y rayas, pulpos y calamares, langostas y otros (dermasales y pelágicos). A veces es difícil obtener datos fiables ya que algunos de los pescadores no traen su captura a los lugares/lonjas asignadas, sino que subastan su pescado en la playa, lo que dificulta que el personal registrador tenga acceso a toda la información sobre las capturas realizadas.

Además, algunas especies de invertebrados (i.e. bivalvos y gasterópodos) constituyen la principal fuente de generación de ingresos para las mujeres mariscadoras y son también la principal fuente de productos marinos de exportación de Zanzíbar, pero desgraciadamente no se recopilan datos oficiales de esta actividad^{4,5}. La mayoría de estas especies corren el riesgo de ser sobreexplotadas debido a su vulnerabilidad a la pesca y su importancia para la pesquería. En general, la falta y/o baja calidad de la información sobre las especies objetivo y el esfuerzo de pesca complica su evaluación y gestión⁶.

Recomendaciones de mejora

La mejora del sistema de recolección de datos de pesca es fundamental, por lo que los datos de captura deben recopilarse a nivel de especie para proporcionar información lo más detallada posible. También se deben incluir otros grupos de peces marinos, bivalvos y gasterópodos en el boletín estadístico de capturas de Zanzíbar, fundamentalmente porque es importante para realizar una

aproximación ecosistémica del conjunto de la pesquería. Se debe incorporar información sobre el esfuerzo de pesca realizado, registrando el tiempo de pesca, el número de pescadores por barco, los artes de pesca utilizadas y las especies a las que se dirigen. Igualmente, es importante tener constancia de las áreas a las que los pescadores van a pescar ya que esto es fundamental en los estudios de evaluación del estado de las poblaciones de peces. Sería adecuado que el Departamento de Desarrollo Pesquero proporcione libros de bitácoras a los pescadores para que puedan registrar toda la información que se genera en torno a su actividad de pesca.

La mejora del sistema de recolección de datos de pesca es fundamental, por lo que los datos de captura deben recopilarse a nivel de especie para proporcionar información lo más detallada posible, incluyendo otros grupos de peces marinos, bivalvos y gasterópodos.

Bibliografía

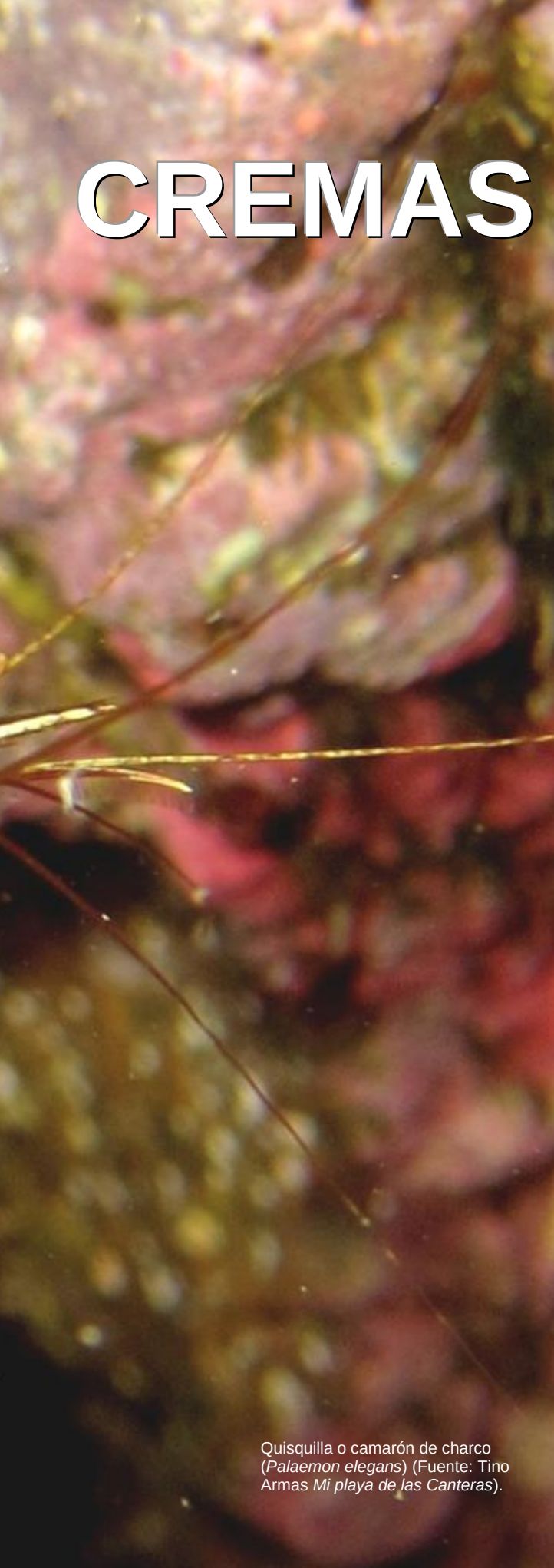
- (1) DFD. 2016. Zanzibar fisheries Frame Surveys Report. Department of Fisheries Development- Ministry of Agriculture, Natural Recourses, Livestock and Fisheries, Zanzibar 51pp.
- (2) Jiddawi, N.S., Öhman, M.C. 2002. Ambio 31: 518-527
- (3) DFD. 2020. Zanzibar Fisheries Frame Surveys Report. Department of Fisheries Development- Ministry of Agriculture, Natural Recourses, Livestock and Fisheries, Zanzibar 51pp
- (4) January, M., Ngowi, H.P., 2010. Untangling the Nets: The Governance of Tanzania's Marine Fisheries. South Africa.
- (5) Yahya, B.M. 2013. The Status of Collected Intertidal Molluscan Resources by Women of Fumba and Ungu Ukuu, Zanzibar, in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science (Marine Sciences) of the University of Dar es Salaam. 90pp.
- (6) Batista, V.S., Fabr , N.N., Malhado, A.C.M., Ladle, R.J., 2014. Rev. Fish. Sci. Aquac. 22:1-15.



Tu delicia o mi vida







CREMAS SOLARES:

¿protegen también a los organismos marinos?

Ana T. Santana Ortega, Ruth Fernández Castro, Erika Barroso García, Lucía Díaz Ortega, Daida Domínguez Ramírez, Alba García Galindo, Edel Hernández García, Sheila Hernández Rosales, Juan Jiménez Úbeda, Alejandro Marmolar Pulido, Aitana Martín Macías, Juan Miranda Pulido, Javier Ramírez Suárez, Claudia Sánchez Henríquez, Ricardo Santana Henríquez y Claudia Viera Hernández, Claudia María.

Biología y Geología-1º Bachillerato. IES Profesor Juan Pulido Castro. Departamento de Biología y Geología, Telde, Gran Canaria.

¿A quién protegen los protectores?

Hoy en día, nadie duda de la necesidad de utilizar cremas solares para conseguir una protección efectiva ante los efectos nocivos de la exposición solar, en concreto ante la radiación ultravioleta A y B (UVA y UVB) y así evitar quemaduras y enfermedades graves en la piel. Por este motivo, y ante el aumento de la demanda de protectores, la comunidad científica ha realizado muchos estudios sobre la seguridad de los diferentes componentes de las cremas solares para uso humano, pero no siempre se han tenido en cuenta los riesgos potenciales que suponen para los ecosistemas acuáticos. Estos componentes generan una gran cantidad de nuevos contaminantes en el medio marino que se conocen con el nombre de “contaminantes emergentes” y que pueden llegar a causar efectos ecológicos adversos en los organismos marinos. Situación que se agrava en zonas costeras con una alta afluencia de turistas de sol y playa.

En la casi totalidad de los diferentes protectores solares que se encuentran accesibles en el mercado no se detalla las cantidades de cada uno de sus componentes, debido a que la Unión Europea solo establece unas concentraciones máximas, pero no obliga a especificar en las etiquetas la concentración de cada componente.

TABLA 1

COMPONENTES DE LAS CREMAS DE PROTECCIÓN SOLAR UTILIZADOS COMO FILTROS SOLARES

<i>Filtro solar</i>		<i>Ficha de seguridad/ecotoxicidad</i>
Orgánicos sintéticos	Homosalato (3,3,5-Trimethyl -Salicylato Cyclohexanol)	No se dispone de información ecológica. No se encuentra estudios sobre especies acuáticas, toxicidad acuática no determinada.
	Octocrylene	Muy tóxico para los organismos acuáticos, con efectos nocivos duraderos.
	Hexyl Benzoato	Sin datos disponibles sobre toxicidad ecológica.
	Ethylhexyl triazono	“Según nuestras informaciones, creemos que no se han investigado adecuadamente las propiedades químicas, físicas y toxicológicas”. En el medio acuático se acumula en los organismos.
Inorgánicos (minerales)	Óxido de zinc	Muy tóxico para los organismos acuáticos, toxicidad aguda, con efectos nocivos duraderos. No verter en desagües o cursos de agua o en el suelo.
	Dióxido de titanio	No se clasifica como peligroso para el medio ambiente, se determina baja toxicidad acuática aguda.

TABLA 2

COMPOSICIÓN DE LAS CREMAS SOLARES SELECCIONADAS PARA EL ESTUDIO

<i>Crema</i>	<i>Composición</i>
A	DECYL OLEATE, DICAPRYLYL CARBONATE, ZINC OXIDE , CAPRYLIC/CAPRIC TRIGLYCERIDE, COCOGLYCERIDES, TITANIUM DIOXIDE , SILICA DIMETHYL SILYLATE, POLYHYDROXYSTEARIC ACID, TOCOPHERYL ACETATE,...
B	AQUA, C12-15 ALKYL BENZOATE, PENTYLENE GLYCOL, TITANIUM DIOXIDE (NANO) , BUTYL METHOXYDIBENZOYLMETHANE, DIETHYLAMINO HYDROXYBENZOYL HEXYL BENZOATE,...
C	AQUA / WATER, ALCOHOL DENAT, HOMOSALATE , ETHYLHEXYL SALICYLATE, BUTYL METHOXYDIBENZOYLMETHANE, ETHYLEXYL TRIAZONE, OCTOCRYLENE , GLYCERIN PROPANE-DIOL, BIS ETHYLHEXYLOXYPHENOL,...
D	AQUA; ISODODECANE; CYCLOPENTASILOXANE; DIISOPROPYL ADIPATE; TRISILOXANE; ZINC OXIDE (NANO) ; CAPRYLYL METHICONE; ETHYLHEXYL SALICYLATE; TITANIUM DIOXIDE (NANO) , ...
E	AQUA, OCTOCRYLENE , HOMOSALATE , DICAPRYLYL CARBONATE, BUTYL METHOXYDIBENZOYLMETHANE, ETHYLHEXYL SALICYLATE, GLYCERIN, BIS-ETHYLHEXYLOXYPHENOL METHOXYPHENYL TRIAZINE,...
F	AVENE THERMAL SPRING WATER (AVENE AQUA), C12-15 ALKYL BENZOATE, CAPRYLYL/CAPRIC TRIGLYCERDIE DICAPRYLYL CARBONATE DIETHYLAMINO HYDROXYBENZOYL, HEXYL BENZOATE , ETHYLHEXYL TRIAZONE , ...

Para evaluar los efectos que el uso masivo de cremas de protección solar tiene sobre la fauna marina, y particularmente sobre los invertebrados que habitan en la zonas intermareal, la más expuesta a la acción de estos contaminantes potenciales, se ha realizado una serie de experimentos utilizando como especies de referencia a la quisquilla o camarón de charco (*Palaemon elegans*) (Fig. 1), un crustáceo típico de estas zonas y que ha sido descrito como un bioindicador sobre el estado de contaminación de las aguas marinas costeras¹.

Los componentes tóxicos a la sombra de las cremas solares

En la casi totalidad de los diferentes protectores solares que se encuentran accesibles en el mercado no se detalla las cantidades de cada uno de sus componentes, debido a que la Unión Europea solo establece unas concentraciones máximas, pero no obliga a especificar en las etiquetas la concentración de cada componente. No obstante, en este estudio nos hemos centrado solo en los 27 componentes que actúan como filtros solares sobre los que existe una regulación de su uso (DATA EUROPA, 2009) y que tienen establecidas fichas de seguridad ecológica y ambiental (Tabla 1), muchos de los cuales están presentes en 6 marcas comerciales de protector solar (identificadas para este trabajo con las letras de la A a la F) (Tabla 2).

El color de las quisquillas como indicador de que algo no va bien

En la bibliografía se citan diversos trabajos que describe la toxicidad de algunos componentes de las cremas solares en los organismos acuáticos², y en nuestros experimentos se observa que la exposición de las quisquillas a las cremas A y D produce un aumento de la opacidad corporal a medida que aumenta la concentración de los elementos tóxicos, con consecuencias letales para los organismos. Es muy probable que la letalidad en los camarones esté relacionada con la presencia de óxido de zinc (filtro solar inorgánico) que se ha valorado como un tóxico agudo para los organismos acuáticos (Tabla 1) con efectos nocivos duraderos, mientras que el dióxido de titanio parece ocasionar una menor toxicidad^{3,4}. Este último componente está presente en la crema B y aunque no provocó la muerte de los camarones a las concentraciones experimentadas, si produjo una pérdida de transparencia y pigmentación de manera escalonada (Fig. 2).

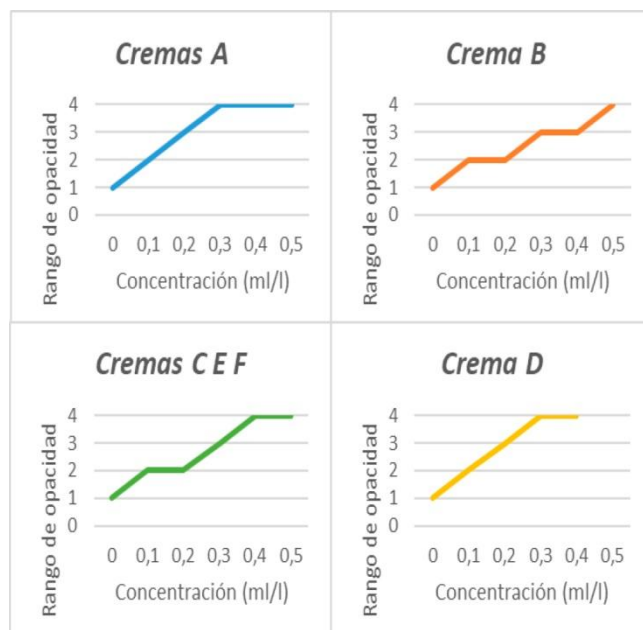


Figura 3. Aumento en la opacidad del cuerpo ante el aumento de la concentración de las cremas solares (A, B, C, D, E y F) en el agua.

La toxicidad respecto del óxido de zinc fue más intensa en el caso de la crema D que utilizaba este componente en forma de nanopartículas, que al ser más pequeñas se diluyen mejor en el agua, lo que facilita su penetración en las rutas metabólicas de los organismos con mayor facilidad y producen un daño aún mayor en los crustáceos. Por otro lado, y aunque la toxicidad del dióxido de titanio no fue aguda, diversos investigadores han alertado sobre la contaminación que producen en el medio marino y sus efectos adversos sobre los organismos acuáticos. Por otro lado, las cremas C y E presentan como filtros solares el homosalato y el octocrileno (Fig. 3), pero en el caso del homosalato es sorprendente que no exista información ecológica sobre este componente en su ficha de seguridad y en concreto sobre la toxicidad en los organismos acuáticos, al ser un componente ampliamente utilizado en los protectores solares. También resulta desconcertante que el octocrileno, que se valora como un componente muy tóxico para los organismos acuáticos con efectos nocivos duraderos⁵, sea usado como filtro solar muy presente en el mercado de los protectores solares.

La crema solar F utiliza como filtros principales benzoato de hexilo y etilhexil triazona. En el caso del benzoato de hexilo no se dispone de datos sobre toxicidad ecológica, mientras que para la etilhexil triazona se sabe que se acumula en los organismos del medio acuático, pero Sepulca⁶ considera que no se ha investigado adecuada-

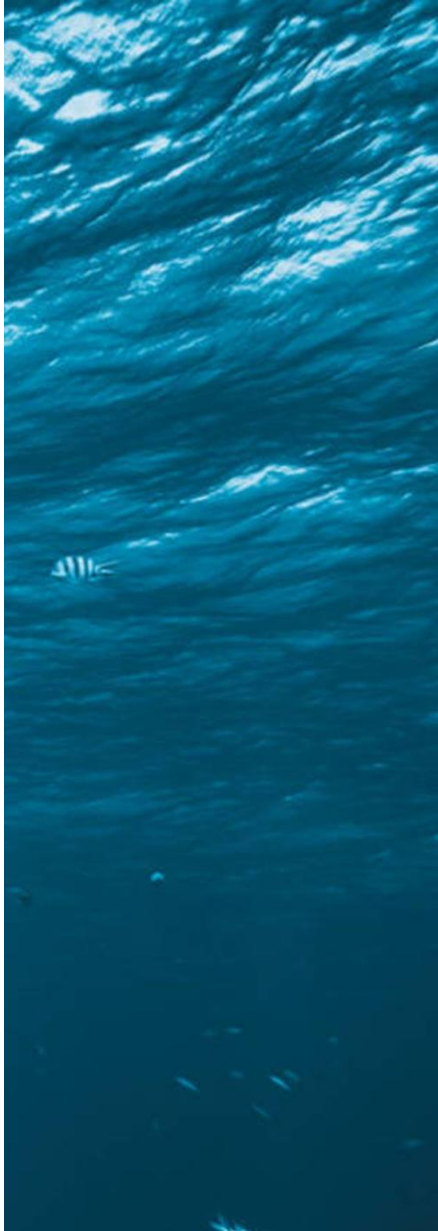
Crema solar y Componentes a valorar	Exposición a 0,5 ml de crema/l	Cese a la exposición (tras 10 días en agua limpia)	Observaciones
A Óxido de Zinc Dióxido de titanio			Recupera ligeramente la transparencia y la pigmentación (sólo sobrevive el 50 %).
B Dióxido de titanio			Recupera ligeramente la transparencia y la pigmentación.
C Homosalato Octocrileno			Recuperan ligeramente la transparencia, pero no la pigmentación.
D Óxido de Zinc (nano) Dióxido de titanio (nano)	No sobreviven	No sobreviven	No se puede valorar.
E Homosalato Octocrileno			Recuperan ligeramente la transparencia, pero no la pigmentación.
F Hexyl Benzoato Ethylhexyl triazono			Recuperan ligeramente la transparencia, pero no la pigmentación.

mente sus propiedades químicas, físicas y toxicológicas. Tras el análisis de la información contenida en las fichas de seguridad de estos filtros solares, y observando los efectos que tienen esos componentes sobre los crustáceos, que disminuyen la transparencia, la pigmentación y la actividad de los organismos, es absolutamente necesario hacer una evaluación sobre la seguridad de estos componentes en los organismos marinos ya que se desconocen sus efectos nocivos.

Entre los efectos producidos por las cremas destaca la disminución de la actividad y la movilidad de las quisquillas, que puede ser debida a la toxicidad que suponen para estos organismos la exposición a los diferentes componentes de las cremas solares, tal y como concluyen Araújo y colaboradores² tras valorar la disminución de la motilidad de los camarones ante la exposición

controlada a diferentes protectores solares. Estos autores indican que la disminución de las poblaciones de camarones en determinadas zonas costeras era debida a la toxicidad de las cremas solares, ya que los camarones fueron capaces de detectar y evitar las concentraciones más altas de algunos protectores solares en sus experimentos.

Cabe destacar que los crustáceos expuestos a las cremas A, B y D (con óxido de zinc y/o dióxido de titanio) recuperaron ligeramente la transparencia y la pigmentación tras 10 días en agua limpia, mientras que los camarones expuestos previamente a las cremas C y E (con homosalato y octocrileno) y F (con benzoato de hexilo y Etilhexil triazona) solo recuperaron ligeramente la transparencia. En todos los crustáceos se recuperó la actividad tras el cese a la exposición de las cremas.



Debido a la toxicidad de los compuestos de las cremas solares, algunos países han comenzado a prohibir ciertos componentes presentes en las cremas protectoras, como es el caso de Hawái donde se aprobó una ley que prohíbe la distribución y venta en todo el archipiélago de cremas solares que presenten en sus ingredientes oxibenzona (benzofenona) y octinoxato. Uno de los países más restrictivos en este aspecto es la República de Palau, que prohíbe una lista de 10 compuestos entre los que se incluye el octocrileno. No obstante, debido a estas restricciones, parece que se ha asumido que el resto de filtros solares son respetuosos con el medio marino. Tal es el caso de algunas cremas solares que se publicitan como “eco” y “bio” y que contienen ingredientes tan tóxicos como el óxido de zinc y el dióxido de titanio. En nuestro estudio el dióxido de zinc se asoció con una alta tasa de mortalidad en

los camarones y en otros estudios se ha relacionado con la reducción entre un 40 y un 67% del promedio de vida de microalgas (*Ceratium sp.*, *Dinophyta*) entre otros efectos. Otro ejemplo serían las cremas que se publicitan como “friend of the sea” o “ecofriendly”, algunas de las cuales presentan entre sus ingredientes compuestos tóxicos como el octocrileno, homosalato y dióxido de titanio, entre otros, todos ellos con efectos adversos para los camarones tal y como hemos demostrado en este trabajo.

Es urgente y necesario realizar un estudio detallado de la toxicidad de cada componente, no solo sobre la seguridad de los mismos en los seres humanos, sino también para los organismos acuáticos y el medio marino en su conjunto, con el fin de garantizar un equilibrio efectivo entre el cuidado de la salud humana y la vida en nuestros mares y océanos. En nuestras costas, cada

año se diluyen cantidades ingentes de protectores solares, y es obvio que nos enfrentamos a un problema ambiental muy grave que requiere de una regulación con base científica. Es necesario investigar sobre otros compuestos que sean seguros para el conjunto de seres vivos del planeta, y protejan tanto a los seres humanos como a los organismos marinos.

Entre los efectos producidos por las cremas destaca la disminución de la actividad y la movilidad de las quisquillas, que puede ser debida a la toxicidad que suponen para estos organismos la exposición a los diferentes componentes de las cremas solares.

Bibliografía

- (1) Lozano, E., Alcázar, J., Bardera, G., Sánchez, A., Marí, S.M., Alduán, M. 2016. Rev. Acad. Canar. Cienc., 28:133-142
- (2) Araújo, C.V.M., Rodríguez-Romero, A., Fernández, M., Sparaventi, E., Márquez-Medina, M., Tovar-Sánchez, A. 2020. Chemosphere, 257, 127190.
- (3) Norkem, 2017. Ficha de datos de seguridad del óxido de cinc. <https://www.ecosmep.com/cabecera/upload/fichas/8974.pdf>
- (4) Ineos Pigments, 2019. Ficha de seguridad del Dióxido de titanio. https://www.ineos.com/globalassets/ineos-group/businesses/ineos-enterprises/businesses/ineos-pigments/resource-center/sds/rcl_multi_us_es_v1.pdf
- (5) Basf, 2020. Ficha de datos de seguridad del Octocrylene. https://documents.basf.com/74db1bf1cd3f95ff7ba5cd10db6352a21bdeb717/MSDS_00000000030056309_es.pdf
- (6) Supelco, 2019. Ficha de datos de seguridad del Ethylhexyl triazone. https://www.sigmaaldrich.com/ES/es/product/sial/93465?gclid=CjwKCAjwiuuRBhBvEiwAFXKaNF_mfkdZldxQwbCC2gPwsofTLFBSV8_IWs6Z02RotPV07gqafRj1wBoCe_YQAvD_BwE



MAXAR SEASTAR SERVICES:

aplicaciones de nuevas tecnologías a la pesca sostenible de especies pelágicas

Iratxe Díaz Zárate y Unai Ganzedo López

Marine Support SL, Edificio IKEA, C/ Estartetxe 5 – ofc.312.
Leioa, 48940 Vizcaya, España.

La pesca, en su sentido más general, abarca actividades marítimas y continentales. Este sector primario, en conjunto con la acuicultura, representa un papel fundamental en la alimentación de la sociedad mundial. Los productos pesqueros han sido y son esenciales en la dieta humana, y lo seguirán siendo para las generaciones venideras. Los ecosistemas marinos, además, proveen a la sociedad con muchos otros servicios. En un estudio reciente se estima que la pesca proporciona un medio de vida y fuente de ingresos para aproximadamente 820 millones de personas en todo el mundo¹. Es por ello que, en un contexto de sobreexplotación de recursos como el actual, resulta primordial establecer prácticas pesqueras sostenibles que protejan los ecosistemas marinos.

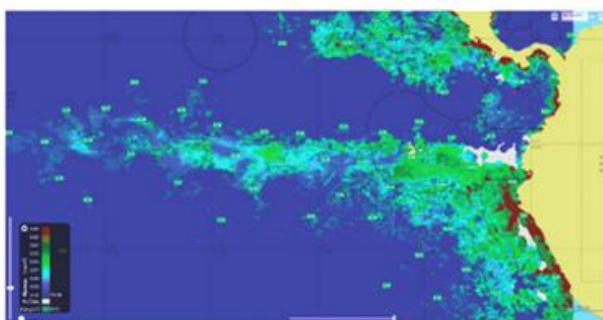
Históricamente hablando, la explotación del medio marino experimentó su máximo mundial de capturas de pescado a principios de los años noventa del siglo pasado, y desde entonces la tendencia de la pesca marina presenta altibajos. Actualmente, el 80% de los caladeros mundiales se encuentran sobreexplotados, algunos de los cuales están, incluso, plenamente explotados y colapsados². Así, de mantenerse esta tendencia se espera que para mediados del siglo XXI la explotación de todas las especies marinas de peces esté colapsada³.

Ante este escenario, la “Agenda 2030” establece 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), objetivos entre los cuales se propone el ODS número 14 “la conservación y el uso sostenible de los océanos y los recursos marinos para el desarrollo sostenible” (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, 2021). En este punto se contempla la implementación de una extracción pesquera responsable, abordada desde una perspectiva donde la utilización de los recursos naturales sea acorde con un desarrollo sostenible en términos económicos, sociales y ambientales que aseguren la continuidad de este sector a largo plazo.

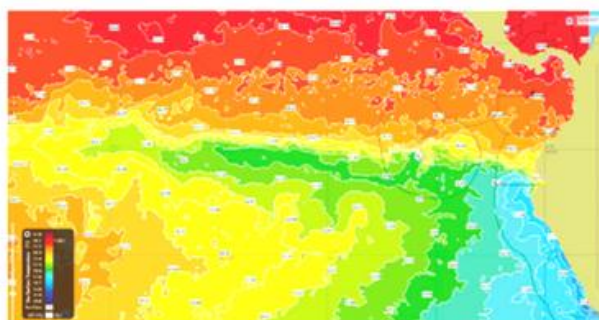
Tecnología azul

En este contexto, y ante la realidad de unos recursos marinos finitos, hace años que se implantó la tecnología en el sector marítimo habitualmente denominada “tecnología azul” o “Blue-Tech”. La modernización tecnológica de este sector es clave para obtener un balance óptimo entre la eficacia y eficiencia económica, y la conservación del medio marino⁴.

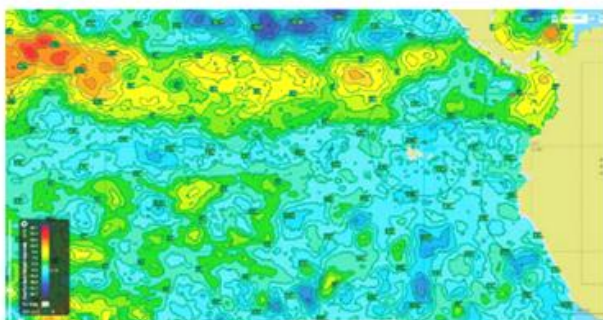
En la actualidad, gracias a las tecnologías azules, es posible crear y gestionar información recibida a través de sensores y posteriormente someterla a un análisis por medio de inteligencia artificial. De este modo, se obtienen mejores y más complejos datos sobre el océano que facilitan las actividades pesqueras y marítimas abordando dichas tareas desde un enfoque conservacionista y sostenible⁵.



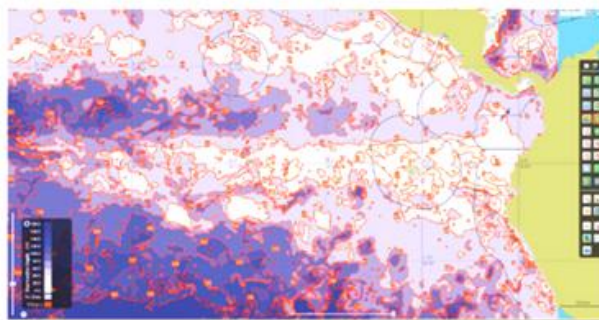
Plancton



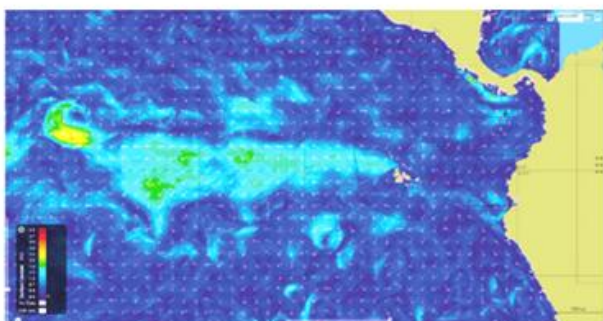
Temperatura superficial



Anomalía de la altura del mar



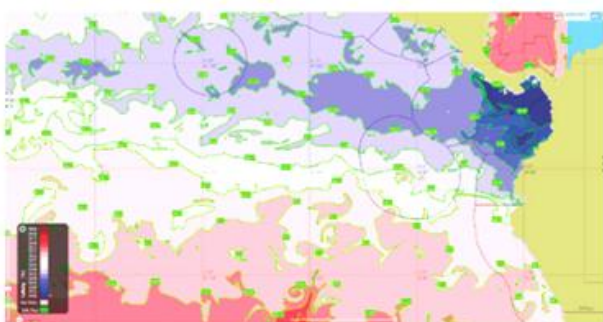
Termoclina



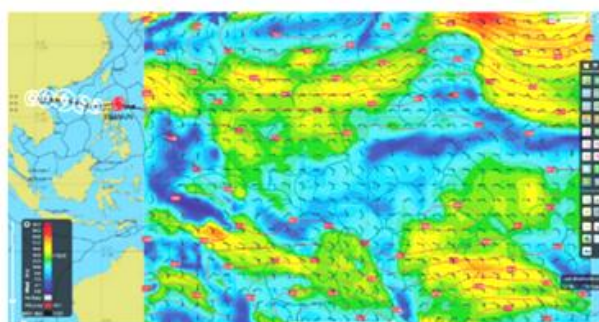
Corrientes superficiales



Temperatura sub-superficial



Salinidad



Meteorología

Figura 1. Visualización del “*Insight Explorer*” en la zona de Ecuador para diferentes parámetros ambientales.
Fuente: SeaStar Services MAXAR (www.maxar.com/products/seastar-information-service).

Entre otras innovaciones tecnológicas, destacan aquellas destinadas a la mejora de los sistemas de seguimiento y localización de los buques (Automatic Identification System –AIS–), mediante los cuales se logra obtener un mayor control de la actividad extractiva.

Esta tecnologización ha acarreado nuevos avances, entre los que debe señalarse la reducción del tiempo de búsqueda de áreas de pesca productivas. Tradicionalmente y debido a que los recursos marinos presentan patrones de movimiento hasta cierto punto “imprevisibles”, los pescadores buscaban su pesca en base a registros y observaciones previas. Sin embargo, esta metodología resulta muy ineficiente, ya que los costos de operación y el consumo de combustible se incrementan y, por tanto, se reduce el éxito de sus capturas. Estos hechos son tales, que en la actualidad se estima que las embarcaciones pesqueras, tanto artesanales como industriales, emplean la mayor parte del tiempo y del combustible en la mar en búsqueda del pescado.

Las implicaciones económicas y ambientales que supone este proceder se han ido mitigando con el paso de tiempo gracias a la implementación de la tecnología a bordo de los buques pesqueros. Por medio de los nuevos métodos empleados, entre los que pueden destacarse termógrafos, radares, sonares, ecosondas, helicópteros, etc., las capturas y el tiempo empleado en estas búsquedas se han optimizado notablemente.

Entre otras innovaciones tecnológicas, destacan aquellas destinadas a la mejora de los sistemas de seguimiento y localización de los buques (Automatic Identification System, más conocido por sus siglas “AIS”), mediante los cuales se logra obtener un mayor control de la actividad extractiva. Así, en base a los criterios establecidos por las autoridades y equipos de investigación pesquera, se formulan medidas de manejo

que aseguran una extracción responsable de los recursos marítimos: una pesca sostenible⁶.

El desarrollo de información satelital para la localización de la actividad pesquera es un servicio que resulta práctico y se adapta constantemente para satisfacer las necesidades específicas de la industria de la pesca de especies pelágicas. El Servicio de Localización Pesquera SeaStar de MAXAR cuenta con un equipo técnico compuesto por oceanógrafos, programadores expertos en computación, personal de soporte técnico y personal administrativo que proveen a las flotas, procedentes de más de 40 países distintos, con servicios y un soporte eficaz y eficiente empleable en todos los océanos del mundo.

Para optimizar el uso de esta información, MAXAR ofrece a sus clientes el software *InsightExplorer*. Este software marítimo puntero les permite a los capitanes y a los jefes de flota visualizar y manipular las capas de mapas en sus ordenadores personales. Gracias a una moderna e intuitiva interfase estos son capaces de interpretar las imágenes satelitales y los datos oceanográficos fácilmente, logrando así encontrar rápidamente los mejores caladeros de pesca. Además, el *InsightExplorer* ayuda a empresas pesqueras a mejorar las capturas, con un respaldo científico por medio de recomendaciones de las zonas de pesca idóneas, que se traduce en una reducción de los costes de cada partida al evitar un gasto de tiempo y combustible innecesario. En este sentido, el Servicio logra poner fin no solo a problemas marítimos, sino que también ayuda a reducir la huella de carbono que genera esta actividad. Adicionalmente, esta herramienta permite navegar con mayor seguridad gracias a los datos meteorológicos que agrupa, los cuales permiten prever las condiciones meteorológicas que prevalecerán durante los días subsiguientes, y asegurar así que se podrá operar con seguridad, minimizando los riesgos por condiciones adversas del estado del mar.

En lo referente a la metodología, el software recoge múltiples datos (oceanográficos, meteorológicos, boyas, GPS y AIS) provenientes de diversas plataformas satelitales (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer “MODIS”; Visible Infrared Imaging Radiometer Suite “VIIRS”), así como de otras fuentes de datos de alta precisión (U.S. Naval Research Laboratory - USNRL; National Oceanic and Atmospheric Administration - NOAA), y los aúna para facilitar, mejorar y abaratar cada campaña de pesca.

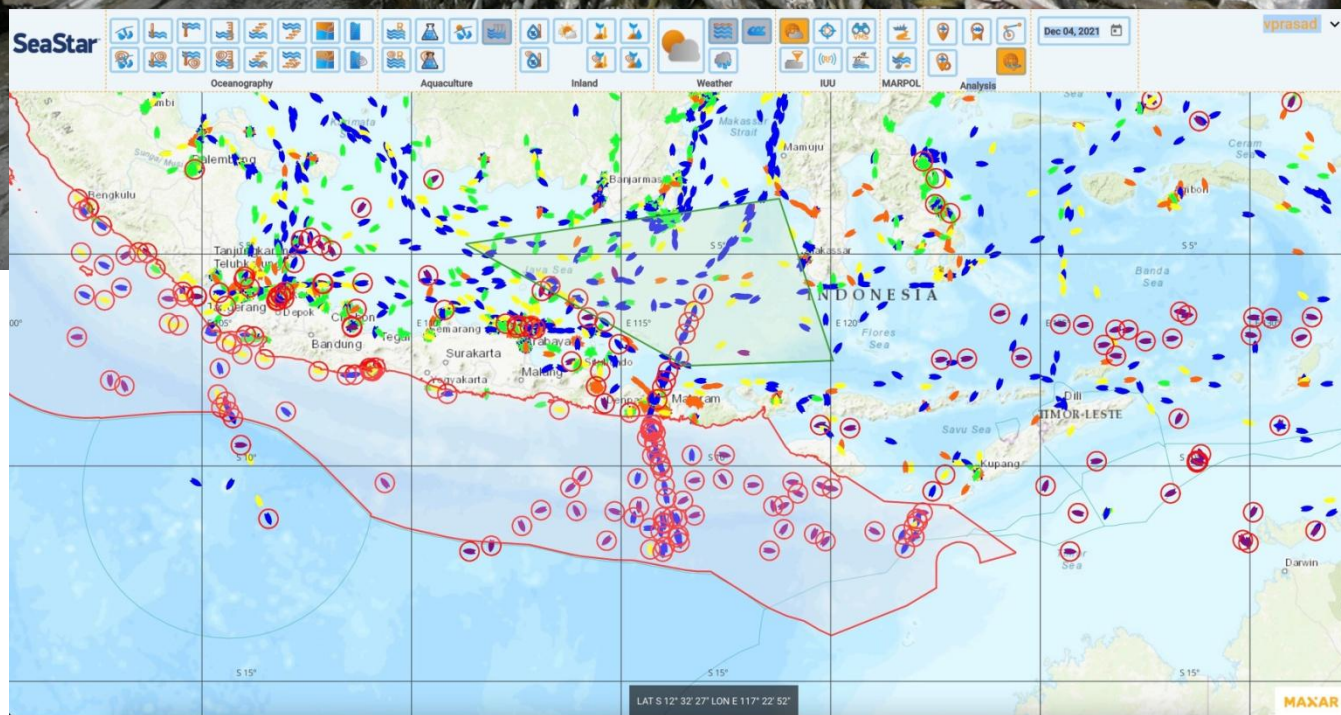


Figura 2. Visualización de la plataforma “SeaStar Big Data” en la zona de Indonesia.
Fuente: SeaStar Services MAXAR (www.maxar.com/products/seastar-information-service).

Entre los parámetros ambientales que recoge el *InsightExplorer* para determinar la distribución de los recursos pesqueros destacan (Fig.1): la concentración del plancton, la temperatura superficial del océano, las temperaturas oceánicas sub-superficiales a diferentes profundidades, las corrientes superficiales y sub-superficiales, la estimación de la profundidad de la termoclina, la salinidad, y la altimetría de la superficie del mar.

Además, gracias a su tecnología avanzada, el software permite registrar la posición de las capturas acoplada a estas condiciones ambientales del océano. Cada operación de pesca registrada por el usuario durante los viajes de pesca es capturada junto con la gama completa de parámetros oceanográficos e información ambiental prevalientes en el sitio y momento de la pesca. La evaluación de estos datos acumulados a lo

largo del tiempo permitirá conocer mejor las características de los sitios de pesca posibilitando al usuario afinar la configuración de los valores del MasterCast, para pronosticar con mayor precisión los sitios de pesca más idóneos. Mediante su utilización para la pesca se logra una mayor selectividad de la(s) especie(s) objeto de captura, reduciendo significativamente la captura de fauna de acompañamiento (by-catch).

La nueva orientación de la actividad pesquera mundial se da en torno a la acuicultura (piscicultura). Actualmente esta es responsable del suministro de la mitad del pescado que se consume en el mundo, satisface la demanda de productos marinos y consigue reducir el daño que supone el modelo de extracción pesquera. Uno de los principales riesgos a los que se enfrenta particularmente la maricultura en las zonas costeras es la aparición del fenómeno de los afloramientos algales nocivos, mejor conocido como Marea Roja. Por ello, recientemente MAXAR ha desarrollado una aplicación web *Soluciones de Acuicultura de Marine Services*, por medio de la cual, usando la metodología hasta hora empleada en el *Insight Explorer*, es posible monitorear la evolución de afloramientos algales para proteger las instalaciones y los organismos de cultivo del sector acuícola.

Pese a las nuevas alternativas que van surgiendo, como la anteriormente mencionada acuicultura, los mares y los océanos siguen duramente expuestos a una extracción masiva que no respetan los estándares de sostenibilidad. Una de las mayores amenazas para la sostenibilidad de los recursos pesqueros mundiales es la pesca ilegal, no declarada y no reglamentada (INDNR), que, sumado a multitud de impactos ambientales de origen antrópico, entre los que pueden destacarse la contaminación marítima o el aumento de la población mundial, conlleva un empobrecimiento de las zonas afectadas por esta actividad ilícita¹. Estas prácticas que amenazan sectores económicos, sociales y ambientales, evaden las responsabilidades impuestas por las autoridades, poniendo en riesgo la supervivencia de las poblaciones de especies marinas y sus hábitats naturales, y también implica grandes problemas para las comunidades humanas de las áreas costeras cuyo sustento depende de estas.

A fin de erradicar estas prácticas ilegales, MAXAR coopera con diversas iniciativas globales de conservación de pesquerías apoyando decididamente el Código de Conducta para la Pesca Responsable de la FAO⁶. Con el propósito de ase-

gurar unas buenas prácticas en lo referido a la extracción de recursos pesqueros y fomenta el cumplimiento de los reglamentos y regulaciones pesqueras. Para evitar y combatir la pesca INDNR, MAXAR dispone de la nueva plataforma en línea denominada Plataforma “*SeaStar Big Data*” (Fig. 2), la cual incorpora e integra información oceanográfica y proporciona tanto Sistemas de Monitoreo de Embarcaciones (VMS) como el Sistema de Identificación Automatizada (AIS), este último con modalidad satelital y/o terrestre. De este modo, la combinación de los mejores atributos del SAR (Synthetic Aperture Radar), las tecnologías AIS e imágenes satelitales de alta resolución, aunado a avanzados análisis de comportamiento de embarcaciones, constituyen el método integral idóneo para que las autoridades responsables del patrullaje puedan monitorear todas las actividades marítimas que ocurren en su área de jurisdicción, y así identificar antes las zonas de pesca en las que se focalizan las instancias de la pesca INDNR.

Resulta evidente que, entre las medidas necesarias para la ordenación y protección del medio marino, las nuevas tecnologías son clave en la protección, conservación y regeneración de los recursos marinos y de sus ecosistemas, así como para la contribución a la reducción del cambio climático.

Bibliografía

- (1) Torres-Galindo, M.C. 2020. Gestión pesquera diagnóstico pesquero. Convenio de cooperación Técnica No Reembolsable (FMAM). No. ATN/FM-15981-CO. Magdalena-Cauca- Vive
- (2) FAO. (2020). El estado mundial de la pesca y la acuicultura. Informe Sofia 2020. <https://www.fao.org/publications/sofia/2020/es/>
- (3) Pauly, D., Christensen, V., Guénette, S., Pitcher, T.J., Sumaila, U.R., Walters, C.J., Watson, R., Zeller, D. 2002. *Nature*, 418:689-695.
- (4) MIT- Technology Review Insights. 2021 <https://www.technologyreview.com/2021/11/22/1040367/the-blue-technology-barometer/>
- (5) Frawley, T.H., Blondin, H.E., White, T.D., Carlson, R.R., Villalon, B., Crowder, L.B. 2021. *Fish. Res.*, 238,105896.
- (6) FAO. (2021). Código de Conducta para la Pesca Responsable. [https://www.fao.org/iuu-fishing/international-framework/code-of-conduct-for-responsible-fisheries/es/to ecosystems](https://www.fao.org/iuu-fishing/international-framework/code-of-conduct-for-responsible-fisheries/es/to%20ecosystems), 4: Blackwell Publishers.

¿QUÍMICA ORGÁNICA en Oceanografía?

Figura 1. Equipo de cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) para análisis de compuestos orgánicos del grupo QUIMA (Universidad de Las Palmas de Gran Canaria).

**Paula Santiago Díaz, Argimiro Rivero Rosales,
Milagro Rico Santos, J. Magdalena Santana
Casiano**

Departamento de Química, Edificio de Ciencias Básicas,
Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, Campus Univer-
sitario de Tafira, s/n, 35017 Las Palmas de Gran Canaria,
España. E-mail: paula.santiago@ulpgc.es

Desde sus inicios la Química Orgánica se ha desarrollado orientada fundamentalmente a la síntesis de diferentes compuestos de interés industrial o farmacéutico y también a la extracción, purificación y obtención de productos de origen natural. La naturaleza ha sido una gran fuente de compuestos orgánicos que han servido para el desarrollo de numerosos fármacos, principalmente obtenidos de plantas terrestres y en menor medida del medio marino, ya que presenta una mayor dificultad en las técnicas de recolección, tratamiento y purificación.

Aún con estas dificultades, se han aislado diversos compuestos marinos de naturaleza variada con actividad biológica, tanto para el tratamiento de enfermedades, como para su uso como suplemento alimenticio. Algunos ejemplos son: la anguciclinona aislada de esponjas marinas *Saccharopolyspora taberi* con actividad anticancerígena; la bacilistatina producida por una bacteria de origen marino *Bacillus silvestris* con propiedades anticancerígena y antibacteriana; los meroterpenos y las cistonas aislados de algas pardas marinas como la *Cytoseira usneoides* y que presenta actividad antiinflamatoria y antioxidante; proteínas como el colágeno obtenidas de la cianobacteria marina *Trichodesmium erythraeum* que protegen contra el envejecimiento de la piel; pigmentos como el β -caroteno encontrado en microalgas marinas como la *Dunaliella salina* que actúa como antioxidante y ayuda al organismo en la producción de la vitamina A^(1,2).

De esta forma, la Química Orgánica del medio marino ha estado enfocada tradicionalmente a la búsqueda y extracción de compuestos orgánicos bioactivos. Sin embargo, actualmente esta ciencia es imprescindible para comprender las interacciones con los ciclos biogeoquímicos de elementos en mares y océanos, en concreto el papel de los compuestos orgánicos en la regulación de la especiación química de metales en este medio.

Interés de la Química Orgánica en Oceanografía

La creciente preocupación por el incremento de los gases de efecto invernadero como el CO₂,

debido a las emisiones producidas por la actividad humana, ha provocado que el estudio del ciclo del carbono cobrara especial atención en los últimos años. El aumento del carbono disuelto en el océano fue un punto de inflexión en el estudio del carbono marino, promoviendo así que la comunidad oceanográfica empezara a interesarse por conocer qué tipos de compuestos contribuyen al ciclo del carbono en el océano.

Otro descubrimiento que despertó el interés sobre el estudio de la materia orgánica disuelta fue su relación con la producción primaria del fitoplancton. Así, la interacción entre los dos primeros niveles tróficos, fitoplancton (productores primarios) y zooplancton (consumidores primarios), sólo puede llegar a entenderse mediante la determinación de la composición bioquímica y elemental de la materia orgánica disuelta en el agua de mar.

Además de las razones anteriormente comentadas, existen muchas otras por las que el estudio de la materia orgánica en el medio marino se ha visto incrementado en los últimos años. Entre estas, destaca el análisis de la capacidad que presentan algunas moléculas orgánicas de formar complejos con metales traza en el medio marino, aumentando su biodisponibilidad como nutriente o disminuyéndola para minimizar su toxicidad. Un ejemplo de ello se puede ver en las variaciones de las concentraciones de la materia orgánica producida por los microorganismos marinos que crecen en presencia de diferentes concentraciones de cobre en el agua. Este metal representa un nutriente esencial para el correcto desarrollo de organismos fotosintéticos marinos, ya que forma parte de proteínas fotosintéticas y es un componente crucial del sistema transportador de nutrientes al igual que el hierro. Sin embargo, el cobre puede resultar especialmente perjudicial para el fitoplancton en concentraciones elevadas debido al daño oxidativo que produce en lípidos, proteínas e incluso en el ADN.

Relación entre los compuestos orgánicos y el cobre en el medio marino

El fitoplancton marino es especialmente sensible a variaciones en las concentraciones de cobre por su condición de productor primario. Estos microorganismos son capaces de regular los niveles de cobre en el medio mediante mecanismos de asimilación intracelulares y extracelulares. En este contexto, las diatomeas son un tipo de microalgas muy abundantes en el fitoplancton, que se caracterizan por poseer una

pared celular compuesta por sílice (SiO_2) y por su gran capacidad de acumular elevadas cantidades de nutrientes, que les permite sobrevivir en una gran variedad de condiciones ambientales, incluso cuando los nutrientes son limitados en el medio. Esta capacidad de adaptación les permite crecer y desarrollarse en ambientes muy contaminados, incluso por metales pesados como el cobre. Para sobrevivir en estas condiciones extremas, las diatomeas han desarrollado la habilidad de producir, acumular y exudar al medio marino determinados compuestos orgánicos que forman complejos con los metales, es decir, forman un tipo de enlace con el metal denominado enlace de coordinación, disminuyendo su contenido como metal libre en el medio marino o en el interior de la célula y minimizando sus efectos tóxicos.

En concreto, los aminoácidos juegan un papel importante en este mecanismo de detoxificación debido a la presencia de los grupos carboxilo ($-\text{COOH}$) y amino ($-\text{NH}_2$) en su estructura química. Forman parte de otras estructuras quelantes (complejantes de metales) como el ácido domoico, o las fitoquelatinas, que son pequeños polipéptidos de 2 a 9 aminoácidos con demostrada capacidad de formar complejos con metales y responsables del transporte y detoxificación de metales, no solo en las microalgas sino en las células humanas, en plantas superiores, etc.

El estudio de las moléculas orgánicas y su capacidad complejante, su importancia en los mecanismos de detoxificación de los microorganismos, así como su interés debido a la interrelación que producen entre diferentes especies, ha promovido un nuevo campo de investigación en la Oceanografía Química. En el caso concreto de los estudios centrados en la producción de aminoácidos, se ha constatado su acumulación en las células de microalgas cultivadas en medios enriquecidos con diferentes concentraciones de cobre. En términos generales, la concentración de aminoácidos en las células de microalgas aumenta con la concentración de cobre. Sin embargo, cada especie podría poseer diferentes mecanismos de protección frente a la toxicidad del cobre, por lo que este incremento en la producción de estos compuestos puede variar de unas especies a otras. En cualquier caso, los constituyentes del fitoplancton son muy diversos, y así también su bioquímica y sus respuestas frente a la presencia de altos niveles de cobre.



Se ha demostrado que elevados niveles de cobre provocan la acumulación de algunos aminoácidos en las células:

- Uno de los aminoácidos cuyo efecto protector es más conocido es la prolina. Este efecto puede deberse a que la prolina se ve indirectamente involucrada en la reducción de la oxidación de los lípidos producida por el exceso de cobre⁽³⁾. Este mecanismo de protección se ha estudiado ampliamente en plantas y algas;
- La histidina y metionina son dos aminoácidos muy abundantes en las proteínas transmembrana encargadas de transportar el cobre a través de la membrana celular del alga.



Figura 2. Análisis de compuestos orgánicos en células de microalgas en laboratorios del grupo QUIMA (Universidad de Las Palmas de Gran Canaria).

Estudios preliminares del grupo QUIMA

Diversos experimentos en el laboratorio de Química Orgánica del Grupo de Investigación Química Marina (QUIMA) del Instituto de Oceanografía y Cambio Global de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, apoyan la hipótesis de la acumulación de polifenoles y aminoácidos para regular la biodisponibilidad de metales pesados (Fig. 1). Por ejemplo, los trabajos preliminares realizados en nuestro laboratorio dentro del proyecto de investigación ECOFEMA (CTM2010-19517), en los que participó el Banco Español de Algas con la aportación de las microalgas objeto de estudio: diatomea *Phaeodactylum tricornutum* (*P. tricornutum*) y microalga verde

El estudio de las moléculas orgánicas y su capacidad complejante, su importancia en los mecanismos de detoxificación de los microorganismos, así como su interés debido a la interrelación que producen entre diferentes especies, ha promovido un nuevo campo de investigación en la Oceanografía Química.

En términos generales, la concentración de aminoácidos en las células de microalgas aumenta con la concentración de cobre.

Dunaliella tertiolecta (*D. tertiolecta*) cultivadas en agua de mar (control) y en agua de mar enriquecida con metales pesados (hierro y cobre) (Fig. 2). Estos trabajos demostraron la acumulación de polifenoles en algunas especies y su implicación en los mecanismos de defensa frente al estrés oxidativo debido a altas concentraciones de cobre en el medio de cultivo⁴. En estos trabajos se encontraron variaciones en las concentraciones y tipos de compuestos polifenólicos en función del metal y de su concentración. Los resultados más importantes:

1) La diferencia más importante entre las microalgas *P. tricornutum* y *D. tertiolecta* radica en la tolerancia de las mismas a la presencia de metales:

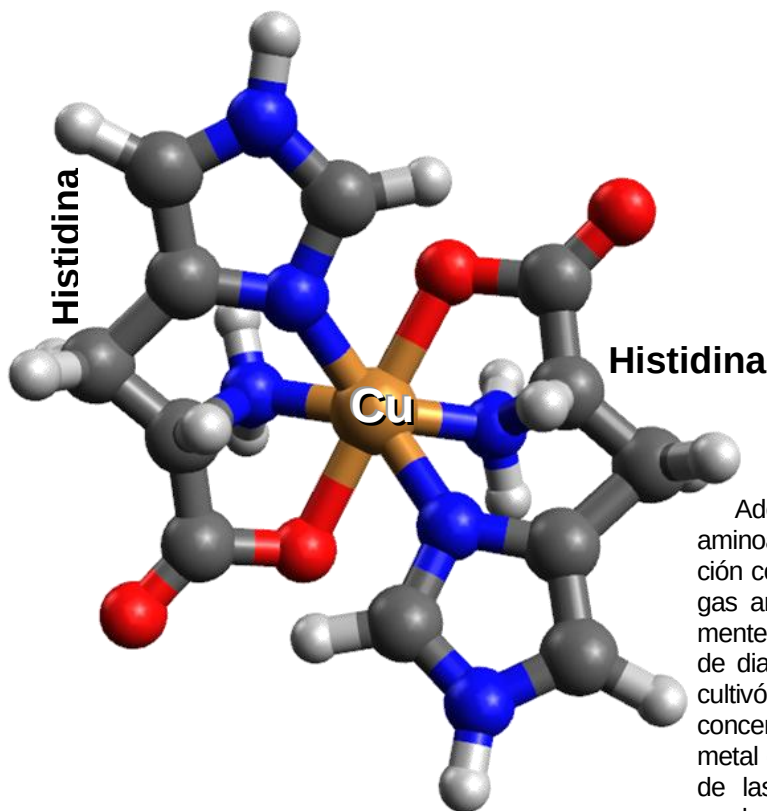


Figura 3. Cobre complejoado por dos moléculas del aminoácido histidina.

Además, los primeros ensayos realizados con aminoácidos apoyan la hipótesis de su acumulación como mecanismo de defensa de las microalgas ante la toxicidad del cobre (Fig. 3). Nuevamente, el Banco Español de Algas facilitó cepas de diatomea *Phaeodactylum tricornutum*, que se cultivó en medios enriquecidos con diferentes concentraciones de cobre y en ausencia de este metal como referencia. Los resultados del análisis de las microalgas mostraron una acumulación predominante de histidina y metionina, cuyas concentraciones fueron hasta 66 y 37 veces mayores que en las células cultivadas sin adición de cobre.

La determinación de las fuentes de la materia orgánica disuelta en el medio marino y los factores que influyen en su producción y consumo son esenciales para el entendimiento del ciclo del carbono. Hasta la actualidad, no se ha dedicado esfuerzo a identificar y cuantificar los polifenoles, aminoácidos y los carbohidratos excretados por microalgas y presentes en el medio marino, capaces de interactuar con los metales en disolución y, por lo tanto, de influir en sus equilibrios de especiación. Describir dichos compuestos, identificándolos y cuantificándolos, aislar y estudiar su actividad individual y el rol que desempeñan, constituyen pasos claves para esclarecer y entender los mecanismos de defensa de diferentes especies de microorganismos marinos frente al estrés oxidativo, así como los mecanismos de ingesta e internalización de metales a través de la membrana celular, y las cinéticas de las distintas especies químicas.

→ en la diatomea *P. tricornutum* expuesta a niveles tóxicos de cobre, las concentraciones de polifenoles se multiplicaron por 4 en el interior y en el exterior de la célula, lo que indicaba que dichos compuestos intervenían: (i) evitando la entrada indiscriminada de dichos metales; (ii) regulando la disponibilidad del metal y evitando su toxicidad una vez que ha entrado en la célula;

→ en el caso de la microalga *D. tertiolecta*, al ser más tolerante al cobre, mostró una menor producción de polifenoles en el interior de la célula respecto al control que en la diatomea *P. tricornutum* que es muy sensible a la presencia de cobre en el agua de cultivo.

2) Ambas microalgas, *D. tertiolecta* y *P. tricornutum* expuestas a cobre excretaron una elevada cantidad de polifenoles como mecanismos de protección para minimizar la toxicidad del cobre.

Algunos polifenoles también juegan un importante papel en la regulación de la disponibilidad de Fe(II) en disolución, ya que dichos compuestos retardan su oxidación. Por ejemplo, los polifenoles ácido sinápico y (+) catecol exudados por ambas microalgas, en agua de mar a pH 8,0 y pH 6,0 favorecen la reducción de Fe(III) a Fe(II) y, por lo tanto, potencian la persistencia de Fe(II) para su asimilación.

Bibliografía

- (1) Blunt, J. W. et al. 2018. Nat. Prod. Rep. 35: 8–53.
- (2) Jahan, A. et al. 2017. Phycologia. 56: 4 10–422.
- (3) Mehta, S. K. & Gaur, J. P. 1999. New Phytol. 143: 253–259.
- (4) López, A. et al. 2015. Environ. Sci. Pollut. Res. 22: 14820–14828.

Okeanos de fotos

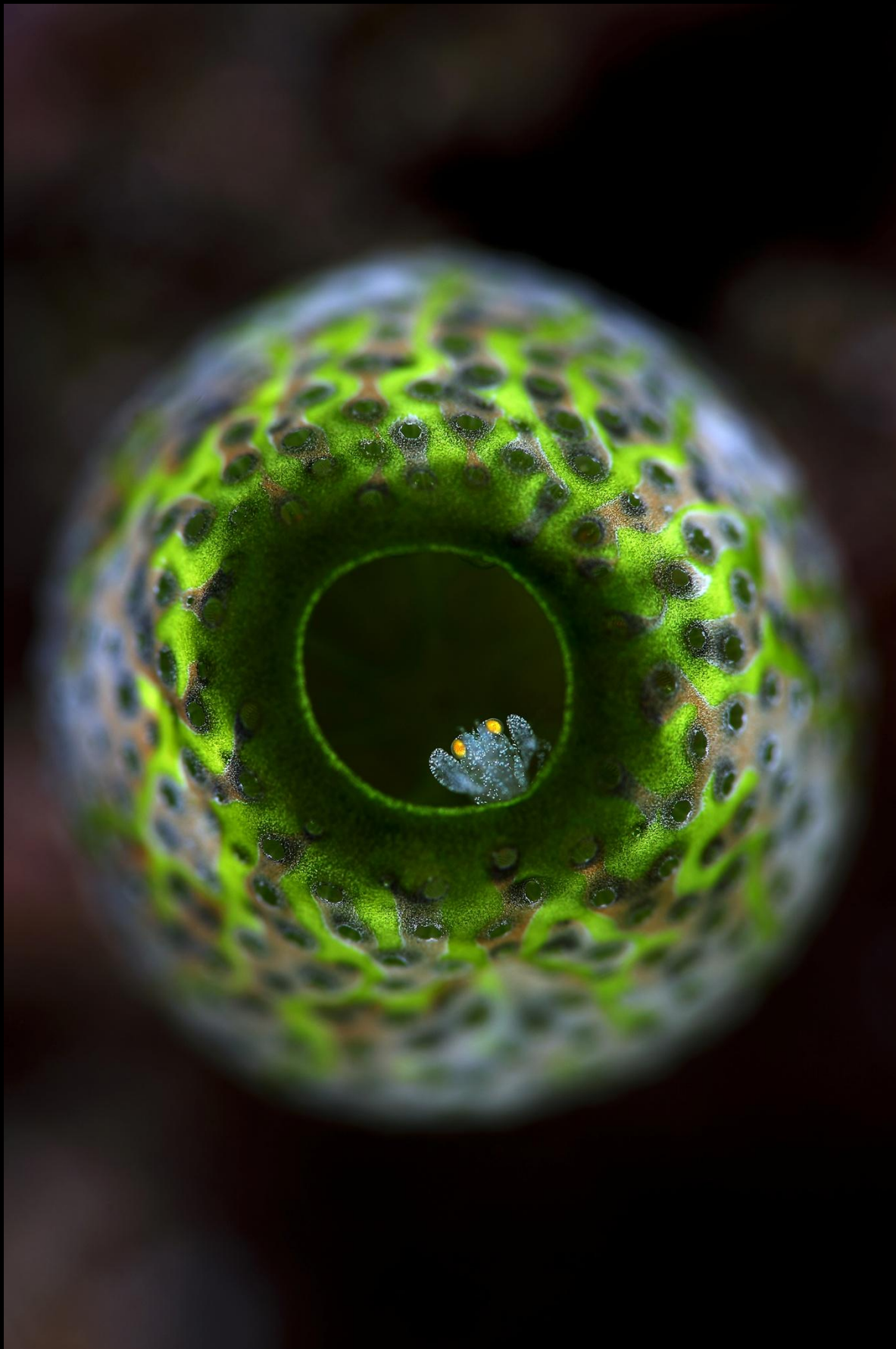


Fotos:

1. Biglip Ghost Goby (*Pleurosicya labiata*). Anilao, Filipinas
2. *Periclimenaeus storchii* en tunisado (*Didemnum molle*). Anilao, Filipinas
3. Amphipod en tunisado (*Clavelina coerulea*). Anilao, Filipinas
4. Larva de camarón no identificado. Anilao, Filipinas
5. Esponja. Islas Olvidadas, Indonesia
6. Poliqueto (*Laonice* sp.) liberando huevos. Islas Olvidadas, Indonesia
7. Blénido de lunares (*Salarias guttatus*). Brunei
8. Caracol burbuja (*Micromelo undatus*). Anilao, Filipinas
9. Cachalotes (*Physeter macrocephalus*). Trincomalee, Sri Lanka
10. Gobio (*Discordipinna griessingeri*). Kenting, Taiwan
11. Tiburón zorro pelágico (*Alopias pelagicus*). Malapascua, Filipinas
12. Megalopa de cangrejo sin identificar. Anilao, Filipinas
13. Madre y cría de ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*). Vava'u, Tonga
14. Juvenil de pez murciélago de estuario (*Halieutaea* sp.). Anilao, Filipinas
15. Larva filosoma de langosta en muda (*Eduarctus* sp.) moulting. Anilao, Filipinas
16. Tiburón toro (*Carcharias taurus*). Ogasawara, Japón
17. Tiburón tigre (*Galeocerdo cuvier*). Fuvahmulah Maldivas
18. Tiburón ballena (*Rhincodon typus*). Sur de Maldivas
19. *Arminia* sp. Islas Olvidadas, Indonesia
20. Larva de langostino (*Plesiopenaeus armatus*). Kenging, Taiwan
21. Inmersión en hielo. Shiretoko, Japón
22. Juvenil de bakoko (burro artequín) (*Plectorhinchus chaetodonoides*) frente a una esponja oreja de elefante (*Ianthella basta*). Romblon, Filipinas
23. Caballito pigmeo de Santa Claus en su mutación roja (*Hippocampus denise*). Raja Ampat, Indonesia
24. Buceador. Raja Ampat, Indonesia
25. Macho híbrido de labrido Flasher, un cruce entre el Flasher de líneas y puntos y el Flasher angular (*Paracheilinus lineopunctatus*) and Angular Flasher Wrasse (*Paracheilinus angulatus*). Anilao, Filipinas
26. Medusas (*Mastigias* sp.). Lago de las Medusas, Palau
27. Puesta de corales. Pulau Satumu, Singapur
28. Trescolas de aletas rojas (*Pseudanthias dispar*). Alor, Indonesia
29. Cangrejo de agallas de coral (*Cryptochiridae*) en un coral turbinaria (*Pseudocryptochirus viridis*). Anilao, Filipinas
30. *Lubrigobius exiguous*. Lembah, Indonesia
31. *Siphonophore rhizophysa*. Anilao, Filipinas
32. Tiburón toro (*Carcharias taurus*). Ogasawara, Japón
33. Nudibranquio (*Nembrotha chamberlaini*) listo para comer sobre el tunicado. (*Clavelina fusca*). Anilao, Filipinas

William Tan ha estado fascinado con las criaturas del mar desde la infancia. Mientras estudiaba en la Universidad Johns Hopkins (EE. UU.), gran parte de su tiempo libre lo pasaba contemplando la extensa colección marina del cercano Acuario Nacional de Baltimore. William, violinista de la Orquesta Sinfónica de Singapur, obtuvo su certificación de buceo en 1994. A partir de entonces, sin su preciado violín italiano antiguo, viaja mucho entre temporadas de conciertos por toda la región del Pacífico fotografiando la vida marina para instituciones científicas, fabricantes de cámaras y carcassas, organizaciones turísticas, revistas de buceo y resorts. William trabaja en estrecha colaboración con Canon Singapur y cuenta con el generoso patrocinio de Fourth Element Equipment for Adventure, Fun-In Underwater Photo Equipment, Nauticam International Limited, RGBLue Underwater Lighting System y Scubalamp Underwater Photography Equipment.

















8



9



10



11



12



13







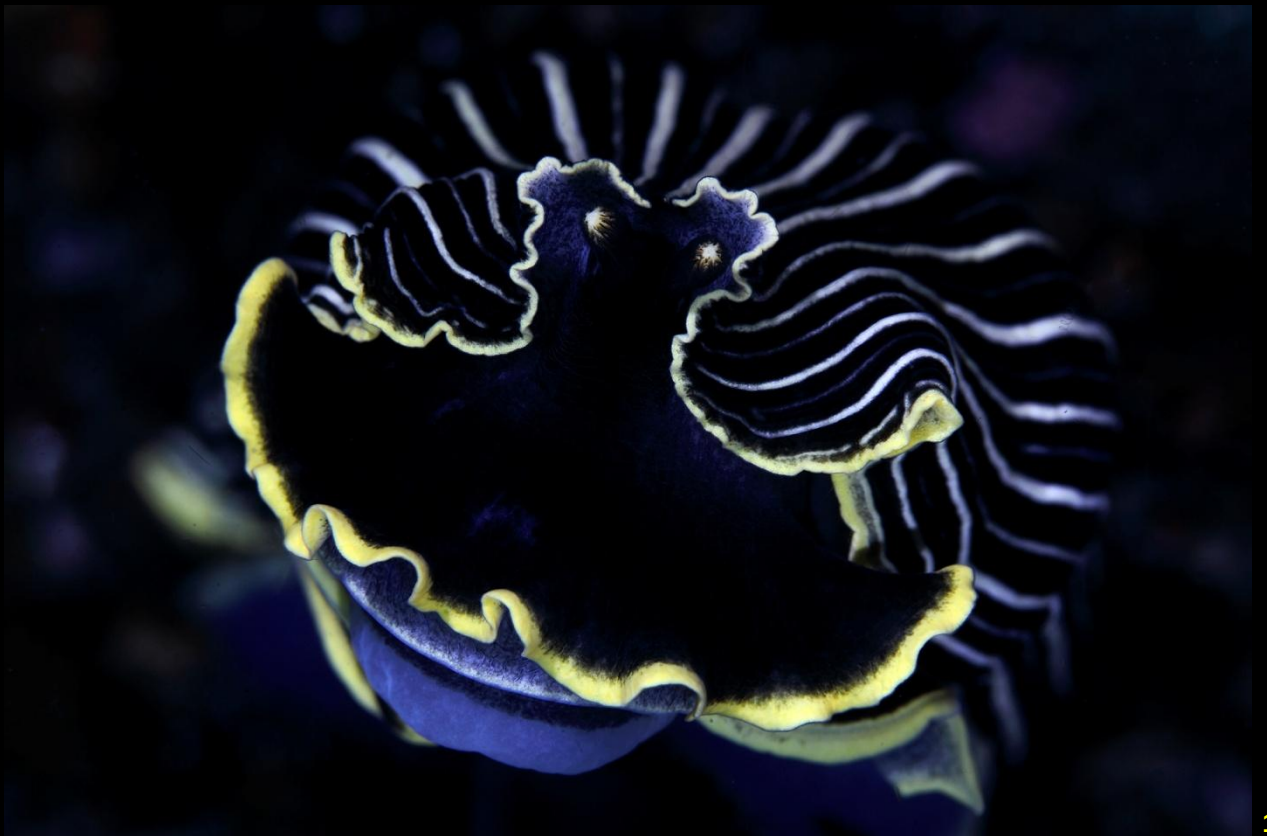
16



17



18



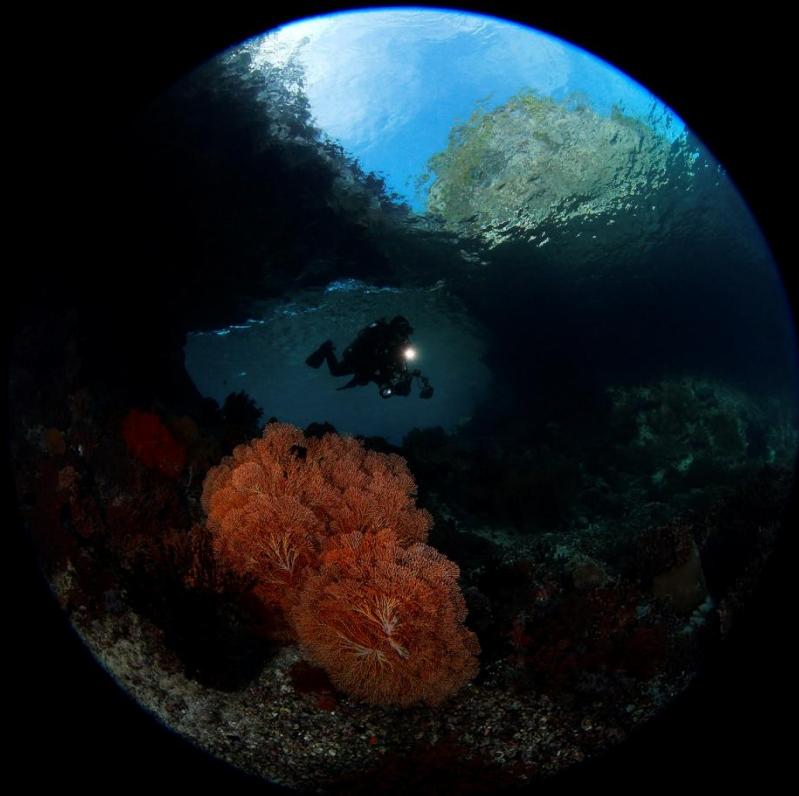
19









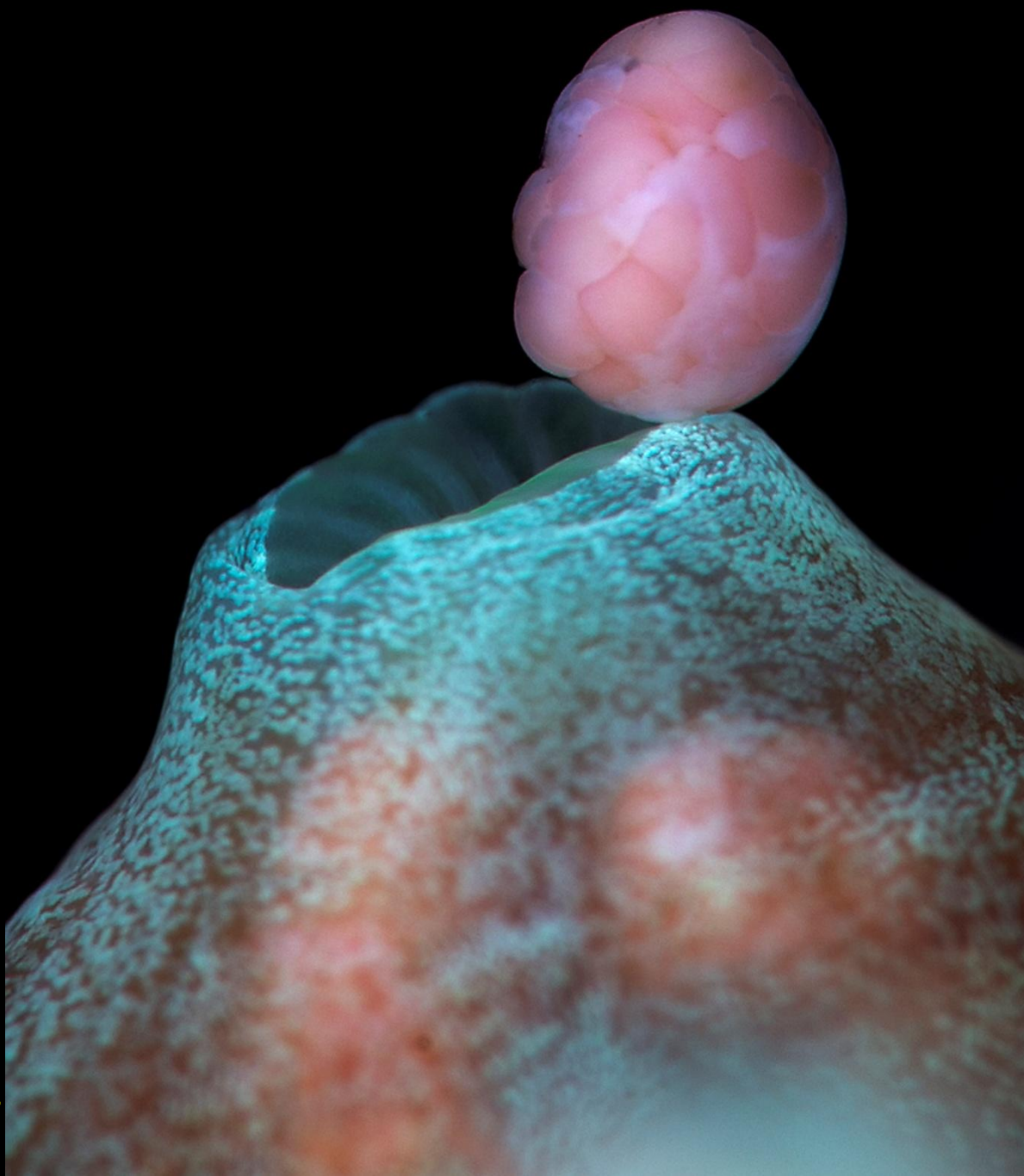


24



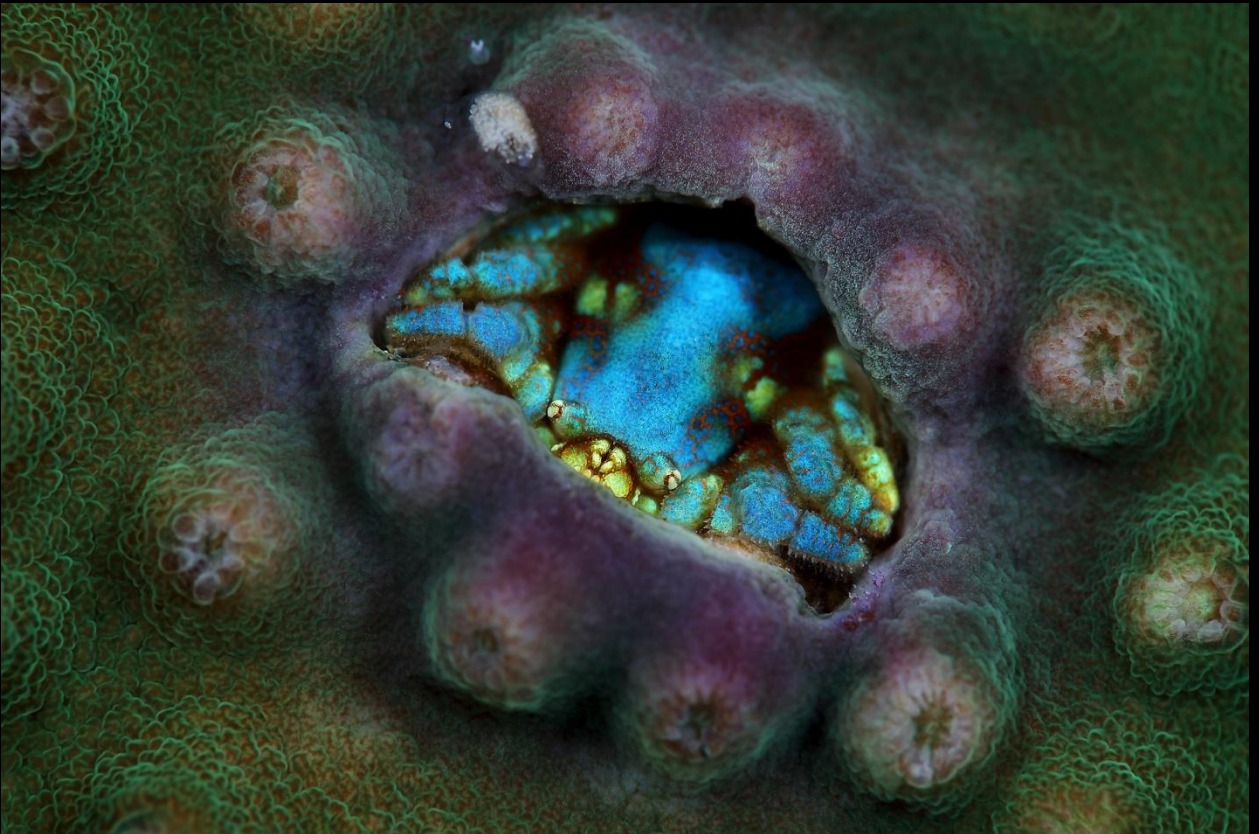
25







28



29











Ejemplar de *Argyropelecus hemigymnus* predando sobre un eufausiáceo en aguas superficiales del Estrecho de Mesina (Italia) (Autor: prof. Francesco Costa).

Conocer las profundidades: LOS PECES ACEPTAN

Sara Biancardi

Erasmus Traineeship, Universidad de Génova, Italia

El mar cubre el 70% de la superficie de la Tierra, pero de este solo conocemos el 5%. Gracias a las nuevas tecnologías científicas podemos realizar nuevos estudios de investigación en las profundidades marinas y, en este sentido, gracias a las campañas oceanográficas científicas realizadas por el buque *La Bocaina* se ha podido avanzar en el conocimiento de la biodiversidad de las aguas profundas del océano Atlántico en el entorno de las Islas Canarias.

Estas campañas científicas fueron realizadas entre 1999 y 2002, en el marco de una serie de proyectos de investigación liderados por la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria y se llevaron a cabo a lo largo de todo el archipiélago. Durante la campaña se recogieron muestras de la fauna marina de aguas profundas hasta los 1800 m de profundidad. De todo el material biológico obtenido, en este artículo se aportan algunos datos de dos especies de peces batipelágicos, *Argyropelecus gigas* y *Argyropelecus hemigymnus*, cuyos rangos de distribución batimétrica oscila entre 1000 y 4000 metros de profundidad.

Argyrolepecus sp. emite una fuente de luz gracias a la treintena de fotóforos dispuestos en el vientre. Los fotóforos son de un color plateado muy brillante, mientras que la luz emitida por tales estructuras es rosada. Los fotóforos están adaptados para controlar no solo la intensidad de la luz, sino también su distribución angular.



Pez hacha (*Argyrolepecus gigas*)
(Autor: Colección de Pesquerías de la NOAA, EE.UU.).

Estas especies, también conocidas como peces hacha, tienen un tamaño corporal que no suele superar los 10 centímetros y su silueta es inconfundible. La parte delantera es trapezoidal mientras que la parte caudal es más delgada. Los ojos y la boca son relativamente muy grandes, la aleta dorsal está precedida por algunas espinas y su aleta caudal es bifurcada.

Para poder vivir a estas grandes profundidades presentan adaptaciones muy específicas, como la presencia de fotóforos capaces de producir bioluminiscencia en la región ventral y parte posterior del cuerpo, que se piensa utilizan para

la comunicación con sus congéneres, atracción de presas o confundir a los potenciales predadores. Esta capacidad para producir bioluminiscencia se ha descrito en al menos 42 familias de peces, distribuidas en 11 órdenes de peces óseos y una familia de tiburones¹.

Argyrolepecus sp. emite una fuente de luz gracias a la treintena de fotóforos dispuestos en el vientre. Los fotóforos son de un color plateado muy brillante, mientras que la luz emitida por tales estructuras es rosada. Los fotóforos están adaptados para controlar no solo la intensidad de la luz, sino también su distribución angular.



Fotograma del documental Deep Ocean Experience 3D, mostrando a ejemplares de pez hacha (*Argyropelecus gigas*) con sus fotóforos abdominales bioluminiscentes (Fuente: <https://youtu.be/ohVGBmZVnQ>).



Buque *La Bocaina*
(Foto Gobierno de Canarias).

Durante mi estancia en Canarias analicé 47 especímenes de *A. gigas* y 43 de *A. hemygimnus* capturados durante las campañas realizadas por el buque *La Bocaina*. A estos peces se les extrajeron los estómagos para estudiar su dieta, que estuvo principalmente compuesta por pequeños crustáceos, particularmente copépodos (42,3%), anfípodos gammáridos (26,2%) e hipéridos (13,1%), y quetognatos (14,6%), presas que no superaban unos pocos milímetros.

Conocer las estrategias alimentarias de estas especies de aguas profundas es importante porque permite, además de ver cuál es el papel que estos peces desempeñan en las cadenas tróficas marinas, determinar su contribución al flujo de carbono desde las aguas superficiales hasta las zonas abisales y ayudar a entender como participan en el control de los cambios en el clima y al secuestro del CO₂ en las grandes profundidades de los océanos.

Bibliografía

- (1) Davis, M.P., Sparks, J.S., Smith, W.L. 2016. PLoS ONE 11(6): e0155154



PLÁSTICOS EN EL MAR



Cada año producimos
10 MIL MILLONES
DE TONELADAS DE BASURA



6 MILLONES
DE TONELADAS
Terminan en el mar

15%

DE ESTA BASURA
TERMINA EN PLAYAS

80%

DE LA BASURA EN
OCEANOS PROVIENE
DE LA TIERRA

Para fabricar
bolsas plásticas
se necesita

8%

DE LA PRODUCCIÓN MUNDIAL
DE PETRÓLEO



EQUIVALENTE
A TODO EL
CONSUMO DE
ÁFRICA

Nuestro consumo
de bolsas plásticas
en el mundo

1 AÑO

500 MIL MILLONES
A 1 BILLÓN DE
BOLSAS PLÁSTICAS



1 MILLÓN
DE BOLSAS
POR MINUTO

Cada chileno usa
en promedio

1,5 BOLSAS PLÁSTICAS POR DÍA
15 MINUTOS DE USO

1 AÑO

500 BOLSAS
PLÁSTICAS

POR ESTO REDUCE HOY TU CONSUMO DE BOLSAS PLÁSTICAS

REDUCE +



FAUNA OCULTA

en los bosques submarinos

Juan Carlos De La Rosa Valdivia¹
y Rodrigo Riera²

1- Estudiante de Grado de Ciencias del Mar, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, Facultad de Ciencias del Mar, Las Palmas de Gran Canaria

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

En la naturaleza existen diferentes nichos ecológicos donde la fauna desempeña sus funciones vitales. Este hecho no es tan evidente en el medio marino por sus dimensiones y en algunos casos por el tamaño tan reducido de las especies en comparación con el medio terrestre. Por ejemplo, los pájaros en un árbol tienen un papel fundamental para mantener la estabilidad de su entorno. En él podemos ver que conviven diferentes especies con sus respectivas preferencias de alimentación. Hay aves que se alimentan de plantas, semillas o frutas y otras carnívoras que se alimentan de comunidades de insectos que habitan en el árbol.

En el medio marino tenemos la comparación perfecta en el intermareal, que en función de las mareas se encuentra sumergido o emergido, y donde podemos encontrar las macroalgas, y si las analizamos con detenimiento, observamos numerosos individuos viviendo en una comunidad denominada epifauna. Esta comunidad está conformada por equinodermos como los erizos, anélidos con numerosas especies de gusanos, moluscos como los caracoles y crustáceos como los anfípodos, pero ¿en qué consiste este grupo de organismos?

Los crustáceos se podrían considerar los insectos marinos debido a las funciones que realizan. En este grupo nos encontramos especies que todos podemos reconocer por su interés culinario como las langostas, los cangrejos y las gambas. Estos crustáceos mencionados tienen como parientes a los anfípodos, que comparten una gran mayoría de características como el



Figura 2: Anfípodo caprélido de la especie *Caprella cavediniae*.

Los crustáceos se podrían considerar los insectos marinos debido a las funciones que realizan.



Figura 1: Anfípodo gammárido de la especie *Sunampithoe pelágica*.

exoesqueleto (esqueleto externo que cubre y protege a los crustáceos hasta que aumentan su tamaño y lo pierden en forma de muda). Sin embargo, los anfípodos además tienen un cuerpo comprimido lateralmente. A pesar de existir unas características generales dentro del grupo, la variación de tamaño y forma nos proporciona una lista de cerca de 10.000 especies a nivel mundial. No obstante, aún con unas características comunes, las diferencias a simple vista entre los diferentes subórdenes son muy significativas, como es el caso de los gammáridos (Fig. 1), que a simple vista tienen una apariencia de gamba achatada, y los caprélidos (Fig. 2), que se asemejan más a un insecto palo que a especies pertenecientes a este orden.

La gran variedad de formas, especies y sobre todo en el tipo de alimentación, posibilita que estos pequeños organismos sean capaces de ser los principales herbívoros o carnívoros en un

charco, teniendo un papel vital en la cadena trófica. Estas especies pueden convivir entre ellas, siendo posible encontrar en un espacio de algas del tamaño de la palma de una mano diferentes especies de anfípodos, cada una con sus características diferentes, además de anélidos, moluscos, y otros crustáceos, creando una red trófica en miniatura compleja y rica en cuanto a riqueza y abundancia de especies.

¿Y por qué nos interesan los anfípodos? Son importantes a nivel ecológico, por la biodiversidad tan rica que aportan. Dentro de la epifauna son el grupo más numeroso de individuos, afectando directamente a la ecología del medio marino degradando materia orgánica. Algunos estudios demuestran su potencial como sustitutos a los alimentos convencionales que se utilizan en acuicultura para el cultivo de especies marinas. Más concretamente los caprélidos, que contienen las características necesarias para sustituir a la *Artemia* o rotíferos. Además, juegan un papel importante en estudios de ecotoxicología como indicadores de contaminación por su sensibilidad ante éstos, permitiendo analizar los efectos ambientales que generan ciertos contaminantes.

Bibliografía

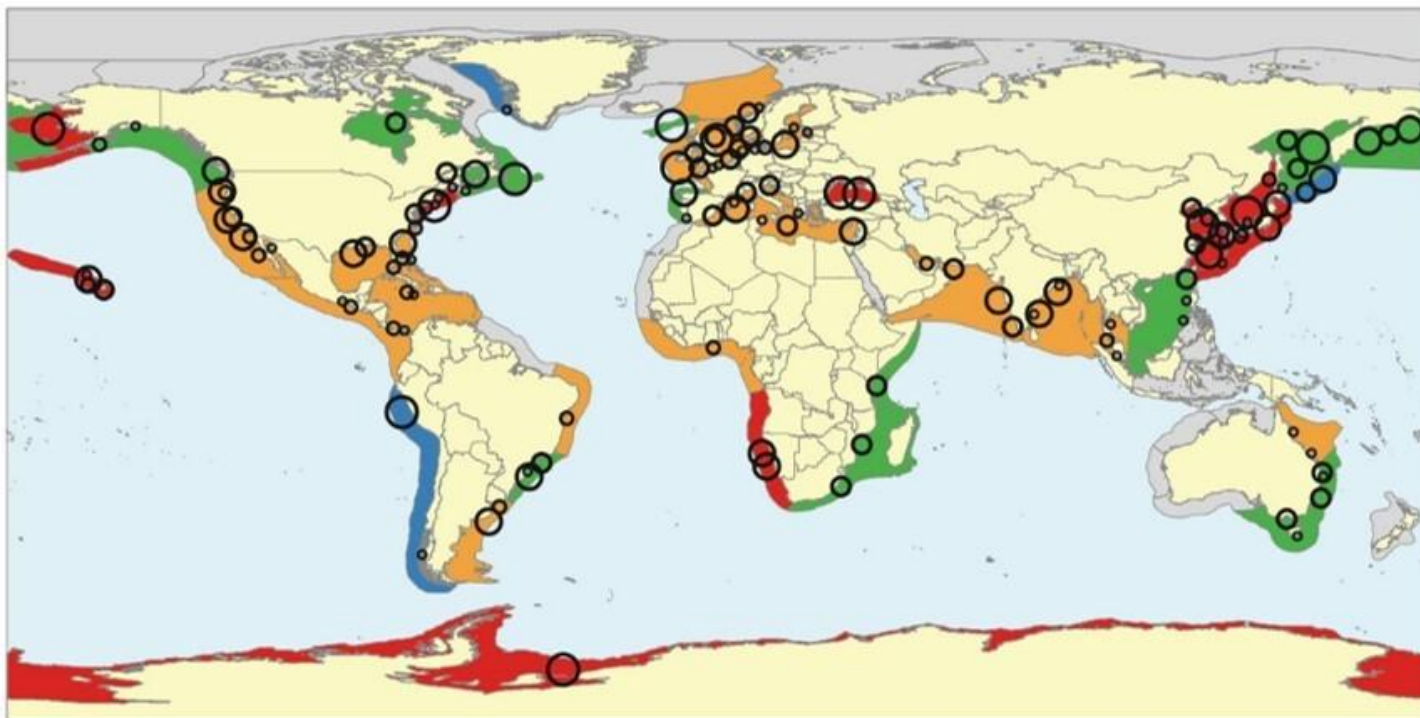
- (1) Mazé. R.A. 2015. Revista IDE@, 82:1-10
- (2) Riera, R., Guerra-García, J. M., Brito, M.D.C., Núñez, J. 2003. *Vieraea*, 31, 2003:157-166

MEDUSAS EN CANARIAS

Explorando su papel
en la cadena trófica



Cuantificar la cantidad de alimento que requiere cada medusa puede ser complejo, ya que habría que muestrear el organismo en un estado óptimo para luego someterlo a experimentos de ingestión.



Daniel Rickue Bondyale Juez, Vanesa Romero Kutzner, Ico Martínez, May Gómez

Grupo de Investigación EOMAR, IU-ECOQUA, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, Campus Universitario de Tafira, Facultad de Ciencias del Mar, 35017 Las Palmas de Gran Canaria.

Canarias y sus aguavivas

Cuando se emplea el término medusa nos viene a la mente la imagen de un organismo blando con una campana semiesférica que emplea para propulsarse con pulsos repetidos, de la que cuelgan varios tentáculos. También se emplea la palabra medusa para referirse a muchos otros organismos de aspecto gelatinoso, morfológicamente similares, que técnicamente no son medusas como podrían ser ctenóforos, sifonóforos o tunicados, entre otros. Sería más correcto referirse a todos estos organismos, con un alto contenido en agua, como zooplancton gelatinoso.

Los estudios de las poblaciones de medusas de la zona del Atlántico próximas a las Islas Canarias han sido escasos. Dicha escasez quedó evidenciada en la revisión realizada por Brotz, en 2012¹ donde no se pudo describir una tendencia para las poblaciones de medusas de esta región del Atlántico por falta de datos (Fig. 1).

Aunque en Canarias no ha habido un seguimiento tan exhaustivo como en algunas regiones del Mediterráneo, esto ha ido cambiando en los últimos años con publicaciones como el trabajo de Rodríguez de 2015² y la recopilación de observaciones posteriores.

El detonante que ha podido influir en esta mayor atención a las medusas en la zona del archipiélago canario pudo ser el enorme arribazón que tuvo lugar en 2012, cuando toneladas de aguavivas (la especie *Pelagia noctiluca*) vararon en varias playas de la isla de Gran Canaria (Fig. 2). Según fuentes de noticias locales³, las cifras alcanzaron valores totales de 54 toneladas recogidas en algunas de las playas del norte de la isla. Solo en la Playa de Las Canteras se llegaron a recoger 10 toneladas en un día. Este evento sin precedentes motivó el desarrollo de medidas de seguimiento para registrar mejor la distribución y el cambio en el tiempo y en el espacio de especies en las islas. Una de estas medidas fue el desarrollo de programas de ciencia comunitaria (también llamada ciencia ciudadana o monitoreo ambiental participativo) como son las bases de datos del Programa POSEIDÓN (<http://www.geoportal.ulpgc.es/programaposeidon/index.html>) y RedPromar (<https://redpromar.org/>), plataformas donde el ciudadano puede reportar avistamientos de especies marinas con especial atención a medusas y especies invasoras. Estos programas, que retoman el trabajo que realizaba en su día la CAMPAÑA MEDUSAS, han permitido almacenar la información cuando arribazones similares de menor magnitud se repitieron en 2014 y 2019 (Fig. 2). También se han producido cierres de playas por la llegada de grandes números de fragatas portuguesas (el sifonóforo *Physalia physalis*, también llamada carabela portuguesa) (Fig. 2).

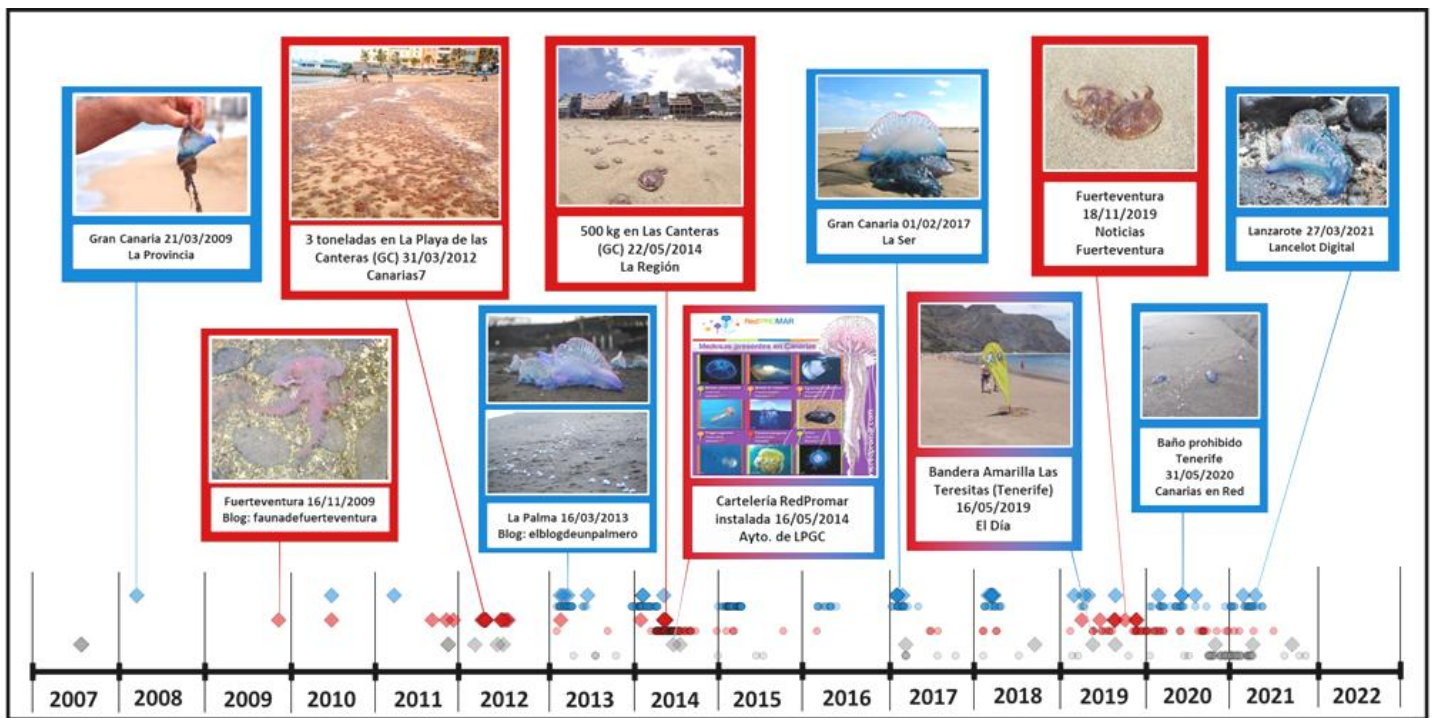


Figura 1. En página anterior, mapa de tendencia de poblaciones de especies locales e invasivas de medusas de ecosistemas marinos extensos. Los colores indican: rojo aumento con alta certeza, naranja aumento con baja certeza, verde variable, azul descenso, gris falta de datos. Los círculos hacían referencia a ejemplos de casos de estudio concretos (Fuente: Brotz et al. 2012¹).

Figura 2. En esta página, línea temporal de avistamientos y publicaciones en medios digitales sobre plancton gelatinoso en playas. Círculos pequeños: avistamientos recopilados por RedPromar entre 2013 y 2021. Rombos: publicaciones en medios digitales entre 2007 y 2021. Los colores indican si el avistamiento o la publicación es sobre *P. noctiluca* exclusivamente (rojo), sobre *P. physalis* exclusivamente (azul) o sobre otros gelatinosos en general (gris). Un alto número de avistamientos o publicaciones oscurece los colores. Algunos ejemplos de imágenes asociadas a las publicaciones en islas y momentos variados ilustrando su impacto sobre el archipiélago.

La atención prestada al zooplancton gelatinoso de la región canaria ha ido aumentando con el inicio de los programas de seguimiento ya mencionados y como se observa en la presencia en los medios (Fig. 2). Además, el acuario de Loro Parque, en Tenerife, ha logrado desarrollar cultivos ininterrumpidos de *P. noctiluca* descendientes de las arribadas en 2012 junto con otras especies más exóticas, divulgando y captando el interés de la población local y visitante por estos integrantes de nuestra fauna marina.

De entre el zooplancton gelatinoso, en las aguas del archipiélago se han identificado varias especies de tunicados, ctenóforos, sifonóforos, medusas... Sin embargo, las principales especies avistadas y reportadas en el programa RedPromar han sido *P. physalis* y *P. noctiluca*. La fragata portuguesa presenta un color azul y violeta, pero al tratarse de un sifonóforo técnicamente no es una medusa. A diferencia de las medusas, cada organismo es en realidad una colonia de individuos repetidos con funciones concretas bien repartidas, que viven conectados a una estructura flotante con forma de vela, llamada pneumatóforo, y que contiene gases (Fig. 3).

Dicha estructura les permite propulsarse, sobre todo empujados por el viento, surcando la superficie oceánica. Cuando son pequeñas y su pneumatóforo está en desarrollo, cuentan también con pequeñas estructuras propulsoras llamadas nectóforos. Sus larguísimas estructuras urticantes (dactilozoides) son las encargadas de capturar alimento y acercarlo a otros integrantes de la colonia encargados de la digestión externa (gastrozoides).

En cambio, las aguavivas, *P. noctiluca*, son escifozoo o medusas tradicionales de color marrón y rosado que se propulsa mediante pulsos de su campana moteada (Fig. 4). Es común verlas formando grandes agrupaciones, también llamados afloramientos o blooms. Cuenta con unos largos y delgados tentáculos con los que paraliza y envenena a sus presas y las lleva hacia sus considerables brazos orales que rodean la boca.

Es probable que los avistamientos de estas dos especies se reporten con mayor frecuencia, comparado con otras especies, debido al riesgo que las picaduras de ambas suponen para la salud. Esto también se observa en la cantidad de noticias relacionadas en los medios de comunicación (Fig. 2).

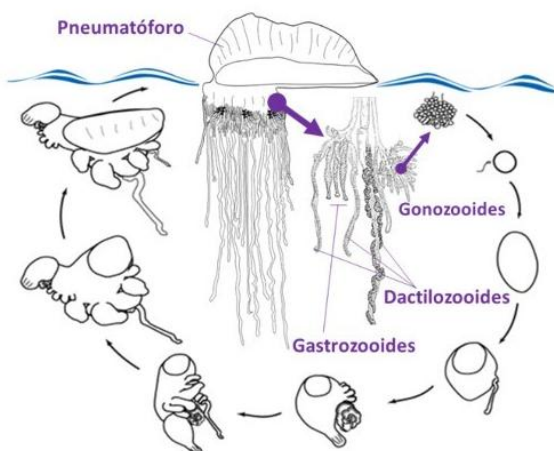


Figura 3. Imagen en acuario del grupo EO-MAR de la ULPGC y diagrama del ciclo de vida y anatomía básica de la fragata portuguesa (*P. physalis*)⁴ (Foto: Daniel R. Bondyale Juez; EOMAR).

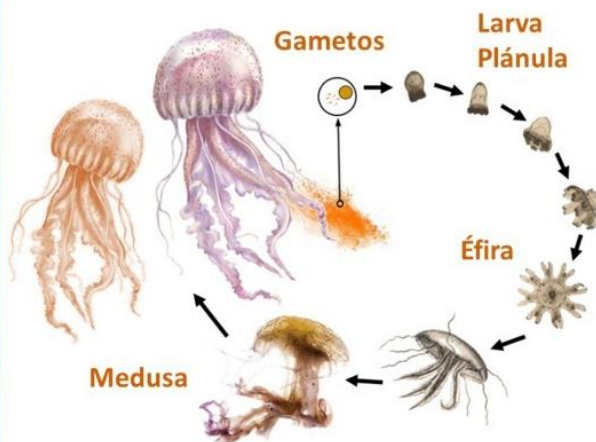


Figura 4. Imagen en el medio y diagrama del ciclo de vida con fases de la aguaviva (*P. noctiluca*)⁴ (Foto: Pawel Kalinski; EOMAR).

Según los datos recopilados desde el comienzo del programa RedPromar, alrededor de 2013 (Fig. 2, 5), se puede observar como *P. noctiluca* se ha visto sobre todo entre los meses de abril a julio. Concretamente, en 2012, 2014 y 2019 hubo grandes arribadas, pero en otros años han podido estar ausentes. En cambio, *P. physalis* ha sido más constante todos estos años, con arribazones moderados entre diciembre y mayo. En estos últimos años, en muchas ocasiones, coinciden con la llegada de otras especies como *Velella velella* o *Agalma okenii*. La ciencia ciudadana ha sido una herramienta indispensable para analizar y describir adecuadamente la naturaleza y periodicidad de la llegada de dichas poblaciones errantes y sus regiones de influencia.

Las medusas como depredador

El reconocido biólogo marino Daniel Pauly en uno de sus trabajos⁵ aseveró que, seguramente, las medusas eran el principal competidor de los peces zooplanctívoros (peces depredadores de zooplancton), además de ser depredadoras de larvas

y juveniles de peces. La composición de la dieta de muchas especies de plancton gelatinoso, al igual que en otros muchos organismos marinos, se logra determinar estudiando el contenido del tracto digestivo tras su captura. En este caso la dificultad radica en que el organismo muestreado no haya sido dañado, cosa que puede ocurrir con facilidad por la fragilidad que caracteriza al zooplancton gelatinoso.

En el caso de las dos especies protagonistas de este artículo (*P. physalis* y *P. noctiluca*) se trata de organismos algo más robustos que otros gelatinosos, y sus dietas se han podido describir previamente con relativo detalle. La fragata portuguesa se alimenta sobre todo de diversas especies de peces de tallas pequeñas y fases larvarias y, excepcionalmente, de calamares y quetognatos (gusanos flecha). La aguaviva se alimenta de una gran variedad de integrantes del zooplancton como copépodos, eufausiáceos, larváceos, huevos de peces, larvas de peces, larvas de moluscos, quetognatos, pterópodos, cladóceros e, incluso, hidrozooos. En cautividad se suelen alimentar también con otras medusas.

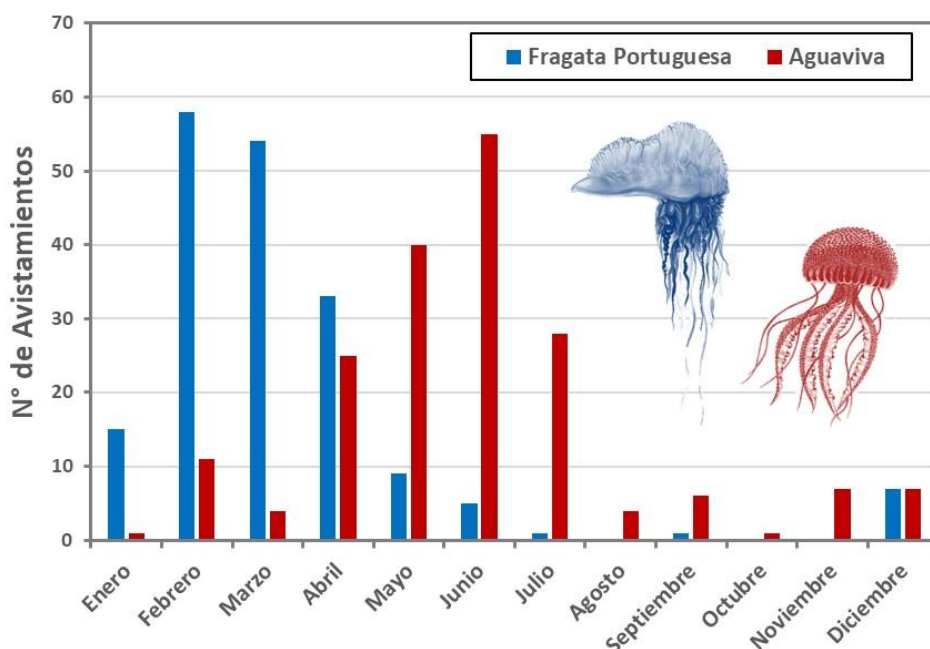
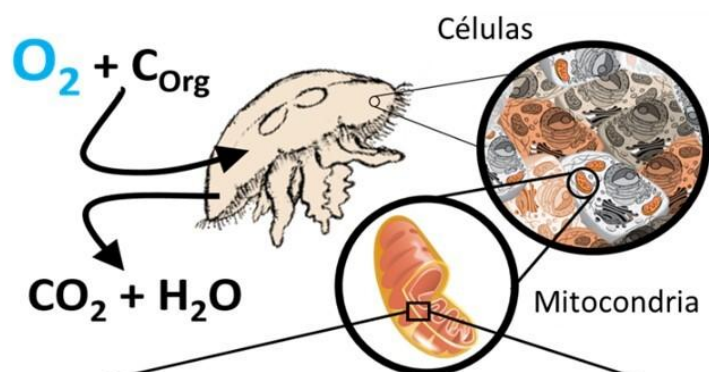
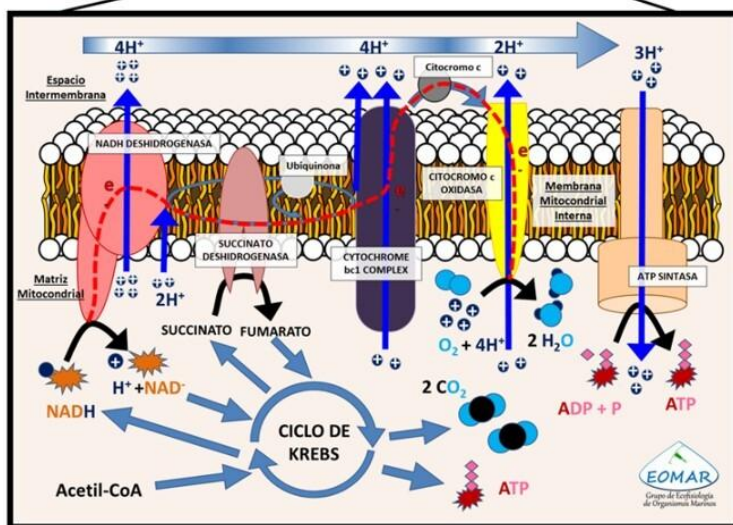


Figura 5. Recopilación del número de avistamientos documentados, entre 2013 y 2021, por la base de datos de RedPromar. En total han sido 181 avistamientos de *P. physalis* y 182 avistamientos de *P. noctiluca*. La mayoría de estos últimos tuvieron lugar en 2014 (n=139).



Los estudios de las poblaciones de medusas de la zona del Atlántico próximas a las Islas Canarias han sido escasos.



Sistema de Transporte de Electrones

Figura 6. Diagrama simplificado del proceso respiratorio en medusas. Comenzando con la entrada de carbono orgánico (C_{org}) del alimento y oxígeno (O_2) por difusión cutánea. Ambas sustancias son usadas en las células, concretamente en las mitocondrias para las reacciones del sistema de transporte de electrones. El resultado final es la generación de ATP que almacena energía a disposición del uso en la célula, agua (H_2O) y dióxido de carbono (CO_2). Las enzimas principales del proceso están etiquetadas (Fuente: EOMAR).

Cuantificar la cantidad de alimento que requiere cada medusa puede ser complejo, ya que habría que muestrear el organismo en un estado óptimo, para luego someterlo a experimentos de ingestión. Las medusas se pueden dañar fácilmente durante el muestreo y existen dificultades logísticas para realizar una prueba adecuada de ingesta. Por ejemplo, estos organismos requieren acuarios especiales con circulación de agua, llamados plancton kreisels, acorde con su tamaño, y que su alimento permanezca en suspensión para poder ser capturado. Una alternativa para solucionar estos problemas es emplear medidas metabólicas respiratorias para estimar la demanda de carbono necesaria para el metabolismo de la medusa, y con ello determinar las necesidades alimentarias en términos de carbono, el elemento principal en la composición de la materia orgánica. Para ello, se mide la tasa de respiración aeróbica del organismo. La respiración celular aeróbica es el proceso por el cual la mayoría de los seres vivos complejos son capaces de usar el oxígeno para obtener energía en forma de ATP a partir del alimento, produciendo además agua y CO_2 (Fig. 6).



Figura 8. Portada del nº11 de la revista OKEANOS mostrando la conocida relación entre la fragata portuguesa y el *Nomeus gronovii*. (Fuente: OKEANOS).



Se ha descrito para Canarias que la población de zooplancton aumenta alrededor de enero a abril, disminuyendo de nuevo alrededor de mayo⁶. En cambio, el aumento de las larvas de peces descrito en el trabajo de Moyano y colaboradores⁷ mostraba una mayor concentración entre marzo y junio. A esto hay que incluirle que tanto larvas de peces como medusas no se distribuyen homogéneamente en la columna de agua, y realizan migraciones que pueden concentrar este impacto. Arribazones como el de 2012 podrían ser particularmente disruptivos para la población regional de presas que no está habituada a estos fenómenos repentinos. Particularmente en eventos de la magnitud de los acaecidos en 2012 donde toneladas de medusas se concentran en poco espacio.

Tomando como ejemplo otras regiones, como en el Mediterráneo donde los afloramientos de *P. noctiluca* son más frecuentes, se encuentran eventos de cifras de 471 individuos por kilómetro en playas marroquíes, de 0,4 a 5 individuos por m³ en costas españolas y entre 20 y 600 individuos por m³ en el Adriático. En el Adriático se estudió que las cifras de *P. noctiluca* podrían devastar la población de zooplancton o eliminar solo el 1% al día dependiendo del grado de dispersión de presas y depredadores.

Para futuras interpretaciones, un seguimiento temporal continuado y más detallado de las poblaciones de zooplancton y larvas en el archipiélago canario podría permitir verificar el efecto de la llegada de grandes agrupaciones de depredadores gelatinosos.

Las medusas como presa

Durante años las medusas estuvieron situadas como un depredador al final de las redes tróficas, ya que su alto contenido en agua las hacía una presa con poco aporte calórico. Además, se trataba de organismos más difíciles de identificar en el digestivo de depredadores por su fragilidad y rápida digestión en comparación con otras presas de tejidos más resistentes. Sin embargo, se les reconoce cada vez más como un integrante relevante del ecosistema y, como tal, cuenta con una amplia variedad de depredadores, depredación conocida como gelativoría (Fig. 7), que se pueden diferenciar entre aquellos con una alta ingesta de organismos gelatinosos, y aquellos a los que se les ha identificado la ingesta de gelatinoso en sus digestivos gracias a mejores técnicas de análisis (técnicas genéticas e isotópicas). Por ejemplo, gelativóros conocidos serían la tortuga boba (*Caretta caretta*) o la tortuga laúd (*Dermochelys coriacea*), o peces como el pez luna (*Mola mola*).

Pero además hay otros muchos crustáceos, peces, aves, moluscos, tiburones, delfines e incluso otras medusas que se alimentan también de integrantes del plancton gelatinoso (Fig. 7) como se ha descrito en algunas de las recopilaciones más completas. Estas recopilaciones incluyen pruebas recientes de video que han permitido ver la dinámica depredadora sobre medusas en aguas profundas y con pingüinos. Por no hablar del importante transporte de carbono que realizan estos grandes afloramientos de medusas al hundirse si fallecen, los llamados “jellyfalls”, que además pueden servir de alimento a numerosos cnidarios (por ejemplo, anémonas), crustáceos y equinodermos bentónicos (Fig. 7). No debe ser olvidada la explotación de ciertas especies de medusas para consumo humano en varios países del mundo, superando el millón de toneladas descargadas en puerto según estimaciones de Brotz y Pauly⁸. Esto nos convierte a los humanos (*Homo sapiens sapiens*) en otro de los depredadores de integrantes del plancton gelatinoso.

Por otro lado, también existe una relación simbiótica entre algunas especies de peces y crustáceos que utilizan a especies del plancton gelatinoso como refugio a la vez que alimento en determinadas etapas de desarrollo, como “vivir en la casa de Hansel y Gretel”. Uno de los ejemplos más conocidos de esta relación simbiótica es la establecida entre la fragata portuguesa *P. physalis* y el pez *Nomeus gronovii*, que ha llegado a desarrollar cierta inmunidad al potente veneno del sifonóforo y es capaz de comer no solo a presas sino partes de la fragata portuguesa con la que convive y a la que acompaña (Fig. 8).

Además, existen también relaciones simbióticas entre microalgas y especies de zooplancton gelatinoso. Por ejemplo, las zooxantelas que habitan en el interior de medusas, como *Cotylorhiza tuberculata*, o en el interior de hidrozooos, como *V. velella*. Estas microalgas de tipo dinoflagelado realizan la fotosíntesis y proveen de alimento a su huésped que las mantiene en condiciones adecuadas.

Sigue siendo sorprendente que, con un alto contenido en agua y un bajo contenido energético, el plancton gelatinoso genere demanda como alimento. En trabajos recientes⁹ se considera que el papel de las medusas como presa está experimentando un cambio de paradigma. En ellos discuten varias hipótesis. Consideran que las medusas podrían ser un alimento de rápida digestión en comparación con los duros crustáceos o peces teniendo además un bajo coste energético para su captura.



También contemplan la posibilidad de que se ingieran medusas con las gónadas más desarrollada siendo más nutritivas o que hubieran capturado a su vez presas y sirvan entonces como mecanismo de concentración de alimento de menor tamaño. Asimismo, puede haber depredadores interesados en las grandes agrupaciones de medusas que podrían en grandes cantidades servir de sustento e incluso servir como práctica y aprendizaje para la captura de presas. Sin olvidar que pueda tratarse de una ingesta que no sea por motivos calóricos sino por motivos bio-activos, es decir, que haya sustancias en estas presas gelatinosas que cumplan una función de automedicación, como se ha observado en organismos terrestres con el consumo de plantas de bajo aporte calórico.

Cabe mencionar que estudios de la composición de peso seco de fragata portuguesa y *V. velella* han descrito un porcentaje de contenido en agua alrededor de un 81 y 91%, ligeramente alejado del rango de otros gelatinosos con un 94 y 98% y más próximo al de otros organismos. Por lo que no se debe descartar que se necesiten más estudios de composición de una mayor diversidad de organismos aparentemente gelatinosos, ya que podría haberse generalizado en exceso con su elevado contenido en agua y su bajo aporte de alimento.

En Canarias se ha descrito a las medusas como un tipo de organismo importante por su participación en la dieta de varios depredadores.



Figura 10. Imágenes de *P. noctiluca* en aguas de Gran Canaria ingiriendo un plástico azul (Fotos: Alicia Herrera Ulibarri).

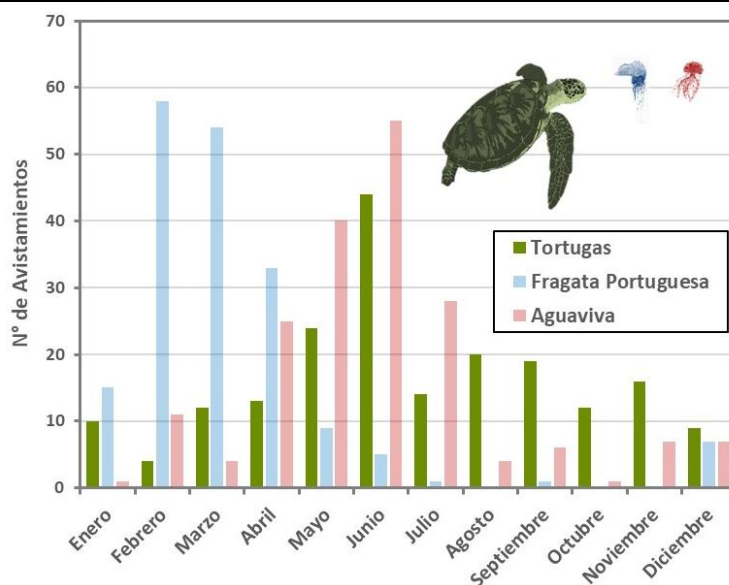


Figura 9. Recopilación de los avistamientos de las especies de gelatinosos de la figura 5, añadiendo los datos de las especies de tortugas. Los avistamientos de tortugas suman un total de 197. De dichas observaciones, casi un 60% son de tortuga boba (*Caretta caretta*), un 5% de tortuga carey (*Eretmochelys imbricata*), un 36% de tortuga verde (*Chelonia mydas*) y 1 son avistamientos sin identificar. La mayoría de estos avistamientos fueron realizados en 2020 y 2021 (29 y 20% respectivamente).

En el caso de las tortugas en aguas canarias, RedPromar cuenta con datos de avistamiento de tres especies (tortuga boba - *Caretta caretta*, tortuga carey - *Eretmochelys imbricata*, tortuga verde - *Chelonia mydas*) desde 2013. La distribución mensual de estos avistamientos hasta 2021 se muestran en la figura 9. El mayor número de estos avistamientos de tortugas parecen coincidir con los meses de avistamientos de aguavivas. Sin embargo, se dan también avistamientos de tortugas menores en momentos del año sin estos gelatinosos. Más datos de este tipo con un mayor alcance espacial y temporal pueden permitir realizar un seguimiento a estas relaciones entre depredadores y presas.

Además, el plancton gelatinoso, cuyo papel como presa en muchas ocasiones se subestima, se encuentra a menudo expuesto a la contaminación de las aguas superficiales. Recientemente, en aguas canarias fue identificada la entrada de microplásticos en el interior de *P. noctiluca* en el trabajo de Rapp y colaboradores¹⁰ (Fig. 10), convirtiendo a esta especie no solo en un organismo afectado sino también en un posible vector de contaminación para especies depredadoras.

Cómo se ha visto reflejado a lo largo de este artículo, las herramientas de ciencia comunitaria son un excelente aliado para el registro y seguimiento de tendencias, comportamientos ecológicos y distribuciones espacio-temporales de orga-

nismos marinos. En particular los gelatinosos en muchas ocasiones son un integrante del medio olvidado y, dentro del zooplancton, un organismo difícil de muestrear. Sería conveniente comprender su rol en el medio más allá de considerarlo una plaga. Es clave entender la biología y ecología de este superviviente que, según el registro fósil, ha pervivido a grandes cambios en este planeta con una estrategia similar desde hace alrededor de 500 millones de años. Constituyen, por tanto, un representante de la biota marina que se podría ver beneficiado por la excesiva retirada de competidores y depredadores a través de la sobrepesca, ya sea por capturas intencionadas o accidentales, y de la edificación costera realizada por los seres humanos. Las herramientas de ciencia ciudadana, junto con un mayor seguimiento de estos organismos gelatinosos, pueden ser clave a la hora de comprender si nos dirigimos a un futuro dominado por las medusas, tal y como dominaron los mares de antaño y como pronostican algunos expertos en plancton gelatinoso.

Bibliografía

- (1) Brotz, L. et al. 2012. *Hydrobiologia*, 690:3-20.
- (2) Rodríguez, G. et al. 2015. Jellyfish outbreaks in coastal city beaches from a management perspective. En: Rodríguez, G. R. & C. A. Brebbia (eds). *Coastal Cities and their Sustainable Future*. WIT Press, 148: 277-288, p. 350.
- (3) Darriba, J. 2014. https://www.canarias7.es/hemeroteca/aguavivas_a_granel_13_toneladas-CECSN338486 (18/01/2022)
- (4) Bondyale Juez, D. R. Las “medusas” como depredadores y presas. estudio de su metabolismo respiratorio y composición bioquímica. (Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, 2020).
- (5) Pauly et al. 2009. *Hydrobiologia*, 616:67-85.
- (6) Hernández-León, S. et al. 2010. *Limnol. Oceanogr.*, 55:2503-2512.
- (7) Moyano, M. et al. 2009. *Fish. Oceanogr.* 18:51-61.
- (8) Brotz, L. & D. Pauly. 2017. Studying jellyfish fisheries: Toward accurate national catch reports and appropriate methods for stock assessments. En: Mariottini, G. L.(ed) *Jellyfish: Ecology, Distribution Patterns, and Human Interactions*. Nova Publishers, 15: 313-329.
- (9) Thiebot, J. B. & J. C. McInnes. 2020. *ICES J. Mar. Sci.*, 77:58-71.
- (10) Rapp, J. et al. 2021. *Mar. Pollut. Bull.* 166: 112266.



14 VIDA SUBMARINA



LOS MARES SE LLENAN DE PLÁSTICO

España es el cuarto país de la UE con mayor demanda de plásticos, donde hasta el 50% de los mismos acabaron en vertederos en 2016

Países que más plástico vierten al mar Mediterráneo

(Toneladas al día)



Una tonelada de plástico por cada tres de pescado es la previsión para 2025

700

especies marinas amenazadas por los plásticos.

100 mil animales

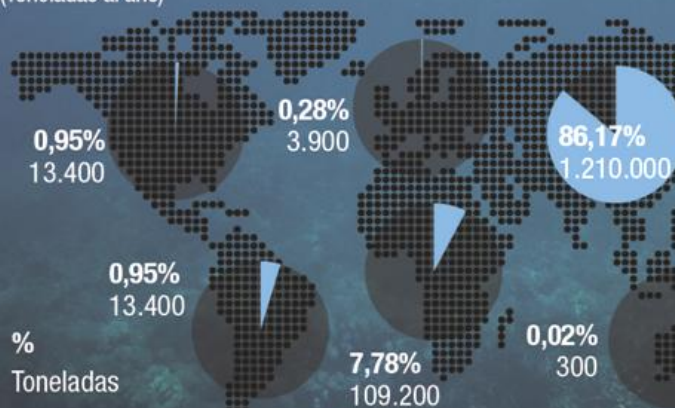
marinos muertos al año debido a los plásticos en el entorno marino.

Tipos de basura en el mar



Vertidos de plástico al mar en los ríos por continente

(Toneladas al año)



El 95% de los residuos plásticos del mar son los llamados "microplásticos"

Fuente: Lebreton y Greenpeace

Borja García López

Caracterización del **MARISQUEO** en la costa norte de Gran Canaria



Julio César Bolaños Ramos y José J. Castro

Máster en Gestión Sostenible de los Recursos Pesqueros,
Facultad de Ciencias del Mar, Universidad de Las Palmas de
Gran Canaria. Email: julioc_coriolis@hotmail.com

El marisqueo a pie consiste en la captura o recolección de crustáceos, moluscos, equinodermos o peces en la zona intermareal o submareal somera, ya sea directamente con las manos o con ayuda de sistemas de pesca poco tecnificados (e.g. varas). Practicado en todo el planeta desde el paleolítico, se ha centrado en un extenso número de especies de invertebrados marinos tanto para consumo humano, para usar como cebo e incluso con objeto de utilizar las conchas y caparazones de estos organismos con diferentes fines. No obstante, y pese a su antigüedad y a los efectos que puede tener sobre las especies recolectadas, por diversas razones, apenas hay estudios sobre el marisqueo a nivel global, lo cual también es extensivo a las Islas Canarias.

En el caso de Canarias, se conoce el número de pescadores profesionales con licencia para marisqueo a pie, pero es imposible saber la cifra exacta de recreativos al no existir una licencia específica para esta actividad. Y aunque la normativa establece períodos de veda, cuotas, días en los que se puede mariscar, cantidades por especie, etc., no se realiza un registro de lo que captura cada recreativo, por lo que es muy complicado establecer el estado de estos recursos y las repercusiones ecológicas que tiene su extracción.

Una evaluación del estado de los recursos según opinión

Al no disponerse de datos oficiales, la información proporcionada por los propios mariscadores resulta de vital importancia para tener una caracterización de la pesquería y una primera estimación del estado de las especies objetivo.

Por ello, la principal herramienta de trabajo son las encuestas conformadas por diversas preguntas con las que intenta saber cuáles son las especies objetivo y aproximar los niveles de capturas obtenidas de cada una de ellas, cuáles son los métodos de pesca, el destino de las capturas y el valor económico de las mismas, así como dibujar el comportamiento de los propios pescadores en su acción extractiva (zonas de pesca, periodos, etc.) y sus percepciones sobre los cambios experimentados por los stocks. En todo caso, el alcance de este tipo de encuestas es limitado, la mayoría de las veces por la escasa participación social y la propia configuración del modo en que esta se realiza (por teléfono, a pie de playa, etc.), por lo que debemos considerar los resultados como preliminares y no hacer inferencias de lo obtenido a toda la población del sector pesquero.

El marisqueo en la acantilada costa norte de Gran Canaria

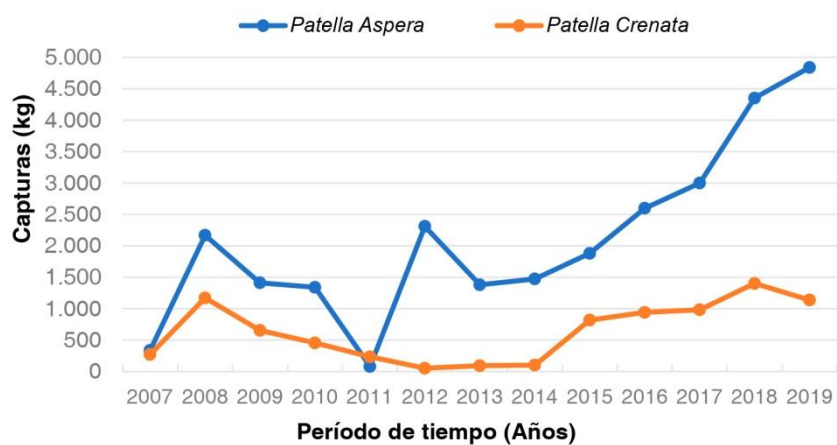
Las principales especies objetivos de los mariscadores, tanto profesionales como recreativos, en el norte de Gran Canaria son la lapa blanca (*Patella ulyssiponensis aspera*) y la lapa negra (*P. tenuis crenata*), pero también son su objetivo el pulpo (*Octopus vulgaris*), burgados (*Osilinus* spp.) y diversas especies de pequeños cangrejos (*Plagusia depressa*, *Xantho* spp. y otros), usados como carnada para pescar peces. Ambas especies de lapas tienen un apreciable valor de mercado, lo cual hace que su captura sea el principal objetivo de la pesquería, y el soporte de gran parte del furtivismo entorno a la misma, incluso en periodos en que esta está cerrada (casi un 10% de los encuestados afirmó no tener licencia de pesca).

La presión sobre estas especies objetivo es por tanto elevada, y prueba de ello es que los mariscadores reconocen que ambas especies de lapas, pero especialmente la blanca, son más abundantes y de mayor tamaño en la parte baja del intermareal y en submareal, confirmando así una excesiva explotación en las zonas más accesibles. Un análisis de productividad y susceptibilidad (PSA), método utilizado para evaluar la vulnerabilidad de una pesquería, especie o stock¹, pone de relieve que los stocks de lapas están plenamente explotados con un alto riesgo de entrar en sobreexplotación. También el pulpo se encuentra en una situación similar.



Mariscador capturando pequeños cangrejos para usarlos como cebo para la captura de peces bento-demersales (playa de cantos del norte de Gran Canaria).

Curiosamente, los mariscadores tienen la impresión de que las poblaciones de lapas han experimentado un descenso, pero con cierta discrepancia entre los pescadores profesionales (caída entre el 10-25%) y recreativos (caída del 57% para la lapa negra y de un 72% para la blanca). Esta discrepancia entre ambos sectores se explica en que la mayoría de los artesanales encuestados se han incorporado al marisqueo a partir de 2010, mientras que entre los recreativos hay mariscadores que faenan en la zona desde la década de 1980, por lo que el punto de partida sobre el estado de las poblaciones es muy diferente.



Capturas totales (kg) de las especies de lapas *Patella aspera* (azul) y *P. crenata* (naranja), registradas en los puntos de 1ª venta de la isla de Gran Canaria (Fuente: Gobierno de Canarias).

Ejemplar de lapa negra (*Patella tenuis crenata*) (Autor: Yeray Pérez González).

Ejemplar de lapa blanca (*Patella ulyssiponensis aspera*) (Autora: Silvia González Ruiz).

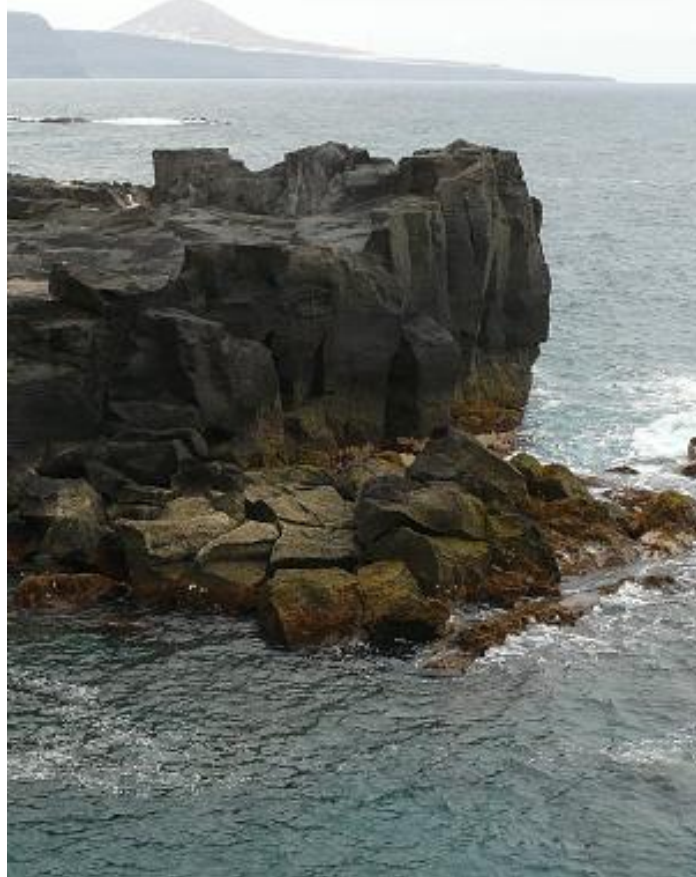


Un mal endémico

Las consecuencias de este excesivo marisqueo son diversas. La desaparición de la lapa mayorera de Gran Canaria es una consecuencia de ello², pero no la única. Las poblaciones de gasterópodos (*Patella* spp. y *Osilinus* spp.) en el deshabitado islote de Alegranza (dentro de la reserva marina del norte de Lanzarote) presentan densidades hasta 15 veces superiores a los registrados en las costas de Lanzarote y de La Graciosa³. Pero, además, en este islote los ejemplares grandes son más numerosos y la estructura poblacional está bien definida.

La costa norte de Gran Canaria es abrupta, lo que dificulta el acceso a ciertas zonas que probablemente se han convertido en refugios para ejemplares adultos. Además, los temporales con oleaje intenso son frecuentes de octubre a abril, imposibilitando aún más la práctica de la actividad gran parte del año. Por tanto, aunque puedan existir otros factores, es probable que la difícil orografía, las condiciones oceanográficas, las tallas mínimas legalmente establecidas y los períodos de veda basados en la biología reproductora, junto a la presencia de ejemplares adultos en zonas inaccesibles, pueden haber evitado que los stocks de estas especies hayan entrado definitivamente en sobrepesca.

Es claro que siguen existiendo dudas sobre el estado de los diferentes stocks de las especies sometidas a marisqueo en la costa norte de Gran Canaria, pero es relevante resaltar que existe una gran coincidencia, entre pescadores profesionales, recreativos y científicos, de que la elevada presión pesquera que sufren estos recursos, es el principal factor de la situación de desequilibrio descrita.



Acantilados de la costa norte de Gran Canaria.

Bibliografía

- (1) Free, C.M., Jensen, O.P., Wiedenmann, J., Deroba, J.J. (2017). Fish. Res., 193:60-70.
- (2) Núñez, J., Brito, M.C., Riera, R., Docoito, J.R., Monterroso, O. (2003). Bol. Inst. Esp. Oceanog., 19 (1-4): 371-377.
- (3) Ramírez, R., Tuya, F., Haroun, R.J. (2009). Rev. Biol. Mar. Oceanog., 44 (3).

Beatriz Morales-Nin



Beatriz Morales en una de las campañas de investigación en la Antártida a bordo del B/O Hespérides (foto extraída de la web del Institut Mediterrani d'Estudis Avançats-IMEDEA).

“La sobreexplotación, la contaminación, el cambio climático y los costes de explotación amenazan la pesca tradicional”

Se avecinan muchos cambios a todos los niveles y es intrigante pensar en cómo

Beatriz Morales Nin es Licenciada y Doctora en Biología por la Universidad de Barcelona. Ha realizado diversas estancias en centros de investigación punteros en el área de gestión de los recursos marinos como la Universidad de Hawaii o la Universidad de Bergen en Noruega y, desde 1989, trabaja en el Instituto Mediterráneo de Estudios Avanzados (IMEDEA). Su principal campo de investigación es la gestión de recursos pesqueros. Es considerada, sin lugar a dudas, como la mayor experta española en esclerocronología (determinación de la edad de los peces a partir de los anillos de crecimiento en otolitos; unas estructuras calcáreas que forman parte del oído interno). Es miembro del Steering Committee del proyecto Eurromarine (UE), miembro del comité organizador del Seas-era eranet. Evaluadora del Era-Net Plus Bonus.

¿Por qué pesquerías? ¿Por qué la pesca y los recursos pesqueros como núcleo de su trabajo?, ¿qué le llamó de este campo?

Inicialmente me centré en la edad y crecimiento de peces, estudiando la estructura y composición de sus otolitos. Como primer trabajo remunerado en el entonces Instituto de Investigaciones Pesqueras (CSIC) se me ofreció leer otolitos de especies de Namibia. Este trabajo formaba parte de un gran proyecto que el Instituto realizaba en aguas de Namibia bajo la dirección del Dr. Carles Bas. El objetivo era realizar claves talla-edad de la merluza del Cabo (*Merluccius capensis*) y de la rosada (*Genypterus capensis*) para los modelos de evaluación de sus poblaciones.

La pesquería -muy importante para España- estaba gestionada por una comisión internacional, ICSEAF, que otorgaba cuotas a los países miembros. Así empecé a implicarme en temas pesqueros. Temas muy interesantes ya que van desde la biología a la sociología.

Sobre una de sus principales líneas de trabajo, ¿qué información se puede obtener de conchas, corales u otolitos?

Los tejidos calcificados de los organismos marinos son registros vitales que guardan memoria de lo acaecido a lo largo de su vida. Por un lado, se forman desde el nacimiento y muestran en su estructura anillos correspondientes a los periodos rítmicos que experimenta el océano. Así, hay anillos de crecimiento diario -ritmo circadiano- y estacionales de crecimiento rápido y lento. Por medio de estos anillos se puede determinar la edad de cada individuo. Por otra parte, la morfología externa del tejido viene establecida genéticamente y se puede utilizar para determinar la especie y la población a la que pertenece el individuo. A lo largo del crecimiento del tejido se le incorporan elementos traza y compuestos que pueden utilizarse como un registro para delimitar las condiciones y masas de agua en las que han vivido (Sr, Ba, Mn, Mg, Ca entre otros), temperatura (isótopos de C, O), o metabolismo (isótopos de C, N). Solemos llamar a los tejidos calcificados el DNI de los peces o la caja negra (como la de los aviones).

¿La pesca tradicional tiene futuro? ¿Cuáles son sus mayores amenazas? ¿Es compatible con el uso actual del litoral?



Beatriz Morales posando ante un póster de unos de sus trabajos sobre el uso de otolitos para la determinación de la edad en peces (Autora: Charina Cañas; extraída de la web del Institut Mediterrani d'Estudis Avançats-IMEDEA).

“Como en el caso de la pesca profesional, el futuro de la pesca deportiva en España depende de una gestión integrada y responsable”

Las amenazas son claras: la sobreexplotación, la contaminación, el cambio climático y los costes de explotación. Acerca de la sobreexplotación, las medidas regulatorias impuestas por la UE deberían cumplirse a rajatabla y está claro que cada vez hay más control de la actividad. Es cierto que el esfuerzo pesquero en el litoral (número de barcos) ha disminuido, pero las capturas no lo han hecho por los avances de la tecnología. Creo que la mayoría de los pescadores son conscientes de que si quieren tener futuro han de ser responsables. Por otro lado, los recursos marinos están amenazados por otros factores independientes que a su vez requieren ser controlados, ¡no toda la culpa es de la pesca! Debería haber una gestión integrada del litoral que regule los usos y permita conservar los caladeros tradicionales.

Habrà pesca en el futuro, por temas de seguridad alimentaria y porque es más barato obtener proteína del mar que en tierra, pero seguramente el pescado “salvaje” será considerado una exquisitez. Se avecinan muchos cambios a todos los niveles y es intrigante pensar en cómo afectaran a la pesca.

¿Cómo integrar a los pescadores recreativos en la gestión y protección del litoral? ¿Se puede estimar el impacto real de estos pescadores en el medio?

Hemos realizado varias estimas de la importancia de la pesca recreativa y definitivamente es muy relevante en muchos términos. Aunque desde hace años se intenta incorporar a esta pesca en las medidas de control y gestión, todavía queda camino por recorrer. La mayor dificultad es el carácter difuso de la actividad, así como el bajo nivel de asociacionismo entre los practicantes. Esto dificulta la concienciación de los pescadores, pero creo que día a día la sociedad es más consciente y la responsabilidad aumenta.

¿Se debería aumentar el control sobre los pescadores recreativos? ¿Cómo?

La obligatoriedad de las licencias de pesca y las diversas medidas de regulación son pasos adelante. Sin embargo, existen diferencias en la regulación dependiendo de la administración en cada zona. Debería regularse de forma homogénea y aumentar el control y las campañas de concienciación. Por otra parte, los pescadores que observaran a algún infractor deberían denunciarlo.





¿Cuál es el futuro de la pesca deportiva en España?

Hay dos tipos de pesca deportiva. Está la pesca basada en trofeos y competición que a mi juicio debería basarse en captura y suelta, y la pesca desde charters. Esta última es una actividad económica y debe estar regulada. En ambos casos el esfuerzo pesquero y la información que puede obtenerse de especies, abundancia y tallas deberían incluirse en la gestión de los recursos pesqueros. Como en el caso de la pesca profesional el futuro depende de una gestión integrada y responsable.

Somos islas donde desde que somos niños y niñas se nos da una caña o un corcho con un anzuelo, y se nos suelta en charcos litorales a pescar lo que sea, sin medir consecuencias o impactos. ¿Cuál es el mensaje que hay que trasladar a esos padres y madres? ¿Y los niños?

El contacto con la naturaleza se ha demostrado que es muy beneficioso a todas las edades y en especial el de la pesca recreativa en niños y jóvenes. Los datos que disponemos indican que los jóvenes no están muy interesados en esta actividad que puede ser un medio de socialización y deporte. Como toda actividad hay que practicarla con conciencia, cumplir con las normas reguladoras en cuanto a épocas de captura, tallas mínimas, etc. Y estimular la alegría de una captura moderada y responsable. Hay escuelas de pesca responsable para niños a las que sería bueno llevarlos.

“La obligatoriedad de las licencias de pesca y las diversas medidas de regulación son pasos adelante. Sin embargo, existen diferencias en la regulación dependiendo de la administración en cada zona”

Si tuviese que destacar un momento de su carrera profesional, eso que llaman un momento EUREKA, ¿Cuál sería?

Hay dos fundamentales, cuando conseguí un puesto de trabajo fijo y cuando conseguí una beca de la FAO para trabajar en la Universidad de Hawaii (USA) que me abrió muchas puertas.

A lo largo de su trayectoria proyectos y campañas es una fuente de experiencias y momentos, más allá de ese momento EUREKA, ¿algún otro momento especial?

Si, cuando fui la jefe de campaña de la primera expedición del BO Hespérides a la Antártida y muchos momentos en alta mar al observar la riqueza y variedad del Océano y de sus habitantes.

El 12 de octubre de 1946, escasamente un mes después del sonado hundimiento del *Monte Isabela*, tras repostar carbón en el puerto de la Luz, se hundió el pesquero portugués *Alcyon* a 18 m de profundidad tras chocar con la Baja de Gando, sin que hubiera víctimas.

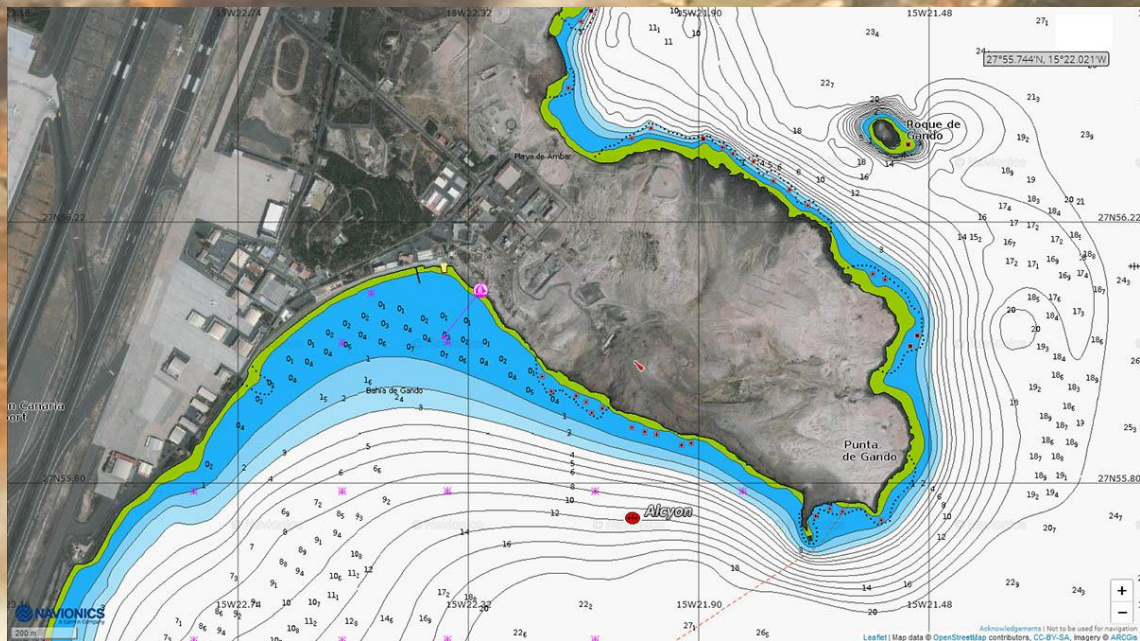


Figura 1. Batimetría de la Zona (datos de Navionics).



El Pesquero Portugués *Alcyon*
**HUNDIDO POR LA
BAJA DE GANDO**



Figura 2. Restos del pecio del Alcyon visto desde la proa.

1938-39 LLOYD'S REGISTER.

STEAMERS & MOTORSHIPS UNDER 300 TONS, TRAWLERS, &

1 No. In Book.	2 Steamer's Name. Material, Rig, & Late Name if any.	3 Special Surveys. No. of Decks, &c.	4 Regist'd Tonnage. Gross. Under deck. Net.	5 Particulars of Classification.		7 Date when last surveyed.	8 Built.		10 Owners.	11 Regist'd Dimensions. Deck Erections, &c.			12 Port of Registry. Flag.	13 No. & Dia. Boiler Power by RHP—power Particulars Register.
				Character.	Port of Survey.		When.	By Whom.		Length.	Breadth.	Depth.		
54656	Alcmaria (exAria, exMaasstromII., exZaanstroomVI.) E.S.D.	(Trawler) 1Dk	148 138 64	+	...	...	1916	Gebr. Boot Leiderdorp	B. Ramster	102'1"	20'7"	9'5"	Lowestoft British	T.3Cy.94 E Industrie Maats. T.3Cy.13
54657	Alcôa (exHammond-35) CSJN	(Fishing) ssGms. No.1-34 1Dk	351 317 148	+	...	9,85	1929	Cook, Wel- t'n & Gemmell Ld. Beverley	Cia. Portuguesa de Pesca	140'0"	24'1"	14'4"	Lisbon Portuguese	T.3Cy.13 1SB.3pf.6 Amos & S T.3Cy.13
54658	Alcyon (exAdele, exKingfisher) CSJN	(Trawler) 1Dk	322 271 137	+	...	12,20	1915	Crabtree & Co. Ld. G. Yarmouth	Cia. Portuguesa de Pesca	140'7"	22'8"	12'2"	Lisbon Portuguese	T.3Cy.13 Crabtree & T.3Cy.13
54659	Wireless D.F.	(Trawler) 1Dk	247 247 100	+	...	...	1904	Bonin & Mees Rotterdam	E. Manoy & Fils & Cie.	132'0"	21'6"	12'6"	Boulogne French	T.3Cy.13 Alblasser Mas



ALC-ALE		
13	14	15
Engines.	Moulded depth.	Freeboard amidships
No. of Cylinders.—Stroke	Pressure. NHP—Horse	Power by Ship's Register
by Society's formulae;	Power by Ship's Register	Power by Society's formulae;
Power of Boilers & Furnaces	Power of Boilers & Furnaces	Power of Boilers & Furnaces
Maker's Name.	Maker's Name.	Maker's Name.
3", 15 1/2" & 27 1/2" - 21 1/2"	Emadel 17	35 NHP
3", 22 1/2" & 37" - 26"	91 NHP	
3", 22 1/2" & 37" - 24"	87 NHP	
3", 21 1/2" & 35" - 24"	60 NHP	

Figura 2. Acta de registro de barco *Alcyon* por Lloyd's register of Ships de 1938-39. Esta acta es la más antigua disponible en el Archivo del Puerto de La Luz y de Las Palmas. Consultas en Internet a partir de estos datos han permitido identificar al Almirantazgo británico como el armador en el periodo en que la embarcación se llamaba *Kingfisher* y *Adele*.

Vicente Benítez Cabrera

Sociedad Atlántica de Oceanógrafos, Las Palmas de Gran Canaria, España.

Otra víctima de la traicionera Baja de Gando fue el pequeño pesquero portugués *Alcyon* que, con un desplazamiento de 125 toneladas, estaba matriculado en Lisboa. El 12 de octubre de 1946, escasamente un mes después del sonado hundimiento del *Monte Isabela*, tras repostar carbón en el puerto de la Luz, mientras se dirigía hacia el sur para realizar sus labores de pesca, se hundió a 18 m de profundidad tras chocar con la Baja, sin que hubiera víctimas.

El pecio, conocido como *El Portugués*, se encuentra sobre un fondo de arena, habitado por roncadores, besuguitos, bogas y chicharros. Es una zona muy tranquila y protegida, lo que hace que la inmersión sea muy cómoda, pero está en aguas de la Base Aérea de Gando, por lo que para acceder a él es necesario solicitar un permiso especial (Fig. 1). Durante muchos años lo consideramos inaccesible, pero tras el afable trato recibido por las autoridades de la base durante nuestras visitas por tierra al Pecio de la Playa del Ambar, y con el interés de filmar y documentar el naufragio (Fig. 2), procedimos a solicitar el permiso pertinente a la OFICOM del MACAN y al ALA 46, permiso que fue concedido para el 24 de abril de 2021, fecha en que realizamos una primera inmersión en el pecio, con ayuda de una embarcación chárter para buceadores que opera desde el muelle de Taliarte.

El Pesquero *ALCYON*:

Construcción y Características

El *Alcyon* era un pesquero de arrastre con casco de hierro, matriculado en Lisboa a nombre de la *Companhia Portuguesa de Pesca*, construido en 1915 por *Crabtree & Co. Ltd. Great Yarmouth*. Todavía no sabemos en qué fecha pasó a ser propiedad de la CPP, que fue constituida en 1920, pero sabemos que antes de eso, con otro armador, navegó con el nombre de *Kingfisher* y, posteriormente, con el de *Adele*.

Su máquina era de vapor. Construida también por *Crabtree & Co. Ltd. Great Yarmouth*, era de triple expansión (tres cilindros) y daba una potencia de 87 NHP. Desplazaba 138 toneladas (según el registro de Lloyd's, 125 según otras fuentes), y estaba consignado por la compañía Nacional de Carbones Minerales S.A. del Puerto de La Luz (la agencia Miller) (Fig. 2). Su capitán era el Sr. Joao Marques Ferreira, con 22 tripulantes a bordo y un perro.



Figura 4. "Bomb Thrower" (BT 7,5 Inch) con una carga de profundidad Tipo F a bordo del HMS Hyderabad, un barco camuflado clase "Q-ship", también llamados "Mystery". Imagen de la George Malcolmson Collection. http://www.navweaps.com/Weapons/WAMBR_ASW.php

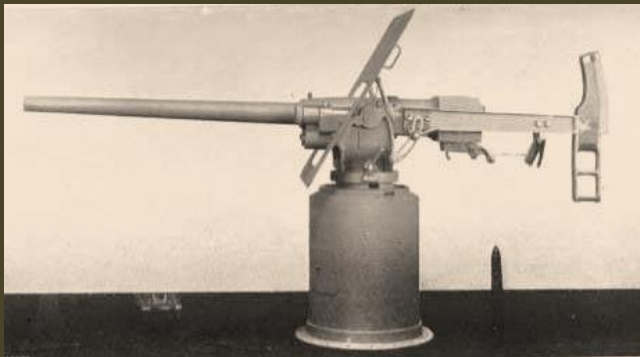


Figura 5. Cañón de 6 libras del tipo que montaban en su proa los arrastreros artillados como el Kingfisher. Aparte de su uso como cañón naval, fue también utilizado para defensa costera como arma antitanque y para su instalación en submarinos. https://www.naval-history.net/OWShips-WW1-31-HMS_Foyle.htm

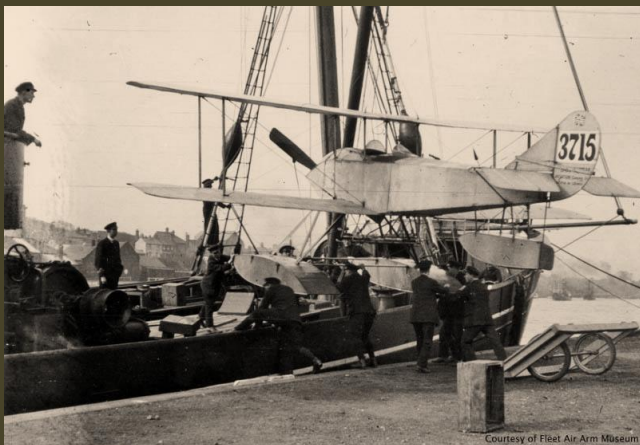


Figura 6. Cargando a uno de los pequeños Sopwith Schneider en uno de los arrastreros del Royal Navy Patrol Service habilitados para ello. No sabemos si es HMT Jerico, nuestro Kingfisher o el Sir John French (Imagen tomada de: <https://www.kingstonaviation.org/sopwith-day-by-day/1915.html>).

ADELE (1918) – see KINGFISHER (ex.ALCYON), Admiralty trawler

KINGFISHER (ex.ALCYON), Admiralty trawler, Adty No 1498. Built 1915, 304gt, purchased 4.15. Armament: 1-6pdr, 1-7.5in BT, hy (also a parent ship), renamed ADELE 6.18. Adty No 1499. Sold 1919 as ALCYON

Figura 3. Tal vez lo más peculiar de la vida de esta embarcación fue su participación en el programa de arrastreros del Almirantazgo Británico durante la Primera Guerra Mundial. El Royal Navy Patrol Service utilizó una ingente cantidad de arrastreros como un arma barata en la guerra antisubmarina y las operaciones de desminado, protegiendo las costas y los convoyes.

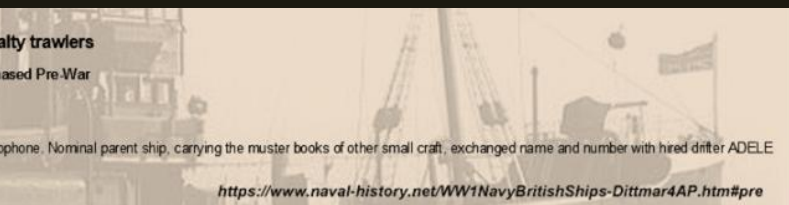
La eslora total del *Alcyon* era de 42,5 metros (140 pies), su manga de 7 metros (22,8 pies) y su calado de 3,7 metros (12,2 pies).

La mayor parte de estos arrastreros fueron contruidos en tres clases determinadas siguiendo especificaciones militares (los denominados Military classes), pero unos cuantos fueron comprados por el Almirantazgo cuando ya estaban contruidos, algunos incluso antes de la guerra (se enumera a 19 de ellos en <https://www.naval-history.net/WW1NavyBritishShips-Dittmar4AP.htm#21>), entre los que está nuestro Kingfisher, comprado en abril de 1915 y que, por cosas de la guerra, acabó intercambiando nombre y matrícula con al *Adele* en Junio de 1918 (Fig. 3), para, finalmente, ser vendido ya terminada la guerra, en 1919, como *Alcyon*.

El armamento del *Kingfisher* para la lucha antisubmarina (ASW) consistía en un cañón de 6 libras, un lanzador de cargas (Bomb Thrower) de 7,5 pulgadas y un hidrófono (Figs. 4 y 5).

El *Kingfisher* fue adaptado, junto con otros tres arrastreros, para llevar a bordo un hidroavión, el pequeño Sopwith Schneider. La idea era despegar desde el mar y atacar a los Zeppelines que volaban hacia Inglaterra para bombardearla. Pero sufrieron muchas dificultades, el mal estado de la mar, el alto techo de vuelo de los dirigibles, la falta de potencia y autonomía, fueron una constante causa de fracasos (Figs. 6 y 7). Aunque el *Kingfisher*, bajo el mando del Tte. Curzon RNR, lanzó aviones desde 1915, hasta 1917, nunca pudieron localizar ni, por supuesto, derribar a ninguna aeronave germana.

Terminada la guerra, en 1919 el *Kingfisher* recuperó su condición de pesquero y fue vendido como *Alcyon* y, con ese nombre aparece en la *Compañía Portuguesa de Pesca*, pero esa es una historia bien distinta que culmina con el hundimiento y el desguace del pecio que nos ocupa.



Se estima que 4488 embarcaciones, compradas, alquiladas o confiscadas, constituyeron una marina dentro de la marina (*A Navy inside the Navy*) que se responsabilizó de la defensa cercana de las Islas Británicas. De ellas, 2471 eran arrastreros artillados como el *Kingfisher*.

La «Companhia Portuguesa de Pesca»

Fundada en 1920 en Olho de Boi, Almada justo enfrente de Lisboa, al otro lado del río Tajo, la Companhia Portuguesa de Pesca disponía de unas complejas instalaciones que ocupaban 42 mil metros cuadrados en las que 700 trabajadores daban servicio a los hasta 25 arrastreros que la compañía llegó a poseer (Figs. 8, 9 y 10). Empezó faenando a lo largo de la costa, pero en la década de 1940 se introdujo en la pesca de altura en las zonas de Cabo Blanco (Mauritania) y Cabo Juby (antiguo Sahara Español), hacia donde se dirigía el *Alcyon* cuando su hundimiento. Estuvo operativa hasta 1984 y en la actualidad parte de sus terrenos albergan el Museu Naval de Almada/Câmara Municipal de Almada.

El *Kingfisher* fue adaptado, junto con otros tres arrastreros, para llevar a bordo un hidroavión, el pequeño Sopwith Schneider

La Evolución del Pecio

A lo largo de los años los pecios sufren una degradación paulatina que irremisiblemente lleva a su colapso y desaparición. Este proceso incluye causas naturales (de las cuales las más importantes son la disgregación mecánica por los movimientos de las aguas y la corrosión) y antrópicas. En el caso del *Alcyon*, hundido en aguas muy protegidas de la bahía donde la acción mecánica de las aguas es mínima, la corrosión no tuvo casi tiempo de actuar por la terrible agresión que en entre las décadas de 1950 y 1960 sufrió a manos de los chatarreros que recuperaron una gran parte del metal sumergido (Fig. 11).



Figura 7. Un Sopwith Tabloid (variante Schneider) con flotadores que lo convierten en un hidroplano (Imagen y más información: https://en.wikipedia.org/wiki/Sopwith_Tabletoid).



Figura 8. Las instalaciones de la CCP, Companhia Portuguesa de Pesca en Olho de Boi, en la época en que se hundió el *Alcyon* (Fotografía: Amadeu Ferrari, década de 1940; Imagen del Archivo Municipal de Lisboa, procedente de almada-virtual-museum.blogspot.com).



Figura 10. Dos embarcaciones pertenecientes a la Compañía y de características muy similares a las del *Alcyon*. La superior es el *Alvor* y la inferior el *Alcatraz* (1924) (imagen compuesta a partir de dos fotografías procedentes de restosdecolectao.blogspot.com).



Figura 9. Título de acción de la Companhia Portuguesa de Pesca que llegó a tener 25 barcos y 700 trabajadores.

Naufragio e intento de salvamento del Alcyon

COMANDANCIA GENERAL DE LA BASE NAVAL DE CANARIAS
COMANDANCIA MILITAR DE MARINA DE LA PROVINCIA DE GRAN CANARIA

Excmo. Sr. Comandante General de la Base Naval de Canarias.

R.º 982/-9806-434-15

Excmo. Señor:

ASUNTO: HALLAZGOS, SALVAMENTOS Y NAUFRAGIOS. - Naufragio de un pesquero portugués.

TEXTO:

En la noche de ayer se tuvo conocimiento en esta Comandancia de Marina que el pesquero de nacionalidad portuguesa nombrado «ALCYON» que había salido de este puerto a las 16 horas con destino a la pesca había «barrancado» en la Bajó de Cando hundido poco después salvándose los 22 hombres que componen la dotación. Según noticias posteriores al citado buque después de embarrancar estuvo a flote durante unos 30 minutos intentando su Capitán embarrancarlo en la playa de Cando, pero poco antes de llegar se hundió en unas 7 brazas de agua viéndose parte de los paños que emergían del agua. En la mañana de hoy salió en el Remolcador de las Casas Reunidas nombrado «CORY» con personal de la misma y el Capitán del citado pesquero con objeto de intentar extraer los restos y que los suene veng el estado del mismo.

Pido guarde a V.ª. muchos años.

Las Palmas de Gran Canaria 13 Octubre de 1946.

EL COMANDANTE MILITAR DE MARINA

Mamel Pastor

Informe de la Comandancia de Marina sobre el naufragio del Alcyon y de la primera visita de Cory, en 1946. Documento proporcionado por Vicente Benítez.

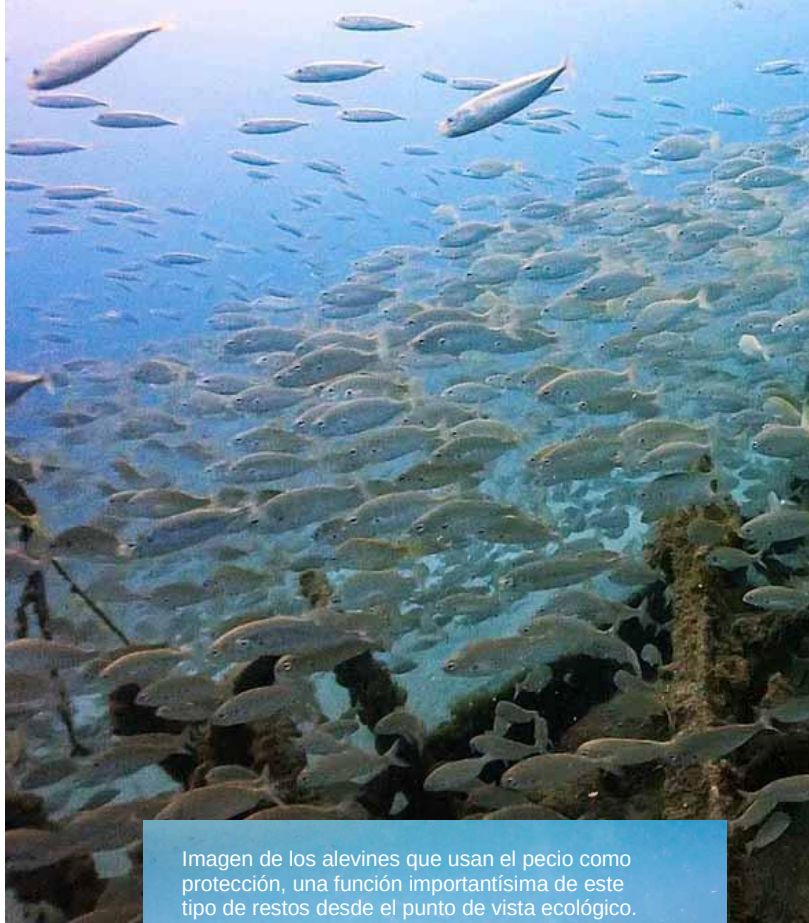
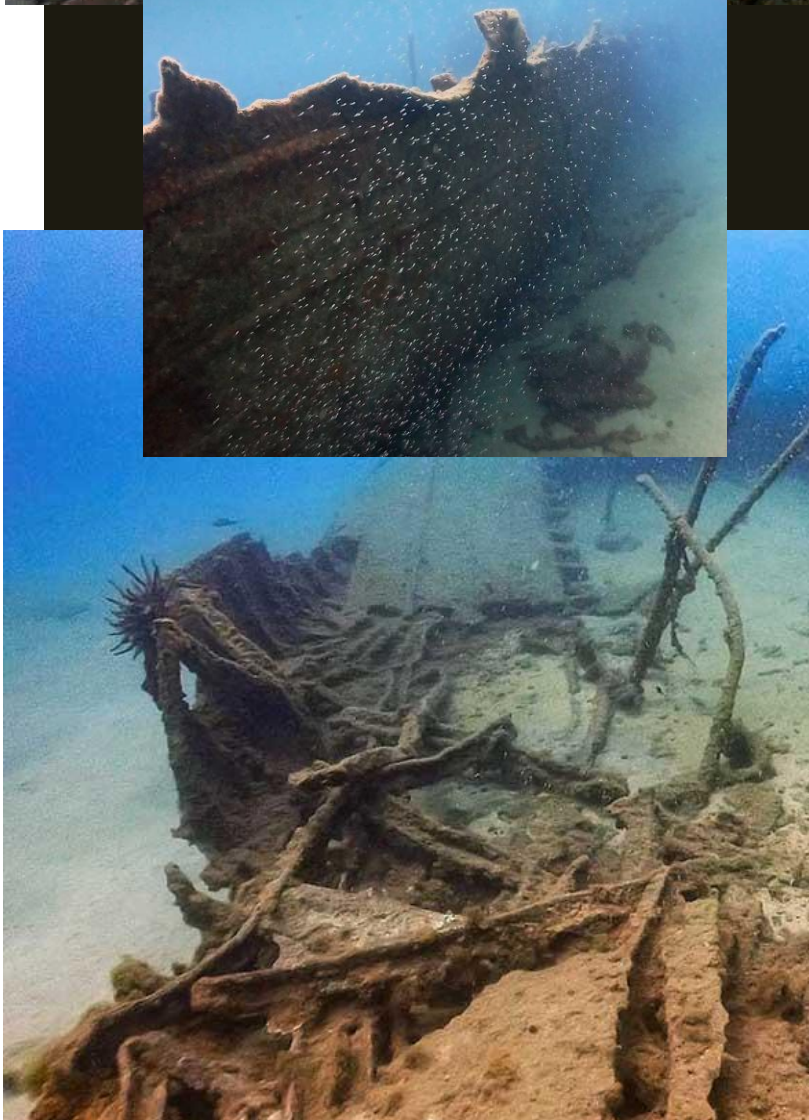


Imagen de los alevines que usan el pecio como protección, una función importantísima de este tipo de restos desde el punto de vista ecológico.





Uno de los cardúmenes de peces que cubren completamente el pecio cuando descendemos.



Vista de la zona del combés del pecio. Es de destacar la presencia, entre las chapas, de varias nacrás (abanicos) de buen tamaño y de algunas bonitas anémonas. Si se observa con detalle, también se puede ver la gran cantidad de alevines que se sirven de su protección como guardería. Para muchos buceadores la vida presente puede resultar incluso más interesante que el propio pecio.

Servicio prestado por los REMOLCADORES "SANTA CRUZ", "CORY" y "GRAN CANARIA" así como las gabarras de casco de hierro "Cory n.9", "Cory n. 10", Salvamento de Blandy " CCLP - 21" y LANCHON DEL BUZO, con dos equipos.

Buque asistido: Pesquero "ALCYON" de 1.915, Portugues. Armador: Compañía Portuguesa de Pesca. Capitan SR. Joao Marques Ferreira. Consignatario, Cia. Nacional de Carbones Minerales SA. Puerto de La Luz.

Acaecimientos: El "Alcyon" esta hundido en la bahia de Gando, despues de haber tocado en la baja de Gando, que le produjo vias de agua. Esta hundido sobre fondo de arena en lugar abrigado a los tiempos reinantes, pero expuesto a los tiempos del Sur y Sudeste a una milla de la playa de arena y 1/4 de milla de la costa de rocas por el norte, en una profundidad de 7,5 brazas en baja mar escorado 35º sobre babor, quilla de balance desprendida y grandes orificios bajo quilla, estando acostado sobre ella, todo ello como consecuencia de la embarrancada en la baja de Gando, el 12.10.1.946 El día 22.11.46 se firma contanto NO Cure - No Pay, para intentar el reflotamiento. Desde el día 8 al 31 de Diciembre de 1.946 se preparativos y demas maniobras para intentarlo con el sistema de "tartanas" o sea afirmando las gabarras con alambres, con ayuda de los buzos, al casco del pesquero, pero las vias de agua dificultan la tarea en gran medida, asi como la rotura de mamparos, sobre todo la seccion del castillo de proa, que impide el estancamiento del casco y no poder inyectarle aire como en principio se penso. Se desiste del salvamento.

Del pesquero se recuperaron redes, alambres y un bote, material que fue entregado a sus Armadores.

Informe interno del intento de salvamento del Alcyon por parte de Cory en 1946. Documento proporcionado por Juan Garrido.

LA PROVINCIA

Lunes, 14 de octubre de 1946. Página 7

Naufragó en Gando un pesquero portugués

En las últimas horas de la tarde del pasado sábado salió del Puerto de la Luz el barco pesquero a motor de nacionalidad portuguesa «Alcyon», de la matrícula de Lisboa, que después proveerse de carbón se dirigió al Sur para dedicarse a las faenas de la pesca.

Al llegar dicha embarcación a Gando, cerca de las inmediaciones donde hace algún tiempo se hundió el vapor «Monte Isabela», debido a chocar su quilla con una de las bajas allí exis-

tentes, muy cerca de tierra, se fué inmediatamente a pique, quedando la proa y el palo de la proa a ocho brazas del agua.

Sus tripulantes, en número de 22, y el perro «mascota» de a bordo, pudieron salvarse, unos a nado y otros utilizando los botes de salvamento.

El barco siniestrado tenía 125 toneladas y sus consignatarios en esta plaza son los Sres. Miller. Su capitán es el Sr. Ferreira.

Una de las escasas referencias de prensa que hemos localizado en relación al hundimiento del Alcyon.



Figura 11. Operación de recate de parte de los materiales del pecio.



El pecio está habitado por cardúmenes de peces, principalmente roncadores, besuguitos, chicharros y otros peces, pues en el desolado fondo de arena y limo de la bahía, los hierros actúan como un arrecife artificial y lugar de concentración de vida. Bicudas y bocinegros rondan por la zona al acecho y en la arena se pueden ver chuchos y otros peces planos. No faltan peces trompetas, viejas, fulas y salmonetes.



Buceador a la altura de la sala de máquinas, una zona donde la arena se mezcla con el carbón que el *Alcyon* había repostado en Las Palmas.



Arco del vano de la hélice y pilar de soporte de la pala del timón.



Inmersión en el pecio de *El Portugués*

El acceso al pecio se realiza con ayuda de una embarcación desde el Muelle de Taliarte. Para el acceso ha de contarse con la correspondiente autorización gestionada por la OFICOM del MACAN. Al entrar en la zona es preceptivo notificar la presencia al jefe de la guardia de seguridad, telefonando al número indicado en el permiso. Posición: 27° 55,753' N, 15° 22,037 W.

El pecio se hundió dentro de la bahía, por lo que las condiciones del mar son muy benignas, sin oleaje ni corriente. Está protegido de los vientos dominantes que, normalmente, oscilan entre NE a NW. Cuando soplan vientos del sur, las condiciones pueden invertirse y se desaconseja bucear en el pecio.

En la actualidad está muy desmantelado debido a las operaciones de desguace para recuperar metal como chatarra, desarrolladas en las décadas de 1950 y 1960. Época en la que el régimen de autarquía dio lugar a una importante "hambre de hierro" en España, que eliminó por completo la superestructura, la cubierta principal, las máquinas, la hélice, la caldera y una parte de los forros del casco. Hoy en día los restos se reducen a la quilla, las zonas más bajas del casco y a alguno de los mamparos. Curiosamente, también se conserva el eje de la hélice.

Bibliografía

Enlaces a páginas portuguesas que tratan de la *Companhia Portuguesa de Pesca* y de las que proceden estas imágenes y la información asociada:

- (1) <https://almada-virtual-museum.blogspot.com/2018/05/sitio-de-olho-de-boi.html>
- (2) <https://naviosavista.blogspot.com/2011/10/recordando-o-abalroamento-do-arrastao.html>
- (3) <https://restosdecoleccion.blogspot.com/2011/01/companhia-portuguesa-de-pescas.html>

Mezclados con la arena se observan restos del carbón que el *Alcyon* cargó en Las Palmas como combustible para su máquina, antes de hacerse a la mar para la pesca en la costa de África.

A portrait of an elderly man with white hair, wearing an orange sweater over a checkered shirt. He is sitting in a chair with a floral pattern. In the background, there is a bookshelf with several books and a small decorative object on a shelf.

PERSONAJES

Gonzalo Krohn Barba

HA ESCRITO Y
RECORRIDO EL MUNDO
ENTERO PERO,
NO ESCRIBE CARTAS





Gonzalo Krohn pasó un año entero pescando bacalao en Groenlandia con el *Santa Amalia*.

Vicente Benítez Cabrera

Sociedad Atlántica de Oceanógrafos

Marino mercante de profesión, nace en 1930, en la calle Luchana del madrileño barrio de Chamberí. Representa la continuidad de la saga de los Krohn, de origen noruego y fuente de insignes marinos. Entre otros, su bisabuelo, capitán de navío noruego, que descansa en la isla de Santa Helena al fallecer en su barco cuando navegaba cerca de sus costas, y su tatarabuelo, un célebre capitán de navío que recibió del Rey de Dinamarca-Noruega patente de corso para combatir contra Inglaterra en las guerras napoleónicas, apresando en las costas noruegas más de una veintena de barcos de bandera británica y recibiendo los mayores honores.

Siendo el benjamín de cuatro hermanos, su infancia y adolescencia transcurre en el domicilio familiar de la calle María de Molina, en los límites del madrileño barrio de Salamanca. El encarnizamiento de la Guerra Civil en la capital provoca que su familia se divida temporalmente en los años de contienda, marchando Gonzalo a estudiar a San Sebastián junto con su hermano mayor. Allí llegaron vía Valencia y Marsella, después de haber salido de Madrid en autobús fletado por la embajada británica y por intermediación de la embajada noruega.

Al finalizar el bachillerato en Madrid, evidenciando su carácter intrépido, decide hacerse marino y recorrer el mundo. A partir del año 1948, se forma en las escuelas de náutica de Madrid, Barcelona, Cádiz y La Coruña, licenciándose como piloto en el año 1958.

Comienza en marzo 1955 haciendo sus primeras prácticas como agregado en dos buques carboneros de fabricación inglesa: el *Cilurnun* y el *Uribitarte*, de la compañía bilbaína Antonio Menchaca y cía. La recogida de carbón se hacía en Avilés o Gijón, llevándose al Mediterráneo, habitualmente Tarragona o Barcelona.

El 10 de enero del siguiente año continúa su carrera con la compañía PEBSA (Compañía de Pesca e Industrias del Bacalao, S.A.) en la pesca del bacalao, como agregado en el pesquero *Santa Amalia* en Terranova y Groenlandia, durante un durísimo año entero, sin pisar puerto.

Una vez obtenido el título de piloto se enrola de tercer oficial en la NEASA (Naviera de Exportación Agrícola S.A.) que mantenía una línea regular mensual entre puertos del Mediterráneo (Barcelona, Marsella, Génova, Livorno, Alejandría, Beirut, Latakia y Sur de Turquía). Así, veintiún meses seguidos y sin permiso. Luego, durante otros dos años navegó entre Hamburgo, Amberes, Burdeos, Bilbao, Leixoes, Lisboa, Marsella, Génova, Livorno, Alejandría, Beirut, Latakia. Sus barcos fueron primero el *Benidorm* y después el *Benizar*, uno de los más modernos de la naviera. El cargamento era muy variado, teniendo gran importancia el envío de materiales para la construcción de la gran presa de Asuán en Egipto.

En octubre de 1962 viaja a Roma donde firma un contrato para la pesquería estatal del atún en Ghana, e inmediatamente vuela hacia Ghana, donde se convierte en funcionario del estado. Allí se hace cargo de un buque de fabricación británica, que por deficiencias en sus motores auxiliares acaba siendo llevado en abril de 1963 al puerto de Hull (Reino Unido) para su reventa a una naviera chilena, junto con un segundo buque con el que compartió viaje y destino.

Después, comanda para la compañía panameña Ticino corp. S.A. (V. & J. Ensenat) el *Tico*, un viejo barco de construcción danesa, transportando principalmente madera y minerales, especialmente por África y los mares del Norte y el Báltico.

Prosigue al mando del *Karin*, año 1967, otro barco de bandera panameña (Centramares) y de construcción alemana, transportando carga muy diversa desde Valencia a los puertos de Dover y Londres.



Gonzalo Krohn a bordo del buque *Benidorm*.



El *Benizar*, junto con el *Beniel*, eran los dos barcos más modernos de la flota.

Su última navegación tuvo lugar en julio de 1970, aceptando a modo de favor un transporte de plátanos en el buque *Lago Enol* (Naviera Pinillos) desde Tenerife y Las Palmas a Málaga.

En 1967 se había casado con su “galleguinha” Teresa, estableciéndose en el madrileño barrio de Prosperidad. Allí nacen y crecen sus dos queridas hijas. Después de navegar alrededor de quince años, decide echar amarras de forma definitiva. Primero trabaja para una empresa especializada en la limpieza química de los barcos, para después (1970) entrar en el departamento de ventas de Glasurit, marca de pinturas industriales de la alemana BASF.

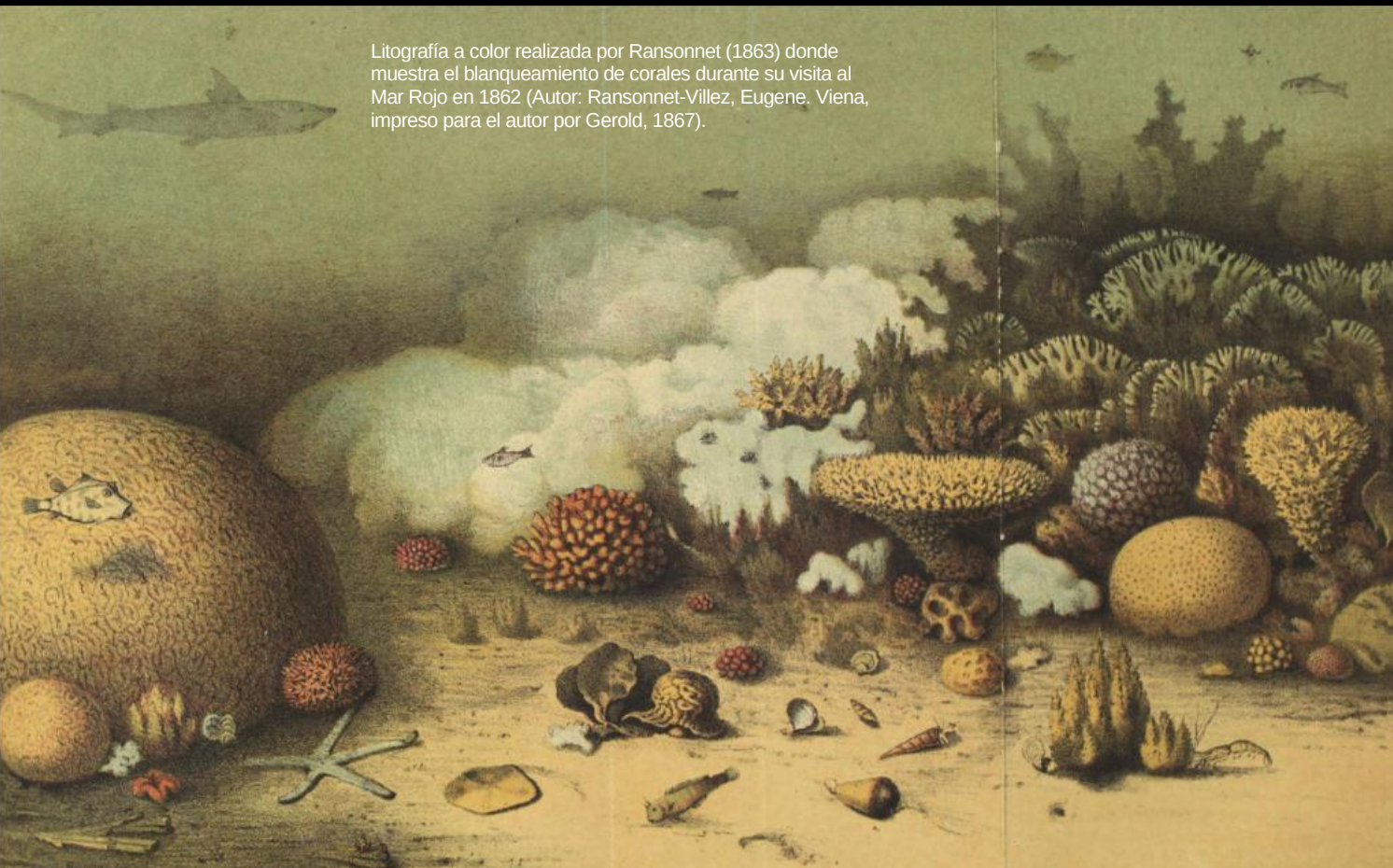
Ya en los ochenta, vuelve a dar un golpe de timón a su vida y traslada su residencia a Las Palmas de Gran Canaria, donde, combinando su formación de marino y la experiencia en pinturas industriales, funda una empresa especializada en pinturas para buques, al amparo de la empresa líder japonesa del segmento. Etapa esta que le mantuvo siempre en contacto con el mundo de los barcos y los puertos, de otra manera, pero siempre cerca del mar.

Su vida profesional está llena de episodios por todo el Mediterráneo, Oriente Medio, la República de Ghana, los mares del Norte y Báltico, Sudamérica, etc. Los detalles de sus viajes y las anécdotas llenan sus relatos, apoyados por la memoria, y por las fotografías. Recuerda las rutas y travesías que hacía entre los puertos del mundo, los compañeros y amigos que hizo navegando, los nombres de los buques, armadores, navieras y sus tripulaciones, pero sobre todo recuerda innumerables anécdotas y vivencias enriquecedoras.

Gonzalo, a sus 91 años, se siente muy orgulloso de su trayectoria vital, llena de amigos y muy querido por los suyos, de su espíritu joven y emprendedor, de sus raíces noruegas y madrileñas.

Eligió la vida del mar. Sus cualidades como persona resaltan en las conversaciones y entrevistas: extrovertido, familiar, amigo de sus amigos, conversador, divertido, ágil en la palabra, siempre remarcando la necesidad de ser valiente y decidido. Su vida intensa, llena de emoción e inteligencia para sacar provecho, y haber disfrutado de multitud de vivencias, disfrutando entrañablemente con su conversación cuantos amigos y allegados le frecuentan.

Litografía a color realizada por Ransonnet (1863) donde muestra el blanqueamiento de corales durante su visita al Mar Rojo en 1862 (Autor: Ransonnet-Villez, Eugene, Viena, impreso para el autor por Gerold, 1867).



UN APETITO DE BALLENA

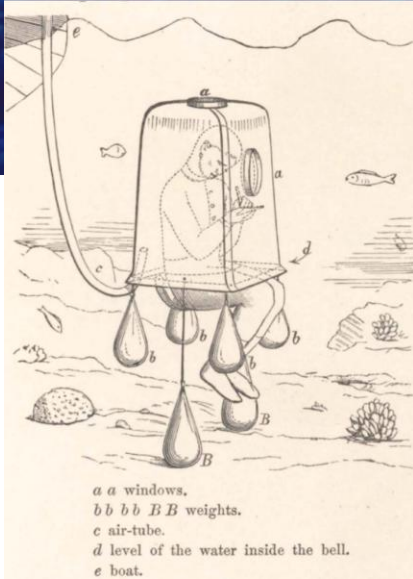
Matthew Sacova (Universidad de Stanford) y sus colaboradores han podido medir el consumo de Krill (*Euphausia superba*) que ejercen las ballenas y el papel que juegan en el reciclaje de los nutrientes en los ecosistemas marinos. Para ello han monitorizado a 321 ballenas barbadas de siete especies diferentes, junto con mediciones acústicas de la densidad de presas, para calcular su consumo diario de estos pequeños crustáceos en los océanos Atlántico, Pacífico y Austral. Sus resultados sugieren que solo en el Océano Austral, las poblaciones de ballenas, antes de ser intensamente cazadas, consumían anualmente 430 millones de toneladas de krill antártico, el doble de la biomasa total estimada actualmente de este crustáceo y más del doble de la captura mundial de las pesquerías marinas actuales. Las poblaciones más grandes de ballenas pueden haber favorecido esta mayor productividad en grandes regiones marinas a través de un mayor reciclaje de nutrientes.

Los datos de Sacova *et al.* sugieren que las ballenas, antes de ser diezmadas, reciclaban 1200 toneladas de hierro al año en el Océano Austral en comparación con 1200 toneladas anuales reciclado por las ballenas actuales. La recuperación de las poblaciones de ballenas barbadas, y sus servicios de reciclaje de nutrientes, podrían aumentar la productividad de los océanos y restaurar la funcionalidad de los ecosistemas perdida durante la caza masiva de ballenas en el siglo XX (Nature, 599: 85-90. 2021).

EL BLANQUEAMIENTO DE LOS CORALES NO ES NUEVO BAJO EL SOL

Hasta el momento se ha creído que el blanqueamiento de los corales es un fenómeno reciente, ocurrido en los últimos 50 años, como consecuencia del calentamiento de los océanos. Sin embargo, Tomas Cedhagen (Universidad de Aarhus, Dinamarca) ha publicado un artículo en el Boletín de Biología Marina del Centro de Investigación de Phuket (78:21-28, 2021) donde indica

Tiburón gris de arrecife (*Carcharhinus amblyrhynchos*)
(Autor: Albert Kok).



Campana de buceo construida por Eugen von Ransonnet y utilizada en el Mar Rojo. El buceador podía avanzar en cualquier dirección simplemente levantando las bolsas BB (llenas con balas de cañón), mientras un bote con una bomba de aire seguía su estela (Litografía impresa para el autor por Gerold y vendida por Robert Hardwicke, Londres, 1867).

que el blanqueamiento de los corales fue ya observado por primera vez hace más de 150 años por Eugen von Ransonnet, durante el período conocido como “La pequeña edad de hielo” (en el siglo XVII) y recogido en una serie de litografías hechas por este explorador austriaco. Ransonnet visitó los arrecifes de coral en Tor, en la costa occidental de la península del Sinaí (Egipto), en 1862 y en dos de sus litografías se visualiza el fenómeno de blanqueamiento de los corales, en este caso por un enfriamiento anómalo del agua del mar, aunque él no fue consciente de este fenómeno. En 1873, Ernst Haeckel (naturalista alemán) visitó el mismo arrecife de coral que Ransonnet y comentó que “los dos paisajes marinos de coral de Tor dados por Ransonnet son demasiado pequeños en escala y demasiado opacos en color. He tratado de expresar un poco más intensamente el esplendor de los colores en la placa III”. Por lo tanto, Cedhagen cree que Haeckel no observó ningún signo de blanqueamiento de los corales 11 años después de la visita de Ransonnet, ya que no informó de ello.



Grupo de ballenas jorobadas (*Megaptera novaeangliae*) alimentándose de krill en aguas de Alaska (Autor: Evadb).

UN AUMENTO DEL TAMAÑO DE LAS ÁREAS MARINAS PROTEGIDAS PARA SALVAR A LOS TIBURONES GRISES DE ARRECIFE

Las áreas marinas protegidas se han planteado como un mecanismo útil para la protección de los tiburones de arrecife, pero su eficacia depende de que se cumplan las limitaciones a la pesca en su interior y, fundamentalmente, de que estas tengan un tamaño suficientemente grande como para abarcar el área de distribución de estos animales. En este contexto, el equipo liderado por Lucas Bonnín (IRD de Nouméa, Nueva Caledonia, Francia) han medido el rango de distribución espacial de 147 tiburones grises de arrecife, *Carcharhinus amblyrhynchos*, utilizando telemetría acústica en aguas de Nueva Caledonia (Scientific Reports, 2021- 11:14221). De esta manera han podido establecer que los machos adultos presentan una gran movilidad (21 km²), muy superior a las

hembras adultas (4,4 km²) y juveniles de la especie (6,2 km² para machos y 2,7 km² para hembras). Aunque, el tamaño histórico de las áreas marinas protegidas de Nueva Caledonia no ha sido lo suficientemente grande como para proteger a los tiburones de arrecife, la reciente ampliación de estas áreas protegidas en varios órdenes de magnitud, tanto en Nueva Caledonia como en otras zonas del Indo-Pacífico, sin son ahora lo suficientemente grandes como para proteger las áreas de distribución de estos tiburones, incluidos los machos. Sin embargo, los esfuerzos de protección se concentran aún en unas pocas regiones y no brindar una protección adecuada a escala mundial.

SE ACENTÚAN LOS NIVELES DE RIESGO DE INUNDACIONES POR AUMENTO DEL NIVEL DEL MAR ANTE LOS POSIBLES ESCENARIOS DE CALENTAMIENTO GLOBAL

Claudia Tebaldi (Pacific Northwest National Laboratory, EE.UU.) y colaboradores han evaluado los diferentes escenarios de limitación del calentamiento global por encima de los niveles preindustriales explícitos en el acuerdo de París, y cuáles serán las proyecciones de peligros y riesgos asociados a los cambios en los niveles extremos del mar con una amplia gama de niveles de calentamiento global, de 1,5 a 5 °C, y para una gran cantidad de ubicaciones de diferentes costas del mundo. En sus proyecciones para el año 2100 estiman que aproximadamente el 50% de las más de 7000 localidades consideradas en su estudio experimentarán al menos un evento al año de subida extrema del nivel del mar, situación que ahora se da una vez cada 100, incluso por debajo de 1,5 °C de calentamiento. Estos eventos extremos serán cada vez más frecuentes mucho antes del final del siglo. Las localidades situadas en los trópicos parecen ser las más sensibles que las situadas en latitudes más al norte (Nature Climate Change. 11: 746-751, 2021).

CHINA, EL GIGANTE QUE SE ESFUERZA POCO POR PROTEGER SUS ECOSISTEMAS MARINOS

China es el principal productor y consumidor mundial de productos del mar, pero se desconoce la efectividad de sus iniciativas para pro-

teger la vida marina a nivel nacional. John Boerhorquez (Universidad de Stony Brook, EE.UU.) y colaboradores han hecho una evaluación de la base de datos más completa sobre el estado de conservación de las zonas marinas de China, que incluye las 326 áreas marinas que protegen el 12,98% de sus mares, y concluyen que el 22% de los hábitats de menos de 10 m de profundidad están total o altamente protegidos, mientras que solo el 20% de las aguas de entre 10 a 50 metros de profundidad están conservadas solo parcialmente. Sin embargo, únicamente el 5% de los ecosistemas de aguas más profundas, de más de 50 metros, están conservados. A pesar de su importancia ecológica, no existen zonas de protección de hábitats asociados a cañones y montes submarinos oceánicos. Aunque es cierto que China ha logrado avances en la protección marina dentro de sus fronteras, queda aún mucho trabajo por hacer para garantizar que se salve el conjunto completo de vida marina (Sci. Adv., 7. eabj1569; 2021).

SEÑALES DE COLAPSO DE LA CIRCULACIÓN DE RETORNO MERIDIONAL DEL ATLÁNTICO

Se ha sugerido que la Circulación de Retorno Meridional del Atlántico (AMOC), un importante sistema de corrientes oceánicas que transporta aguas superficiales cálidas hacia el Atlántico norte, exhibe dos modos distintos de operación. Un cambio del modo fuerte actual al modo débil tendría graves consecuencias en el sistema climático global. Las observaciones realizadas indican un debilitamiento gradual de la AMOC durante las últimas décadas, pero aún es incierto donde se encuentra el punto crítico de transición entre ambos modos. Niklas Boers, de la Universidad Freie de Berlín (Alemania) ha construido un indicador de alerta temprana robusto para las próximas transiciones críticas. Se encuentran importantes señales de alerta temprana en ocho índices AMOC independientes, basados en datos de observaciones de la temperatura superficial del mar y la salinidad de toda la cuenca del Océano Atlántico. Estos índices aportan evidencia empírica consistente de que, en el transcurso del último siglo, el AMOC puede haber evolucionado desde condiciones relativamente estables hasta un punto cercano a una transición crítica (Nature Climate Change, 11:680-688, 2021).

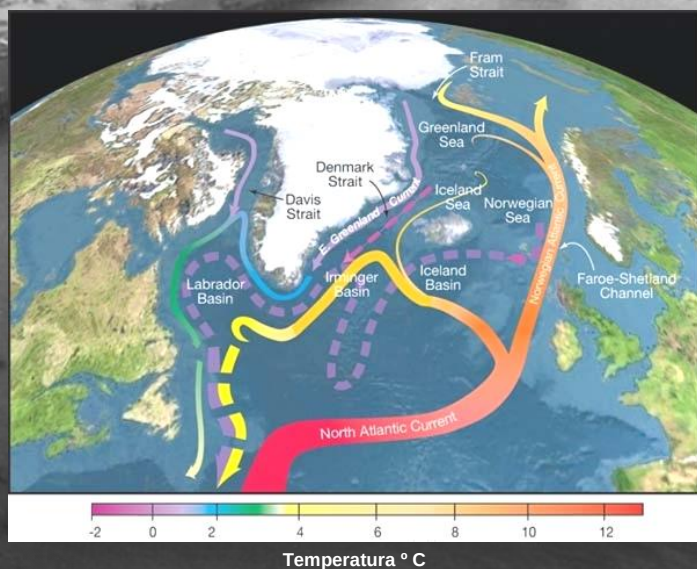
Flota china de pesca atracada en el puerto de Tai O, al oeste de Hong Kong (Autor: Enoch Lau).



Inundaciones por subida del nivel del mar acontecidas en 1953 en Oude-Tonge, en la isla de Goeree-Overflakkee, en los Países Bajos (foto tomada desde un helicóptero del ejército de los EE.UU., Agency for International Development).



Mapa topográfico de Atlántico Norte y cuencas subpolares con un esquema de las corrientes superficiales (líneas continuas) y profundas (líneas discontinuas) que conforman parte de la Circulación de Retorno Meridional del Atlántico. Los colores de las curvas indican la temperatura aproximada (R. Curry, WHOI, EE.UU.).





Atún rojo del Pacífico en el acuario de Kasai Rinkai Park (Tokyo, Japón) (Autor: aes256; http://photozou.jp/photo/photo_only/296250/118149451).



Imagen tomada por el satélite Suomi NPP de NOAA/NASA el 24 de julio de 2014, en la que se muestra remolinos de floraciones de fitoplancton en el Mar Báltico. Esta composición de color RGB utiliza las bandas SVI1, SVM4 y SVI2 del satélite, cada una sensible a diferentes longitudes de onda de la luz. Al combinar estos canales se pueden discernir características que no son evidentes en las imágenes visibles normales (Fuente: NOAA Photo Library, NOAA/NASA, EE.UU.).

Captura de jurel chileno (*Trachurus murphyi*) por un cerquero en aguas de Perú (Autor: C. Ortiz Rojas; fuente: <http://www.photolib.noaa.gov/htmls/fish2172.htm>).



¿DÓNDE NACE EL ATÚN ROJO DEL PACÍFICO?

Jay Rooker (Universidad de Galveston, EE.UU.) y un amplio equipo de investigadores internacionales han reconstruido las cronologías geoquímicas del atún rojo del Pacífico (*Thunnus orientalis*) a partir de los otolitos, con objeto de determinar la edad a la que los juveniles de esta especie abandonaban las zonas de cría en el Mar de China Oriental y Mar de Japón, para migrar hacia aguas abiertas del Océano Pacífico (Sci. Rep., 11:14216, 2021). Estos investigadores detectaron cambios geoquímicos importantes en la composición de las relaciones entre Mg:Ca, Mn:Ca y Sr:Ca en los otolitos de los juveniles que eran indicativas de desplazamientos desde costa a mar adentro en individuos de aproximadamente 4 a 6 meses de edad. Los puntos de cambio en las concentraciones de Ba:Ca fueron más comunes a edades de entre 12 y 16 meses, que parecen estar asociadas con la entrada de estos peces en áreas de afloramiento, como el Gran Ecosistema Marino de la Corriente de California, después de una migración transpacífica. El lugar de nacimiento de los atunes rojos del Pacífico se predijo utilizando la fracción más temprana del perfil geoquímico del otolito, usando muestras de edad 0 de las dos áreas principales de desove, el Mar de China Oriental y el Mar de Japón, de modo que se observó que la mayoría (66%) de los adultos de poblaciones mixtas habían nacido en el Mar de China Oriental, pero también se detectaron individuos nacidos en el Mar de Japón, en el Archipiélago de Ryukyu.

EL VIENTO, UN QUIJOTE MATA REMOLINOS

El viento es el principal impulsor de la circulación oceánica general, sin embargo se desconocen las escalas espaciales a las que se produce esta transferencia de energía. Utilizando datos de satélites y un método reciente de análisis de procesos multiescala, Shikhar Rai y sus compañeros de la Universidad de Rochester (EE.UU.) encontraron que el viento deposita energía cinética en el flujo oceánico geostrófico solo a escalas espaciales mayores de 260 km en promedio. Además, han demostrado que el viento extrae energía de escalas menores a 260 km, en una tasa promedio de -50 GW, un proceso conocido como matanza de remolinos. Esta destrucción de remolinos se produce en casi todo momento, pero con cierta variabilidad estacional, alcanzan-

do su punto máximo en invierno, y elimina una fracción sustancial (hasta el 90%) del aporte de energía eólica en las corrientes limítrofes occidentales. Este proceso, que a menudo se pasa por alto en los análisis y modelos, es una vía importante de disipación energética a nivel de mesoescalas, las escalas más energéticas del océano (Sci. Adv., 7:eabf4920, 2021).

¿CUÁNTOS PECES NOS HEMOS COMIDO?

Utilizando un modelo de ecosistémico marino, Danlele Bianchi (Universidad de California) y sus colaboradores han proporcionado una estimación de la reducción histórica de la biomasa de peces debido a la pesca y el cambio asociado en las tasas de ciclo biogeoquímico (Sci. Adv., 7:eabd7554, 2021). La biomasa de peces en ausencia de pesca era de $3,3 \pm 0,5$ Gt aproximadamente, el 2% de la producción primaria mundial ($9,4 \pm 1,6$ Gt año⁻¹) y produciendo el 10% de la exportación biológica de superficie. Aproximadamente la mitad de esta biomasa preindustrial ($1,6 \pm 0,2$ Gt) se localizaba dentro de los grandes ecosistemas marinos que, a pesar de cubrir solo el 20% de la superficie del océano, son las áreas más productivas del océano. Las mayores densidades de biomasa preindustrial se encontraban dentro de las regiones costeras y zonas de plataformas continentales. En el momento de mayor explotación pesquera mundial (1970-1980), la biomasa había disminuido al $47 \pm 20\%$ de los valores preindustriales promedio. El modelo indica que los agotamientos de biomasa más importantes (aproximadamente el 20% de los peces restantes) ocurren en regiones de alta biomasa y aguas frías, y los agotamientos más débiles (aproximadamente el 60% restante) en ecosistemas menos productivos y de baja biomasa, lo que refleja el desplazamiento de las pesquerías desde ecosistemas inicialmente rentables, ricos en biomasa pero de crecimiento lento, hacia ecosistemas con menos biomasa inicial pero tasas de crecimiento más rápidas, principalmente ubicados en los trópicos y subtrópicos.

Por otro lado, la materia orgánica particulada producida por los peces explotados generó aproximadamente el 10% del consumo de oxígeno y del almacenamiento de carbono biológico en profundidad. En la década de 1990, la biomasa y sus ciclos se habían reducido casi a la mitad, lo que sugiere que el impacto biogeoquímico de la pesca ha sido comparable al del cambio climático antropogénico.



Imagen desde satélite del huracán Katia (izquierda) tocando tierra sobre el estado mexicano de Veracruz, el huracán Irma (centro) acercándose a Cuba y el huracán José alcanzando su intensidad máxima el 8 de septiembre de 2017 (Fuente: VIIRS imagen obtenida por la National Oceanic and Atmospheric Administration- NOAA, Suomi NPP satellite).

SIN GRANDES CAMBIOS DESDE EL SIGLO XIX EN LA FRECUENCIA DE GRANDES HURACANES EN EL ATLÁNTICO

Los huracanes del Atlántico son sin duda una amenaza constante por sus implicaciones en la pérdida de vidas y daños en propiedades e infraestructuras y por eso, su estudio y seguimiento son una cuestión prioritaria. Gabriel Vecchi (Universidad de Princeton, EE.UU.) y su equipo han estudiado los cambios históricos y desarrollado un método de homogeneización de la frecuencia de huracanes importantes durante 1851-2019. En su estudio han descubierto que el aumento registrado en la escala de estos grandes ciclones en el Atlántico, y particularmente en la frecuencia de huracanes importantes, se debe más a los cambios en las prácticas de observación que a un aumento real en el número de eventos de gran magnitud, no pudiéndose asociar a una verdadera tendencia climática. Después de la homogeneización, los aumentos en la actividad de huracanes y huracanes importantes en Atlántico, desde la década de 1970, no son parte de una tendencia creciente a la temporal analizada, sino a una recuperación tras el mínimo registrado entre las décadas de 1960 y 1980. En este contexto, sugieren que la variabilidad climática interna y la importante disminución en la frecuencia de los huracanes de mediados a finales del siglo XX, inducidas

por aerosoles, probablemente hayan enmascarado la contribución del calentamiento inducido por los gases de efecto invernadero, a escala centenaria, a los cambios en la frecuencia de huracanes importantes en el Atlántico norte (Nature Communications, 12:4054, 2021).

LA PEQUEÑA EDAD DE HIELO SE DESENCADENÓ ABRUPTAMENTE POR LA INTRUSIÓN DE AGUAS CÁLIDAS DEL ATLÁNTICO EN EL ÁRTICO

La Pequeña Edad de Hielo ha sido una de las etapas más frías del período posglacial en el hemisferio norte, que abarcó desde comienzos del siglo XIV hasta mediados del XIX. La NASA lo circunscribe al periodo frío comprendido entre 1550 y 1850 con tres fases particularmente frías: el Mínimo de Maunder de 1645 a 1715, en 1770 y finalmente en 1850, cada uno separado por intervalos de breve calentamiento. Aunque existe una creciente evidencia de que este intervalo de tiempo se asoció con el debilitamiento del giro subpolar, la secuencia de eventos que llevaron a su estado debilitado aún no se ha explicado. Sin embargo, un estudio reciente realizado por Francois Lapointe y Raymond Bradley, de la Universidad de Massachusetts (EE.UU.), y publicado en Science Advances (7, eabi8230, 2021), demuestra que la Pequeña Glaciación Europea, como también se conoce a este periodo, fue precedida por una intrusión excepcional de agua cálida del Atlántico en los mares nórdicos a fines del siglo XIV. La intrusión fue una consecuencia del bloqueo atmosférico persistente sobre el Atlántico Norte, vinculado a una actividad solar inusualmente alta. El agua más cálida provocó la ruptura del hielo marino y el desprendimiento de los glaciares. El debilitamiento de la anomalía de bloqueo a finales del 1300 permitió que el gran volumen de hielo acumulado se exportara al Atlántico Norte. Esto condujo a un debilitamiento del Giro Subpolar, lo que actuó como detonante para la Pequeña Glaciación.

LOS MACHOS DE CABALLITO DE MAR DESARROLLAN UNA PLACENTA PARA INCUBAR A SUS CRÍAS

Los caballitos de mar son algunos de los peces con las formas más sorprendentes, pero

además son el único grupo animal en el que los machos pasan por el embarazo y dan a luz. Pero ahora, J.S. Dudley y sus colegas de la Universidad de Sydney (Australia) han observado que su marsupio puede contener hasta 1000 crías de caballitos de mar a la vez, y que esta funciona de forma similar a una placenta humana. Durante la incubación, los machos proporcionan a los embriones todo lo que necesitan, desde oxígeno hasta nutrientes y anticuerpos. Los investigadores observaron que a medida que los embriones de *Hippocampus abdominalis* crecían, la bolsa de cría se volvió más delgada y brotaron numerosos vasos sanguíneos, al igual que en la placenta de un mamífero durante el desarrollo embrionario. La bolsa de cría alcanzó su punto más delgado al final de la gestación. En ese momento, el revestimiento interior de la bolsa era muy arrugado, proporcionando una superficie para que crecieran nuevos vasos sanguíneos. En las 24 horas posteriores al parto, el marsupio del macho vuelve a su forma anterior al embarazo (Placenta, 114:115-123, 2021).

LAS TEMPERATURAS EXTREMAS MARINAS AMPLIFICAN LOS IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN PECES Y PESQUERÍAS

Los eventos con temperaturas extremas de las últimas dos décadas han tenido fuertes impactos perjudiciales en la biodiversidad marina, en el funcionamiento de los ecosistemas y en los servicios que estos prestan. William Cheung (Universidad de British Columbia, Canadá) y un grupo de investigadores internacionales, utilizando un modelo integrado que estima el impacto climático-biodiversidad-pesca-económico, han calculado que, en promedio, durante estos eventos térmicos extremos, el 77% de las especies de peces e invertebrados objeto de explotación pesquera sufren una disminución en su biomasa, mientras que el potencial neto máximo de captura puede disminuir un 6% por década, que hay que sumar a los impactos debidos al cambio climático. Se prevé que estos impactos negativos de las altas temperaturas extremas sobre las poblaciones de peces causen pérdidas en ingresos y medios de vida de pescadores de la mayoría de países marítimos (70%) para mediados del siglo, especialmente en aquellas zonas más vulnerables a la variación climática (e.g. Pacífico Tropical).

Acuarela pintada por Hendrick Avercamp donde se retrata una escena de ciudadanos holandeses patinando sobre un canal helado en 1625 (Museo Teylers, Haarlem, Holanda).



Hippocampus abdominalis en el Birch Aquarium de San Diego (California, EE.UU.) (Autor: Stickpen).



Las pesquerías de zonas tropicales de los océanos serán las más afectadas por los menores rango de tolerancia de las especies a los episodios de calentamiento extremo del agua de mar. Pesca artesanal en Isla Margarita, Venezuela (Autor: Wilfredor).





La vaquita, *Phocoena sinus*, es quizás la especie de cetáceo actualmente más amenazada de extinción (Autor: Alfokrads).

EL GOBIERNO MEXICANO DA EL GOLPE DE GRACIA A LA VAQUITA MARINA

La decisión del gobierno de México de reducir la persecución de la pesca ilegal con redes de enmalle de totaba en la parte norte del Golfo de California aboca a la vaquita marina (*Phocoena sinus*) a la extinción. Se estima que sólo quedan 10 individuos de esta marsopa endémica de México y que es el cetáceo más pequeño del mundo. Según la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, la vaquita está cercana a la extinción funcional como resultado de sus altas tasas de mortalidad y bajo rendimiento reproductivo, junto con su diversidad genética históricamente baja, todo lo cual pone en peligro la salud de la población. Christian Sonne (Universidad de Aarhus, Dinamarca) y sus colaboradores apuntan a la pesca ilegal en esta parte de México, impulsada por un conjunto complejo de problemas, incluida la pobreza local, el crimen organizado y la demanda internacional de totaba, también en peligro de extinción (la vejiga natatoria de este pez, *Totoaba macdonaldi*, considerado el pez más caro del mundo por sus supuestas propiedades afrodisíacas, es muy demandada por la medicina tradicional china) (Science, 373:863-864, 2021).

LA PREDACIÓN EJERCIDA POR LAS NUTRIAS MARINAS AUMENTA LA DIVERSIDAD GENÉTICA DE LAS PLANTAS DE LAS PRADERAS MARINAS

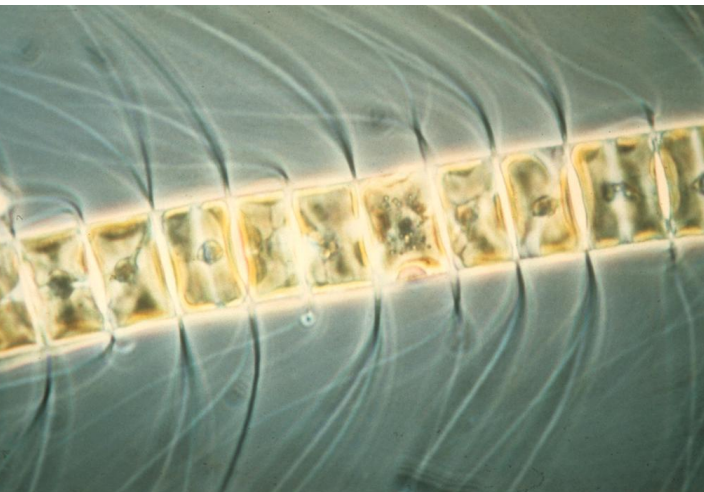
Erin Foster (Instituto Hakai, Canadá) y un amplio equipo de investigadores canadienses han podido comprobar cómo la perturbación ejercida por la actividad de las nutrias (*Enhydra lutris*), que excavan en busca de presas en los sebales o praderas de fanerógamas de *Zostera marina*, aumenta la diversidad genética de esta planta al promover las condiciones idóneas para su reproducción sexual. La riqueza alélica y la diversidad genotípica de la seba fueron un 30 y 6% más altas, respectivamente, en áreas donde las poblaciones de nutrias marinas en recuperación se habían establecido durante 20 a 30 años, que en áreas donde habían estado presentes menos de 10 años o ausentes más de 100 años. La influencia de la presencia de la nutria marina en la diversidad genética de *Zostera* fue más importante que las achacables a la profundidad, temperatura, latitud o tamaño de la pradera (Science, 374:333-336). En definitiva, se pone de manifiesto que la interacción entre especies puede promover la diversidad genética y la resiliencia ecológica, un proceso evolutivo que quizás ha sido subestimado.



Ejemplar adulto de nutria marina (*Enhydra lutris*)
alimentándose de erizos de mar (Autor: Matt Knoth).



El Cabo de Hornos (Chile) visto desde el Estrecho de Drake (Autor desconocido).



Conjunto de diatomeas formando una cadena filamentosas típica del fitoplancton marino oceánico (Fuente: Imagen ID: fish1881, NOAA's Fisheries Collection, 1973; NOAA MESA Project).

Grupo de percebes (*Pollicipes polymerus*) fijados a las rocas en la costa de California (EE.UU.) (Autor: Dr. Dwayne Meadows, Image ID: fish4583, NOAA's Fisheries Collection, NOAA/NMFS/OPR).



EL CALENTAMIENTO DEL OCÉANO PROVOCA UNA ACELERACIÓN DE LAS CORRIENTES DEL OCÉANO AUSTRAL

Jia-Rui Shi, de la Universidad de California (EE.UU.) y su equipo de investigación han publicado en la revista *Nature Climate Change* (11:1090-1097, 2021) un trabajo que demuestra que debido al calor absorbido por el Océano Austral ($> 30^{\circ}$ S), al norte de la zona frontal Subantártica de la Corriente Circumpolar Antártica, se ha producido una fuerte aceleración del flujo zonal. Esto ha sido posible gracias al uso de datos de altimetría proporcionada por satélites y de los registros de deriva de las boyas Argo entre 48° S y 58° S. El calentamiento antropogénico del océano es el factor dominante, ya que una ganancia o pérdida de calor en el régimen de afloramiento o hundimiento al norte o sur de dicho sistema frontal provoca una aceleración zonal en el flanco norte de la Corriente Circumpolar Austral y los subtropicos adyacentes, debido al aumento de la baroclinicidad (componente del flujo que depende de la distribución de densidad del fluido), donde la tensión del viento reforzada es de importancia secundaria. En el Estrecho de Drake (entre el Cabo de Hornos y las islas Shetland del Sur) se produce poco calentamiento y la velocidad de la Corriente Circumpolar permanece prácticamente sin cambios. No obstante, el calentamiento continuo del océano podría acelerar aún más el flujo zonal del Océano Austral.

LUCES DE FLUORESCENCIA PARA COMUNICARSE ENTRE DIATOMEAS

Hasta hace poco se suponía que el comportamiento social en el fitoplancton marino dependía principalmente de la secreción de una variedad de sustancias químicas que permitían las respuestas colectivas, pero el equipo liderado por Gotzon Basterretxea (Universidad de las Islas Baleares) ha demostrado que las diatomeas pelágicas también utilizan señales de fluorescencia estimuladas por el sol para sincronizar su comportamiento (*Sci. Adv.*, 7, eabj5230, 2021). Estos microorganismos unicelulares, que desempeñan un papel biogeoquímico clave en el océano, utilizan proteínas fotorreceptoras y radiación fluorescente para comunicarse. Una señal de balizamiento característica se genera mediante el desplazamiento rítmico de los orgánulos dentro del citoplasma celular, lo que desencadena un comportamiento poblacional coordinado.



Vista desde el espacio de la caldera del volcán de la isla de Santorini (Grecia) (Fuente: EOS photo NASA).

Estas redes de comunicación basadas en la luz permiten entender algunos procesos de la ecología de las diatomeas y como se regula la dinámica de los procesos oceánicos a gran escala.

PEGAMENTO DE PERCEBE PARA CERRAR HERIDAS SANGRANTES

Los adhesivos tisulares normalmente no funcionan bien en heridas traumáticas o quirúrgicas sangrantes o que están cubiertas de otros fluidos corporales. Recientemente, un equipo científico del Departamento Ingeniería Mecánica del Instituto Tecnológico de Massachusetts (EE.UU.), encabezado por Hyunwoo Yuk, ha publicado en la revista *Nature Biomedical Engineering* (5:1131-1142, 2021) el diseño de una pasta adhesiva hemostática y mecanismo para sellar tejidos en menos de 15 s, independientemente de la tasa de coagulación de la sangre. Este diseño está basado en el pegamento natural que usan los percebes para fijarse fuertemente a las rocas, a través de unas proteínas adhesivas incrustadas en una matriz rica en lípidos que permite pegarse a superficies mojadas y contaminadas. La pasta consiste en una matriz aceitosa hidrófoba que repele la sangre y que contiene micropartículas incrusta-

das que se entrecruzan covalentemente con las superficies de los tejidos tras la aplicación de una presión suave. Se reabsorbe lentamente tras unas semanas y soporta grandes presiones (aproximadamente 350 mm Hg de presión de ruptura en una aorta porcina sellada), es resistente (resistencia interfacial de $150\text{--}300\text{ Jm}^{-2}$), soporta importantes fuerzas de corte y tracción (40–70 kPa y 30–50 kPa, respectivamente), e interactúa con los tejidos cubiertos de sangre superando a los productos hemostáticos comerciales disponibles para el sellado de aortas porcinas sangrantes ex vivo y de tejidos cardíacos e hepáticos sangrantes en ratas y cerdos vivos. Esta pasta puede ayudar en el tratamiento de hemorragias graves, incluso en personas con coagulopatías.

LA ACTIVIDAD ERUPTIVA DEL VOLCÁN SANTORINI ESTÁ CONTROLADA POR LA SUBIDA Y BAJADA DEL NIVEL DEL MAR

Chirs Satow (Oxford Brookes University) y un equipo científico internacional han comparados un registro de aproximadamente 360.000 años de erupciones efusivas y explosivas del volcán sumergido de Santorini (Grecia) con un registro del nivel del mar de alta resolución que abarca los últimos cuatro ciclos glaciales-interglaciares. Su modelo numérico muestra que cuando el nivel del mar cae 40 m por debajo del nivel actual, las tensiones de tracción inducidas en el techo de la cámara de magma de Santorini desencadenan inyecciones de dique. A medida que el nivel del mar continúa cayendo a -70 o -80 m, la tensión de tracción inducida se extiende por todo el techo de la cámara de modo que algunos diques llegan hasta la superficie y alimentan a las erupciones. De manera similar, la actividad volcánica desaparece gradualmente después de que el nivel del mar se eleva por encima de los -40 m. La sincronización de la estratigrafía de Santorini con el registro del nivel del mar, utilizando capas de piroclastos en núcleos de sedimentos marinos, muestra que 208 de 211 erupciones (tanto efusivas como explosivas) ocurrieron durante períodos coincidentes con bajadas del nivel del mar (por debajo de -40 m) y subidas posteriores, lo que sugiere un fuerte control del nivel del mar de las erupciones en Santorini, un resultado que probablemente se puede trasladar a muchas otras islas volcánicas de todo el mundo (*Nature Geoscience*, 14:586-592, 2021).



SYLVIA ALICE EARLE

Líder en la protección y exploración de los océanos

La doctora Sylvia Earle (Imagen extraída del artículo *Hero of the Planet* de Kip Evans).

Airam Sarmiento Lezcano

Sociedad Atlántica de Oceanógrafos

La oceanógrafa y exploradora estadounidense Sylvia Earle nació en Nueva Jersey, el 30 de agosto de 1935, y es conocida por su investigación sobre las algas marinas y sus libros y documentales diseñados para crear conciencia sobre las amenazas de la sobrepesca y la contaminación de los océanos. Líder de un gran número de importantes proyectos y programas destacados en la protección y exploración de los océanos. Es una pionera en el uso de equipos modernos subacuáticos autónomos (SCUBA) y en el desarrollo de sumergibles de aguas profundas. Se ha convertido en una figura a seguir por su trabajo, su lucha y su pasión por el mar, inspirando a miles de personas con sus seminarios, como por ejemplo el que ofreció en el congreso *The Hague International Model United Nations Conference* o en documentales como *Seaspiracy*. Este último, muestra el impacto humano en la vida marina, a través de los desechos marinos, redes fantasmas y la sobrepesca. Uno de los programas más conocidos que ha liderado la doctora Earle fue el *Sustainable Seas Expedition*, patrocinado por la National Geographic Society, en el que estudió los santuario marino nacionales de los Estados Unidos (United States National Marine Sanctuaries).

Ha sido la única mujer que ha desempeñado el cargo de líder científico en la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA). Su pasión por explorar los fondos oceánicos hizo fundar el DOER Marine (Deep Ocean Exploration and Research), con el objetivo de mejorar la ingeniería marina. Actualmente, esta compañía se dedica a diseñar todo tipo de equipos adecuados para investigar las profundidades oceánicas. Diseñó el submarino *DeepWorker 2000* para la cuantificación de especies de peces, así como los recursos especiales utilizados en el Stellwagen Bank National Marine Sanctuary (Fig. 1).

En su pasión por la biología marina y la protección de los océanos, Sylvia lideró una expedición en el laboratorio submarino Aquarius (NOAA's Aquarius Underwater Laboratory), investigando los arrecifes de coral y la salud de los océanos. Relacionado con esto, la doctora Earle fundó *Mission Blue* (conocida como *Sylvia Earle Alliance, Deep Search Foundation and Deep Search*), cuyo primer objetivo es proteger los océanos. Teniendo en cuenta que en la tierra existen zonas protegidas para conservar diferentes ecosistemas, Sylvia decidió hacer lo mismo con los mares y propuso crear "puntos de esperanza" no solo para reconocerlos como lugares preciosos, sino porque son puntos críticos para la salud de los océanos. En la actualidad existen 116 "Hope Spots" o puntos de esperanza (Fig. 2).

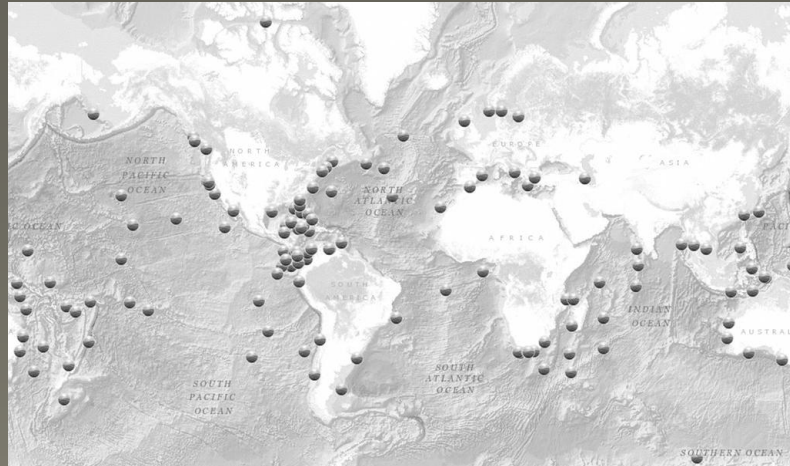


Figura 1. Hope spots o puntos de esperanza reconocidos por "Mission Blue" (Imagen extraída de: <https://mission-blue.org/hope-spots>).



Figura 2. Sumergible "DeepWorker 2000" creado por Sylvia Earle (Imagen extraída de la ficha técnica del sumergible).



Figura 3. Equipo de la Misión 6-50 de Tektite II (abril de 1970), liderado por Sylvia Earle (segunda por la izquierda) (Autor: Cecil W. Stoughton, U.S. National Park Service).

Sylvia Earle se especializó en el estudio de las algas, comenzando en la Universidad Duke (EEUU) su doctorado en ficología (disciplina de la botánica que se dedica al estudio de las algas), donde recolectó más de veinte mil tipos de algas para su tesis (*Phaeophyta of the Eastern Gulf of Mexico*). Tras doctorarse en 1966, pasó un año como investigadora en la Universidad de Harvard. Unos años más tarde (1970), se unió al Proyecto Tektite II (Fig. 3), un laboratorio submarino instalado a quince metros debajo de la superficie del mar, frente a la costa de las Islas Vírgenes, que permitió a los científicos vivir sumergidos en su área de estudio durante semanas. La instalación de este laboratorio (Tektite I), se inició el 28 de enero de 1969 y el 15 de febrero de ese mismo año se alojaron en él los primeros científicos (Fig. 4).

En su pasión por la exploración submarina de los océanos comenzó por colaborar con Jacques Cousteau, y como investigadora pudo batir el récord de inmersión libre más profunda de la historia en 1979. A través de sus fotografías, ha ido mostrando al mundo tanto las maravillas de las profundidades del océano, así como la devastación que sufren. Recalcando que al paso de los años abundan las zonas contaminadas, llenas de plásticos y sin vida. Por ello, la doctora Earle ha reivindicado a lo largo de su carrera profesional la importancia de cuidar los océanos en su activismo en la lucha contra la contaminación. Además, ha tenido que hacerse un hueco en la ciencia donde el papel de la mujer era poco representativo. Sin embargo, Sylvia Earle consiguió tener un papel clave en la ciencia, lidiando muchas veces con sus compañeros hombres.

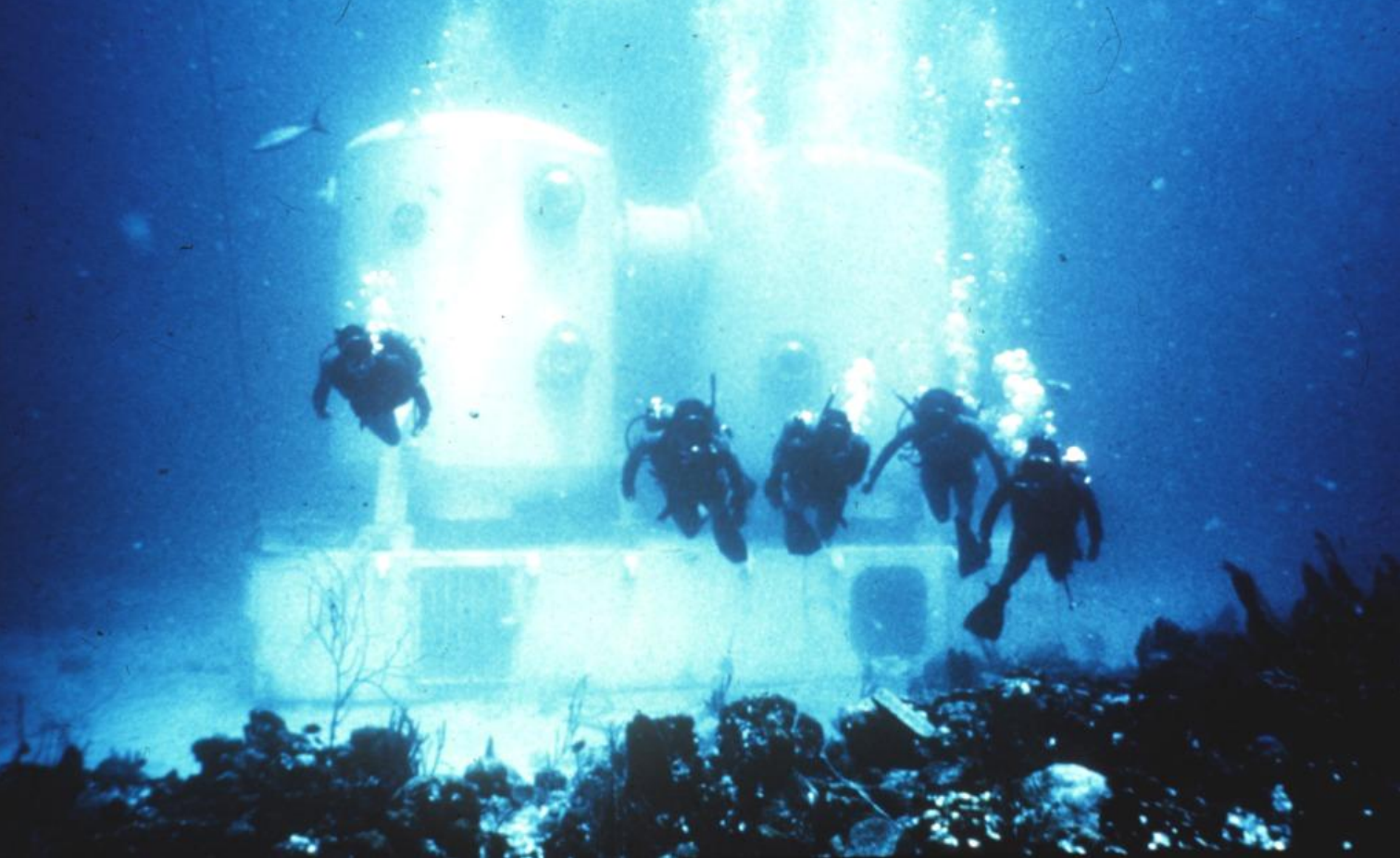


Figura 4. Buceadores en el exterior de las Instalaciones del Proyecto Tektite I en 1969 (OAR/National Undersea Research Program (NURP)).

Gracias a su perseverancia, ha ganado varios premios a lo largo de su carrera. Entre ellos, el Premio Princesa de Asturias de la Concordia en 2018 y la Medalla Hubbard en 2013 (máxima distinción otorgada por la National Geographic Society).

A lo largo de su carrera ha publicado más de 100 artículos científicos. Sus otros trabajos incluyen *Sea Change: A Message of the Oceans* (1994), *Wild Ocean: America's Parks Under the Sea* (1999) con el autor estadounidense Wolcott Henry, y *The World Is Blue: How Our Fate and the Ocean's Are One* (2009). Recopilando todos sus trabajos, Earle nos advierte sobre el peligro que representan los residuos en el ecosistema marino, la pesca masiva y descontrolada y el cambio climático. Sin embargo, ella piensa que la basura, los ensayos nucleares, los vertidos de petróleo, el cambio climático y la pesca masiva no son el mayor problema. Según Sylvia “*nuestra ignorancia es el mayor problema*”, ya que hemos estado usando el mar sin ningún tipo de control y sin pensar que podría traer graves consecuencias. Por tanto, contempla que tenemos que pensar cómo usar el mar sin dañarlo. Sylvia Earle tiene 86 años, ha pasado más de 7.000 horas bajo el mar y hoy en día sigue luchando y trabajando por un océano lleno de vida.

En su pasión por la exploración submarina de los océanos comenzó por colaborar con Jacques Cousteau, y como investigadora pudo batir el récord de inmersión libre más profunda de la historia en 1979.

Bibliografía

- (1) Arantza Muguruza. 2020. Sylvia Earle, nuestra esperanza marina, Mujeres con ciencia, Vidas científicas, 15 septiembre 2020
- (2) Noelia Benítez de Gracia. 2021. Sylvia Earle, retrato alfabético, Mujeres con ciencia. Retrato alfabético, 28 mayo 2021
- (3) Paksy Plackis-Cheng. 2016. Hero of the Planet, Sylvia Earle, on the Earth's Blue Lungs. <http://www.impactmania.com/article/sylvia-earle/>

1778

MONTEVIDEO-FERNANDO POO

España intenta colonizar el golfo de Guinea

Jorge A. Liria
Okeanos

El 17 de abril de 1778 partía desde Montevideo hacia el golfo de Guinea la expedición comandada por el VII conde de Argelejos, Felipe de los Santos Toro y Freyre (brigadier de Infantería de los Reales Ejércitos), en una complicada travesía atlántica, en la que la escuadrilla integrada por las fragatas *Santa Catalina* y *Nuestra Señora de la Soledad* y el paquebote *Nuestro Señor Santiago* se vio afectada por la enfermedad, la muerte, las fricciones políticas e incluso la hostilidad de los naturales de aquellos territorios.

El Tratado de San Ildefonso suscrito entre España y Portugal el 6 de octubre de 1777 abre la puerta a que España intente, por primera vez en su historia, la ocupación colonial del golfo de Guinea a través de un anexo reservado a los territorios africanos. En esta zona geográfica tanto portugueses

como holandeses habían radicado la base de su lucrativo negocio esclavista. Sin embargo, el texto de 1777 fue insuficiente para solucionar con fortuna los litigios sobre límites territoriales entre portugueses y españoles, por lo que fue necesaria la ratificación de una ampliación el 24 de marzo de 1778 (Tratado de El Pardo). Esta vez sí fue posible un acuerdo efectivo, en el que España cede Colonia de Sacramento, en América, mientras Portugal hace lo propio con las africanas islas de Annobón y Fernando Poo, en el golfo de Guinea.

España lograba establecer un derecho colonial en plena zona ecuatorial africana. El texto del tratado en su artículo 13 especificaba que Portugal cedía «todo el derecho y acción que tienen o puedan tener a la isla de Fernando Poo, en el golfo de Guinea, para que los vasallos de la corona de España se puedan establecer en ella y negociar en los puestos del río Gabón, Los Camarones, Santo Domingo, Cabo Formoso y otros de aquel

distrito». Portugal deja expedito el camino colonial a España en pleno corazón africano mucho antes de que potencias como Inglaterra o Francia mostraran su interés ya avanzado el siglo XIX.

Una complicada travesía

La preparación para tomar los hasta ese momento territorios portugueses en el África ecuatorial se realizó con detalle, pues en la ambición española no estaba en primer lugar el establecimiento de una gran colonia en este territorio, sino una base estable para abrir en el futuro una ruta hacia Filipinas, bordeando el Cabo de Buena Esperanza. Esta nueva ruta perseguía quitar la exclusividad que hasta ese momento había tenido durante más de dos siglos el Galeón de Manila, en su ruta hacia Acapulco, y el dominio que sobre ésta tenía el virreinato de Nueva España. De este modo, el virrey del Río de la Plata, Pedro de Cevallos, que ya contaba en la ciudad de Montevideo con el apostadero naval de la Real Armada, pero ambicionaba expandir su influencia, dado que las incursiones militares hacia el norte portugués habían fracasado. De este fiasco nacen los tratados hispano-lusos de 1777 y 1778, e incluso parte de la tropa y los recursos militares destinados a la expedición a África se retraen de los territorios de Santa Catalina y Colonia Sacramento, devueltas a los portugueses.

En 1777 se encontraba en Montevideo el VII conde de Argelejos, Felipe de los Santos Toro y Freyre, persona de la máxima confianza de Cevallos, quien tras ver frustrada su ambición en los territorios devueltos a los portugueses, logra su nombramiento como gobernador y jefe militar de las islas de Fernando Poo y Annobón. El segundo jefe militar de la expedición era el teniente coronel de artillería Joaquín Primo de Rivera. Ambos tenían a su cargo tropas procedentes del fijo de Buenos Aires, cuerpo de artillería y los regimientos veteranos de infantería de Sevilla, Saboya, Galicia, Zamora, Córdoba, Toledo y Guadalajara.

La fragata *Santa Catalina* había zarpado para esta campaña desde Cádiz a Montevideo al mando del capitán de fragata José Varela Ulloa, que además era un reconocido geógrafo y naturalista. La segunda fragata, la *Nuestra Señora de la Soledad*, zarpó de Ferrol al mando del también capitán de fragata Ramón Topete. El tercer navío de la flotilla era el paquebote *Nuestro Señor Santiago*, que tenía como base Río de la Plata y que estaba al mando del teniente de navío José de Grandallana.



Placa conmemorativa de la expedición de 1778 en Guinea Ecuatorial.

La escuadrilla parte desde Montevideo el 17 de abril de 1777 con el objetivo de alcanzar las nuevas colonias en junio. Sin embargo, la travesía fue dramática, pues fallece el ministro de la Real Hacienda y contador de la expedición, Vicente de Recarte. Los tres navíos fondean en Santo Tomé y Príncipe, obligados por el retraso en la llegada del comisario luso encargado de formalizar la entrega de los territorios a España. Esta espera desencadenó fricciones con la población local, lo que generó muchas quejas del gobernador portugués. Los expedicionarios españoles tuvieron que esperar hasta el 14 de octubre de 1778, cuando llegó al golfo de Guinea el esperado comisario portugués, el capitán Luis de Castro. Diez días después se formalizaba la transferencia de los territorios insulares de Annobón y Fernando Poo a España.

El 14 de diciembre de 1778 fallece por enfermedad natural, a bordo de la *Santa Catalina*, el conde de Argelejos, hecho de agudiza la complicada situación de la expedición en Guinea. El sustituto es el teniente coronel de artillería Joaquín Primo de Rivera. España no logra tomar posesión efectiva de unos territorios insulares que, bajo dominio portugués, eran con frecuencia escala de piratas y barcos de diversas banderas que tomaban aguada y víveres de forma ilegal. En este escenario los naturales de las mismas se oponían a reconocer a las nuevas autoridades españolas. El esfuerzo de las autoridades portuguesas para que «reconocieran y rindieran vasallaje al rey católico» resultaban infructuosas, pues no entendían la situación. Los indígenas, ante el conflicto planteado, optan por adentrarse en la selva. Mientras, los españoles procedieron a la fundación del poblado de La Pura y Limpia Concepción, para ello se pusieron manos a la obra los carpinteros, albañiles, aserradores, herreros y peones que acompañaban en la expedición. De este modo, construyeron casas, un hospital y una fortaleza, trabajos que desempeñaron protegidos por los soldados de infantería y artillería supervivientes de las enfermedades.

Los españoles se limitaron en esta primera presencia a establecerse en Fernando Poo, para lo que determinan una defensa naval de los territorios insulares con las dos fragatas, mientras el paquebote es utilizado más para labores de avituallamiento. Las bases logísticas de abastecimiento con los nuevos territorios eran Cádiz, Canarias y Santo Tomé (isla portuguesa). La situación de España en Guinea era muy débil, no solo por su escasa presencia, sino por la situación internacional. Canarias se convirtió desde el primer momento en enclave estratégico para la seguridad del territorio. No en vano, la ruta Cádiz-Canarias y Santo Tomé-Fernando Poo estaba en peligro, pues España mantenía un conflicto bélico con Gran Bretaña por la intervención hispano-francesa en la guerra de independencia estadounidense (1776-1783).

Fracaso y escenario bélico

Los esfuerzos logísticos no fueron suficientes para la permanencia española en el golfo de Guinea, pues las enfermedades, muertes y la paulatina disminución de las comunicaciones con el exterior condenaron a esta primera expedición al fracaso. Enfrentamientos con los nativos, pero también la sublevación del sargento

Jerónimo Martín, que llegó a encarcelar a Primo de Rivera a finales de septiembre de 1780, y que estuvo casi un mes al mando de la colonia, convirtieron la situación en insostenible. Las tensiones en el territorio, con poca alimentación, víveres en mal estado y exigua atención a los enfermos, rompieron la cadena de mando. Ni siquiera fue efectivo el auxilio procedente de Tenerife, con la polacra *Santa Engracia*, al mando del capitán de navío Juan Nepomuceno Morales.

A finales de octubre de 1780, el sargento Jerónimo Martín ordena que todos zarpen a bordo de *Nuestro Señor Santiago*, abandonando en el lugar la artillería, los útiles y todas las construcciones. El contingente llega el 17 de noviembre de 1780 a Santo Tomé, donde Primo de Rivera informa de la sublevación a las autoridades portuguesas, esto obliga a Grandallana a encarcelar a Martín y sus lugartenientes. Al mismo tiempo, los sumarios y declaraciones del proceso son enviados a España en los primeros meses de 1781 a bordo de la zumaca *Nuestra Señora de la Concepción*, que se encontraba aquellos días en Santo Tomé, y al mando de Grandallana. El capitán fallece durante el viaje.

A su vez, Primo de Rivera intenta infructuosamente regresar a Fernando Poo, pero finalmente sale de Santo Tomé con otro rumbo a bordo de la fragata portuguesa *Nuestra Señora del Carmen*, que había comprado para este fin, y del bergantín *Santiago*, dedicado al comercio canario. La guerra con Gran Bretaña y el sitio de Gibraltar obligan a la expedición a partir hacia Brasil. Permanecen en Bahía de Todos los Santos desde febrero de 1782 a enero de 1783. Los pocos supervivientes de la expedición de 1778 llegan a Montevideo en febrero de 1783 a bordo de los navíos *Nuestra Señora del Carmen* y *Santiago*.

El nuevo virrey del Río de la Plata, Juan José Vertiz, deseaba, sin conseguirlo, una nueva expedición que supondría el dominio español del Atlántico meridional, con base en Montevideo y que ampliaría de este modo su zona de influencia al África ecuatorial y base hacia Filipinas.

Este artículo es la antesala de un trabajo mucho más extenso que se publicará en formato libro en Mercurio Editorial en diciembre de 2022. En él se incluyen los documentos navales de las expediciones citadas, además de las primeras cartas marítimas españolas en el golfo de Guinea y un amplio estudio de esta relación entre Montevideo, Canarias y el golfo de Guinea en estos años finales del siglo XVIII.

El sable negro



Pez Sable Negro (*Aphanopus carbo*) (Autora: Gulielma Mary Herschell, 1887; Report on the deep-sea fishes collected by H.M.S. Challenger during the years 1873-1876, Günther, A.C.L.G., 1830-1914, Plate VII. Illustration and lithograph by G.M. Hirschell).

José J. Castro

Universidad de Las Palmas de Gran Canaria

El sable negro (*Aphanopus carbo*) es un pez que habita en aguas profundas del océano Atlántico, desde el Estrecho de Dinamarca, Islandia y Noruega, hasta las costas del oeste de África y Cabo Verde, así como en aguas de Canadá y Estados Unidos. Se distribuye entre los 200 y 2300 m, aunque es más frecuente entre los 700 y 1300 m de profundidad.

Presenta un cuerpo muy alargado, a modo de sable que, junto con su cabeza puntiaguda y aleta dorsal bifurcada, está adaptado a la natación rápida. Su longitud puede alcanzar los 151 cm, aunque lo normal es que no supere los 85 cm de longitud total, y su cuerpo es de color negro cobrizo con un tinte iridiscente. En su cabeza son característicos los grandes ojos (18% del tamaño de la cabeza), adaptados a captar la luz residual de las grandes profundidades donde habita, y los fuertes, largos y afilados dientes que coronan sus mandíbulas. La cavidad interior de la boca y las branquias son también negras. La región terminal del cuerpo es fina y la aleta caudal bifurcada.

Se desconoce el ciclo de vida del sable negro, pero la hipótesis más común es que existe una única población que emprende una migración a gran escala en el sentido de las agujas del reloj alrededor del Atlántico nororiental. Alcanza la madurez con unos 80 cm de longitud. Algunos estudios apuntan que los individuos maduros migran horizontalmente para el desove a zonas localizadas en aguas de Madeira e Islas Canarias y, posiblemente, más al sur. Se reproduce entre agosto y diciembre.

Mercado de pesca de Funchal (Madeira) donde el pez sable negro es una de las especies protagonistas. De hecho las capturas de sable negro representan casi la mitad de las capturas de la flota del archipiélago y rondan las mil toneladas anuales.



Los huevos y larvas se distribuyen en aguas superficiales y derivan con el plancton, aunque la información existente sobre estas fases de su ciclo vital es muy escasa.

Los juveniles de la especie habitan entre los 100 y 500 m, mientras que los adultos se distribuyen a mayor profundidad. Estos juveniles de sable negro permanecen para alimentarse y crecer durante unos años al sur de las Islas Feroe y al oeste de las Islas Británicas. Posteriormente, se trasladan al sur hacia la parte continental de Portugal donde alcanzan la talla de madurez, pero no se reproducen, para posteriormente migrar más al sur hacia las zonas de desove.

Es una especie carnívora que se alimenta de crustáceos, cefalópodos y otros peces que captura en aguas relativamente superficiales, en la capa mesopelágica, tras migrar durante la noche desde la región batipelágica.



Detalle de la cabeza de *Aphanopus carbo* mostrando los afilados dientes y el gran tamaño del ojo respecto a la cabeza (Foto de AnfMokio).

Es una especie de crecimiento rápidos, pero su tasa de crecimiento en los adultos es relativamente lenta, resultado de la inversión de energía en la reproducción. Las hembras son más abundantes y alcanzan tallas más grandes. Además, su fecundidad es baja y la longevidad es relativamente larga, que se estima ronda los 32 años, por lo que es muy sensible a los cambios ambientales.

La pesca de esta especie de peces se realiza principalmente utilizando palangres horizontales profundos. Esta tiene gran importancia en Madeira donde se practica de forma intensiva desde mediados del siglo XIX, lo que posiblemente la convierte en la pesquería de aguas profunda más

antigua del mundo. También se captura sable negro en algunas partes de Portugal continental y en Azores. El estatus de sus poblaciones es desconocido, pero su índice de vulnerabilidad se estima ser entre moderado y alto. Es parte del bycatch de las pesquerías de arrastre que tienen lugar al oeste de las islas británicas, a lo largo de la dorsal centro atlántica y sobre los montes submarinos de Corner Rise.

Un aspecto muy importante de su pesquería, al menos en Madeira, es que las capturas de sable negro se mezclan con las de otra especie simpátrica (*Aphanopus intermedius*), debido a que ambas son muy difíciles de separar solo con caracteres morfológicos externos.

Un mar para comérselo

Filete de lenguado con langostinos



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 los langostinos sin pelar, y removemos. Añadimos un litro de agua y llevamos a ebullición, para luego 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, retiramos y reservamos los langostinos, colamos el caldo y trituramos junto a las verduras.

En la preparación del plato, freímos inicialmente el lenguado en aceite de oliva o, si lo preferimos, lo preparamos al horno, y reservamos.

En una sartén preparamos un sofrito con la cebolla, los ajos y el perejil picados. Una vez el sofrito adquiera un color dorado, añadimos la cucharada de harina y ligaremos con las verduras. Así, una vez ligado el sofrito, añadiremos, sin dejar de remover, poco a poco el caldo de pescado hasta conseguir la textura deseada, para posteriormente triturar y reservar.

INGREDIENTES (2 PERSONAS):

PARA LA ELABORACIÓN DEL CALDO:

- 4 langostinos
- 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 o pastilla de caldo de pescado)

PARA LA PREPARACIÓN DEL PLATO:

- 500 g de lenguado
- ½ cebolla
- 2 dientes de ajo
- Perejil
- 1 cucharada de harina
- Patatas

Tiempo de elaboración

- 45 minutos

En la presentación del plato, los filetes de lenguado se acompañan con los langostinos, añadiendo la salsa y unas patatas hervidas.

Curiosidades de la especie

El lenguado común (*Solea solea*) es un pez plano que puede ser encontrado en los mares de aguas templadas (8-24 °C), pero también en agua dulce, desde las costas de Noruega y Mar Báltico hasta Senegal y Cabo Verde, incluyendo el Mar Mediterráneo y sur del Mar Negro.



También está presente en las Islas Canarias, aunque solo en las islas orientales y centrales. La talla máxima reportada para esta especie es de 70 cm y 3 kg de peso, aunque lo más frecuente es que no supere los 35 cm de longitud total. Se ha indicado que puede vivir hasta 26 años.

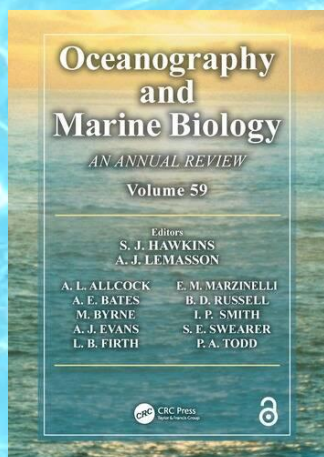
Su cuerpo es ovoide y aplanado por ambos lados, recostándose en el fondo marino sobre su lado izquierdo. Las profundidades en las que habita son entre los 10 y 60 m, aunque puede llegar hasta los 150 m de profundidad. Durante su fase inicial de desarrollo, su ojo izquierdo comienza a desplazarse hacia su lado derecho, de modo que ambos ojos se localizan sobre este lado en la fase de juvenil y adulto. Es de color marrón verdoso, aunque pueden alterar su color para mimetizarse con el color del fondo, en el que se oculta para sorprender a sus presas y pasar desapercibido a sus predadores. El lado izquierdo, que se encuentra en contacto con el fondo, es de color blanco.

Lenguado común (*Solea solea*) camuflado con la arena del fondo del Parque Natural de la Arrábida, en Portugal.
(Autor: Siego Delso).

Se alimenta de pequeños peces e invertebrados, principalmente de crustáceos, poliquetos y otros organismos que viven entre la arena. Los adultos suelen ser solitarios y habitan zonas de fondos arenosos o fangosos, para migrar hacia aguas profundas durante el invierno. Los juveniles, en cambio, durante los 2 ó 3 primeros años de vida suelen encontrarse en áreas costeras (bahías someras) antes de migrar a aguas más profundas.

Se reproducen en aguas poco profundas durante la primavera, cuando alcanzan los 25 ó 30 cm de longitud, entre los 3 y 5 años de edad. Las hembras depositan miles de huevos en el lecho marino y los machos los fecundan. La hembra puede poner entre dos y tres millones de huevos al año.

Reseñas bibliográficas



Oceanography and Marine Biology: An annual review. Volume 59

(Oceanografía y Biología Marina: una revisión anual. Volumen 59)

Editor: Stephen L. Hawkins

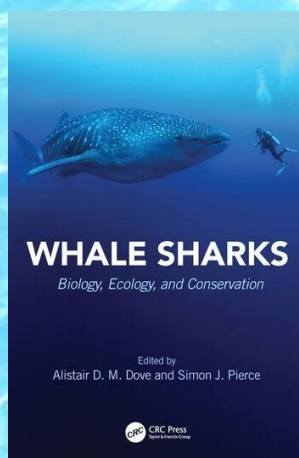
Año de edición: octubre 2021

ISBN-13: 978-0367685225

Editorial: CRC Press

Precio aproximado: 31,00 €

Oceanography and Marine Biology: An annual review sigue siendo una de las fuentes más citadas en ciencias marinas y oceanografía. El interés cada vez mayor en los trabajos en oceanografía y biología marina y su relevancia para los problemas ambientales globales, especialmente el cambio climático global y sus impactos, crea una demanda de revisiones autorizadas y arbitradas que resuman y sintetizan los resultados de investigaciones recientes. Este volumen considera temas tan diversos como la Expedición a la Gran Barrera de Coral de 1928-29, las cuevas marinas del Mediterráneo, las macromedusas en las zonas frontales orientales, la biodiversidad marina en Corea y el desarrollo de un modelo de sistema de arrecifes carbonatados geo-ecológicos para predecir las respuestas de los arrecifes al cambio climático.



Whale Sharks: Biology, Ecology and Conservation

(Tiburones ballena: biología, ecología y conservación)

Editores: Alistair D.M. Dove y Simon J. Pierce

Año de edición: septiembre 2021

ISBN-13: 978-1138571297

Editorial: CRC Press

Precio aproximado: 14,00 €

Los tiburones ballena son los peces más grandes y fascinantes para los estudios comparativos de todo tipo de campos biológicos, incluida la anatomía funcional, el crecimiento, el metabolismo, la ecología del movimiento, el comportamiento y la fisiología. Estos gentiles gigantes del océano han captado el interés de los científicos y la imaginación del público, pero su futuro es incierto. El estado de conservación de los tiburones ballena se actualizó a "En peligro" en la Lista Roja de la IUCN, y la especie enfrenta una serie de amenazas intensas por las actividades humanas.

Escrito por los principales expertos del mundo en biología, ecología y conservación del tiburón ballena, *Whale Sharks: Biology, Ecology and Conservation* es el primer volumen definitivo sobre el pez más grande del mundo. Los capítulos incluyen textos sobre marcas vinculadas a satélites, utilizadas para rastrear los movimientos del tiburón ballena, secuenciación genética, para examinar adaptaciones evolutivas, e incluso el uso de unidades de ultrasonido subacuático para investigar la reproducción de la especie.

Global Water resources expone contribuciones de 23 líderes de renombre mundial en los sectores público y privado, así como académicos que han hecho contribuciones significativas al campo de la política de recursos hídricos, la gestión, desarrollo y gobernanza. La visión y la experiencia de este distinguido grupo de expertos proporciona un enfoque único en el desarrollo de los problemas del agua y su relación con el desarrollo mundial.

Global Water Resources

(Recursos acuáticos globales)

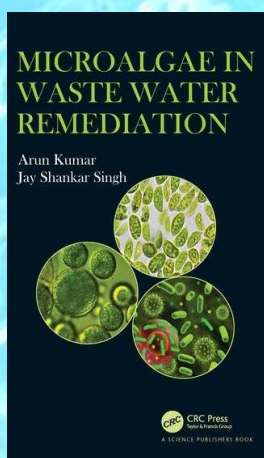
Editores: Cecilia Tortajada y Eduardo Araral

Año de edición: septiembre 2021

ISBN-13: 978-1032016627

Editorial: Routledge, Taylor & Francis Group

Precio aproximado: 21,00 €



Microalgae in wastewater remediation

(Microalgas en el tratamiento de aguas residuales)

Editores: Arun Kumar y Jay Shankar Singh

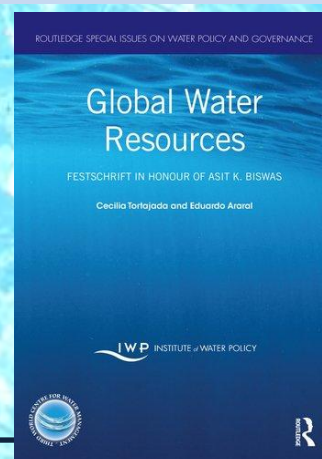
Año de edición: Julio 2021

ISBN-13: 978-0367276034

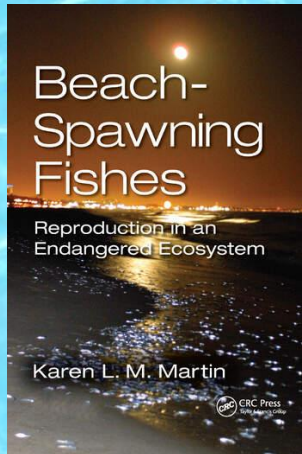
Editorial: CRC Press

Precio aproximado: 26,00 €

Microalgae in wastewater remediation tiene como objetivo señalar las tendencias y temas actuales relacionados con el uso de microalgas en el tratamiento de aguas residuales e identificar posibles caminos para futuras investigaciones sobre la biorremediación basada en microalgas. Para lograr este objetivo, el libro también evalúa y analiza los temas que atraen la atención de la comunidad científica y su evolución en el tiempo. Este libro será útil para los estudiantes, científicos y legisladores interesados en la gestión de efluentes de aguas residuales mediada por microalgas y sus aplicaciones en el desarrollo sostenible futuro.



Puedes comprar y
reservar tus libros en



**Beach-Spawning fishes:
Reproduction in a Endangered Ecosystem**

(Peces que desovan en playas: reproducción en un ecosistema amenazado)

Editor: Karen L. M. Martin

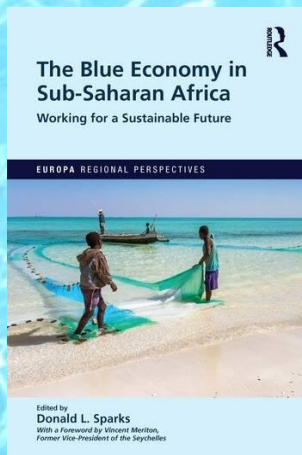
Año de edición: marzo 2021

ISBN-13: 978-0367659059

Editorial: CRC Press

Precio aproximado: 8.00 €

Beach-Spawning fishes: Reproduction in a Endangered Ecosystem es una guía completa sobre el desove en las playas, un comportamiento animal carismático que se observa en un número sorprendente de especies de peces teleósteos. Esta forma inesperada de reproducción proporciona una ventana a la ecología de las áreas costeras, los comportamientos y fisiología necesarios para que los peces y sus huevos se adapten a las condiciones terrestres, y las amenazas y desafíos para la conservación y el manejo. Entre las especies que desovan en la playa se incluyen importantes peces fitoplanctófagos como el capelán, peces exóticos como el pez globo y las espectaculares carreras de medianoche del pejerrey (grunion) californiano.



The Blue Economy in Sub-Saharan Africa: Working for a Sustainable Future

(La economía azul en el África Subsahariana: trabajando por un futuro sostenible)

Editor: Donald L. Sparks

Año de edición: junio 2021

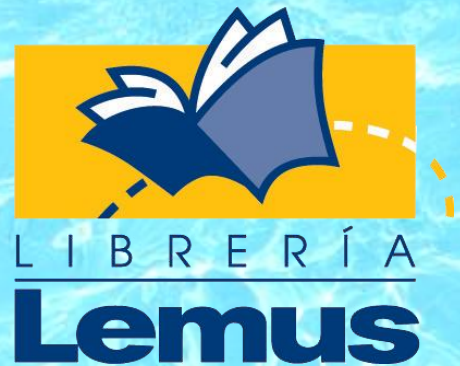
ISBN-13: 978-0367422127

Editorial: Routledge, Taylor & Francis Group

Precio aproximado: 21,00 €

La economía azul, que comprende recursos costeros y marinos, ofrece grandes beneficios para el África Subsahariana: de los 53 países y territorios de la región, 32 son estados costeros; hay 13 millones de kilómetros cuadrados de zonas marítimas y más del 90% de las exportaciones e importaciones de la región se realizan por vía marítima. La Unión Africana aclama la economía azul como la "nueva frontera del renacimiento africano".

Este libro ofrece, por primera vez, un estudio de las limitaciones y oportunidades que ofrece la economía azul para el África Subsahariana. Incluye una introducción y una descripción general, análisis sectoriales (incluido el turismo, la pesca, los recursos minerales, la cultura, la navegación y la seguridad marítima), estudios de casos de países, y análisis de los esfuerzos regionales e internacionales para una mejor gestión de las zonas costeras y marinas.





Progreso de la Planificación Sostenible de Áreas Marinas en Macaronesia



PROYECTO COFINANCIADO
POR LA UNIÓN EUROPEA
Investigación
e Innovación



El proyecto PLASMAR + tiene su origen en los resultados obtenidos en el proyecto precedente PLASMAR. Ambos proyectos abarcan todo el proceso referido a la Ordenación del Espacio Marítimo (OEM). La finalidad del proyecto PLASMAR + es la de favorecer al avance del proceso de la OEM desarrollando nuevas herramientas basadas en el conocimiento científico y tecnológico en el marco del crecimiento azul. Las actividades del proyecto se llevarán a cabo en las aguas costeras y marinas de los archipiélagos de Azores, Madeira y Canarias hasta finales de 2023.

www.plasmar.eu



Secretaria Regional de Mar e Pescas
Direção Regional do Mar



Trabajo desarrollado en el marco del Proyecto PLASMAR+ (MAC2/1.1a/347), con el apoyo de la Unión Europea (UE) y cofinanciado por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) y el Programa de Cooperación INTERREG V-A España-Portugal MAC 2014-2020 (Madeira-Azores-Canarias).