

OKEANOS

Revista de la Sociedad Atlántica de Oceanógrafos

Nº 13 julio-diciembre 2021

ISSN: 2444-4758



P.V.P 9,10 €

Situación pesquera del centollón

Influencia de las condiciones climáticas en el patrón migratorio del atún blanco

¿Pescar o no pescar?
Cangrejos invasores y el efecto Hidra

Llegó el verano y regresan las mantelinas

Biodiversidad marina de moluscos endémicos de las Islas Canarias

Los vacunólogos y las enfermedades transmisibles vía marítima en el siglo XIX

Microalgas marinas como fuente de aminoácidos





El libro, el valor de la eternidad



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

www.mercurioeditorial.com



Foto portada. Camarón de anénoma (*Ancylomenes magnificus*) sobre anguila
serpiente (*Pisodonophis cancrivorus*). Estrecho de Lembeh (Autor: Borut Furlan)

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 (Universidad de Las Palmas de GC)

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

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

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

Entrevistas Juan Fco. Betancort Lozano

Monstruos Marinos Dr. José J. Castro (Inst. Univ. EcoAqua. Univ. de Las Palmas de GC)

Fotografía Dr. Aketza Herrero Barrencia (Sociedad Atlántica de Oceanógrafos)

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

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

04 EDITORIAL. Inventario 2020

06 Situación pesquera del centollón *Paralomis granulosa* (Hombron & Jacquinot, 1846) en Magallanes (Chile).
Eduardo Almonacid Rioseco, Erik Daza Valdebenito, Ruth Hernández Rodríguez, Alex Oyarzo Álvarez, Jaime Vargas Oyarzo y Jacqueline Parada Martínez

12 Influencia de las condiciones climáticas en el patrón migratorio del atún blanco (*Thunnus alalunga*) en su paso por Canarias.
Unai Ganzedo López, Iratxe Díaz Zárte y José J. Castro Hernández

18 ¿Pescar o no pescar? Cangrejos invasores y el efecto Hidra. Raül Triay Portella

22 ¡Llegó el verano y regresan las mantelinas! David Jiménez Alvarado, Ana Espino Ruano y José Juan Castro Hernández

28 Estudios malacológicos: Spondylus, el oro rojo del mar. Juan Francisco Betancort Lozano

32 Biodiversidad marina de moluscos endémicos de las Islas Canarias. Javier Martínez Pérez y Rodrigo Riera

34 Variaciones temporales en el nivel trófico medio de la pesquería artesanal de las Islas Canarias.
Lorena Couce Montero, José Juan Castro Hernández

42 Microalgas marinas como fuente de aminoácidos. Paula Santiago Díaz y Argimiro Rivero Rosales

47 OKEANOS DE FOTOS. Borut Furlan

70 *Diaphus mollis* el pez linterna que más ilumina las aguas profundas de Canarias. Antonio Bonino Pérez

72 Asesoramiento científico y gestión pesquera en aguas internacionales. Sebastián Rodríguez Alfaro

76 ¿Hay vida en la arena de la Playa de Las Canteras? Adrián Torres y Rodrigo Riera

80 Vida en los muros, diques y escolleras que se construyen sobre el mar. Juan Carlos de La Rosa y Rodrigo Riera

84 ENTREVISTA A: Javier Almunia

88 EFEMÉRIDES. Tsunamis: perturbación submarina. Airam N. Sarmiento Lezcano

90 NOTICIAS OKEANOS. José J. Castro

98 MONSTRUOS MARINOS (12). La almeja más vieja. José Juan Castro

100 Los vacunólogos y las enfermedades transmisibles vía marítima en el siglo XIX. Antonio Sierra y Carbó.
Agustín Boada Juárez y Bartolomé Domínguez del Río Boada

106 UN MAR DE CIENCIAS 2021. Airam Guerra Marrero

108 GALARDONES OCÉANOS 2021. Airam Guerra Marrero

110 UN MAR PARA COMERSELO. Sama roquera frita. Juan Manuel Hernández Pérez

112 RESEÑAS BIBLIOGRÁFICAS



Inventario 2020

Aunque el confinamiento sufrido por la población mundial durante parte del año 2020 por la pandemia de COVID-19 dio la impresión de que se estaba dando un respiro al planeta, la verdad es que las emisiones de CO₂ experimentaron un nuevo récord, y la temperatura media en todo el planeta alcanzó los 1,25°C más que en el periodo preindustrial, peligrosamente cerca del objetivo de 1,5°C establecido por la ONU y que la comunidad científica fija como punto de no retorno. La esperanza parece estar en la Agencia Internacional de la Energía y su apuesta por las energías renovables, así como en la condena que un juzgado de La Haya ha impuesto a la petrolera Shell, obligándola a reducir en un 45% sus emisiones de gases de efecto invernadero en esta década y a cumplir los Acuerdos de París.

2020 fue tan caluroso como 2016, que fue un año récord, pero con la diferencia de que en 2020 no se produjo El Niño que ayuda al aumento de la temperatura global. Europa vivió el año más caluroso registrado, con 1,6°C por encima del promedio, mientras que en el Ártico el incremento fue de 3°C por encima de la media, lo que favoreció grandes incendios forestales en Siberia y que la capa de hielo marino fuera la menos extensa registrada entre julio y octubre. Desgraciadamente 2021 parece dibujarse como otro año récord. También la temporada de huracanes del Atlántico ha registrado la formación de ciclones tropicales a un ritmo récord, con un total de 31 ciclones tropicales o subtropicales, 30 tormentas con nombre, 14 huracanes y 7 huracanes mayores, impulsados por el fenómeno de La Niña. Es el quinto año consecutivo con una actividad de huracanes superior al promedio. Por otro lado, el derretimiento de los hielos polares se está acelerando debido al aumento de las masas de aguas cálidas que los rodean o se sitúan debajo de los mismos.

En 2019 y 2020 se registraron temperaturas récord durante el verano en las regiones polares, que originaron el desprendimiento de la mayor plataforma de hielo en Groenlandia, con cerca de 110 Km². Pero en mayo de 2021, se soltó la plataforma de hielo de Ronne, el iceberg A-76 con 4.320 Km², que ahora flota en el Mar de Weddell.

Y al igual que no ha habido tregua en el avance del deshielo, o en el blanqueamiento de los corales, tampoco lo ha habido en la contaminación por plásticos. Se estima que hay 5,25 billones de piezas de desechos plásticos en nuestros océanos. El 70% de estos residuos plásticos se hunde, quedando muchos de ellos depositados sobre los fondos marinos, afectando a una parte muy sensible de la biodiversidad. Solo el 15% acaba invadiendo las playas. En 2020 y lo que llevamos de 2021, en algunas playas ya son más frecuentes las mascarillas que las medusas. En términos de plástico, cada año se desechan al mar 8,3 millones de toneladas. Paradójicamente, el crecimiento de los residuos plásticos excede con mucho los esfuerzos para mitigar la contaminación por estos elementos. Quizás el que puedan ser convertidos en combustible haga que la industria se una a la solución. Por otro lado, Nauru, un estado insular del Pacífico, con su petición a la Autoridad Internacional de los Fondos Marinos de la ONU, para que acelere las regulaciones que regirán la minería en aguas profundas, puede estar despertando a otro de esos monstruos que amenazan la sostenibilidad de los océanos.

Pero también hay alguna buena noticia que da un poco de luz a este sombrío panorama, y, aparte de muchos pequeños o grandes avances científicos en el conocimiento del océano y sus habitantes, destaca la iniciativa del Gobierno Británico para crear la mayor reserva marina del Atlántico en Tristán da Cunha, con unos 700 mil Km²,



tres veces el tamaño de Gran Bretaña. También, en enero de 2021, Estados Unidos ha anunciado una ampliación, en más de un 200%, del área protegida del Santuario Nacional Marino de los Bancos de Flores, en el Golfo de México, frente a las costas de Luisiana y Texas, hogar de muchas especies de peces amenazadas, particularmente de la manta gigante, y de bancos de corales. En el mismo sentido, Australia ha anunciado una inversión de 100 millones de dólares australianos para conservar sebedales y manglares, creación de nuevas áreas marinas protegidas, protección de especies icónicas y erradicar especies invasoras, pero también para reducir la presencia de especies amenazadas en el by-catch de sus pesquerías. Por otra parte, Canadá ha lanzado un satélite capaz de rastrear a los barcos que desconectan sus sistemas de posicionamiento para realizar pesca ilegal, y cuyas capturas representan más del 30% de la pesca mundial, poniendo esta tecnología al servicio de países como Bahamas, Costa Rica o Ecuador, así como de pequeños estados insulares del Pacífico, con escasos medios para el control de estos "barcos oscuros".

No se puede pasar por alto lo que significa que más de 70 países se han comprometido a proteger al menos el 30% de los océanos para 2030, aunque siguen sin aprobar el Tratado Global de los Océanos. También la Comisión Europea se ha comprometido a proteger el 30% de la superficie de su territorio terrestre y marino para 2030, destinando 20 mil millones de euros anuales durante los próximos diez años. Y también hay que destacar la importancia que tiene que España haya aprobado su primera Ley de Cambio Climático. Hay muchas esperanzas puestas en ella, como un primer paso que ha de ser más ambicioso en un futuro próximo, y deseamos que no se convierta en otra oportunidad perdida.

Esperamos que los gobiernos no olviden que la lucha contra el cambio climático debe tener como protagonista fundamental a los océanos y a todos los ecosistemas que albergan, costeros, oceánicos, someros y profundo, y también aquellos que son compartidos con otras naciones, más allá de cualquier frontera.

En las travesías que nos esperan, sin duda, la navegación no será placentera, al ser muchas las tormentas que se cernirán sobre nosotros mucho antes de que abandonemos el falso refugio que nos ofrece la tierra firme, pero hacer posible la promesa de un océano rebosante de vida para nuestros hijos, más allá de las oscuras y mortales tempestades que acompañaran al cambio climático, a la sobreexplotación, a la contaminación,..., y que nos amenazan con el naufragio, nos obliga a soltar amarras y mantener la fuerza de espíritu de los grandes navegantes en busca de otro posible futuro. Tripulante, ocupe su puesto y prepare su mente para otro viaje por el conocimiento, manténgase atento a los peligros de la desinformación y del desánimo, y agarre fuerte el timón hacia el objetivo de trazar una ruta hacia un océano, un planeta, en equilibrio sostenible en la que no podemos dejar de ser protagonistas. Que los vientos del conocimiento nos liberen y protejan.



SITUACIÓN PESQUERA DEL CENTOLLÓN



Paralomis granulosa (Hombron & Jacquinot, 1846) en MAGALLANES (CHILE)

Eduardo Almonacid Rioseco, Erik Daza Valdebenito, Ruth Hernández Rodríguez, Alex Oyarzo Álvarez, Jaime Vargas Oyarzo y Jacqueline Parada Martínez

Instituto de Fomento Pesquero, calle Enrique Abello N° 0552, Punta Arenas, Chile. E-mail: eduardo.almonacid@ifop.cl

La pesca del centollón (*Paralomis granulosa*) se desarrolla principalmente en la zona austral limítrofe compartida entre Chile y Argentina, y tiene relativa importancia económica. Esta especie se captura conjuntamente con la centolla (*Lithodes santolla*, Molina 1782), uno de los principales recursos pesqueros del país, debido a que ambos crustáceos se obtienen con el mismo sistema de pesca. Particularmente en Chile, esta pesquería es especialmente importante en las inmediaciones de la isla Navarino, en el sur de la región de Magallanes y Antártica Chilena (Fig. 1). Sin embargo, la información referente al estado del recurso es bastante exigua.

En los últimos 28 años, la pesca del centollón ha mostrado una constricción geográfica en comparación con lo que ocurría en la década de 1980, donde se incluía una zona más amplia (senos Otway, Keats, Agostini y Martínez), centrándose actualmente su captura en la Segunda Angostura del estrecho de Magallanes y, principalmente, en las inmediaciones de la isla Navarino (Fig. 1).

Hasta 2017, había 162 embarcaciones artesanales trabajando activamente en esta pesquería, de las cuales un 25% pescaban ambas especies y solo un 21% se dedicaba exclusivamente al centollón. Actualmente, se desconoce el número de pescadores que pudieran estar operando, pese a que se reconoce que hay alrededor de 460 inscritas legalmente y un número desconocido de embarcaciones ilegales.

La pesca del centollón se realiza con nasas chilenas cangrejerías, estando prohibido el desembarque y comercialización de hembras, así como de machos



← Ejemplar de centollón (*Paralomis granulosa*) capturado en la isla de Navarino (Chile).

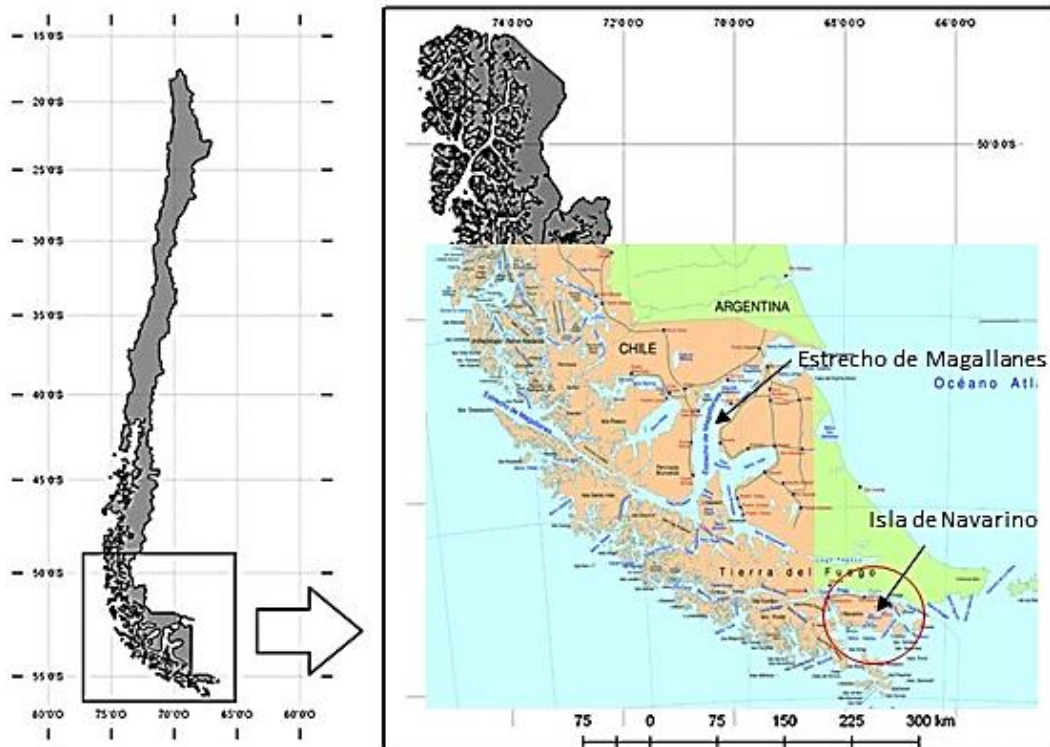


Figura 1. Ubicación geográfica de la zona de Magallanes e isla Navarino y la zona de estudio.

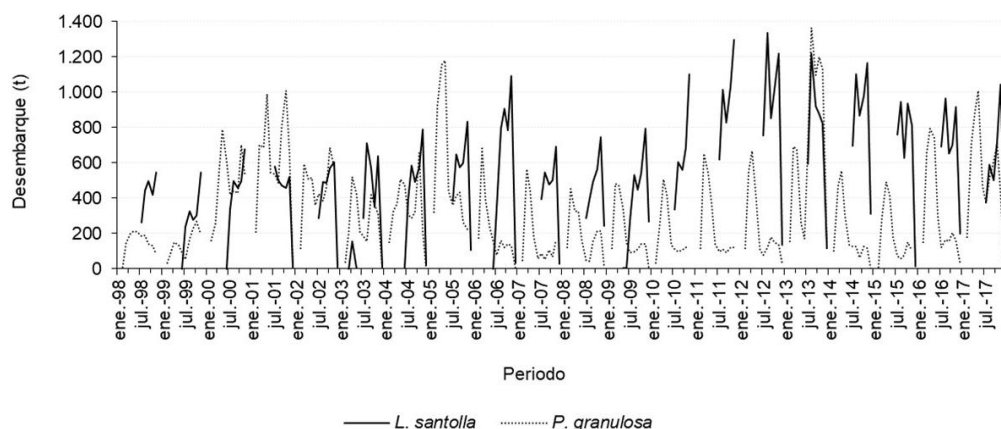


Figura 2. Desembarques mensuales oficiales de *Lithodes santolla* y *Paralomis granulosa* en la región de Magallanes y Antártica Chilena entre 1998 y 2017 (Fuente: Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura).

de menos de 80 mm de longitud cefalotorácica. Además, todos los individuos deben llegar vivos a puerto. La temporada de pesca está limitada al periodo entre el 1 de febrero y el 30 de noviembre de cada año, no pudiendo incorporarse nuevas embarcaciones a la pesquería. Los desembarques oficiales no superaron las 1.000 t anuales hasta 1985, pero a partir de 1986 aumentaron progresivamente hasta las 3.000 t registradas en 1991. Entre 1992 y 1999 las capturas de esta especie oscilaron en torno a las 1.500 t anuales, pero entre 2000 y 2002 sobrepasaron las 6.500 t. No obstante, entre 2007 y 2016 se constató una drástica disminución del recurso, con 2.326 t en promedio, para incrementarse nuevamente hasta las 5.936 t en 2017 (Fig. 2).

Hasta 2017, había 162 embarcaciones artesanales trabajando activamente en esta pesquería, de las cuales un 25% pescaban ambas especies y solo un 21% se dedicaba exclusivamente al centollón.



Operación de virado de una nasa de crustáceos destinada a la captura de centolla y centollón. Estas nasas se vuelven a cebar y calar inmediatamente (Autor: Álex Oyarzo Álvarez).



Figura 3. Proporción de ejemplares de centollón bajo la talla mínima legal entre el periodo 2007 y 2017.

Durante el periodo 2007 a 2017, el seguimiento de las capturas permitió detectar que los ejemplares menores de la talla mínima legal eran relativamente frecuentes, llegando a representar un 27% de los desembarques en 2011. Esta proporción de individuos pequeños ha ido disminuyendo en forma progresiva, presumiblemente por un mayor énfasis en las medidas de control, fiscalización y auto-regulación de los propios pescadores artesanales (Fig. 3).

La pesca de centollón en Magallanes se ve afectada por tres factores:

1) La especie tiene un proceso reproductivo bianual y es muy sensible a las perturbaciones ambientales, ya que de ello depende su éxito reproductivo. En los últimos 10 años ha sido cada vez más frecuente la escasa proporción de huevos observados en las hembras capturadas. Sin embargo, esto no se ha reflejado en una disminución en sus niveles de abundancia relativa. Esto se debe a que el centollón forma concentraciones de individuos que se desplazan por el fondo marino como estrategia defensiva, antipredatoria, o reproductiva. En la copula el macho debe ser de mayor tamaño que la hembra³ para que el éxito reproductivo sea óptimo.

2) Las alteraciones climáticas, así con variaciones en la corriente de deriva antártica, pueden inducir cambios en la abundancia de zooplancton y larvas de peces, u otros organismos, que son alimento de estos cangrejos. Los cambios en la temperatura del agua pueden haber dado lugar a una alteración en el reclutamiento, especialmente si consideramos que durante los inviernos (julio y agosto), de 2007 a 2017, la temperatura superficial del mar se mantuvo relativamente baja, alrededor de los 4,93 °C en promedio. La disminución de la temperatura puede causar una tardía ovulación, un desarrollo embriológico más lento y una reducción en el ritmo de crecimiento de las larvas¹. Pero, además, también afecta al momento en que tienen lugar las floraciones de fitoplancton



Embarcaciones Transportadoras o de Acarreio, dedicadas a la pesquería de centolla y centollón en la región de Magallanes (Autor: Jaime Vargas Oyarzo).

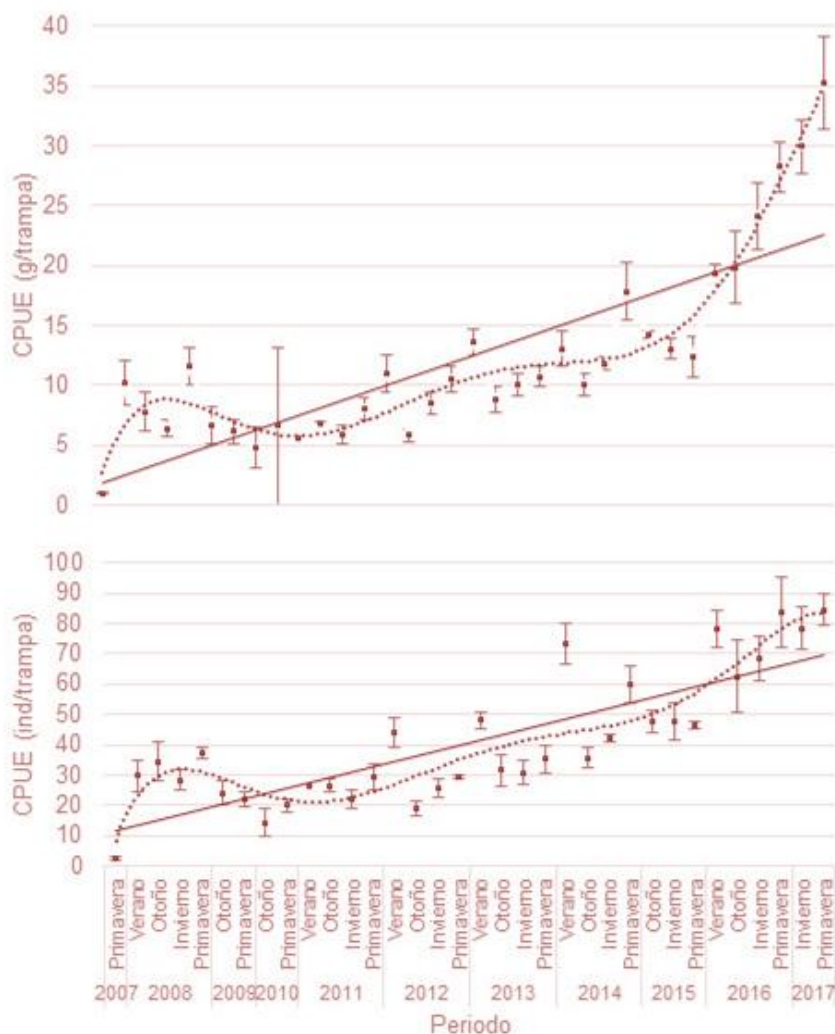


Figura 5. Captura estacional por unidad de esfuerzo (CPUE) en términos de individuos/trampa y kg/trampa de *P. granulosa* provenientes de sectores aledaños a la isla Navarino entre el periodo 2007 y 2017.

(blooms en inglés), lo que puede ocasionar desajustes entre la eclosión de las larvas y la presencia de alimento adecuado, alteraciones en el reclutamiento y rango de distribución geográfica de la especie².

3) Las variaciones en el esfuerzo desplegado por la flota de pesca.

Estos tres factores definen las variaciones en los rendimientos de la pesquería. Así, la capacidad de desplazamiento de la flota hacia zonas de pesca más profundas, y expuestas del Océano Pacífico, ha permitido un aumento en las capturas de algunas embarcaciones, especialmente entre 2016 y 2017 (Fig. 5). Además, y a pesar de estar enfocados a la captura de machos solamente, también se observó una tendencia progresiva a capturar una mayor proporción de hembras³.

En la zona de Magallanes se desconocen los sectores en donde ocurre la reproducción de centollón, aunque se estima que éstos no se circunscriben a lugares específicos, sino que son de amplia distribución. Pero es fundamental para la evaluación de este recurso conocer la variación geográfica de la talla a la que se alcanza la madurez sexual, actualizar los parámetros de crecimiento y realizar estudios poblacionales. Por otra parte, es necesario también el monitoreo constante de los niveles de abundancia relativa (CPUE) e incorporar aspectos ambientales referidos a la ecología y comportamiento de la especie. Además de una gestión integral de las pesquerías de estos crustáceos, de modo que se alcance una explotación pesquera sostenible.



Las nasas para centollón suelen ser caladas en tandas de 30 nasas unidas por una línea madre. Un barco de pesca puede tener, aproximadamente, entre 400 y 1.000 nasas activas en el mar. El tiempo de calado de cada nada oscila entre las 12 y las 24 horas (Autor: Alex Oyarzo Álvarez).

En la zona de Magallanes se desconocen los sectores en donde ocurre la reproducción de centollón, aunque se estima que éstos no se circunscriben a lugares específicos, sino que son de amplia distribución.

Agradecimientos

Los autores desean agradecer al Instituto de Fomento Pesquero por el uso de la información perteneciente al “Programa de Seguimiento de las pesquerías de crustáceos bentónico. Centolla y centollón, Región de Magallanes y Antártica Chilena”, así como también a la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura (Gobierno de Chile) y el Ministerio de Economía, Fomento y Turismo. Además, al Dr. José Juan Castro Hernández por su invaluable experiencia y observaciones al manuscrito.

Bibliografía

- (1) Petriella, A. y Boschi, E. 1997. *Invest. Mar. Valparaíso*, 25:135-157.
- (2) Paschke, K., Cumillaf, J., Chimal, M., Díaz, F., Gebauer, P. y Rosas, C. 2013. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 448:141-145.
- (3) Alarcón, R., Aedo, G., Galleguillos, R., Oyarzún, C., y Veas, R. 2007. *Investigación biológico-pesquera recurso centolla y centollón, XII Región de Magallanes y Antártica Chilena*. Informe Final, 215 pp.

Figura 1. *Thunnus alalunga*, vulgarmente conocido como bonito del norte, atún blanco o barrilote (Fuente: <https://www.fishbase.de/summary/Thunnus-alalunga.html>).



Influencia de las condiciones climáticas en el patrón migratorio del atún blanco

(*Thunnus alalunga*) en su paso por Canarias

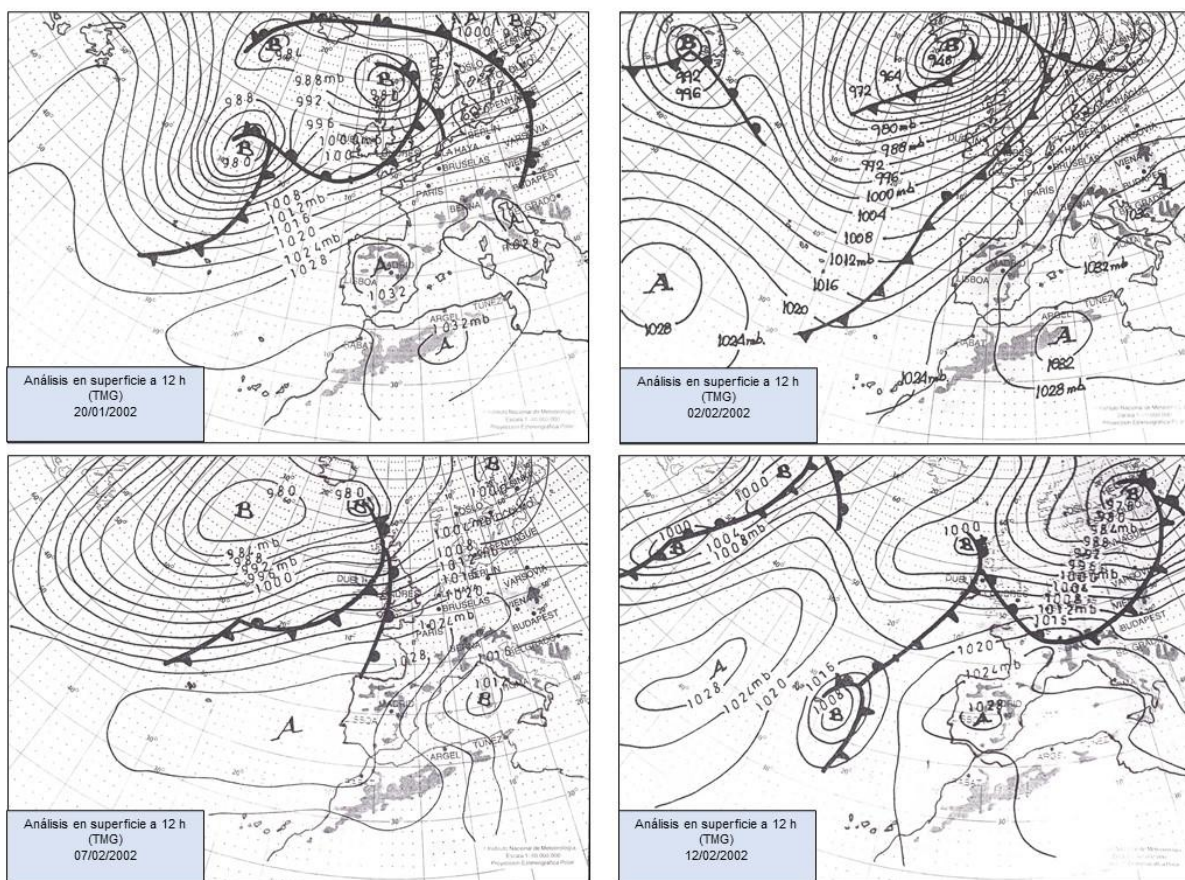
Unai Ganzedo López¹, Iratxe Díaz Zárate¹ y José J. Castro Hernández²

1- Marine Support SL, Edificio IKEA, C/ Estartetxe 5 – ofc.312. Leioa, 48940 Vizcaya. 2- Instituto Universitario Eoqua. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, 35017 Las Palmas de Gran Canaria.

La pesca artesanal de túnidos que se desarrolla en las Islas Canarias es estrictamente estacional y está muy condicionada por las circunstancias ambientales que afectan a las diferentes especies y a sus comportamientos migratorios. En el archipiélago, esta pesquería se realiza prácticamente a lo largo de todo el año, aunque es cierto que adquiere mayor relevancia, por los volúmenes de capturas, durante el verano y el otoño, desde junio a noviembre, con algunas variaciones de año en año.

Sin embargo, no todas las especies de túnidos llegan a Canarias en los mismos periodos del año, siendo el bonito listado (*Katsuwonus pelamis*) la especie que es más frecuente, en tiempo y en biomasa, en gran parte de la temporada de pesca, desde mayo a octubre, con las mayores capturas durante el verano. Por otro lado, el rabíl (*Thunnus albacares*) llega a aguas canarias principalmente durante el otoño, mientras que el atún blanco o barrilote (*T. alalunga*) y el atún rojo (*T. thynnus*) son especies consideradas de invierno o de principio de primavera.

Esta variabilidad en la presencia de las diferentes especies en el área de Canarias está ligada a los requerimientos ambientales que tiene cada una de ellas, en función de su fisiología, tanto en lo



relativo a la temperatura del agua, la concentración de oxígeno, la turbidez del agua o el requerimiento de alimento, ya que estas tienen repercusiones importantes en el metabolismo de los peces, con consecuencias directas en su crecimiento, reproducción, reclutamiento, distribución espacial, comportamiento y abundancia. Por otra parte, la duración de determinados eventos climáticos también influye en las características biológicas y ecológicas de las especies y en particular en su comportamiento y desplazamientos estacionales entre diferentes zonas dentro de sus áreas de distribución.

En los atunes, y en otras muchas especies, los cambios estacionales del clima desencadenan procesos migratorios entre sus áreas de alimentación y las zonas óptimas para la reproducción y supervivencia de las larvas y juveniles. Obviamente, estos desplazamientos estacionales tienen consecuencias directas en las pesquerías, especialmente en aquellas de carácter artesanal, o de pequeña escala, que dependen de la llegada de estos peces a sus áreas de pesca tradicionales. Particularmente, el atún blanco (Fig. 1) es de aguas templadas y se distribuye a lo largo del Océano Atlántico (entre 45°N a 45°S) y en el Mar Mediterráneo. Se cree que el stock del Atlántico Norte realiza desplazamientos entre 5° y 50°N, siguiendo dos rutas diferenciadas, según se trate de juveniles o adultos.

Figura 2. Mapas de isóbaras a nivel de superficie del Atlántico noreste de los días 20 de enero y 7, 12 y 20 de febrero de 2002. Escala 1:40.000.000 – Proyección Estereográfica Polar (Fuente: Instituto Nacional de Meteorología, Ministerio de Medio Ambiente).

Los juveniles, de entre 1 y 4 años y menores de 90 cm de longitud, realizan extensas migraciones desde aguas ecuatoriales hacia zonas oceánicas subtropicales, de entre 16 y 20 °C, principalmente en aguas superficiales. Son localizados habitualmente hacia comienzos del mes de junio al oeste de la Península Ibérica, en áreas más o menos próximas al Archipiélago de las Azores, desde donde se adentran principalmente hacia el Golfo de Vizcaya y suroeste de Irlanda. Penetran en esta zona en los meses de julio, agosto y septiembre, donde son objeto de una intensa pesquería de superficie. A finales del mes de septiembre o en octubre, inician el regreso a sus zonas de invernada.

Según Bard⁽¹⁾, las migraciones latitudinales del atún blanco se corresponden con el progresivo calentamiento (primavera-verano) o enfriamiento (otoño-invierno) del agua de mar, como consecuencia del desplazamiento de la Zona Intertropical de Convergencia. Pero, en la migración hacia el norte durante el invierno y la primavera, el comportamiento de las capturas entre las diferentes zonas de pesca del Atlántico Centro-oriental parece mostrar algunas variaciones geográficas, con diferencias en el com-

Una NAO positiva favorece una disminución de la temperatura y un aumento de las capturas, explicando el índice NAO un 15,76 % de la variabilidad de estas. Sin embargo, en Canarias la varianza explicada por el índice NAO es prácticamente nula y no significativa. En este caso, los desplazamientos de los atunes en aguas superficiales están fuertemente condicionados por otros eventos climáticos de carácter más local.

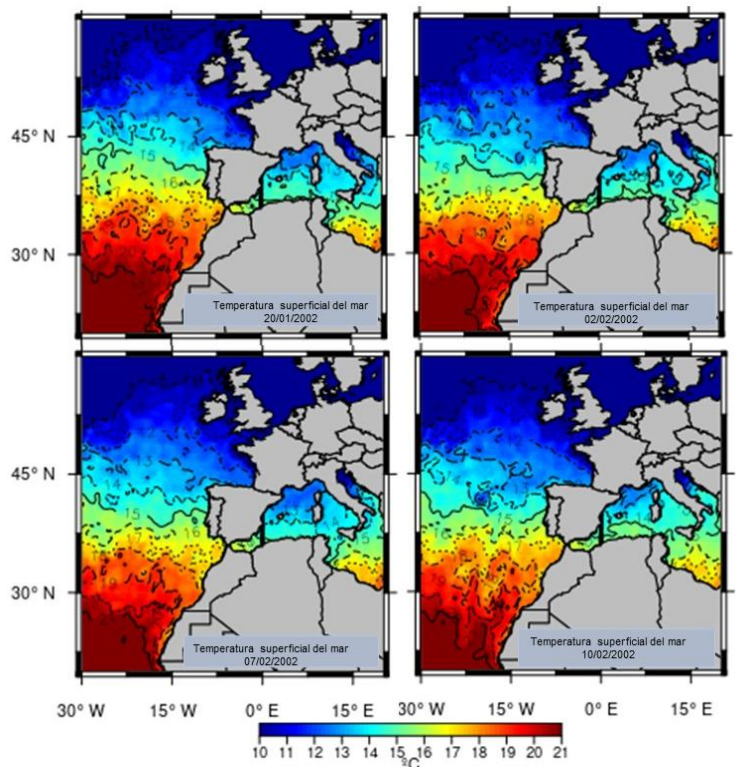


Figura 3. Mapas de temperaturas superficial del mar (SST) en el Atlántico noreste de los días 20 de enero y 2, 7 y 12 de febrero de 2002 (NOAA High Resolution SST data provided by the NOAA/OAR/ESRL PSL, Boulder, Colorado, USA, from their Web site).

portamiento de la pesquería en Canarias con respecto al resto del área durante esta época de máximas capturas. Es posible que esto se deba a condiciones ambientales locales que determinan la entrada de atún blanco en aguas del archipiélago. En este sentido, es conocida la influencia de la Oscilación del Atlántico Norte (NAO), relacionada con las posiciones relativas de los núcleos del anticiclón de las Azores y de la borrasca al sur de Islandia, sobre la temperatura del aire y, por tanto, también de la temperatura superficial del mar, en todo el Atlántico norte (Figs. 2 y 3). Esta influencia es inversa en el margen septentrional del Atlántico Centro-oriental, es decir cuánto más alta sea la diferencia de presión entre ambos núcleos atmosféricos, y más positivo el índice NAO, menor es la temperatura del agua superficial del mar, debido a la intensificación de los vientos alisios y su efecto sobre el afloramiento norteafricano. Y esta relación parece ser más intensa al sur del archipiélago canario, posiblemente debido al efecto barrera que hacen las islas sobre los vientos alisios y la Corriente de Canarias, que son los que dan lugar a diversas estructuras oceanográficas al sur de las islas (i.e., remolinos). Y es en la proximidad de estas estructuras, por su carácter frontal y de acumulación de alimento, donde se producen la mayor parte de las capturas.

La correlación inversa de las capturas de atún blanco en Atlántico Centro Oriental con respecto a la temperatura del agua de mar describe parte de la variabilidad de las capturas, de modo que en los años más cálidos el agua de mar alcanza valores que quedarían muy por encima del rango de temperatura óptima para la especie (16-20°C). Es decir, una NAO positiva favorece una disminución de la temperatura y un aumento de las capturas, explicando el índice NAO un 15,76 % de la variabilidad de estas. Sin embargo, en Canarias la varianza explicada por el índice NAO es prácticamente nula y no significativa. En este caso, los desplazamientos de los atunes en aguas superficiales están fuertemente condicionados por otros eventos climáticos de carácter más local.

En el archipiélago, con una NAO negativa, con el centro de altas presiones del anticiclón de las Azores desplazado hacia el norte de África o Península Ibérica, el viento característico del noreste (alisios) cambia a un viento sur, más cálido, favoreciendo el aumento de temperatura del agua del mar y la entrada, por el sur, de los cardúmenes de atún blanco (Fig. 2). Es en estos periodos cuando los pescadores aprovechan el paso de los atunes por aguas cercanas a las islas en su migración hacia el Atlántico Norte.

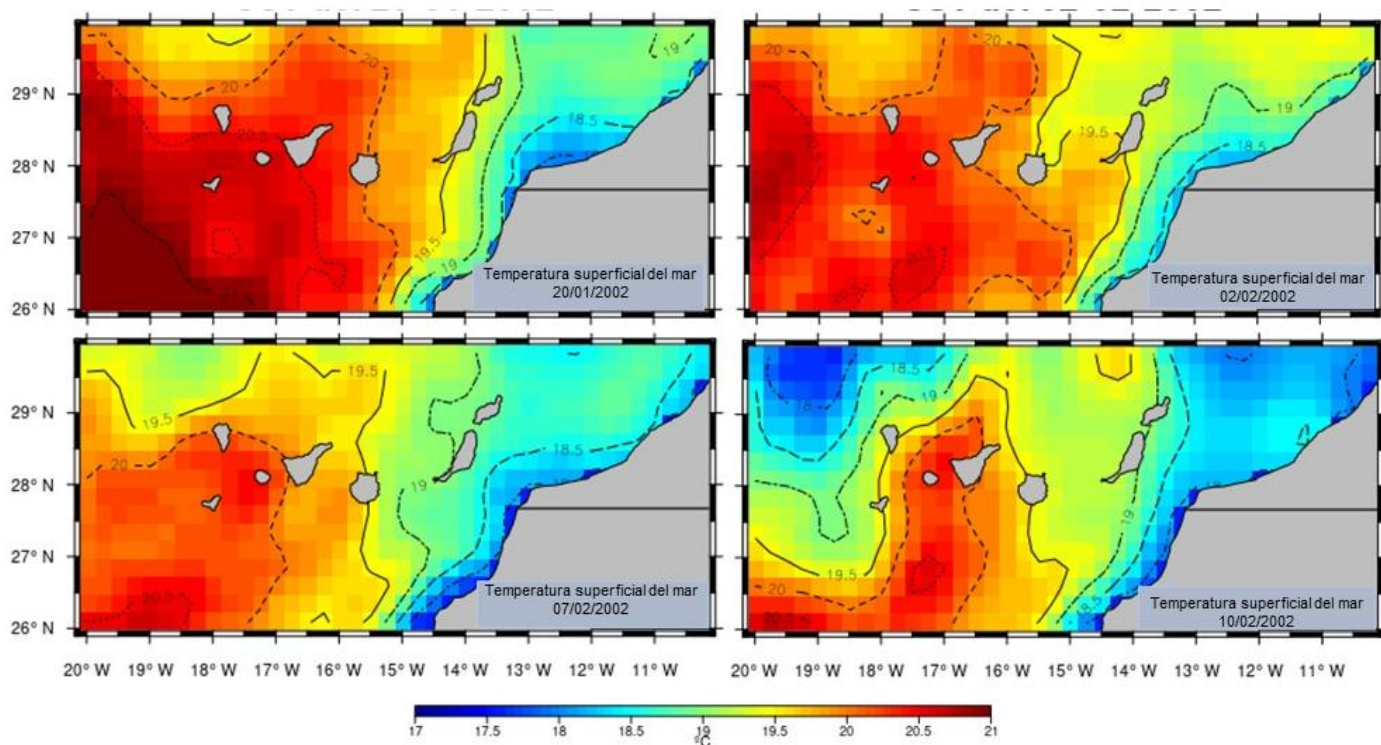


Figura 4. Mapas de temperaturas superficial del mar (SST) en la zona de Canarias de los días 20 de enero y 2, 7 y 10 de febrero de 2002 (NOAA High Resolution SST data provided by the NOAA/OAR/ESRL PSL, Boulder, Colorado, USA, from their Web site).

Posiblemente, las dos rutas migratorias alternativas entre el Atlántico Central y la costa occidental de Europa que planteaban Aloncle y Delaporte⁽²⁾ para los juveniles, vía Azores o el Cantábrico, son en realidad una única ruta que se desplaza ligeramente hacia el oeste o al este, dependiendo de las condiciones océano-meteorológicas reinantes. Los juveniles de atún blanco se aproximan más a las Islas Canarias cuando las aguas son más cálidas (índice NAO negativo), pero cuando éstas se enfrían (índice NAO positivo), por efecto de la intensificación de los alisios, la ruta migratoria se desplazaría más hacia el oeste, hacia aguas oceánicas más cálidas. Esto explicaría por qué en algunos años, más fríos, no se han obtenido capturas en Canarias de esta especie⁽³⁾.

La época de pesca de juveniles de atún blanco en el Atlántico Norte (sur de Irlanda y Golfo de Vizcaya) ocurre entre mayo y noviembre, siendo los individuos que se capturan en aguas del Cantábrico de mayor talla que los que se captura en el sur de Irlanda (Fig. 5). Esto puede ser debido a que los individuos de mayor talla, que tienen más desarrollado el sistema termorregulador de su temperatura corporal, sigan el límite más oriental de esta ruta migratoria acercándose más a las áreas frontales próximas al afloramiento norteafricano y a la costa atlántica de Portugal, mien-

tras que los juveniles, sin este sistema termoconservante aun plenamente desarrollado, optarían por rutas más oceánicas, pero de aguas superficiales más cálidas.

Es evidente que la migración latitudinal del atún blanco se corresponde estrechamente con el calentamiento (primavera-verano) o enfriamiento (otoño-invierno) progresivo del agua como consecuencia del desplazamiento de la zona de Convergencia Intertropical. Sin embargo, los desplazamientos a “menor escala” en aguas superficiales están fuertemente condicionadas por determinadas situaciones climáticas de ámbito más local. En este sentido, también la intensidad del viento, presión atmosférica y la posición geográfica del núcleo del Anticiclón de las Azores (centrado en Azores), obligan a esta especie a tomar rutas más alejadas de las áreas de pesca frecuentadas por la flota insular, y sólo cuando le son favorables se aproximan a las islas para alimentarse.

En Canarias, las capturas de atún blanco son siempre mayores en las islas más occidentales del Archipiélago y además se inicia su captura primero en dichas islas. El desplazamiento entre islas es siempre de oeste a este, y en este caso la temperatura superficial del agua parece ser el factor que condiciona el paso de una isla a otra. Un ejemplo de la influencia que las condiciones meteorológicas ejercen en las capturas de atún blanco fue el caso del invierno del 2002. Las condiciones reinantes de la primera quincena de enero de dicho año provocaron un enfriamiento de la temperatura superficial del



Figura 5. Atunero vasco pescando al cebo vivo en aguas del Cantábrico (Fuente: AZTI).

ron un enfriamiento de la temperatura superficial del agua del mar, pero a finales de enero el desplazamiento del anticiclón de las Azores hacia el Mediterráneo Occidental permitió la arribada de atún blanco a aguas de la Gomera debido a un aumento de la temperatura superficial del mar. Sin embargo, a principios de febrero, la formación de un nuevo anticiclón centrado en Azores, provocó una bajada de las temperaturas, lo que obligó a los atunes a desplazarse progresivamente de oeste a este, concentrándose en las zonas frontales creadas al sur de las islas centrales y los canales entre ellas (Figs. 2 y 4). A partir del 7 de febrero, y debido a un breve desplazamiento del centro de altas presiones hacia el Mediterráneo Occidental, el atún blanco superó la barrera térmica existente entre Tenerife y Gran Canaria. Así, los movimientos del atún blanco también parecen estar relacionados con la distribución de la temperatura superficial del mar, permaneciendo poco tiempo en aguas con temperaturas inferiores a los 15 °C. Sólo cuando se establece una estructura térmica superior a los 20 °C que hace de puente entre islas, es cuando se inician las capturas de atún blanco en Gran Canaria. Sin embargo, el día 9 de febrero el anticiclón se desplazó nuevamente hacia su posición original, afectando plenamente a Canarias y homogeneizando las condiciones térmicas del área (Fig. 4), lo cual provocó que el atún se alejara definitivamente del área cuando la zona frontal ya no se expresó en la superficie.

Los movimientos del atún blanco también parecen estar relacionados con la distribución de la temperatura superficial del mar, permaneciendo poco tiempo en aguas con temperaturas inferiores a los 15°C.

Bibliografía

- (1) Bard, F.X., 1981. Le thon germon *Thunnus alalunga* (Bonaterre 1788) de l'ocean Atlantique. De la dynamique des populations a la strategie demographique. These de Doctorat d'Etat es Sciences Naturelles. Universidad Pierre et Marie Curie. Paris VI. 336p.
- (2) Alonche, H., Delaporte, F., 1973. Rythmes alimentaires et circadiens chez le germon *Thunnus alalunga* dans le Nord-Est Atlantique. Les populations de germes dans le Nord-Est Atlantique. Thèse de Doctorat. Univ. Paris. 194 pp.
- (3) Ganzedo, U., Arregi, I., Sancristóbal, I., Castro J.J., 2007. Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 60(2):527-239.



Descubre tu historia



EL MUSEO
CANARIO
ESTABLECIDO EN 1879



¿PESCAR O NO PESCAR?

Cangrejos invasores
y el efecto Hidra



Una especie exótica, o alienígena (del inglés alien species) es aquella que se introduce accidental o deliberadamente en una región fuera de su distribución natural. Las especies exóticas adquieren el estatus de especies exóticas invasoras en el momento que infligen daños ecológicos o socioeconómicos.

Figura 1. Comportamiento predador de *Cronius ruber* en condiciones naturales (a-h) y (h) como presa. Presas devoradas durante la noche: (a) *Eurythoe complanata* (poliqueto), (b) *Pilumnus villosissimus* (cangrejo), (c) cabeza de *Similiparma lurida* (pez), (d) *Haliotis tuberculata coccinea* (molusco gasterópodo), (e) *Aplysia dactylomela* (molusco gasterópodo), *Bulla mabillei* (molusco gasterópodo), (g) *Macoma stultorum* (bivalvo). (h) *Octopus vulgaris* (cefalópodo) consumiendo un cangrejo colorado.

Raül Triay Portella

BIOCON, IU-ECOQUA, Universidad de Las Palmas de Gran Canarias. E-mail: raul.triay@ulpgc.es

Importancia de las Especies Exóticas Invasoras

Las especies exóticas invasoras, junto con la destrucción de los hábitats, son las causantes de la mayor pérdida de biodiversidad a nivel planetario¹. En el caso de las islas oceánicas, el incremento demográfico asevera el impacto de estas amenazas, provocando una mayor pérdida de biodiversidad². Además, las especies invasoras se ven favorecidas tanto por la intensificación de las actividades socioeconómicas, como por las consecuencias del cambio global³.

Conocer y cuantificar el impacto que ejercen las especies exóticas invasoras en los ecosistemas es clave para gestionar y destinar los recursos necesarios de forma eficiente. Y es que, una vez que una de estas especies se ha establecido en un hábitat, su erradicación es extremadamente difícil y costosa.

Un aspecto fundamental en la gestión y estudio de este tipo de especies es la incertidumbre que llevan asociadas. Por ejemplo, una especie invasora, a priori dañina para el medio ambiente, puede simultáneamente ser proveedora de un valioso servicio ecosistémico, producir beneficios culturales o tener un valor intrínseco⁴.

No toda especie exótica es invasora, ni toda especie invasora es exótica

Existen muchas clasificaciones y diferentes nomenclaturas en los estudios de especies invasoras. Aquí utilizamos fundamentalmente tres definiciones; especie exótica, especie exótica invasora y especie naturalizada. Esta catalogación viene determinada por el estatus o nivel de conocimiento que tengamos de la especie en concreto y por el impacto que esta produce en el entorno. Una especie exótica, o alienígena (del inglés alien species) es aquella que se introduce accidental o deliberadamente en una región fuera de su distribución natural. Las especies exóticas adquieren el estatus de especies exóticas invasoras en el momento que infligen daños ecológicos o socioeconómicos. Sin embargo, existen algunos casos, en los que una especie nativa, fruto de una perturbación en el medio ambiente, adquiere rasgos invasores en su propio hábitat. Por otro lado, algunas especies exóticas, con el tiempo, logran encontrar su "hueco" en el nuevo ecosistema y terminan adquiriendo un estatus denominado especie naturalizada. Estas definiciones, lejos de ser banales, tienen consecuencias a nivel de gestión e implican la toma de acción a nivel gubernamental.

La atención que debería prestar una administración a una especie exótica viene muy marcada por su historial invasor. Es decir, si esta especie ha sido declarada invasora en otras regiones geográficas, las administraciones previsiblemente asumirán que se trata de una especie invasora *per se* en su localidad. Sin embargo, si no ha sido catalogada como invasora con anterioridad, deberán llevarse a cabo una serie de estudios que conduzcan a demostrar si se trata de una invasora o no.

Existe cierto consenso en torno al control de las especies exóticas invasoras y un marco de actuación conjunto en la Unión Europea (Regulación 2014, EU). La detección temprana de una especie exótica invasora es determinante para asegurar una correcta gestión. La herramienta inicial de gestión son los trabajos denominados priorización de especies candidatas a ser consideradas invasoras. Estos listados suelen realizarse a través de grupos de expertos y se publican en revistas científicas especializadas, garantizando así que el proceso para elegir las candidatas a especies exóticas invasoras, actuales o futuras, haya seguido unos estándares mínimos de calidad y transparencia. Lamentablemente, pese a los esfuerzos que se están llevando a cabo en este campo, no se ha publicado ningún “listado de especies marinas invasoras prioritarias” en Canarias. La última publicación de propuesta de inclusión de especies exóticas marinas invasoras de preocupación para la Unión Europea, publicada en 2020, excluye las áreas ultraperiféricas del análisis⁵. Este hecho es una consecuencia directa de no contar con una línea de investigación consolidada relativa al estudio de especies exóticas invasoras en Canarias.

El cangrejo colorado (*Cronius ruber*) un crustáceo exótico invasor en Canarias

¿Deberíamos preocuparnos de un cangrejo? Los crustáceos están considerados un grupo altamente invasor y son los responsables de impactos adversos en numerosos hábitats alrededor del mundo. Dentro de este grupo, algunas especies de cangrejos son invasoras exitosas vinculadas a importantes impactos ecológicos y socioeconómicos. En la actualidad hay dos especies de cangrejos incluidas en la lista de las 100 especies invasoras más dañinas del planeta: el cangrejo verde europeo (*Carcinus maenas*) y el cangrejo de Shanghái (*Eriocheir sinensis*). Además, existen más de 60 especies de cangrejos invasores en todo el mundo y la cifra no ha dejado de aumentar en las últimas décadas.

Cronius ruber, comúnmente conocido como cangrejo colorado o cangrejo nadador rojo, tiene una distribución anfiatlántica y el conocimiento sobre su historia de vida, alimentación, preferencia de hábitats o posición ecológica en su área de distribución natural es prácticamente nulo o inexistente. De las poblaciones del Atlántico oriental sabemos que es presa de grande serránidos, entre ellos el mero (*Epinephelus marginatus*), presente en las aguas canarias. Además, se sospecha que sus poblaciones naturales se encuentran amenazadas por la irrupción de *Cahrybdis hellerii*, otra especie de cangrejo portunido invasor.

El cangrejo colorado se reportó para la isla de Gran Canaria en 2017. Sin embargo, hoy día sabemos que en 2010 ya estaba presente en la isla de Tenerife. Los proyectos “Conocer al Invasor” (COINVA) e “Invasión del Cangrejo *Cronius ruber* en Canarias” (ICRAC) han generado los conocimientos necesarios para considerar esta especie como invasora. Es una especie agresiva, con una dieta muy diversa, una tasa de crecimiento elevada, un ciclo reproductor continuo a lo largo del año, elevadas fecundidades próximas al millón de huevos y unos tiempos de desarrollo larvario prolongados. Sabemos que este cangrejo nadador está presente en todo el archipiélago y que se expande hacia latitudes más al norte. Confirmada ya su presencia en el Archipiélago de Madeira, en la actualidad se están llevando a cabo modelos de distribución espacial para la especie en escenarios futuros de cambio global.

La importancia del principio de precaución en la gestión de especies exóticas invasoras

Tradicionalmente, la pesca ha demostrado tener un gran potencial para reducir, incluso llevar a la extinción a especies con historias de vida asociadas a bajas tasas de crecimiento y madurez sexual tardía. Paradójicamente, las especies exóticas invasoras generalmente se caracterizan por poseer historias de vida del tipo oportunista, es decir, tasas de crecimiento elevadas y madurez sexual muy temprana. La actividad pesquera es una fuente de mortalidad selectiva para las poblaciones naturales y un agente de cambio para la estructura poblacional de la especie objetivo. Este es el caso de la mayoría de las pesquerías de cangrejos, cuyo objetivo es seleccionar los machos grandes y dominantes, ya que por su peso y tamaño de las pinzas son la fracción poblacional de mayor valor comercial.

El cangrejo colorado se reportó para Gran Canaria en 2017. Sin embargo, hoy día sabemos que en 2010 estaba presente en Tenerife. Los proyectos “Conocer al Invasor” (COINVA) e “Invasión del Cangrejo *Cronius ruber* en Canarias” (ICRAC) han generado los conocimientos necesarios para considerar esta especie como invasora.

Un estudio publicado recientemente en la prestigiosa revista PNAS ha demostrado que la presión pesquera sobre un cangrejo exótico invasor (*Carcinus maenas*, recuerden en el top 100 de invasoras) produce un aumento anual de la población 30 veces superior al crecimiento de las poblaciones no sometidas a la pesca⁶. Este hecho, a priori contradictorio, es conocido en ecología como el “efecto Hidra”, nombrado así en honor a la mítica criatura de múltiples cabezas a la que le crecían dos cabezas cada vez que le arrancaban una. Pescar al cangrejo invasor, provoca que su población se dispare de forma exponencial. Con esta conclusión, los investigadores lanzan un mensaje de advertencia para futuros esfuerzos de erradicación en especies invasoras similares.

Para entender esto, debemos primero conocer el papel que juegan algunas especies de cangrejos en su auto-regulación a nivel poblacional. Los cangrejos, en general, son animales jerárquicos, territoriales y muy agresivos. Los grandes ejemplares dominantes, capitalizan a las parejas y los recursos. Es frecuente el canibalismo a todos los niveles, por lo que, en muchas poblaciones y en ausencia de depredadores, es la propia especie quien ejerce un mecanismo de autorregulación.

Los resultados del proyecto ICRAC muestran que los juveniles y ejemplares no dominantes de *Cronius ruber* ejercen un impacto negativo superior al impacto producido por los ejemplares dominantes. Se ha llegado a esta afirmación a través de distintos enfoques. Los ejemplares jóvenes tienen una dieta más

variada y capturan un mayor número de presas que los adultos dominantes. Además, los efectos per cápita referidos a la tasa de ingestión diaria en juveniles son muy superiores a las tasas en ejemplares dominantes. Esto es debido a que los ejemplares jóvenes y las hembras maduras necesitan un mayor aporte calórico para crecer y reproducirse. Sin embargo, los ejemplares dominantes, destinan energía a defender el territorio, capitalizar parejas y espantar a las amenazas.

Trabajos futuros

En la actualidad el grupo de investigación en Biodiversidad y Conservación (BIOCON), del instituto universitario ECOAQUA de la Universidad de las Palmas de Gran Canaria (ULPGC), están llevando a cabo importantes esfuerzos en determinar el papel que juegan los hábitats antropizados en el éxito invasor del cangrejo colorado en las islas. Los próximos proyectos pretenden estudiar el efecto del uso de la pesca como herramienta de control para el cangrejo invasor en Canarias, cuantificar los costes de erradicación en áreas piloto y proporcionar estrategias de erradicación funcional a las administraciones regionales.

Bibliografía

- (1) Courchamp, F., Fournier, A., Bellard, C., Bertelsmeier, C., Bonnaud, E., Jeschke, J.M., Russell, J.C. 2017. *Trends Ecol. Evol.*, 32(1):13–22. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2016.11.001>
- (2) Riera, R., Becerro, M.A., Stuart-Smith, R.D., Delgado, J.D., Edgar, G.J. 2014. *Mar. Poll. Bull.*, 86(1-2):9–18. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2014.07.014>
- (3) Bennett, S., Santana-Garcon, J., Marbà, N., Jorda, G., Anton, A., Apostolaki, E.T., Cebrian, J., Geraldi, N.R., Krause-Jensen, D., Lovelock, C.E. and Martinetto, P., 2021. Climate-driven impacts of exotic species on marine ecosystems. *Global Ecology and Biogeography*. <https://doi.org/10.1111/geb.13283>
- (4) Schlaepfer, M.A., Sax, D.F., Olden, J.D. 2011. *Conserv. Biol.*, 25(3):428–437. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2010.01646.x>
- (5) Tsiamis, K., Azzurro, E., Bariche, M., Çinar, M.E., Crocetta, F., De Clerck, O., Galil, B., Gómez, F., Hoffman, R., Jensen, K.R., Kamburska, L. 2020. *Aquat. Conserv. Mar. Fresh. Ecos.*, 30(4):794–845. <https://doi.org/10.1002/aqc.3267>
- (6) Grosholz, E., Ashton, G., Bradley, M., Brown, C., Ceballos-Osuna, L., Chang, A., de Rivera, C., Gonzalez, J., Heineke, M., Marraffini, M., McCann, L. 2021. *Proc. Nat. Acad. Sci.*, 118(12). <https://doi.org/10.3733/ca.2021a0006>

¡Llegó el verano y regresan

LAS MANTELINAS!



La mantelina es una especie de raya plana, de forma romboédrica y con hábitos nocturnos y bentónicos, que pasa la mayor parte de su vida cerca o enterrada en los sedimentos del fondo. Tiene una clara predilección por los fondos arenosos y su patrón de colores se asemeja mucho al de la arena que recubre las playas de las Islas.



Figura 1. Ejemplar adulto de mantelina, *Gymnura altavela*, nadando muy cerca del fondo (Autor: Felipe Ravina).



**David Jiménez Alvarado, Ana Espino Ruano y
José Juan Castro Hernández**

IU. Ecoaqua, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria,
Edificio de Ciencias Básicas – Facultad de Ciencias del Mar,
Campus de Tafira, 35017 Las Palmas de Gran Canaria. E-mail:
david.jimenezalvarado@gmail.com

El verano es la mejor época del año para disfrutar de las costas y playas de Canarias. Cada año una innumerable cantidad de turistas llegan a nuestras islas para descansar y tomar el sol. Esta estación coincide también con la mejor época para disfrutar de especies difíciles o imposibles de ver durante el resto del año, como es el caso de la mantelina o raya mariposa (*Gymnura altavela*).

Desde finales de junio y hasta mediados de octubre, es el mejor momento para poder ver especímenes de esta especie a lo largo de las costas del Archipiélago Canario, ya que los avistamientos de esta raya se vuelven más habituales, siendo casi inexistentes durante el resto del año. ¿Dónde irán cuando abandonas las aguas someras de nuestras playas? Esta es una de las grandes incógnitas que los investigadores están intentando averiguar.

La mantelina es una especie de raya plana, de forma romboédrica y con hábitos nocturnos y bentónicos, que pasa la mayor parte de su vida cerca o enterrada en los sedimentos del fondo (Figs. 1 y 2). Tiene una clara predilección por los fondos arenosos y su patrón de colores se asemeja mucho al de la arena que recubre las playas de las Islas. Quizás este sea uno de los principales motivos por el que se encuentran de forma tan abundante en estas aguas en determinadas épocas del año.

Su distribución geográfica abarca las aguas tropicales y templadas del Atlántico, incluyendo el mar Caribe, Mediterráneo y mar Negro, pero sus poblaciones son cada vez más raras. Así, en el Mediterráneo la mantelina ha disminuido hasta un 80% y sus registros casi han desaparecido de las estadísticas pesqueras¹. Tanto es así, que la IUCN la ha incluido en su lista roja de especies amenazadas, bajo la categoría de vulnerable. Y, aunque en Canarias su captura está totalmente prohibida, siguen existiendo interacciones negativas con estos majestuosos animales debido a su pesca accidental con artes profesionales y pescadores recreativos, y no es infrecuen-



Figura 2. Ejemplar de mantelina oculto bajo la arena, apreciándose solamente el ojo y el espiráculo. Desgraciadamente también se observa que el animal presenta un señuelo de pesca clavado en la proximidad del espiráculo (Autor: Felipe Ravina).

te ver a algunas de estas mantelinas arrastrando aparejos de pesca clavados en el cuerpo, y que acaban ocasionándoles lesiones graves incluso la muerte (Fig. 2).

Es impresionante ver cómo esta especie se agrega en diferentes zonas de las islas, formando una forma de alfombra en el fondo marino, en muchos casos, haciendo imposible ver la arena con claridad. Muchas de ellas tienden a escapar con una velocidad de vértigo, mientras que otras permanecen inmóviles en el fondo incluso cuando son pisadas por los bañistas (Fig. 3). El camuflaje es su principal arma, ya que se alimentan emboscando a sus presas y es por lo que el permanecer inmóviles puede ser una mejor idea que salir nadando, sin hablar del coste energético que supone volver a encontrar un lugar idóneo para volver a enterrarse y el propio acto de enterrarse de nuevo. Es una gran experiencia poder compartir espacios con estos animales, siendo muy fácil nadar con ellos u obtener fotos espectaculares usando solo una máscara y un tubo. Sabiendo que se trata de animales inofensivos para los humanos, distando mucho de las historias de antaño que se ciernen sobre estas espe-

cies, en las que son tachadas de asesinas de marineros y destructoras de pequeños navíos.

Con la necesidad de conocer más sobre esta especie, se inició en el año 2016, con la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria como actor principal, un estudio con el fin de aumentar el conocimiento tanto de su ecología como de su biología, ya que son una subclase de condríctios muy enrarecidas en el resto del mundo o que se encuentra en peligro crítico en otras zonas como el Mediterráneo. Canarias es, por tanto, un escenario muy adecuado para llevar a cabo el estudio de esta especie, así como el de muchas otras dentro de la gran familia de los elasmobranchios. Este proyecto titulado "Rays of Paradise" (rayas del paraíso es el nombre común de esta especie en inglés), financiado por la Fundación Loro Parque, se orienta a estudiar las poblaciones locales para aprender, principalmente, sobre su comportamiento y establecer estrategias que permitan su conservación. Durante las campañas de trabajo de campo se ha tenido la suerte de ver agregaciones masivas de mantelinas en algunas playas de las islas, llegando a encontrar casi 200 individuos en la una zona muy pequeñas, de unas decenas de metros. Aún no está claro el uso que estas rayas hacen de las diferentes playas, aunque algunos investigadores defienden la hipótesis de que sus agregaciones masivas están relacionadas con la reproducción, siendo estas áreas las zonas de apareamiento, mientras que otros opinan que el uso de las playas por parte de estos animales es como zonas de cría.

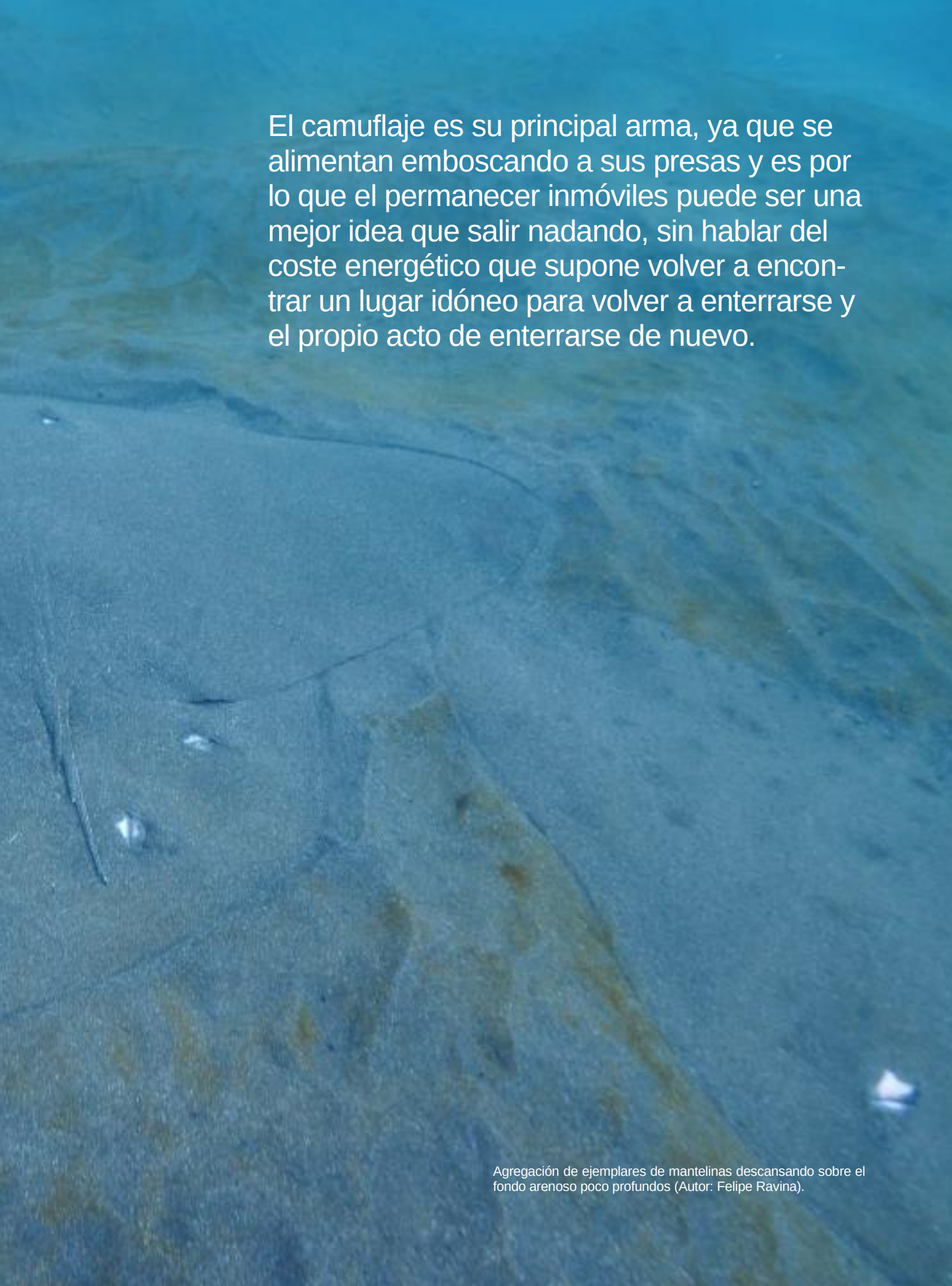
Con este proyecto se intentará encontrar algunas respuestas a todas estas incógnitas que se originan sobre la Mantelina, de la que poco se sabe en Canarias y en el resto del mundo. Hay aún un largo camino por recorrer y mucho que aprender de esta especie, pero de la que poco a poco se irán desvelando sus secretos.

Bibliografía

- (1) Pujol, J.A. 2010. Una especie muy escasa en el Mediterráneo. Apariciones de rayas mantelinas en aguas del sur de Alicante. *Quercus*, 298:24-30.

Durante las campañas de trabajo de campo se ha tenido la suerte de ver agregaciones masivas de mantelinas en algunas playas de las islas, llegando a encontrar casi 200 individuos en la una zona muy pequeñas, de unas decenas de metros.



The image shows a vast, shallow sandy seabed covered with a large number of cuttlefish, known as mantelinas. They are mostly oriented in the same direction, with their heads pointing towards the upper left. The water is clear, and the sand is a light, textured blue-grey color. The cuttlefish appear as small, dark, elongated shapes against the lighter sand. The overall scene depicts a natural aggregation of these marine animals in their habitat.

El camuflaje es su principal arma, ya que se alimentan emboscando a sus presas y es por lo que el permanecer inmóviles puede ser una mejor idea que salir nadando, sin hablar del coste energético que supone volver a encontrar un lugar idóneo para volver a enterrarse y el propio acto de enterrarse de nuevo.

Agregación de ejemplares de mantelinas descansando sobre el fondo arenoso poco profundos (Autor: Felipe Ravina).

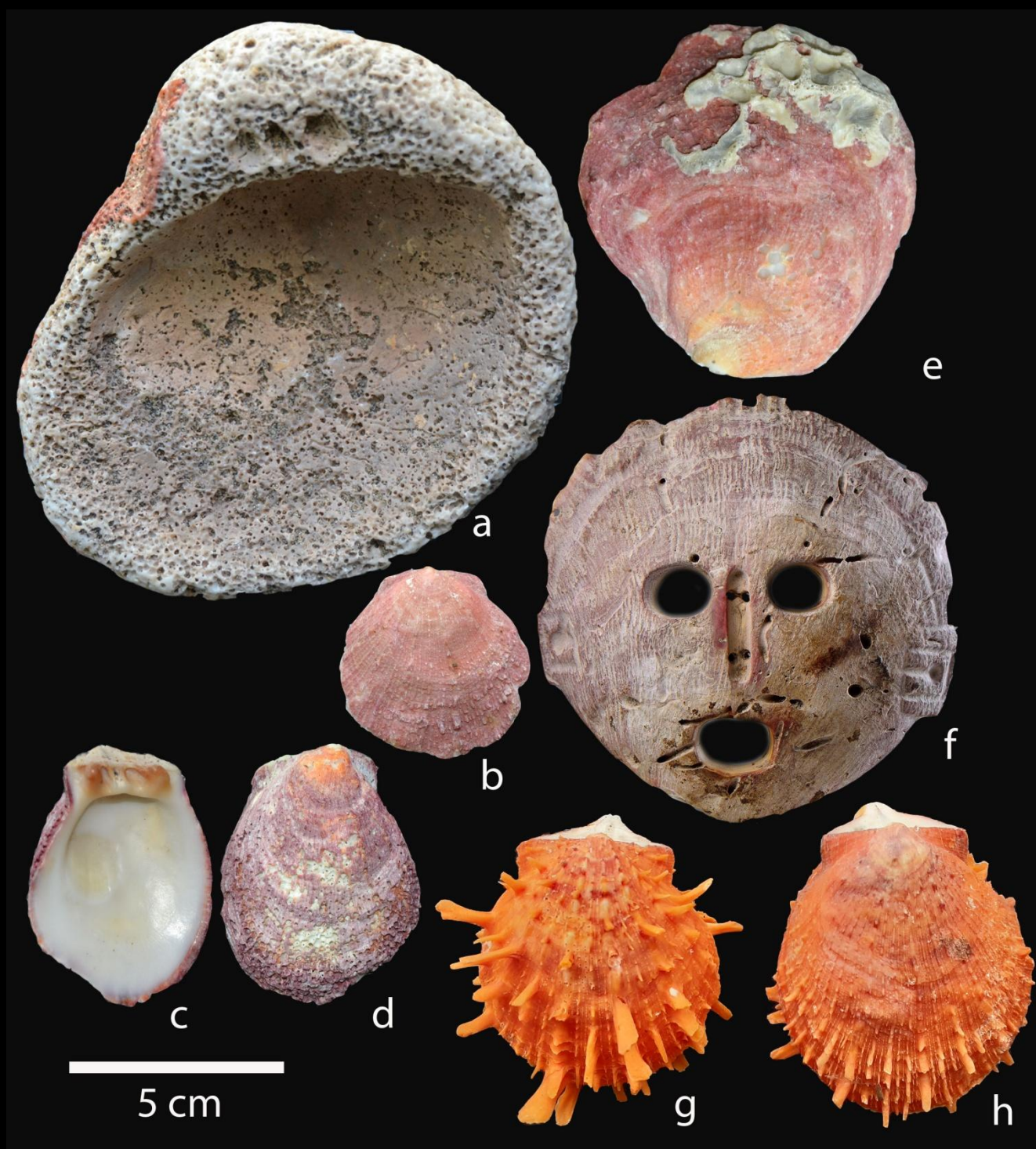


Lámina I

a-e. *Spondylus senegalensis* Schreieibers, 1793. Fósiles del nivel MIS 5.5, datados en circa 130 kyr de los niveles pleistocenos de Las Palmas de Gran Canaria.

f.- Mascara tallada en una concha de *Spondylus*. Cultura Mezcala, 500 AC-900 DC.

Museo Amparo, Puebla, México

g-h.- *Spondylus variegatus* Schreieibers, 1793. Actual, Madagascar.

Spondylus, el oro rojo del mar

Juan Francisco Betancort Lozano

Laboratorio de Paleontología, Facultad Ciencias del Mar, ULPGC.
(E-35001) Las Palmas de Gran Canaria. España.

Dentro de los moluscos, quizás son los gasterópodos el grupo que más atractivo tienen a los ojos de coleccionistas y público interesado en la fauna y ecología marina en detrimento de los bivalvos. Puede que por parte del público se considere un grupo menos bello en sus conchas o menos interesante en lo referente a su ecología o las historias que rodean a estos animales. Esto es un error. Existen taxones de bivalvos con una belleza delicada, finamente ornamentadas y que además están en algunos de los ecosistemas más extremos del planeta, capaces de hundir un buque horadándolo o cazar y nadar. Algunas de sus conchas incluso fueron fundamentales en el mundo religioso y económico de muchas culturas. Los *Spondylus* son el mejor ejemplo de esto: grandes y bellos bivalvos al que han sido denominados “alimento de los dioses”.

Un poco de la ecología de los *Spondylus*

Son bivalvos de conchas fuertes y robustas, generalmente con espinas irregulares que cubren su superficie exterior. Su interior suele ser blanco, con la marca del músculo abductor muy evidente. Externamente, presentan tonalidades naranjas, rosas, rojas o púrpuras. Muestran una región umbonal (región por donde se unen las dos valvas) muy característica, con dos dientes en la valva superior que encajan en dos hendiduras en la valva inferior. Son típicos de aguas cálidas, ambientes tropicales a subtropicales, siendo citadas en el Mediterráneo, costas atlánticas de África, Caribe, Mar Rojo y Golfo Pérsico, región Indopacífica y costas pacíficas de Sudamérica.

Se desarrollan adheridas a rocas y sustratos duros, llegando incluso a crecer unas sobre otras formando grandes agregados. Su rango de distribución está entre los 15 y 30 metros de profundidad. No es extraño encontrar conchas enteras o fragmento ero-

sionados, fácilmente reconocibles por su forma, el color externo o la región umbonal, pero con toda la superficie cubierta de pequeñas perforaciones derivadas de la actividad de esponjas parasitarias.

El oro que vino del mar

La robustez y color de las conchas, la facilidad con que se puede trabajar y obtener placas, cuentas y abalorios confiere a este bivalvo el estatus de un material precioso, muy valorado por culturas antiguas, que incluso fue objeto de comercio desde los puntos de recolección a regiones muy distantes, hasta cientos de kilómetros lejos del mar.

Hay evidencias de la recolección en la región del Mar Egeo de *Spondylus gaederopus* y su comercio hacia Centroeuropa durante el Neolítico, donde aparecen joyas talladas, cuentas, brazaletes, hebillas y placas ornamentales. En Sudamérica a estos bivalvos, denominados *mullu* en lengua quechua, con dos especies principalmente (*Spondylus calcifer* y *Spondylus crassisquama*), el imperio Inca les confirió el estatus de alimento de los dioses y sus conchas eran muy apreciadas a la hora de confeccionar abalorios e ídolos relacionados con el agua, la lluvia o la fertilidad, siendo incluso más valiosos que el oro. Su presencia en puntos muy alejados de donde estos animales encuentran sus condiciones ecológicas favorables, indica un comercio y una planificación de campañas de recolección que en algunos casos alcanzó una escala de cientos o miles de kilómetros, desde puntos de la costa ubicados en el actual Ecuador (Isla de La Plata), aguas casi tropicales, hasta las costas de Perú e incluso ciudades del altiplano. Además, debía de haber auténticos especialistas en su recolección; buceadores a pulmón capaces de sumergirse entre 15 y 30 metros de profundidad para recolectar estos moluscos. Se elaboraban con sus conchas mascarascas mortuorias y ceremoniales, joyas, paneles pectorales, ídolos, ofrendas que servían de alimento para los dioses, etc., encontrándose en yacimientos arqueológicos datados en aproximada-

mente 2000 años de antigüedad. En toda la cultura y memoria colectiva de Perú, los *Spondylus* están presentes. En el Altar Mayor de la Catedral de Quito, podemos ver unas conchas rojas esculpidas, vinculando la religión llegada con los conquistadores con los antiguos dioses.

¿Registro histórico del Niño mediante mullu?

El fenómeno de El Niño (ENSO) se puede entender, de una forma muy simplista, como una variación periódica en la temperatura superficial del mar que se centra en la región este del Pacífico Tropical, pero cuyos efectos son a escala global. Este ciclo de cambios en la temperatura superficial del agua se debe a variaciones en los centros de presión atmosféricos en el Pacífico. Los años en que se desarrolla El Niño, aumenta la temperatura superficial del mar, asociado a épocas de intensas lluvias que pueden llegar a ser extremadamente destructoras. Como contraposición a El Niño, los años fríos (cuando baja la temperatura superficial del mar) acontecen sequías y se denomina La Niña. La intensidad y duración de estas fases del ciclo es variable y determina, tanto en el actual como en el pasado, la supervivencia de muchos pueblos.

Los antiguos pobladores de la costa occidental de Sudamérica, los pueblos incaicos y preincaicos tenían un conocimiento excepcional de su medio. Su sociedad dependía de las lluvias. Observaron que la cantidad de *Spondylus* (mullu) varía de año en año; son animales propios de aguas calidas, por lo que su extensión llegaba hasta cierto punto. Los años que se observa una gran cantidad de estos bivalvos, o aparecen más hacia el sur, más hacia aguas frías, esto mostraba que la temperatura del mar ha aumentado, eso indicaba que ese año será muy lluvioso, incluso llegando a acontecer inundaciones. En cambio, los años que hay muy poco, la temperatura del mar es más fría, lo que indicaba un año donde predominan las sequías. Atendiendo a esto, a como varía año tras años la cantidad de estas conchas sagradas, podían no solo predecir cómo sería ese año, sino además identificar periodicidades, una pauta en el clima, que les permitía prepararse y planear cosechas.

Bibliografía

- (1) Gaydarska, B., Chapman, J., Angelova, I., Gurova, M., Yanev, S. 2004. *Archaeologia Bulgarica*, VIII(2):11-34.
- (2) Glowacki, M. 2005. *Antiquity*, 79:257-268.
- (3) Hernández, J.M., Rolán, R., Swinnen, F., Gómez, R., Pérez, J.M. 2011. Ed. ConchBooks.
- (4) Lamprell K.L. 1998. *Vita Marina*, 45(1-2):41-60



Piezas incas localizadas en las aguas cálidas de la bahía de Guayaquil y realizadas con conchas de *Spondylus*. Fotos: La República. El Universal.

Hay evidencias de la recolección en la región del Mar Egeo de *Spondylus gaederopus* y su comercio hacia Centroeuropa durante el Neolítico, donde aparecen joyas talladas, cuentas, brazaletes, hebillas y placas ornamentales. En Sudamérica a estos bivalvos, denominados *mullu* en lengua quechua, con dos especies principalmente (*Spondylus calcifer* y *Spondylus crassisquama*), el imperio Inca les confirió el estatus de alimento de los dioses y sus conchas eran muy apreciadas a la hora de confeccionar abalorios e ídolos relacionados con el agua, la lluvia o la fertilidad, siendo incluso más valioso que el oro.

Las mascarillas nos protegen
contra el coronavirus, pero
agreden al medio ambiente si son
desechadas de manera incorrecta





Argonauta nudoso (*Argonauta nodosa*) (Fuente: Word register marine species – WORMS).

Del conjunto de moluscos, hay 183 especies, agrupadas en 62 familias, que solo podemos encontrar en las Islas Canarias, es decir, son endemismos, perteneciente a los gasterópodos. Esto representa aproximadamente el 10% de los moluscos y el 3% de la fauna marina de Canarias.

Javier Martínez Pérez¹ y Rodrigo Riera²

1- Estudiante de Grado de la Facultad de Ciencias del Mar, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, Campus Universitario de Tafira, 35017 Las Palmas de Gran Canaria

2- Grupo de Investigación Biodiversidad y Conservación IU-ECOQUA, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, Edif. de Ciencias Básicas. Campus Universitario de Tafira, 35017 Las Palmas de Gran Canaria. E-mail: rodrigo.riera@ulpgc.es

Cuando pensamos en fauna marina, siempre se nos viene a la cabeza la imagen de una estrella de mar, un delfín o una ballena. Sin embargo, la biodiversidad que encontramos en el océano es mucho más extensa. En concreto, en el Archipiélago Canario, el número de especies marinas asciende a 7.198, según el Banco de datos de Biodiversidad del Gobierno de Canarias. De todas estas especies, siempre hay un grupo que pasa desapercibido para el grueso de la población, los moluscos, un conjunto de animales formado por gasterópodos (caracolas, babosas y vaquitas de mar), cefalópodos (pulpos, calamares y sepias), polioplacóforos (chitones), monoplacóforos (almeja canaria u oreja de mar), bivalvos (almejas, mejillones y ostras) y escafópodos (concha colmillo). Además, cabe destacar que no son nada despreciables, ya que contribuyen con 1.515 especies, lo que significa un 25% del total de especies marinas de Canarias.

Biodiversidad marina de **MOLUSCOS ENDÉMICOS** de las Islas Canarias



Marginela de Arrecife (*Volvarina arrecifensis*)
(Fuente: Redpromar, Gobierno de Canarias).



Ciego de Swinne (*Caecum swinneni*)
descrito en Puerto del Carmen, Lanzarote (Fuente: gastropods.com).



Caracol Albania guanche (*Alvania guancha*) (Fuente: gastropods.com).

Pero vamos a dar un paso más, del conjunto de moluscos, hay 183 especies que solo podemos encontrar en las Islas Canarias, es decir, son endemismos. Esto representa aproximadamente el 10% de los moluscos y el 3% de la fauna marina de Canarias. La mayoría de este grupo de endemismos son gasterópodos. Estas 183 especies se agrupan en 62 familias, de las cuales, las más abundantes son: Rissoiidae (conchas de pequeño tamaño con forma cónica algo alargada), Marginellidae (concha pequeña o mediana, con borde engrosado y de colores blanquecinos o rosados) y Cysticidae (concha por lo general redonda u ovalada, de colores blanquecinos y en algunas el borde está engrosado, de tamaño pequeño, aunque algunas pueden ser de tamaño grande). Pero también podemos encontrar que en las familias más conocidas como es la del pulpo común, familia Octopodidae, especies que solo podremos observar en el Archipiélago Canario, como es *Bathypolypus ergasticus* (Fischer & Fischer, 1892).

Es importante conocer este tipo de especies, ya que, al tener una distribución tan restringida, el efecto del cambio global o la actuación humana podrían afectar más rápidamente a la desaparición de su hábitat, creando así una pérdida silenciosa de la biodiversidad.

Al tener una distribución tan restringida, el efecto del cambio global o la actuación humana podrían afectar más rápido a la desaparición de su hábitat.

Esto quiere decir que no se sabe a ciencia cierta en qué estado se encuentran sus poblaciones, aunque algunas se encuentran realmente dañadas, incluso llegando a estar en peligro de extinción.

Las Islas Canarias por su geomorfología y localización oceánica, apartada de las plataformas continentales, son un punto especial para este tipo de endemismos, ya que la propagación de las especies está más limitada que en zonas costeras de las áreas continentales. Los moluscos habitan en ecosistemas muy variados, como pueden ser las profundidades oceánicas en el caso del *Bathypolypus ergasticus*, ambientes pelágicos en la columna de agua como la especie *Argonauta nodosa*, al igual que otras especies viven en zonas costeras asociados a la flora marina o enterrados en la arena.

A fisherman in a blue and white striped shirt and dark pants is bent over, sorting small, silvery fish into white plastic crates. He is holding a large, round, woven mesh net filled with fish. The crates are stacked on the ground, and the fish are being poured from the net into them. The scene is outdoors, likely at a fishing dock or market. The text is overlaid on the bottom half of the image.

Variaciones temporales en el
NIVEL TRÓFICO MEDIO
DE LA PESQUERÍA
ARTESANAL
de las Islas Canarias



En el caladero compartido por las flotas de Tenerife y de La Gomera, la tendencia del MTLc es sutilmente ascendente.

En los caladeros de Lanzarote y Fuerteventura la tendencia es cuasi lineal. En cambio, en Gran Canaria y La Palma se observa una tendencia irregular durante el periodo analizado.

Curiosamente, en El Hierro se observa una tendencia claramente decreciente hasta que el volcán Tagoro interrumpe esa tendencia.

Figura 1. Clasificación de descargas de sardinas en el puerto de Taliarte, previamente al paso por el punto de primera venta y su registro a efectos estadísticos. Esta especie se alimenta fundamentalmente de fitoplancton y zooplancton pequeño, por lo que ocupa un nivel trófico bajo (Autor: José J. Castro).

Lorena Couce Montero,
José Juan Castro Hernández

IU-EcoAqua, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, Edif. Ciencias Básicas, Campus Universitario de Tafira s/n, 35019 Las Palmas de Gran Canaria.

El nivel trófico (TL) de una especie representa la posición que esta ocupa dentro de la red trófica del ecosistema marino del que forma parte, y para estimarlo se consideran tanto la composición de su dieta como el nivel trófico de cada una de sus presas. En los ecosistemas marinos, el fitoplancton, algas y plantas marinas se encuentran en el nivel trófico más bajo (TL=1) y el TL de los consumidores varía desde un valor de 2, para el caso de especies herbívoras, hasta valores entre 4 y 5, en el caso de grandes depredadores, como tiburones, orcas, etc.

El nivel trófico medio de las capturas (MTLc) es un indicador ecológico estimado a partir del TL de las especies que componen las capturas comerciales¹, cuyo uso combinado con otros indicadores puede brindar información sobre el estado de salud de la pesquería en su conjunto. Se considera que la disminución de este índice se debe en gran parte a la sobreexplotación de peces en niveles tróficos más altos, pues la pesca tiende a eliminar los peces más grandes, que a su vez tienen un crecimiento más lento y una menor tasa de fecundidad, reduciendo el nivel trófico del conjunto del ecosistema marino. Esto, a la larga, puede ocasionar una tendencia decreciente en la serie temporal de capturas, en un proceso que se conoce como “Pesca progresiva hacia los niveles tróficos más bajos del ecosistema marino” (*Fishing down the marine food webs*)¹.

Los desembarcos y niveles tróficos de (TLs) de más de 200 especies capturadas en aguas del Archipiélago Canario fueron analizadas para evaluar la tendencia temporal del MTLc entre 2006 y 2016. Las estadísticas oficiales de desembarque se obtuvieron de la Viceconsejería de Pesca del Gobierno de Canarias y, para facilitar el análisis de las series temporales de capturas por zona de pesca, las especies se categorizaron conforme a tres grupos de especies objetivo: túnidos, pelágicos costeros y especies bentodemersales (Figs. 1,2 y 3).

El MTLc para cada año se estimó multiplicando la captura desembarcada por el nivel trófico de cada especie y luego estimando la media ponderada. El nivel trófico de cada especie se obtuvo a partir de Fishbase² y para determinar si existen diferencias significativas entre las distintas zonas de pesca, dentro del archipiélago, se aplicó la prueba estadística de Kruskal-Wallis.

El 95% de las embarcaciones no tienen obligación de declarar las posiciones exactas donde están pescando, lo que puede encubrir una expansión de la pesquería fuera de los caladeros habituales.





Figura 2. Capturas de atún patudo (*Thunnus obesus*) desembarcado en el puerto de Arguineguín. Estos atunes ocupan los niveles tróficos más altos del ecosistema marino (Autor: Lorena Couce).



Figura 3. Capturas bentodemersales desembarcadas en el Puerto de Playa Blanca donde predominan las especies herbívoras y las comedoras de pequeños invertebrados, obtenidas con nasas (Autor: José J. Castro).

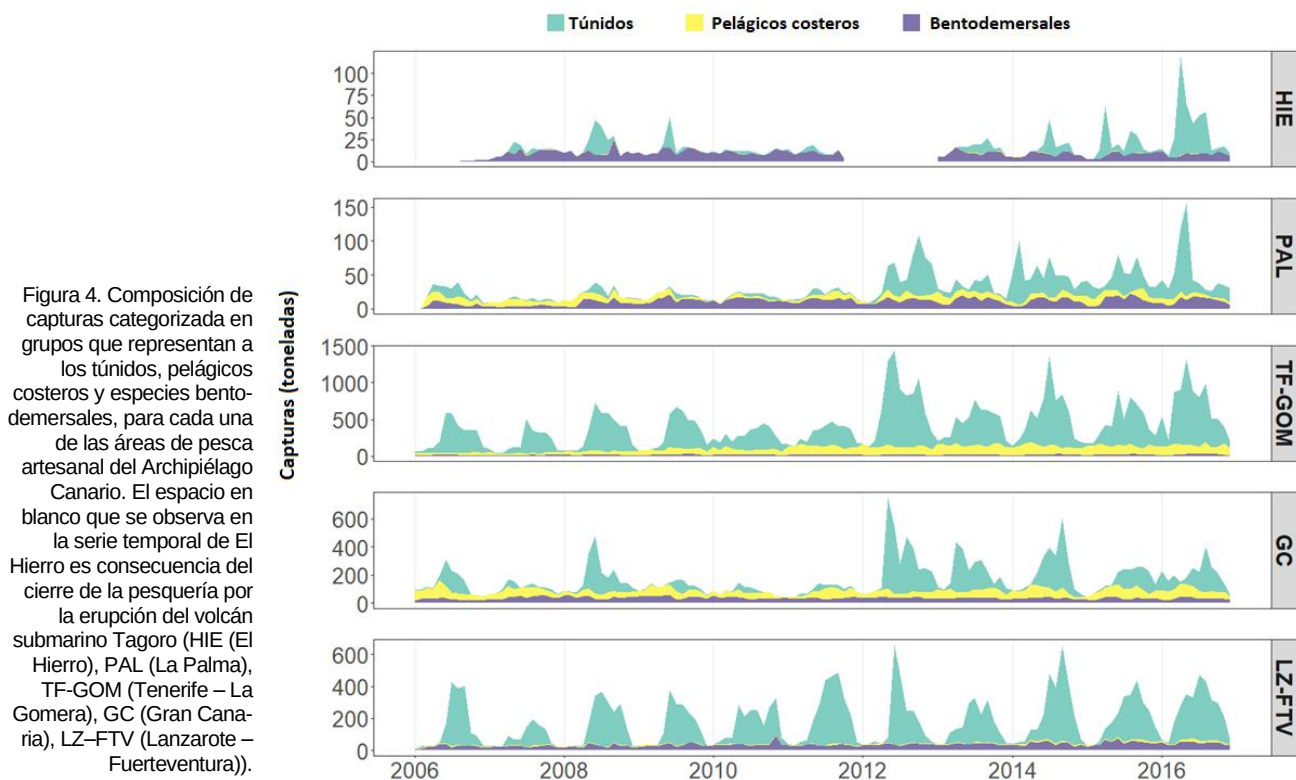


Figura 4. Composición de capturas categorizada en grupos que representan a los túnidos, pelágicos costeros y especies bentodemersales, para cada una de las áreas de pesca artesanal del Archipiélago Canario. El espacio en blanco que se observa en la serie temporal de El Hierro es consecuencia del cierre de la pesquería por la erupción del volcán submarino Tagoro (HIE (El Hierro), PAL (La Palma), TF-GOM (Tenerife – La Gomera), GC (Gran Canaria), LZ-FTV (Lanzarote – Fuerteventura)).

Evolución de los desembarques y cambios en el nivel trófico medio de captura

En todas las áreas se observa un ligero incremento de los desembarcos durante la última década (Fig. 4). Sin embargo, su composición y, en particular, el MTLc muestra diferentes tendencias. Los atunes son las especies más capturadas, especialmente entre primavera y otoño, por lo que los valores más altos de TL se registraron durante estos periodos. Por el contrario, los valores más bajos de TL se contabilizaron durante los meses de invierno, principalmente en los caladeros de las islas centrales, donde opera la flota de cerco dedicada a la captura de caballas, sardinas y chicharros (Fig. 5).

En el caladero compartido por las flotas de Tenerife y de La Gomera, la tendencia del MTLc es sutilmente ascendente, siendo este incremento más notable a partir de 2012, mientras que en los caladeros de Lanzarote y Fuerteventura la tendencia es cuasi lineal. En cambio, en Gran Canaria y La Palma se observa una tendencia irregular durante el periodo analizado, con un descenso del MTLc a partir de 2014 (más tenue en La Palma), con valores que oscilan entre 3,5 - 3,75. Curiosamente, en El Hierro se observa una tendencia claramente decreciente hasta que el volcán Tagoro interrumpe esa tendencia, la cual se muestra significativamente ascendente tras el paro de algo más de un año que sufrió la flota tras la erupción. En todos los casos se observan fuertes oscilaciones estacionales debidas a las capturas de túnidos. (Fig. 6).

El MTLc del conjunto del archipiélago varía entre 3,18 y 4,43, pero existen diferencias significativas entre las diferentes zonas de pesca. Las flotas que operan en los caladeros de Lanzarote y Fuerteventura, Tenerife y La Gomera, así como en El Hierro, llevan a cabo una pesca dirigida hacia especies con $TL \geq 4$, mientras que en las islas restantes las principales especies objetivo poseen TLs inferiores. A tenor de estos resultados y las diferencias observadas, sería recomendable evaluar el impacto que la pesca tiene sobre los diferentes recursos según el caladero, en vez de analizar el archipiélago como si fuese una única entidad.

Indicadores ecosistémicos y pesca: problemas en la interpretación de resultados

Aumentos en el MTLc a lo largo del tiempo tienden a asociarse con un buen estado de salud de los ecosistemas, pero dicha interpretación puede ser errónea si no se tienen en cuenta las peculiaridades de la pesquería que se está analizando, los caladeros de pesca y la composición de las capturas. Esto es lo que ocurre en el Archipiélago Canario, donde las diferentes estrategias de pesca según la isla de estudio, así como las abundantes capturas estacionales de túnidos dificultan el evaluar el estado actual de la pesquería artesanal, pues al considerar los datos en conjunto, se puede encubrir la sobreexplotación de las especies bentodemersales. Además, en este caso concreto, los registros de capturas son relativamente recientes, lo cual complica el determinar

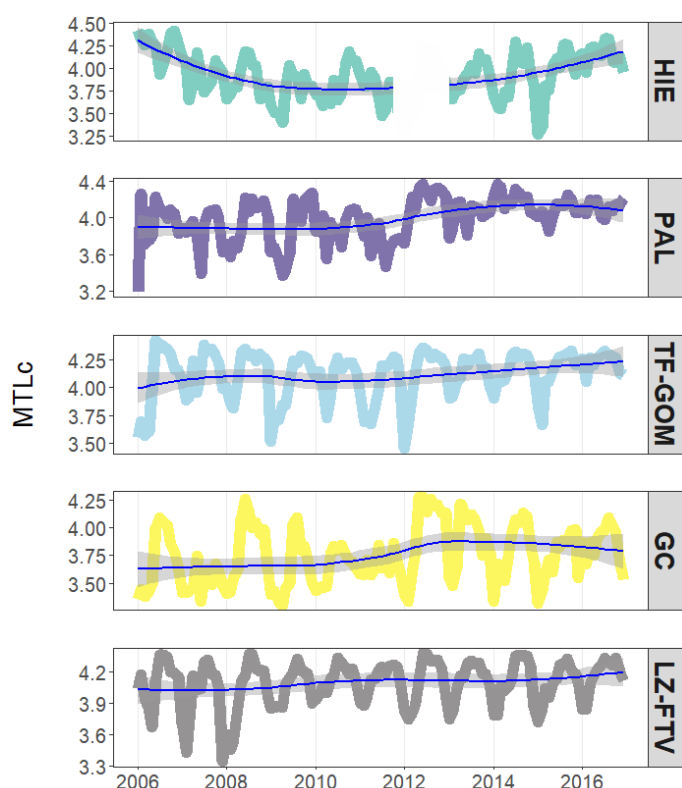


Figura 5. Nivel trófico medio de captura (MTLc) dividido por zona de pesca. El espacio en blanco que se observa en la serie temporal de El Hierro (HIE) es consecuencia del cierre de la pesquería por la erupción del volcán submarino Tagoro (HIE (El Hierro), PAL (La Palma), TF-GOM (Tenerife – La Gomera), GC (Gran Canaria), LZ-FTV (Lanzarote – Fuerteventura)).

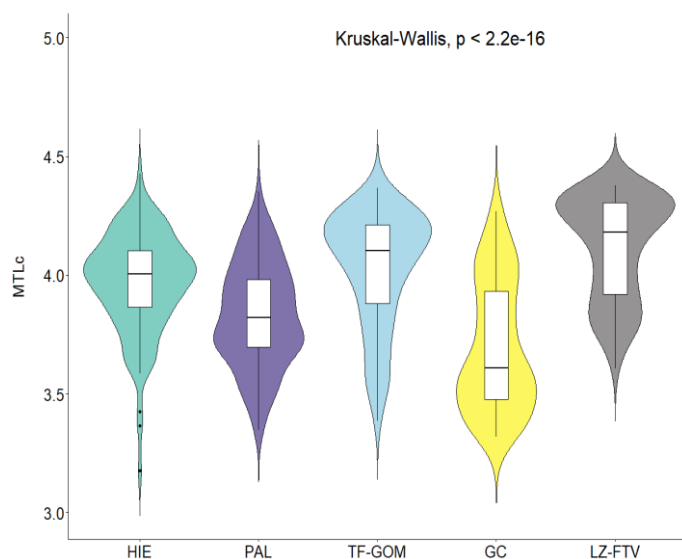


Figura 6. Comparación entre el nivel trófico medio de captura (MTLc) en cada una de las áreas de pesca analizadas.

A tenor de resultados y las diferencias observadas, sería recomendable evaluar el impacto que la pesca tiene sobre los diferentes recursos según el caladero, en vez de analizar el archipiélago como si fuese una única entidad.

posibles cambios estructurales en las series temporales de capturas, como los ocasionados por la mecanización de artes de pesca, así como por las mejoras tecnológicas implementadas en décadas anteriores.

Otro problema añadido es que aproximadamente el 95% de las embarcaciones no tienen obligación de declarar las posiciones exactas donde están pescando, lo que puede encubrir una expansión de la pesquería fuera de los caladeros habituales. A ello hay que añadir que, cuando se analiza el MTLc en pesquerías multispecíficas, es común agrupar las especies que tienen TLs similares para simplificar los análisis, por lo que estas expansiones hacia otros caladeros podrían enmascarar la explotación de recursos pesqueros que se encuentran a más profundidad.

Por tanto, indicadores como el que aquí mostramos emplean datos que están fácilmente disponibles y son sencillos de calcular. Sin embargo, deben interpretarse con cautela y siempre dentro de un contexto ecosistémico, y aplicados al área que se está analizando y considerando todas las particularidades existentes. La inadecuada interpretación de estos indicadores puede propiciar el mantener políticas inadecuadas de gestión que comprometen la integridad de los recursos marinos.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido desarrollado en el marco del Proyecto PLASMAR (MAC/1.1a/030), 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).

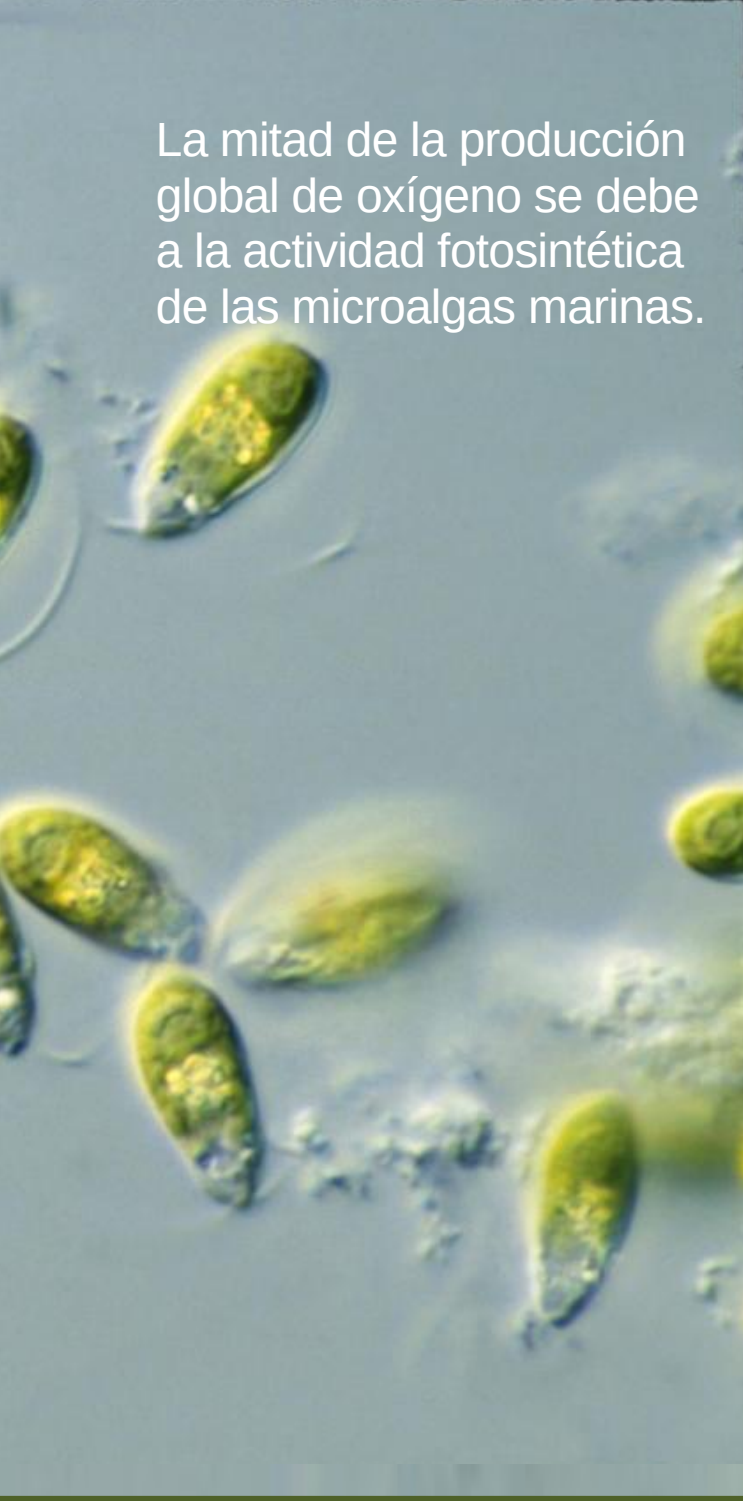
Bibliografía

- (1) Pauly, D., Christensen, V., Dalsgaard, J., Froese, R., Torres, F. 1998. *Science*, 279 (5352): 860-366.
- (2) Froese, R., Pauly D. Editors. 2021. FishBase. World Wide Web electronic publication (www.fishbase.org).



Figura. 4. Células de la microalga marina *Dunaliella salina* (Fuente: CSIRO, Australia)

MICROALGAS MARINAS como fuente de AMINOÁCIDOS



La mitad de la producción global de oxígeno se debe a la actividad fotosintética de las microalgas marinas.

Durante este proceso consumen una importante cantidad de dióxido de carbono (CO_2), lo que las convierte en uno de los mecanismos más eficaces para disminuir su concentración.

Paula Santiago Díaz y Argimiro Rivero Rosales

Departamento de Química, Edificio de Ciencias Básicas, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, Juan de Quesada, 30, 35001 Las Palmas de Gran Canaria, España
paula.santiago@ulpgc.es, argimiro.rivero@ulpgc.es

El océano constituye más del 70% de la superficie terrestre, albergando más de 300.000 especies de animales y plantas. Entre los organismos que habitan los mares y océanos, las algas, y especialmente las microalgas planctónicas, tienen un papel importante ya que son uno de los productores primarios de oxígeno en los ecosistemas acuáticos. De las aproximadamente 72.500 especies de algas que se encuentran recogidas en la literatura, la mayoría pertenecen al grupo de las microalgas marinas.

Estos microorganismos poseen una gran variedad de tamaños, morfologías, pigmentos y metabolismos. Además, se encuentran ampliamente distribuidos en la naturaleza y su capacidad de adaptación hace que puedan desarrollarse en entornos con condiciones diferentes, desde ambientes extremadamente ácidos (pH 2,3-3,4), como es el caso de la microalga *Chlamydomonas acidophila*, hasta entornos altamente salinos como la *Dunaliella salina* (Fig. 1).

Se estima que la mitad de la producción global de oxígeno se debe a la actividad fotosintética de las microalgas marinas. Durante este proceso consumen una importante cantidad de dióxido de carbono (CO_2), lo que las convierte en uno de los mecanismos más eficaces para disminuir su concentración, contribuyendo a mitigar la acidificación oceánica. Esta característica junto con su rápida velocidad de crecimiento y los avances científicos y técnicos que han facilitado su cultivo, las han posicionado como uno de los organismos más interesantes en el ámbito de la biotecnología.

El desarrollo de nuevas técnicas de muestreo, análisis y extracción ha permitido un gran avance en la determinación de compuestos orgánicos de interés procedentes de organismos marinos. En concreto, las microalgas marinas han mostrado ser una importante fuente de moléculas orgánicas con gran potencial en diferentes aplicaciones, como pigmentos, proteínas, vitaminas, polisacáridos, esteroides o ácidos grasos poliinsaturados. Entre estas moléculas destacan los aminoácidos, compuestos clave en el funcionamiento de las células del cuerpo humano y unidades formadoras de proteínas. Los aminoácidos intervienen en infinidad de procesos metabólicos celulares, contribuyendo al correcto crecimiento, desarrollo y reproducción de los organismos.

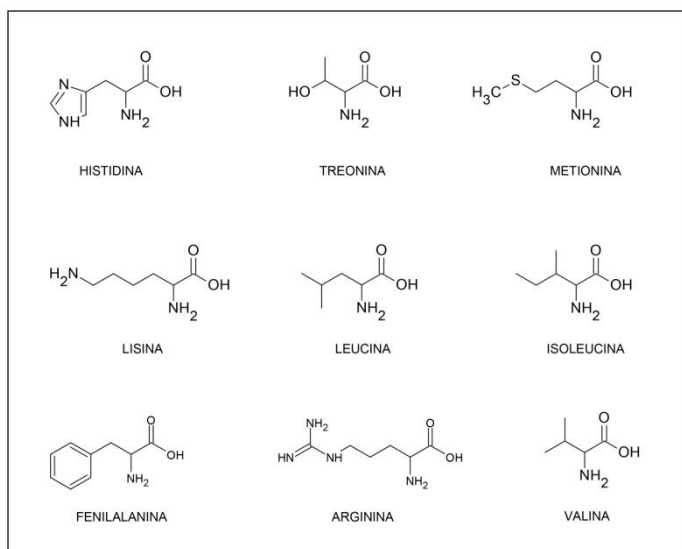


Figura. 1. Aminoácidos esenciales.

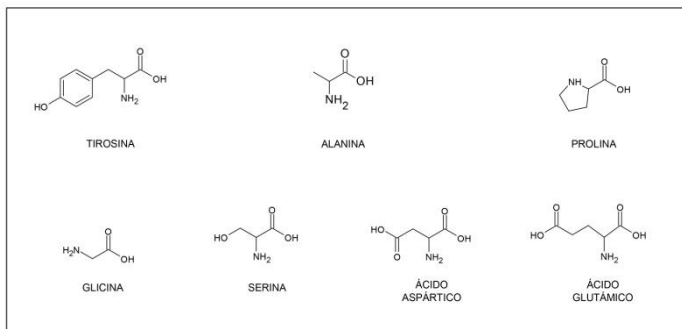


Figura. 2. Aminoácidos no esenciales.

El papel de los aminoácidos en las microalgas marinas

Los aminoácidos son moléculas orgánicas que tienen la particularidad de poseer un grupo amino (-NH₂) y un grupo ácido (-COOH) unidos al mismo carbono, que a su vez está unido a un grupo lateral (-R). Los distintos aminoácidos se caracterizan por las diferencias en su cadena lateral, lo que les confiere diferentes funciones y propiedades bioquímicas.

Los aminoácidos son esenciales para la vida, por lo que los seres vivos deben ser capaces de producirlos o de obtenerlos de otras fuentes. En el caso de producirlos, uno de los aspectos más importantes es tener una fuente de nitrógeno que permita la formación del grupo amino en la cadena carbonada. En el caso de las microalgas marinas, esta fuente de nitrógeno en el medio marino puede ser orgánico e inorgánico. Aunque la mayoría de microalgas emplean como fuente el nitrógeno inorgánico del medio (nitrato fun-

damentalmente), algunas son capaces de emplear aminoácidos disueltos, oxidándolos en la superficie de sus células, para obtener el nitrógeno necesario para sus funciones vitales. Además de la incorporación de nitrógeno a sus células, las microalgas son capaces de exudar aminoácidos al medio, por lo que juegan un papel importante en el ciclo del nitrógeno del ecosistema marino. Una vez sintetizados en el interior de la célula, los aminoácidos forman parte de infinidad de procesos importantes para el desarrollo de las microalgas: regulan reacciones metabólicas, participan en el almacenamiento y transporte de nitrógeno, sirven como precursores de metabolitos secundarios o incluso forman parte del proceso de comunicación celular.

Las microalgas que forman parte del ecosistema marino están muy expuestas a variaciones en las condiciones del medio, que pueden influir en sus procesos biológicos. Por ello, para mantener todas estas funciones esenciales de las células, las microalgas son capaces de adaptar su metabolismo a los cambios en las condiciones ambientales a las que se ven expuestas. Esta adaptación se traduce en un cambio en su composición química, dando lugar al control y optimización de la producción de compuestos clave como los aminoácidos. Pero, además, esta capacidad de adaptación a diferentes condiciones puede ser aprovechada para obtener compuestos específicos mediante el cultivo de las mismas en condiciones controladas. El actual desarrollo y optimización de las técnicas de cultivo permiten controlar los parámetros como luz, temperatura, CO₂, etc., dando lugar a la adaptación de las células y, por tanto, a la producción en mayor o menor medida de determinados compuestos orgánicos como los aminoácidos.

No sólo la intensidad de la luz empleada para el cultivo, sino también la iluminación a diferentes longitudes de onda puede promover la acumulación de aminoácidos en la microalga. Por ejemplo, la aplicación de luz roja o luz verde mediante LEDs es capaz de duplicar la cantidad de aminoácidos sintetizados por el alga⁽¹⁾. Además, la reciente preocupación por los efectos del cambio climático, han llevado a estudiar la respuesta de microalgas marinas ante la actual acidificación oceánica debido a los niveles elevados de CO₂. Especies marinas como *Nannochloropsis oceánica* y *Dunaliella salina* experimentan un incremento en la cantidad de aminoácidos esenciales acumuladas en sus células cuando se ven expuestas a niveles elevados de CO₂ en su medio de cultivo, por lo que se aumenta su calidad nutricional⁽²⁾.

Todos estos conocimientos sobre los parámetros que pueden favorecer la acumulación de aminoácidos, se pueden traducir en un mayor desarrollo de



Fig. 3. Fotobiorreactor (Fuente: IGV Biotech).

aplicaciones industriales. El proceso para este desarrollo se inicia con el estudio del comportamiento del alga en el laboratorio y, una vez reguladas las condiciones más favorecedoras para obtener los aminoácidos deseados o la cantidad adecuada a su aplicación, se escala a fotobiorreactores industriales (Fig. 2). En estos fotobiorreactores las condiciones de cultivo son fácilmente controlables por lo que la producción de microalgas con elevados contenidos de aminoácidos se puede llevar a cabo en las condiciones adecuadas.

Potenciales aplicaciones de los aminoácidos derivados de microalgas marinas

Los aminoácidos y sus productos derivados son compuestos orgánicos con multitud de aplicaciones

en diversas industrias, siendo las microalgas marinas una buena fuente de estos. Entre las aplicaciones actuales más interesantes cabría destacar su utilidad en la industria alimentaria, agrícola y cosmética. El alto contenido en aminoácidos de las microalgas las hace especialmente atractivas para la industria alimentaria, tanto para la producción de suplementos alimenticios como para consumo directo. La calidad del alga para este propósito dependerá de su perfil de aminoácidos, es decir, de la proporción de aminoácidos esenciales y no esenciales que posea. Los aminoácidos se agrupan en esenciales, aquellos que el cuerpo humano no es capaz de sintetizar y que, por tanto, debe ingerir en la dieta (histidina, treonina, metionina, lisina, leucina, isoleucina, fenilalanina, arginina y valina) y los no esenciales, aquellos que el

cuerpo humano es capaz de sintetizar (tirosina, alanina, prolina, glicina, serina, ácido aspártico y ácido glutámico). Las microalgas son capaces de sintetizar tanto aminoácidos esenciales como no esenciales, por lo que su consumo presenta grandes beneficios para el correcto desarrollo del metabolismo humano. Los diferentes aminoácidos esenciales y no esenciales se muestran en las figuras 3 y 4.

Microalgas marinas como las pertenecientes al género *Nannochloropsis* poseen un perfil de aminoácidos esenciales parecida e incluso, en algunos casos, mayor que fuentes de aminoácidos convencionales como el huevo y las de otras especie de microalgas de origen no marino ya comercializadas como *Spirulina* y *Chlorella*⁽³⁾. Por tanto, la incorporación de microalgas marinas ricas en aminoácidos esenciales como ingrediente natural en alimentos puede aumentar su calidad nutricional. No sólo los aminoácidos esenciales son capaces de mejorar la calidad nutricional de los alimentos, también aminoácidos no esenciales pueden resultar beneficiosos para la dieta. Aminoácidos no esenciales como la taurina y la hidroxiprolina tienen la capacidad de prevenir la obesidad, disfunciones cardiovasculares y mejorar la salud de la piel y los huesos. Además de considerar los esenciales y no esenciales, algunos derivados de los aminoácidos producidos por microalgas también poseen propiedades interesantes que mejorarían la calidad de los alimentos. Uno de esos derivados que se puede encontrar en microalgas marinas es la betaína, que actúa como osmorregulador protegiendo las células y está relacionada con la función hepática. Además, la suplementación de betaína puede mejorar el rendimiento deportivo.

Así, como las microalgas con elevadas cantidades de aminoácidos se pueden emplear en la alimentación humana, también resultan beneficiosas en alimentación animal. Un ejemplo de ello es el empleo de microalgas en acuicultura. No sólo se mejora la calidad nutricional del alimento, sino que con la adición de determinados aminoácidos, como el triptófano o la fenilalanina, se puede conseguir reducir el estrés al que se ven sometidos los peces en las piscifactorías⁽⁴⁾.

Además de en nutrición humana y animal, el empleo de microalgas ricas en aminoácidos se ha estudiado como alternativa natural a fertilizantes artificiales. De esta manera se consiguen biofertilizantes con elevada cantidad de aminoácidos, que son una fuente de nitrógeno que, una vez degradada por los microorganismos del suelo, se incorpora a las plantas. Esto se traduce en una mejora en el crecimiento, así como en la composición final de la planta⁽⁵⁾.

Como las microalgas con elevadas cantidades de aminoácidos se pueden emplear en la alimentación humana, también resulta beneficiosa en alimentación animal.

Otra de las potenciales aplicaciones de aminoácidos en microalgas es la cosmética. Existen microalgas marinas con elevadas cantidades de derivados de aminoácidos con multitud de propiedades beneficiosas en este ámbito. Uno de ellos son los aminoácidos tipo micosporina (MAAs, por sus siglas en inglés), capaces de prevenir el envejecimiento de la piel y mejorar su aspecto debido a sus propiedades antioxidantes⁽⁶⁾.

La creciente preocupación por el desarrollo de productos saludables, medioambientalmente sostenibles y naturales ha llevado tanto a la industria alimentaria, cosmética o farmacológica a investigar nuevas fuentes naturales de compuestos. Tal y como se puede comprobar, los aminoácidos y derivados procedentes de microalgas poseen infinidad de potenciales aplicaciones en las industrias mencionadas anteriormente. Además, las microalgas de origen marino poseen un perfil aminoacídico de calidad comparable con al de microalgas ampliamente utilizadas y comercializadas, como las de los géneros *Chlorella* y *Spirulina*. Por tanto, las microalgas marinas constituyen una fuente de compuestos de elevado valor como son los aminoácidos y sus compuestos derivados. Las investigaciones de estos compuestos orgánicos en microalgas marinas, si bien es escasa, ha cobrado interés en los últimos años, posicionándose como una de las fuentes naturales de compuestos orgánicos comercializables en las próximas décadas.

Bibliografía

- (1) Da Fontoura Prates, D. 2020. Bioresour. Technol., 306: 123-184. Liang, C. et al. 2020.
- (2) Phycologia, 59(3):208-217.
- (3) Koyande, A. K. et al. 2019. Food Sci. Hum. Wellness, 8: 16-24.
- (4) Calheiros et al. 2019. Aquaculture, 509: 171-177.
- (5) Dineshkumar et al. 2020. Waste and biomass valorization, 11(1): 77-87.
- (6) Schmid et al. 2004. Cosmetics, 139-143. waste and b

Okeanos de fotos



Fotos:

1. Pareja de cardenales cuidando de la puesta (*Apogon imberbis*). Isla Sušac (Croacia)
2. Caballito de mar (*Hippocampus guttulatus*). Piran (Eslovenia)
3. Gusano de fuego (*Hermodice carunculata*) predando sobre la estrella (*Hacelia attenuata*). Isla Sušac
4. Cueva Verde. Isla Vis (Croacia)
5. Lobo marino sudafricano (*Arctocephalus pusillus pusillus*). False Bay (Sudáfrica)
6. Pareja de lubinas (*Stereolepis gigas*). Santa Catalina (México)
7. Delfines comunes (*Delphinus delphis*) alimentándose de un cardumen de sardinas (*Sardinops sagax*) sudafricanas. Port St. Johns (Sudáfrica)
8. Cardenal fantasma (*Nectamia fusca*) con un camarón de marmol (*Saron sp.*). Raja Ampat (Indonesia)
9. Pez rana estriado (*Antennarius striatus*). Estrecho de Lembbeh (Sulawesi)
10. Camarón emperador (*Periclimenes imperator*) sobre nudibranquio (*Ceratosoma tenue*). Estrecho de Lembbeh
11. *Nembrotha kubaryana*
12. Pez rana (*Antennarius commerson*). Alor (Indonesia)
13. León marino californiano (*Zalophus californianus*). Baja California (México)
14. Cormorán de Brandt (*Phalacrocorax penicillatus*). Baja California
15. Abanico de mar (*Melithaea sp.*) Raja Ampat
16. Tiburón sedoso (*Carcharhinus falciformis*). Jardines de la Reina (Cuba)
17. Caballito de mar pigmeo (*Hippocampus bargibanti*). Bali (Indonesia)
18. Cocodrilo americano (*Crocodylus acutus*). Jardines de la Reina
19. Cocodrilo americano (*Crocodylus acutus*). Jardines de la Reina
20. Colas amarillas (*Prionurus punctatus*) limpiando tortuga verde (*Chelonia mydas*). Baja California
21. *Cheilinus digrammus*. Alor
22. Cueva. Isla Vis
23. Huevo de tiburón gato de lunares (*Scyliorhinus canicula*). Isla Vis
24. *Taenianotus triacanthus*. Estrecho de Lembbeh
25. Camarón de anémona (*Ancylomenes magnificus*) sobre anguila serpiente (*Pisodonophis cancrivorus*). Estrecho de Lembbeh
26. Cangrejo ermitaño (*Pagurus anachoretus*) con luz ultravioleta. Piran
27. Dragón de Komodo (*Varanus komodoensis*). Komodo (Indonesia)
28. Peces payaso (*Amphiprion bicinctus*) guareciéndose en anémona (*Heteractis magnifica*). Marsa Alam (Egipto)
29. Cardumen de *Parapriacanthus ransonneti*. Marsa Alam
30. Peces payaso (*Amphiprion bicinctus*) guareciéndose en anémona (*Heteractis magnifica*). Marsa Alam

Borut Furlan es el primer fotógrafo subacuático esloveno. Comenzó a bucear en 1977 y es buceador técnico de: trimix, rebreather, cuevas y también instructor de buceo recreativo y de fotografía submarina. Lleva más de 40 años fotografiando con Nikon (F3, F4, F5, D2X, D800) y actualmente trabaja con una Nikon D850, con carcasa Seacam. Constructor de trípodes y lentes submarinos, actualmente dispara con: tres lentes macro (60/2.8, 105/2.8 y Sigma 150/2.8), una lente ojo de pez Nikon RS 13/2.8 ideada por él, y de gran angular utiliza una lentes de zoom 28-80/3.3-5.6 principalmente. Ha buceado por los principales mares y océanos del mundo, motivo por el que ha sido ganador de prestigiosos premios de fotografía submarina a nivel mundial. Su trabajo ha sido editado en muchas publicaciones nacionales y extranjeras, incluida National Geographic Slovenia. Sus espectaculares fotografías han sido portada en más de 80 revistas y ha colaborado en numerosas ediciones de libros.



1



2



4



5







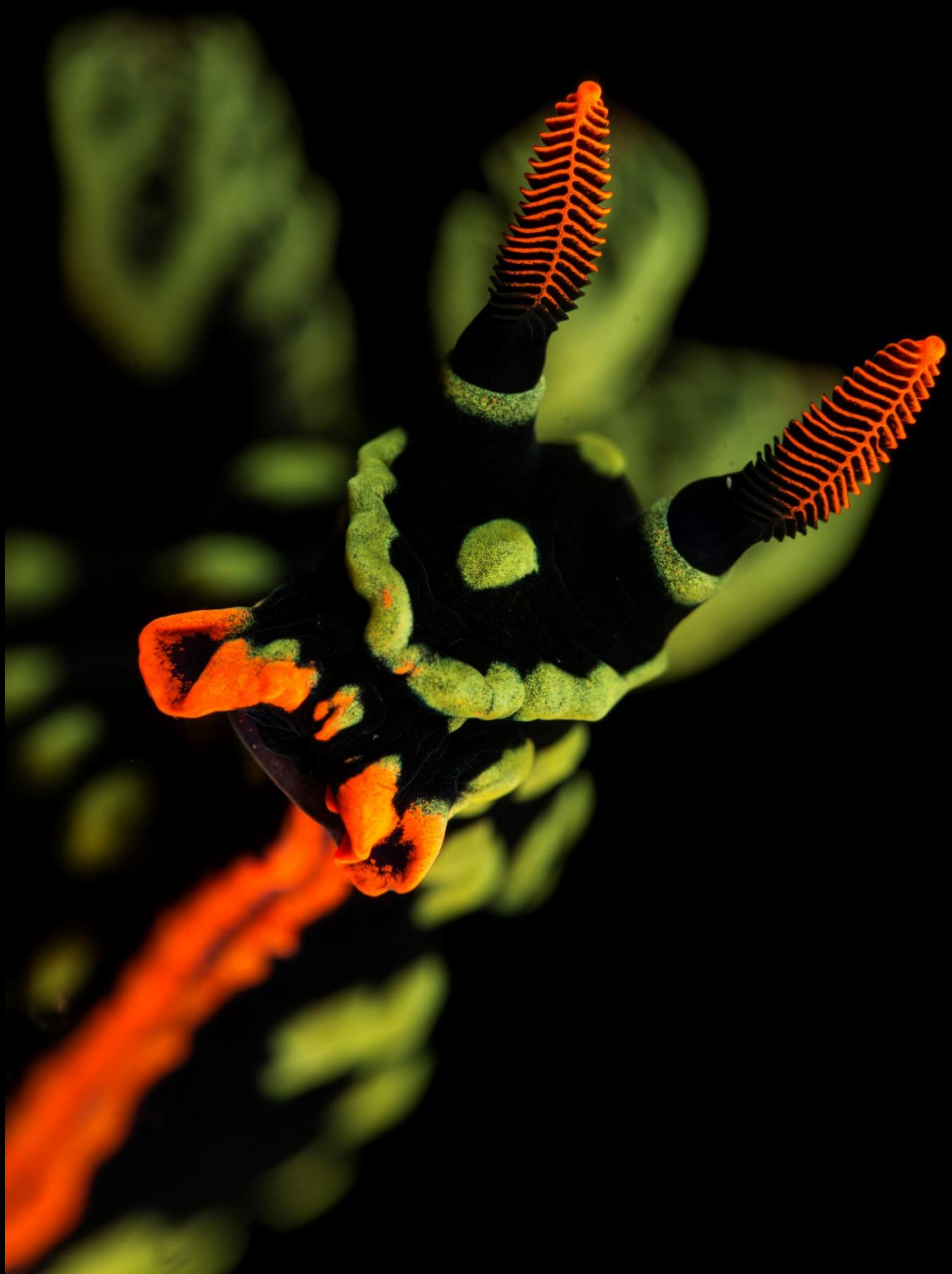
7



8











13



14

15



16









19



20



21



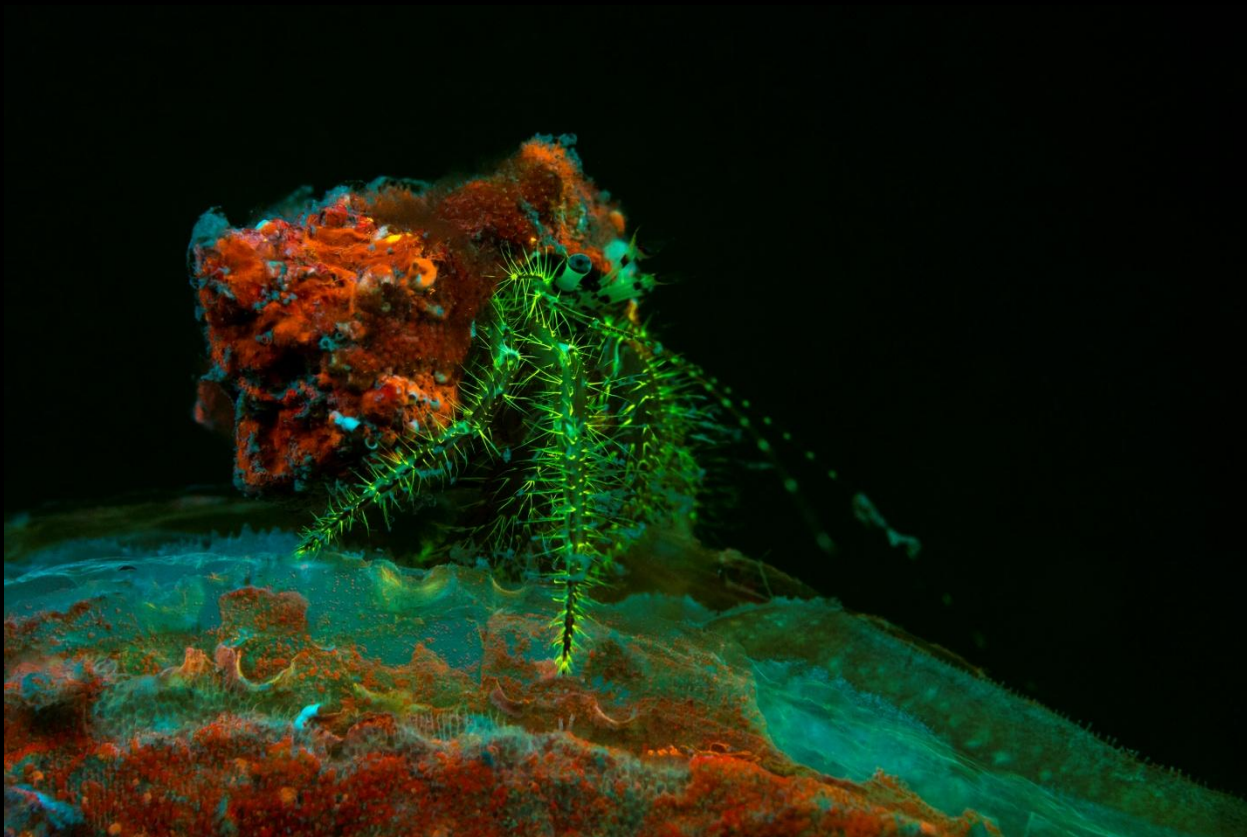
22







26

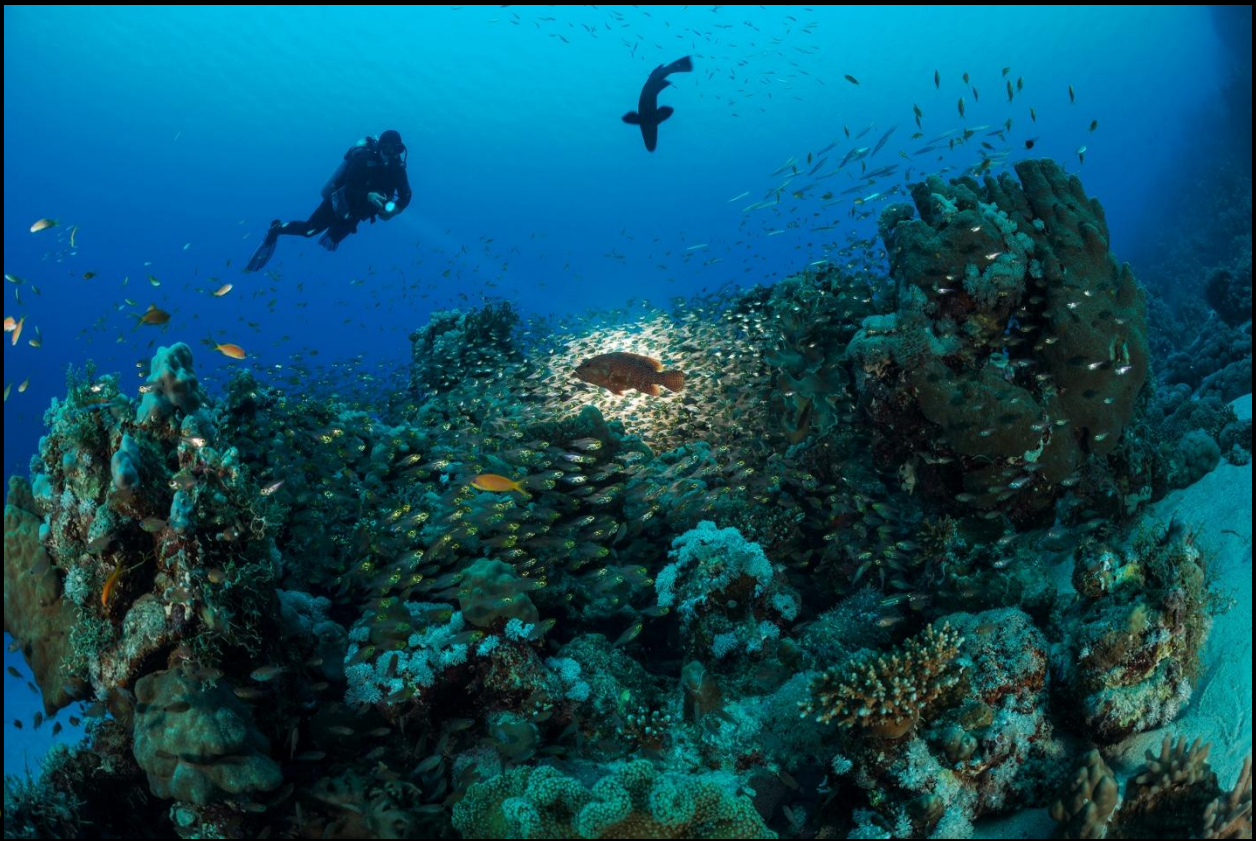


27





29



30



¡ÚNETE AL JUEGO GLOBAL POR

un planeta **#SinContaminación por plásticos!**

- 1** | **Escoge** el tipo de **plástico desechable** al que quieres **renunciar**



- 2** | Graba un **video** o toma una **foto** tipo selfie con la alternativa **reusable** que estás listo para **incorporar en tu vida**



- 3** | **Cómparte tu selfie** en medios sociales con las etiquetas **#SinContaminación por plásticos** y **#DíaMundialdelMedioAmbiente**, y menciona a tres **amigos** para que hagan lo mismo en las **24 horas** siguientes

SIN
CONTAMINACIÓN
POR PLÁSTICOS

- 4** | **¡Eso es todo!** Gracias por ayudarnos a lanzar un movimiento global por un planeta **#SinContaminación por plásticos**

Diaphus mollis

EL PEZ LINTERNA

que más ilumina las aguas profundas de Canarias



Antonio Bonino Pérez

Alumno de máster en Gestión Sostenible de Recursos Pesqueros, Facultad de Ciencias del Mar, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, Campus de Tafira, 35017 Las Palmas de Gran Canaria.

Diaphus mollis es una de las especies más abundantes de la ictiofauna que se desarrolla en el entorno de las Islas Canarias. Este pequeño pez, que no supera los 6 cm de longitud, pertenece a la familia de los mictófidos, conocidos también como “peces linterna” debido a la presencia de diminutos fotóforos a lo largo de su cuerpo. De esta familia de peces, en la actualidad, se conocen 33 géneros y unas 249 especies.

Durante las campañas realizadas en aguas del Archipiélago Canario por el buque La Bocaina¹, se capturaron ejemplares de *Diaphus mollis* tanto en aguas superficiales, hasta 34 m de profundidad, durante la noche, como hasta niveles que alcanzaron los 772,5 m durante el día, lo que pone en evidencia las enormes migraciones que esta especie realiza diariamente, entre la superficie y los grandes abismos que rodean a las islas. Posiblemente sea una de las migraciones más importantes que realiza

un organismo vivo en el conjunto del planeta, teniendo en cuenta su pequeño tamaño y la frecuencia temporal de la misma (más de 25 mil veces su tamaño cada día, algo así como si un humano de 1,70 m de altura recorriese diariamente 42 km).

Estas migraciones verticales diarias tienen por objeto el alimentarse del zooplancton pequeño de la superficie durante la noche y eludir así a sus depredadores, que son muchos peces y cefalópodos, como atunes, calamares, etc. De hecho, los ejemplares capturados en aguas superficiales durante la noche presentaron estómagos más llenos que aquellos capturados en aguas profundas durante el día.

Este patrón de comportamiento, común en muchas especies de la ictiofauna que habitan la zona mesopelágica, entre 200 y 1000 metros de profundidad, permite que haya una importante transferencia de energía en el ecosistema oceánico al relacionar las aguas profundas con las superficiales a través de las migraciones verticales que muchos de estos organismos realizan diariamente.

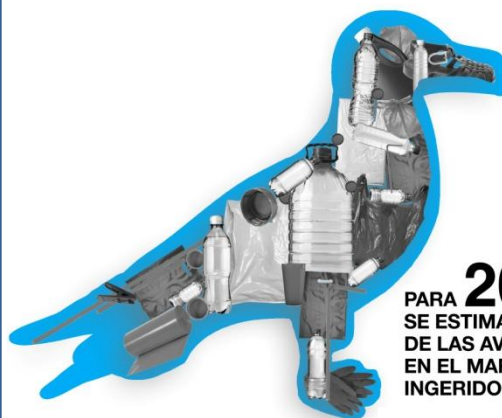
Figura 1.- Ejemplar de *Diaphus mollis*
(Fuentes: NOAA's Fisheries Collection;
SEFSC Pascagoula Laboratory; Collec-
tion of Bradi Noble, NO-
AA/NMFS/SEFSC).

En aguas del archipiélago, *Diaphus mollis* experimenta un cambio morfo-métrico significativo cuando el pez alcanza una talla de 37,1 mm, en el que experimenta un cambio en su ritmo de crecimiento, haciéndose algo más lento, que coincide con la transición entre la fase de juvenil a la de adulto. Este cambio generalmente va relacionado con cambios en las capacidades físicas del pez, lo que le permite hacer desplazamientos más importantes y capturar una mayor gama de presas. No obstante, el análisis de la dieta no mostró cambios ontogénicos en la composición taxonómica de los contenidos estomacales, estando fundamentada en copépodos, seguida de misidáceos, ostrácodos, gasterópodos, quetognatos, poliquetos y pequeñas paralarvas de cefalópodos. Sin embargo, si se observó que los ejemplares de *Diaphus mollis* de mayor talla consumían presas de tamaños más grandes.

Por otra parte, al analizar las tallas de los peces linterna capturados a diferentes profundidades, tanto de noche como de día, se observó que los ejemplares más pequeños se capturaron en aguas más superficiales durante la noche, mientras que los adultos, aunque también migraban hacia aguas más someras, permanecían a una mayor profundidad.

Bibliografía

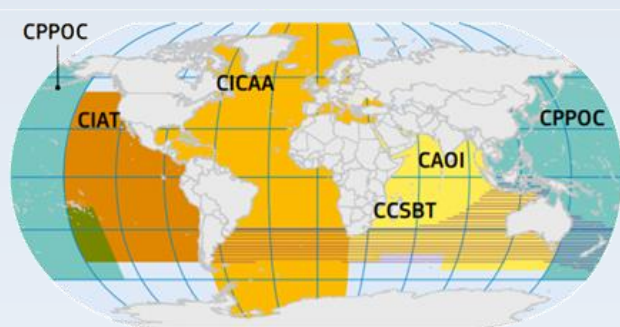
- (1) Bordes, F., Almeida, C., Barrera, A., Carrillo, J., Castillo, R., Castillo, R., Castro, J.J., Gómez, J.A., Hansen, K.A., Pérez, F., Ramos, A.G., Uiblein, F. 1998. Prospección acústica y pesquera de recursos pelágicos en Lanzarote, Fuerteventura y Gran Canaria (Islas Canarias). Resultados de la campaña " Bocaina 1997 ". Vice-Consejo de Pesca. Gobierno de Canarias.



2050
PARA
SE ESTIMA QUE EL 99%
DE LAS AVES QUE HABITAN
EN EL MAR, HABRÁN
INGERIDO PLÁSTICO.

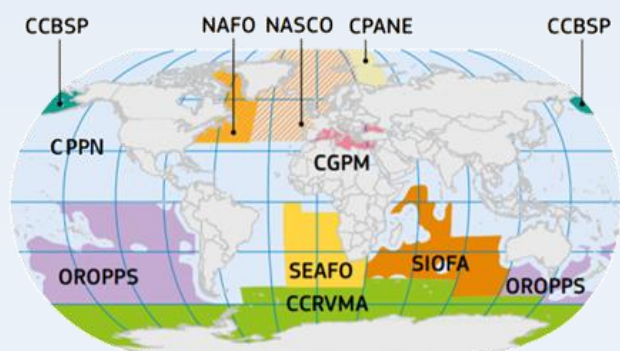


ASESORAMIENTO CIENTÍFICO Y GESTIÓN PESQUERA en aguas internacionales



OROP para poblaciones de peces altamente migratorios (atún y especies conexas)

CCSBT	Comisión para la Conservación del Atún Rojo del Sur
CIAT	Comisión InterAmericana del Atún Tropical
CICA	Comisión Internacional para la Conservación del Atún del Atlántico
CPPOC	Comisión de Pesca del Pacífico Occidental y Central
CAOI	Comisión del Atún para el Océano Índico



OROP para especies no atuneras

CCRVMA	Convención para la Conservación de los Recursos Vivos Marinos Antárticos
CCBSP	Convención sobre la conservación y ordenación de las poblaciones de abadejos en la región dental del mar de Bering
CGPM	Comisión General de Pesca del Mediterráneo
CPANE	Comisión de Pesquerías del Atlántico del Nordeste
CPPN	Comisión de Pesquerías del Pacífico Norte
NASCO	Organización para la Conservación del Salmón del Atlántico Norte
NAFO	Organización de Pesquerías del Atlántico Noroeste
SEAFO	Organización de la Pesca del Atlántico Suroriental
OROPs	Organización Regional de Ordenación Pesquera del Pacífico Sur
SIOFA	Acuerdo de Pesca para el Océano Índico Meridional

Figura 1. Principales OROPs mundiales, con sus acrónimos y áreas geográficas de influencia.

Sebastián Rodríguez Alfaro

Consultor Pesquero Sociedad Atlántica de Oceanógrafos

La gobernanza oceánica en aguas internacionales, y en particular en temas pesqueros, no es algo nuevo. Los primeros pasos en la gestión pesquera internacional se encuentran a finales del siglo XIX, cuando los estados costeros del Mar del Norte adoptaron reglas multilaterales referentes al control de la actividad pesquera. En aquellos tiempos, donde la jurisdicción de los estados costeros se restringía a las doce millas náuticas, la cooperación internacional se limitaba a la investigación conjunta y al desarrollo de bases de datos y su correspondiente análisis. La ausencia de legislación internacional hizo que los estados ribereños comenzaran a reivindicar ampliaciones en sus zonas marinas de jurisdicción nacional, toda vez que los avances técnicos a comienzos siglo XX facilitaban el acceso a nuevos caladeros fuera de las áreas de pesca tradicionales.

Si bien los primeros Organismos Regionales de Pesca (ORPs) se establecieron entre los años veinte y sesenta del siglo pasado, es durante las negociaciones de la Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar de 1982, cuando los Organismos Regionales se formalizan para asegurar la gestión adecuada de las poblaciones de peces en aguas internacionales. Desde entonces, el número de ORPs ha aumentado constantemente hasta los 53 actuales.

Una de las grandes aportaciones del Acuerdo de las Naciones Unidas sobre poblaciones de peces, que entró en vigor en 2001, fue situar a los Organismos Regionales de Pesca en el centro de la ordenación pesquera internacional. Se esperaba que el conjunto de normas multilaterales que creaban una base jurídica más sólida, ayudaría a la mayor parte de las pesquerías del mundo a evitar la tragedia del bien común en las pesquerías en aguas internacionales.

En los últimos años, la comunidad internacional se ha centrado en la necesidad de fortalecer los Organismos Regionales de Pesca. Su importancia radica en su labor como garantes de la conservación de los recursos pesqueros. Así, el Código de Conducta para la Pesca Responsable de la FAO, de 1995, su lucha contra la Pesca Ilegal, no Declarada y no Reglamentada tras el Acuerdo de Medidas del Estado Rector del Puerto de 2009, y su papel en la consecución de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, hacen de los Organismos Regionales de Pesca actores fundamentales en la gobernanza oceánica. Por lo tanto, los Organismos Regionales de Pesca son mecanismos que sirven para la interacción y la colaboración internacional en temas relacionados

con la pesca en alta mar y se caracterizan por su trabajo orientado a la conservación, gestión o desarrollo de las pesquerías.

Una de las grandes aportaciones del Acuerdo de las Naciones Unidas sobre poblaciones de peces fue situar a los Organismos Regionales de Pesca en el centro de la ordenación pesquera internacional.

Organizaciones Regionales de Ordenación Pesquera (OROPs)

Existen diferentes Organismos Regionales de Pesca, pero aquellos que tienen verdadero poder de gestión son las llamadas Organizaciones Regionales de Ordenación Pesquera (OROPs). Éstas adoptan medidas de conservación y gestión que son de obligado cumplimiento para sus miembros, tanto a nivel de control, como de toma de datos, conservación y gestión de recursos pesqueros, etc. Por lo tanto, podemos definir una OROP como una organización intergubernamental que cumple dos condiciones. En primer lugar, tiene competencia en virtud del derecho internacional para adoptar medidas de conservación y gestión jurídicamente vinculantes en materia de pesca y, en segundo lugar, el área a la que se aplica esta competencia legal incluye una parte de alta mar. En cambio, otras organizaciones solo tienen un papel consultivo y básicamente reúnen datos estadísticos, intercambian información y análisis científicos, hacen recomendaciones y permiten el intercambio de opiniones toda vez que no establecen reglas de conservación y gestión.

En este artículo trataré de describir el funcionamiento de las principales organizaciones (Fig. 1) que tienen competencia legal para adoptar medidas de conservación y gestión en alta mar, es decir de las OROPs.

La naturaleza de las OROPs es muy diversa dependiendo de su mandato, las especies objeto, su ámbito geográfico, la estructura organizativa, etc. De igual manera, la complejidad estructural de las mismas nos da una idea de la amplitud en sus tareas y la probable disposición en cuanto a la toma de decisiones. En general se estructuran en torno a una Comisión y a órganos subsidiarios (comité científico, comité de cumplimiento, comité de administración y finanzas), apoyados por grupos de trabajo específicos.



La reunión de constitución de la Organización para las Pesquerías del Atlántico Noroeste (NAFO), una de las primeras en su naturaleza, tuvo lugar en abril de 1951, en Washington DC (EE.UU), a la que asistieron los gobiernos de los cinco países fundadores (Canadá, Dinamarca, Islandia, Reino Unido y EE.UU), junto a los cinco países pendientes de ratificar su adhesión (Francia, Italia, Noruega, Portugal y España) y dos organizaciones observadoras (FAO y el Consejo Internacional para la Exploración de Mar - ICES) (Foto extraída de la web oficial de NAFO).

Tradicionalmente los aspectos científicos se han tratado de manera aislada, sin conexión alguna con los aspectos de control o cumplimiento, lo cual es un error ya que desprecia las sinergias a la hora de la obtención, tratamiento y el análisis de los datos para ser usados con propósitos diferentes.



Reunión de plenaria de la Comisión Internacional para

El asesoramiento científico en las Organizaciones Regionales de Ordenación Pesquera (OROPs)

De forma general, los objetivos comunes de las OROPs incluyen la utilización óptima y sostenible de los recursos pesqueros a largo plazo, la recuperación de aquellas especies sometidas a sobreexplotación, el control de la capacidad y el esfuerzo pesquero acorde con el rendimiento máximo sostenible, la recopilación, e intercambio de datos y, así mismo, el uso de la mejor ciencia disponible en la aplicación del principio de precaución y el enfoque ecosistémico en la toma de decisiones. Por lo tanto, disponer de un asesoramiento científico independiente es fundamental para el cumplimiento de los objetivos en cualquier OROP. Por independiente, entendemos la ausencia de cualquier parcialidad política en las recomendaciones científicas.

Este asesoramiento científico depende de la recopilación, análisis e interpretación de datos estadísticos y biológicos, con el fin de evaluar los efectos de la actividad pesquera sobre la abundancia y distribución de los recursos, así como en el medio ambiente marino. Estos datos dependen en gran medida de la cooperación voluntaria de la industria pesquera, toda vez que los datos independientes de la pesca provenientes de campañas de investigación en aguas internacionales son generalmente más escasos por el alto coste que conllevan. El estricto uso científico de los datos asociados al asesoramiento científico, debe ser acompañado de las garantías de confidencialidad en los mismos para no identificar a operadores individuales y evitar su uso con fines comerciales o políticos.



la Conservación del Atún Atlántico (CICAA o ICCAT, según sus siglas en español o inglés, respectivamente) celebrada en 2008.

El debate científico en las OROPs se estructura bien a través del personal científico dentro de la organización para llevar a cabo todas las investigaciones y análisis científicos en nombre de la Comisión, como ocurre en la Comisión InterAmericana del Atún Tropical (CIAT), o bien a través de un sistema mixto de personal científico en la Secretaría de la OROP y/o apoyo de un Comité Científico y de Grupos de Trabajo formados ambos por representantes nacionales, que es lo que ocurre en la mayoría de las OROPs. En la primera opción habría que destacar el coste enorme del mantenimiento del personal científico dentro de la Organización, mientras que en la segunda, la ausencia de participación de aquellos países con menos recursos y experiencia científica, así como el uso de representantes nacionales, puede introducir un sesgo en el asesoramiento científico. De igual forma, organismos científicos independientes pueden dar asesoramiento científico a las OROPs, tal y como ocurre con el Consejo Internacional para la Exploración del Mar (CIEM o ICES en su acrónimo de siglas en español o inglés, respectivamente) y su apoyo científico a NAFO, NASCO o CPANE, entre otras.

Un reto científico común que enfrentan todas las OROPs, es que históricamente las evaluaciones de una sola especie siguen siendo la base principal del asesoramiento científico. Sin embargo, el enfoque ecosistémico está obligando a los Comités Científicos a alejarse de su tradicional enfoque monoespecífico, para abordar evaluaciones multispecies dentro de ecosistemas a varias escalas.

La intrusión de la política en el asesoramiento pesquero es relativamente común, aunque difícil de demostrar a menos que uno esté directamente invo-

lucrado en las negociaciones, toda vez que es imposible, a partir de los informes de los Comités Científicos, evaluar si ha habido una intervención política en el proceso científico y en qué medida. Sin embargo, el aislar el asesoramiento científico de la agenda política en los procesos de las OROPs no es una solución óptima, más bien al contrario.

Tradicionalmente los aspectos científicos se han tratado de manera aislada, sin conexión alguna con los aspectos de control o cumplimiento, lo cual es un error ya que desprecia las sinergias a la hora de la obtención, tratamiento y el análisis de los datos para ser usados con propósitos diferentes. La identificación de necesidades de investigación comunes en ambos contextos, la potencial transferencia de metodologías de trabajo, la cooperación en la transferencia de conocimiento, incluso la financiación y la ausencia de equipos de trabajo conjuntos son otros de los muchos aspectos que se siguen tratando de forma inconexa. Más aún, la participación de los gestores políticos es fundamental a la hora de diseñar los objetivos de cualquier estrategia de gestión, en especial cuando hay que equilibrar múltiples objetivos a veces contrapuestos. Por la propia naturaleza de las OROPs, los debates generan discusiones complejas con componentes basados en el derecho, la economía, la ciencia, la política, la sociología, etc.

Por lo tanto, el papel de la ciencia pesquera en el proceso de gestión debe estar basado en un asesoramiento científico independiente, pero no debe estar aislado del resto de dinámicas de la OROP.

ICES 2021 ANNUAL SCIENCE CONFERENCE



Cartel anunciador de la reunión científica anual del Consejo Internacional para la Exploración del Mar (ICES-CIEM) que se celebrará entre el 6 y 9 de septiembre de 2021, en su sede de Copenhague (Dinamarca). Fundada en 1902, ICES evalúa y aconseja sobre el estado de los recursos en apoyo a las OROPs que gestionan recursos en el Atlántico Norte.

¿Hay **VIDA EN LA ARENA** de la Playa de Las Canteras?

Figura 1. Playa de Las Canteras (Gran Canaria)
(Autor: Héctor Flores).

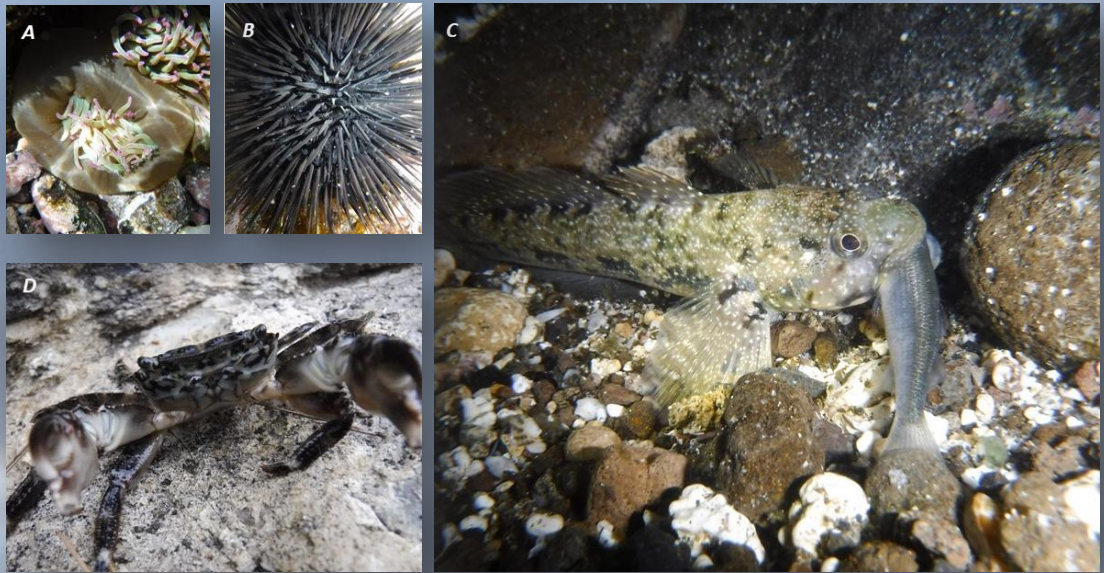


Figura 2. Macrofauna Intermareal de las Canteras: A. *Anemonia viridis*, B. *Arbacia lixula*, C. *Gobius paganellus*, D. *Pachygrapsus* sp. (Autores: Adrián Torres y Javier Martínez Pérez).

Aparentemente cuando se va a esta playa no se puede llegar a apreciar la gran biodiversidad que alberga la zona, debido a que solo se podrán ver ejemplares a simple vista entre Peña La Vieja y Playa Chica durante la bajamar, en charcos intermareales donde avistará animales macroscópicos como cangrejos, anémonas, cabozos, erizos de mar, entre otros.



Figura 3. Nematodo marino de vida libre (Autor: Udo M. Savalli)².

Adrián Torres¹ y Rodrigo Riera²

1- Estudiante de Grado de la Facultad de Ciencias del Mar, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, Campus Universitario de Tafira, 35017 Las Palmas de Gran Canaria.

2- Grupo de Investigación Biodiversidad y Conservación IU-ECOQUA, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, Edif. de Ciencias Básicas, Campus Universitario de Tafira, 35017 Las Palmas de Gran Canaria. E-mail: rodrigo.riera@ulpgce.es

Seguro que alguna vez dio un paseo observando las vistas que envuelven la playa de Las Canteras (Fig. 1), o cualquier otra playa de arena, y se fijó en la estela que dejó atrás en la arena. Entorno a ella la vida se abrirá camino.

Aparentemente cuando se va a la playa de Las Canteras no se puede llegar a apreciar la gran biodiversidad que alberga la zona, debido a que solo se podrán ver ejemplares a simple vista entre Peña La Vieja y Playa Chica durante la bajamar, en charcos intermareales donde avistará animales macroscópicos como cangrejos, anémonas, cabosos, erizos de mar, entre otros (Fig. 2).

Sin embargo, si focalizamos nuestra visión de manera microscópica a lo largo de toda la playa, es posible observar esa gran biodiversidad. La fauna microscópica que uno puede llegar a encontrar tendrá un tamaño máximo de 1 milímetro y estos animales pueden habitar tanto en la superficie de la arena (suprafauna), como a unos centímetros enterrada en la misma (infauna). Esta última también se denominan fauna intersticial debido a que suelen encontrarse en los intersticios de la arena, y es el tamaño del espacio del intersticio el que determinará la riqueza y abundancia de las diferentes especies de la infauna, además de la presencia de nutrientes y oxígeno.

La fauna microscópica que uno puede llegar a encontrar tendrá un tamaño máximo de 1 milímetro.

Por ende, a lo largo de la playa de las Canteras variarán todos esos factores, ya que en la zona de La Cícer habrá un tamaño de grano diferente, de origen volcánico, comparado con la franja de Playa Grande, donde la arena es más calcárea con aportes de restos orgánicos. Como consecuencia de tener varios tipos de arena a lo largo de toda la extensión de la playa, se podrán observar varios grupos taxonómicos pertenecientes a la fauna intersticial. Entre los grupos más abundantes que puede hallar se encuentran los nematodos, que son gusanos redondos o cilíndricos (Fig. 3), o poliquetos y oligoquetos¹, ambos pertenecientes al grupo de los anélidos, conocidos comúnmente como gusanos (Fig. 4).

Otro grupo importante que habita entre los granos de arena son los copépodos (Fig. 5), que pertenecen al grupo de los crustáceos y, por tanto, familiares lejanos de las gambas. Los copépodos pertenecen mayoritariamente al zooplancton que nos encontramos en la columna de agua, pero también nos podemos encontrar algunas especies de este grupo en los intersticios del sedimento de la playa. A pesar de su diminuto tamaño, estos pequeños animales tienen una gran importancia ecológica, siendo presa de organismos de mayor tamaño (macrofauna), que integran la red trófica presente en las playas de arena de todo el mundo^{3,4}.



Figura 5. Copépodo harpacticoide (Autor: Udo M. Savalli)².



Figura 4. Anélidos: 1-Poliqueto (Autor: Udo M. Savalli)², 2-Oligoqueto (Autor: Dariusz Halabowski)¹.

La función principal de la fauna intersticial es alimentarse de la materia orgánica que se acumula en el sedimento, además de controlar la población de bacterias. Gracias a este consumo habrá un transporte de materia orgánica hacia los depredadores que se hallan tanto dentro de la arena, como de peces que se alimentan de estos organismos, entre los que destacan el tapaculo (*Bothus podas*) o la herrera (*Lithognathus mormyrus*).

Y ahora... ¿Volverás a ver la Playa de Las Canteras de la misma mirada que antes de leer este artículo?

Bibliografía

- (1) Halabowski, D., Krodkiewska, M., Sowa, A., Lewin, I. 2019. Ocean. Hidrobiol. Stud., 48(3):290-295.
- (2) Udo Savalli. 2021. <http://www.savalli.us/index.html>
- (3) Gerlach, S.A. 1971. Oecologia, 6(2):176-190.
- (4) Gee, J.M. 1989. Zool. J. Linn. Soc., 96:243-261.

Otro grupo importante que habita entre los granos de arena son los copépodos, que pertenecen mayoritariamente al zooplancton que nos encontramos en la columna de agua, pero también nos podemos encontrar algunas especies de este grupo en los intersticios del sedimento de la playa.

En el momento en el que las algas se fijan sobre ellos, la protección y fuente de alimento que proporcionan crean el ambiente perfecto para que numerosos organismos marinos habiten en estas estructuras y lo utilicen como “guardería” de sus juveniles.



**VIDA EN LOS MUROS,
DIQUES Y ESCOLLERAS**
que se construyen sobre el mar

Figura 1. Sustrato artificial en Porto Santo (Madeira, Portugal).

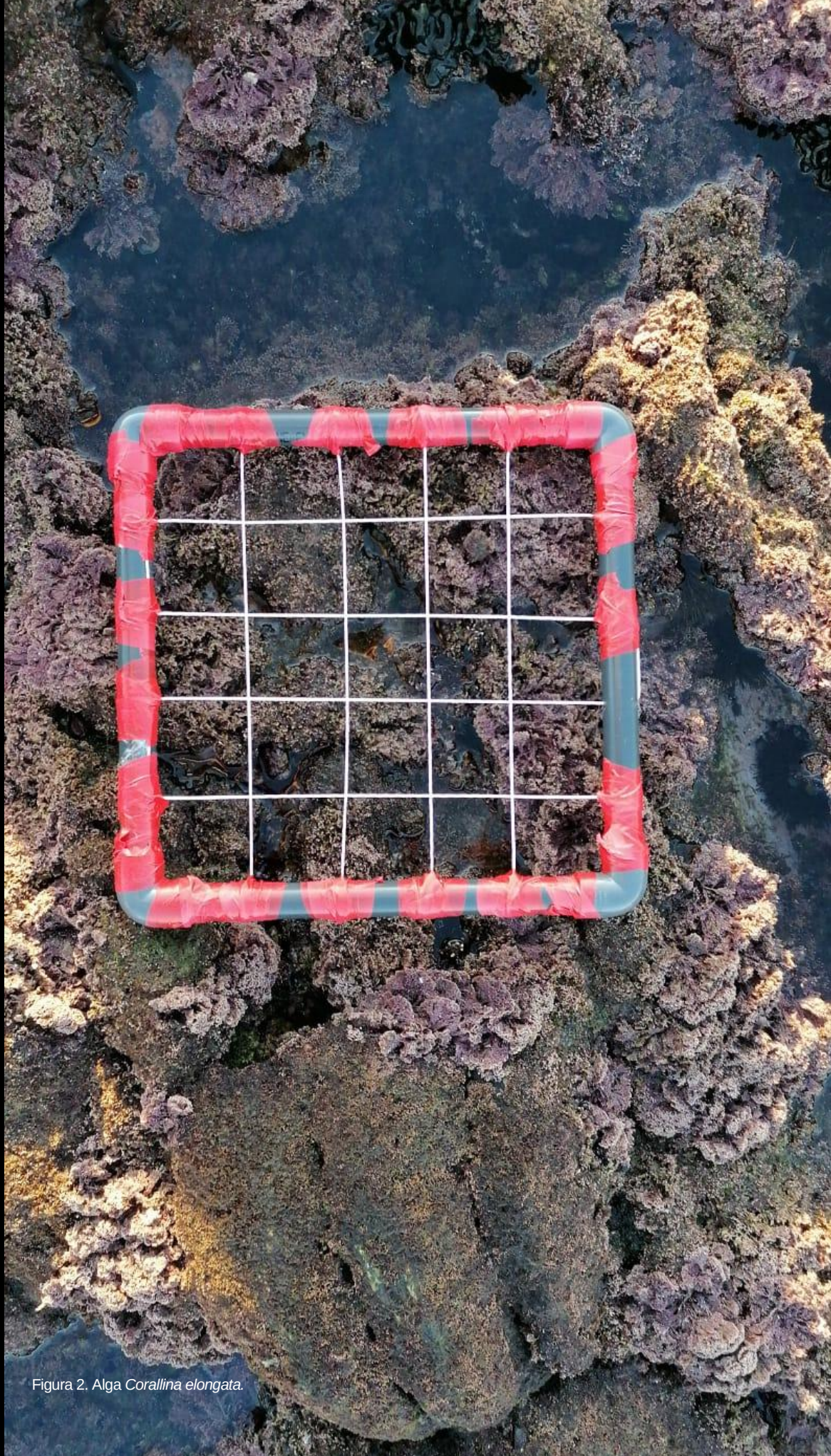


Figura 2. Alga *Corallina elongata*.



Figura 3. Dos ejemplares de anfípodos (Fuente: Museo Nacional de Historia Natural, Santiago de Chile)¹.

Es muy común encontrarnos diferentes estructuras construidas en las playas como espigones o muelles y puertos.

En estos ecosistemas artificiales podemos encontrar diferentes especies de algas como la *Cystoseira*, el *Codium intertextum* o la *Ulva rigida*, además de cianobacterias.

La gran variedad de grupos tróficos que ocupan los anfípodos, desde filtradores o carroñeros hasta carnívoros o herbívoros, pero que también forman parte de la dieta de otros organismos como los cangrejos, les permite cumplir un importante papel en la cadena trófica.

Juan Carlos de La Rosa¹ y Rodrigo Riera²

1- Estudiante de Grado de La Facultad de Ciencias del Mar, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, Campus Universitario de Tafira, 35017 Las Palmas de Gran Canaria.

2- Grupo de Investigación Biodiversidad y Conservación IU-ECOQUA, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, Edif. Ciencias Básicas, Campus Universitario de Tafira, 35017 Las Palmas de Gran Canaria. E-mail: rodrigo.riera@ulpgc.es

Es muy común encontrarnos diferentes estructuras construidas en las playas como los espigones o los muelles y puertos (Fig. 1). Estas estructuras cumplen funciones importantes, pero ¿Te has parado a pensar si hay vida en ellos?

Cuando observamos desde la playa estas estructuras no nos paramos a pensar en el papel que pueden desempeñar en el medio en el que se construyeron. Estos toman una nueva función como pequeños “arrecifes artificiales”, siendo un conjunto de estructuras que sirven como refugio de numerosos organismos marinos. En el momento en el que las algas se fijan sobre ellos, la protección y fuente de alimento que proporcionan crean el ambiente perfecto para que numerosos organismos marinos habiten en estas estructuras y lo utilicen como “guardería” de sus juveniles. Estos nuevos sustratos que, en algunos casos llegan a “imitar” el ecosistema marino intermareal, ya que también quedan parcialmente inundados y emergidos acorde con las pleamares y bajamares, crean accidentalmente un nuevo y pequeño ecosistema donde reinan las algas.

En estos ecosistemas artificiales podemos encontrar diferentes especies de algas (Fig. 2) como la *Cystoseira*, el *Codium intertextum* o la *Ulva rigida*, además de cianobacterias. El microhábitat que crean estas algas provoca la aparición de los crustáceos, que dominan, en términos de abundancia, este nuevo hábitat. Nos podemos encontrar muchas especies de este grupo, desde pequeños cangrejos hasta anfípodos (Fig. 3), parientes en miniatura de las gambas o camarones, que llegan a ser con diferencia los más numerosos en estos ambientes. Los anfípodos no solo se aprovechan de las ventajas que les ofrece este sustrato, sino que también cumplen funciones muy importantes. Por un lado, la gran variedad de grupos tróficos de este taxón, que varía desde filtradores o carroñeros hasta carnívoros o herbívoros, pero que también forman parte de la dieta de otros organismos como los cangrejos, cumpliendo un importante papel en la cadena trófica.

Bibliografía

- (1) MNHN (Servicio Nacional de Patrimonio Cultural, Gobierno de Chile). 2021. Breve introducción a los anfípodos. https://www.mnhn.gob.cl/613/w3-article-52355.html?_noredirect=1



OBJETIVOS
DE DESARROLLO
SOSTENIBLE

14 VIDA
SUBMARINA



Javier Almunia



“Es fundamental que la sociedad entienda el papel de los zoológicos en la conservación de la biodiversidad”

Doctor en Ciencias del Mar por la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, presenta una gran experiencia en proyectos de investigación relacionados con conservación de fauna terrestre y marina de los océanos Índico y Atlántico. En 1999 entra a colaborar con la Loro Parque Fundación (LPF), ha sido presidente de la Asociación Europea de Mamíferos Acuáticos (EA-AM) y actualmente es presidente de la Asociación Ibérica de Zoos y Acuarios (AIZA).

¿Qué es Loro Parque Fundación?

Loro Parque Fundación es una ONG fundada en 1994 que financia y desarrolla proyectos de conservación de la biodiversidad en más de 40 países. Su misión es conservar las especies silvestres y sus hábitats, a través de la educación, la investigación aplicada, los programas de cría responsables y las actividades de conservación basadas en las comunidades locales que usan a los loros y cetáceos como embajadores de la naturaleza.

¿Cómo trabaja esta fundación?

Desde su creación ha invertido casi 23 millones de dólares en más de 210 proyectos de conservación en todo el mundo. A pesar de que el 80% de la financiación se dedica tradicionalmente a proyectos de conservación de biodiversidad terrestre que usan las aves psitácidas (loros y papagayos) como estandarte, Loro Parque Fundación tiene ya una trayectoria importante en proyectos de conservación en el medio marino.

¿Podrías destacar alguno de sus proyectos o líneas de trabajo?

Este año se cumplen 15 del inicio de la colaboración para el estudio y la conservación de las poblaciones de orcas del Estrecho de Gibraltar, que ha propiciado la designación de un Área Marina Protegida para la especie en la costa andaluza. Pero Loro Parque Fundación ha participado en muchos más, como estudios de ecotoxicología en cetáceos de Canarias, el desarrollo de la red SANICET para evaluar la salud de los cetáceos en la Macaronesia, o proyectos de conservación de angelote, tiburón martillo, mantelinas, tortugas marinas, etc. Sin duda uno de los más destacables es el proyecto CanBIO que coordina Loro Parque Fundación y que en 4 años invertirá dos millones de euros co-financiados por Loro Parque y el Gobierno de Canarias para monitorizar en Canarias los efectos en el mar del cambio climático, la acidificación oceánica y el ruido submarino. Gracias a este proyecto se han instalado dos boyas oceanográficas (una en la bahía de Gando en Gran Canaria, y la otra en la Restinga en El Hierro) que son las dos primeras estaciones permanentes de monitorización de acidificación oceánica y ruido submarino en el archipiélago. Aunque, desde el punto de vista biológico, el proyecto más destacable es el de conservación del delfín jorobado del Atlántico en el Delta del Saloum (Senegal) en el que Loro Parque Fundación ha comenzado a colaborar este año, y que tiene como objetivo establecer medidas de emergencia para salvar a este cetáceo críticamente amenazado.

“Nunca he oído hablar a los animalistas anti-zoológicos de la inminente extinción de la vaquita marina”

Sobre el parque en sí: ¿Cuántas especies tienen actualmente?

Loro Parque alberga unas 500 especies de animales, la mayoría son loros. De este grupo taxonómico el parque mantiene casi la mitad de la biodiversidad que existe en el planeta.

¿En cuántos proyectos están vinculados?

Los proyectos de investigación en los que Loro Parque participa se concentran básicamente en las psitácidas ya que es un lugar ideal para llevar a cabo estudios comparados. Desde 2014 Loro Parque cuenta con una sede del Max Plank Institute for Ornithology en sus instalaciones, donde un grupo de investigadores llevan a cabo experimentos sobre cognición comparada en distintas especies de loros en laboratorios a la vista de los visitantes. Este trabajo ha supuesto un enorme avance en el conocimiento sobre la cognición en estos animales, y el grupo de investigación produce cada año varias publicaciones en revistas científicas. La investigación científica sobre cetáceos también es una de las líneas principales de Loro Parque, que colabora con las dos universidades canarias en investigaciones sobre bienestar, medicina veterinaria, bioacústica, inteligencia artificial aplicada a la etología, etc. En los más de 27 años de historia de la Fundación se ha establecido una red de trabajo con 73 Universidades y centros de investigación de todo el mundo que permite que más de 100 investigadores y estudiantes en prácticas nos visiten cada año, poniendo en valor el papel de un zoológico moderno para la ciencia.

En relación con el Poema del mar ¿Cuántas especies tienen actualmente? ¿Cuál es la línea de trabajo de este centro?

Poema del Mar alberga algo más de 200 especies principalmente de peces, algunos de ellos dentro de proyectos de conservación coordinada dentro de la red de zoológicos europea. Desde el punto de vista de la conservación, la biodiversidad acuática se enfrenta a un menor nivel de amenaza. Las grandes poblaciones de peces marinos tienen una gran resiliencia por el enorme número de individuos que las conforman, y en este caso las especies con problema de conservación son organismos de agua dulce, con pequeñas poblaciones reducidas a la cuenca de un río o a ecosistemas lacustres. Sin embargo, en la última década han empezado a ser más frecuente ver organismos

marinos en la Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN, especialmente elasmobranchios. En ese sentido Poema del Mar colabora a través de Loro Parque Fundación en proyectos de conservación en Canarias del angelote y la mantelina, ambos en colaboración con la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria y Angel Shark Project Canary Islands. También hay una estrecha colaboración con el Cabildo de Gran Canaria para la recuperación de tortugas marinas rescatadas, siempre que es necesario para su fase final de rehabilitación, antes de la suelta. A pesar de que el acuario tiene unos pocos años de historia se está afianzando su actividad de investigación y conservación. Y esperamos muy pronto poder reforzarla con nuevos proyectos de investigación de los elasmobranchios más amenazados de Canarias.

Centros como el Poema del Mar o Loro Parque siempre están bajo el foco de grupos ambientalistas. ¿Cuál es el mensaje a trasladar a la sociedad?

Existe un pequeño (aunque muy ruidoso) sector de organizaciones animalistas que critican el papel e incluso ponen en cuestión la mera existencia de los zoológicos y acuarios, especulando sobre el bienestar de los animales sin ninguna evidencia científica. Esta es una postura emocional y que en la mayoría de los casos revela un profundo desconocimiento de la ecología, del funcionamiento de la naturaleza o del valor de la biodiversidad. Lo estamos viendo en Canarias en el debate sobre el control y eliminación de las especies exóticas e invasoras, los animalistas que critican a los zoos son los mismos grupos que toman posiciones extremistas en contra del control de las cabras o los gatos asilvestrados. Una postura algo pueril, basada en un amor incondicional a los animales “monos” (casi siempre mamíferos), pero que no tiene en cuenta el perjuicio para las futuras generaciones que supondrá la pérdida de especies de animales y plantas únicas e insustituibles de nuestra biodiversidad. Nunca he oído hablar a los animalistas anti-zoológicos de la inminente extinción de la vaquita marina, una marsopa que la captura accidental está exterminando en el Mar de Cortés, en México, ni del delfín jorobado del Atlántico, que se enfrenta a un destino parecido. Para ellos lo único importante es que unos cuantos animales que viven en zoológicos y acuarios sean libres, minusvalorando el sufrimiento de los animales salvajes y completamente indiferentes al hecho que desaparezcan especies. Por eso nunca podrán entender el papel de los zoológicos en la conservación de la biodiversidad, hay que cuidar de los individuos sí, pero siempre pensando en las especies.

LOS MARES SE ESTÁN CONVIRTIENDO
EN VERTEDEROS DE PLÁSTICOS

**RECICLABLE
NO ES IGUAL A
RECICLADO**



GREENPEACE

Figura 1. Esquema del desarrollo de un tsunami generado por un terremoto.



TSUNAMIS: perturbación submarina

Desde el punto de vista científico, existen varias líneas de investigación relacionadas con los tsunamis, siendo siempre el objetivo generar conocimiento para poder evaluar la amenaza a la que están sometidas las costas.

Airam Sarmiento Lezcano

Sociedad Atlántica de Oceanógrafos

La Asamblea General de las Naciones Unidas, que tuvo lugar en diciembre de 2015, designó el 5 de noviembre como el *Día Mundial de Concienciación sobre los Tsunamis*, como una manera de reconocer la importancia de estar preparados ante estos fenómenos que pueden acabar con la vida de muchas personas. Por ello, contar con sistemas de alerta en sitios que estén expuestos a estas grandes olas para proteger y prevenir los daños causados por los tsunamis son de suma importancia. Además de llegar al primer acuerdo mundial de gran alcance sobre la reducción del riesgo de desastres, también dio pie a la creación del sistema de alerta y mitigación de los efectos de los tsunamis en el Océano Índico, y para el cual se han instalado decenas de estaciones de vigilancia sismológica y de nivel del mar.

Un tsunami o sunami es una sucesión de olas de gran tamaño creadas por alguna perturbación submarina, generalmente asociada con terremotos que ocurren debajo o cerca del océano. Erupciones volcánicas, deslizamientos de tierra submarino y desprendimientos de rocas en la costa son los principales responsables de generar estas series de olas que impactan sobre las costas. Cuando ocurre una ruptura en una falla geológica submarina en océano abierto, se desplaza la columna de agua hacia arriba con la suficiente fuerza para generar una ola (Fig. 1). Estas viajan en todas las direcciones y en cuanto entran en aguas pocas profundas, se comprimen, disminuyendo su velocidad y aumentando en altura. Cerca de costa las olas alcanzan su mayor tamaño y las corrientes de agua se intensifican, convirtiéndose en una amenaza. El término "tsunami" tiene su origen en las palabras japonesas "tsu" (que significa puerto) y "nami" (que significa ola).

Desde el punto de vista científico, existen varias líneas de investigación relacionadas con los tsunamis, siendo siempre el objetivo generar conocimiento para poder evaluar la amenaza a la que están sometidas las costas por estos fenómenos naturales. Para ello, se estudian las evidencias geológicas que dejan los terremotos y tsunamis en la estratigrafía como resultado tanto del sacudimiento sísmico, como de la inundación generada por el tsunami posterior¹. El análisis de documentos históricos que describen eventos pasados permite caracterizar los tsunamis y compararlos con los registros geológicos.



Llegada del tsunami a la costa de la isla de Sumatra (Indonesia), el 26 de diciembre de 2004, y que dejó más de 490 mil muertes tras su paso (foto extraída de dpa.mag/picture.alliance).

En cuanto a esto, los estudios de los depósitos de tsunamis asociados con los terremotos han dado como resultado una serie de documentos extremadamente detallados, en el que a partir de descripciones estratigráficas se observan grandes cantidades de materiales que fueron transportados y depositados en zonas que están por encima del nivel del mar. Estos estudios han proporcionado información relativamente inequívoca sobre la naturaleza de los tsunamis anteriores y también han señalado formas en las que se pueden distinguir los depósitos de tormentas y de tsunamis².

Teniendo en cuenta que a lo largo de la historia se han registrado más de 50 tsunamis, en todo el mundo, que han arrasado grandes extensiones de costa y acabado con la vida de numerosas personas, superando a cualquier otro desastre natural, es importante tener un registro para conocer las características de los tsunamis del pasado para afrontar con tecnología puntera las alertas de tsunami y, así, poder minimizar sus daños, principalmente en vidas. Actualmente, las mediciones en tiempo real del Sistema de Posicionamiento Global (GPS) pueden ser utilizadas para detectar los desplazamientos de las placas oceánicas. Estos datos permiten reducir el tiempo de alerta de un tsunami (entre 2 a 5 minutos) para así poder tomar decisiones en el menor tiempo posible con el objetivo de reducir los daños. Según los nuevos estudios del Centro Sismológico Nacional (CSN) de Chile y de la Universidad de Berkeley, con los nuevos instrumentos instalados en las estaciones

sismológicas alrededor del mundo se puede predecir con mayor rapidez y precisión el tamaño de un tsunami y, por ende, aumentar la velocidad y la precisión de las alertas de tsunami. Recordando el tsunami que ocurrió en Tohoku, Japón, en el año 2011, famoso por haber causado estragos en la planta nuclear de Fukushima y más de 15.000 muertes, se constató que los sistemas de detección antiguos tenían una sensibilidad de detección demasiado baja y un umbral de alerta bastante conservadora, ya que realmente el seísmo fue 30 veces más fuerte que el estimado, ya que el tsunami alcanzó una altura de ola de unos 30 metros sobre el nivel del mar y penetró costa adentro hasta 10 km.

Aunque los científicos han tomado de base de estudio este tsunami, así como otros, para recopilar datos sobre los registros de la fuente del terremoto, propagación del tsunami y la inundación que produjo cada evento para mejorar la toma de decisiones, se cree que con los nuevos instrumentos de monitoreo que incluyen modelos de terremotos y de tsunamis a tiempo real se podrían generar planes de acciones para mitigar los daños mucho más rápidos y precisos.

Bibliografía

- (1) Bondevik, S., Svendsen, J. I., Johnsen, G., Mangerud, J., and Kaland, P. E. 1997. *Boreas*, 26(1):29-54.
- (2) Dawson, A. G., Shi, S. 2000. Tsunami deposits. *Pure and applied geophysics*, 157(6), 875-897.

Anguila eléctrica (*Electrophorus electricus*) nadando en un río (Autor: Clinton & Charles Robertson, RAF Lakenheath, UK & San Marcos, TX, USA & UK).

Anguilas a la caza

El equipo de Douglas A. Baston, del Instituto Nacional de Investigación Amazónica del Brasil, ha documentado recientemente que las anguilas eléctricas (*Electrophorus voltae*) de los ríos de la cuenca del Amazonas, que atacar a sus presas con descargas de hasta 860 voltios, cazan en manadas de manera similar a los lobos o a las orcas. Este hallazgo abre el camino a nuevos estudios para investigar la evolución de la depredación social entre los peces. Durante la noche estas anguilas se agregan en pozas poco profundas, emboscando y lanzando ataques grupales (de unos 10 individuos) sobre a los cardúmenes de peces tetra, inmovilizándolos y devorando a estos pequeños peces. Este comportamiento de caza en grupo solo se ha registrado durante el periodo en que los ríos llevan menos aguas, posiblemente porque con niveles altos los cardúmenes de peces tienen más posibilidades de escapar de las emboscadas de las anguilas (Ecol. Evol., 11:1088-1092; 2021).

Albatros rastreadores de acumulaciones de basura en el mar

Conocer la distribución de la basura en las aguas superficiales del océano puede ser de gran importancia para reducir su impacto sobre muchos organismos, principalmente sobre las aves marinas. Para ello, Bungo Nishizawa y sus colaboradores, del Instituto Nacional para Investigación Polar de Tachikawa (Japón), han utilizado albatros de patas negras (*Phoebastria nigripes*) equipados con cámaras y dispositivos GPS, lo que les ha permitido cartografiar las grandes acumulaciones de desechos flotantes a lo largo de la corriente del Kuroshio, en el Océano Pacífico noroccidental. La basura se concentró en el área sur de la corriente de Kuroshio, donde la corriente superficial es débil y los albatros buscaban alimento.

Albatros de patas negras (*Phoebastria nigripes*) alzando el vuelo
(Autor: Jason Crotty, Oregón).



Distribución de la basura superficial marina al sur de Japón (círculos rojos) determinada a partir de la trayectoria seguida por los albatros (líneas verdes) y las imágenes que estos proporcionaban (extraída de Nature Scientific Reports, 2021, 11:10944).

Granjas flotantes de cultivo de salmón en Kamøyvær, Noruega (Autor: Diego Nelson).

Los albatros mostraron cambios en la dirección de vuelo hacia los desperdicios cuando se encontraban a una distancia media de 4,9 km, de forma similar a cuando se acercaban a sus presas. Desgraciadamente, los investigadores también observaron como una de estas aves picoteaba una lámina de plástico para ingerirla (Nat. Sci. Rep., 11:10944; 2021).

¿Hasta cuánto nos puede alimentar el mar?

Christopher Costello, de la universidad de California, y sus colaboradores internacionales se han hecho la pregunta hasta qué punto los océanos pueden proveer alimento a la creciente población mundial y en qué forma puede ser eso sostenible. Los alimentos procedentes del mar representan solo el 17% de la producción actual de proteína animal comestible, pero los sistemas actuales de producción (la pesca, la acuicultura de peces y el cultivo de bivalvos) tienen limitaciones ecológicas, económicas, reglamentarias y

tecnológicas. El equipo de investigadores estima que si se realizan las adecuadas reformas políticas, de innovación y el alcance de los cambios futuros en la demanda, los alimentos marinos podrían aumentar de 21 a 44 millones de toneladas para 2050, un aumento del 36 a 74% en comparación con los rendimientos actuales. Esto representa entre el 12% y el 25% del aumento estimado de la disponibilidad de proteínas de origen animales necesarias para alimentar a 9.800 millones de personas en 2050. Es probable que se produzcan aumentos en los tres sectores indicados, pero sin duda serán más pronunciados en la acuicultura (Nature, 588:95-100, 3 Dec 2020).

Las anémonas muestran como de rápido se puede evolucionar

Las anémonas, y sus parientes las medusas oceánicas y los tranquilos corales, presentan una serie de células urticantes conocidas como cnidocitos, que



Anemona *Heteractis crispa* dando cobijo a una pareja de peces payaso inmunes a las toxinas de los cnidocitos (Autor: Brocken Inaglory).

con sus agujones son las responsables de las desagradables picaduras que muchos hemos experimentados cuando tenemos un encuentro fortuito con ellas en las playas de todo el mundo. Pero Leslie Babonis, investigador de la Universidad de Florida, y sus colaboradores han descubierto que estas células con un mecanismo evolutivo simple podrían haber permitido que las anemonas y resto de cnidarios fuesen capaces de adaptarse rápidamente a nuevos entornos. Los biólogos utilizaron la herramienta de edición de genes CRISPR para eliminar el gen Sox2 de la anémona, conocido por su importancia en el desarrollo neuronal de muchos animales. Como resultado, las células de los cnidocitos estaban deformadas o faltaban. En la pared del cuerpo, esas células fueron reemplazadas por células que disparan hilos pegajosos que daban otras posibilidades adaptativas y colonizar nuevos ambientes.

Las aguas turbias están provocando la muerte por hambre de manatíes

En el invierno de 2020-2021, 761 manatíes (*Trichechus manatus latirostris*) que invernan en la laguna de Indian River, según la Comisión de Conservación de Pesca y Vida Silvestre (FWC) de Florida (EE.UU.), murieron de hambre debido a la desaparición de los sebadales o pastos marinos de los que se alimentan por culpa de la contaminación de las aguas.

Los manatíes no toleran agua de menos de 20 °C, por lo que durante los meses más fríos se reúnen en la laguna de Indian River alrededor de 2000 de estos grandes animales, resguardados en las aguas cálidas producidas por las descargas de los sistemas de refrigeración de las centrales eléctricas. Pero esta laguna recoge también las escorrentías de aguas agrícolas y aguas residuales, por lo que el exceso de nitrógeno y fósforo ha dado lugar a la proliferación de grandes masas de microalgas que impiden que la luz del sol llegue hasta los sebadales, que acaban muriendo, situa-



Manatí alimentándose de algas y fanerógamas marinas (Autor: Fritz Geller-Grimm).

ción que empeora cada año. El frío hizo que los manatíes acabaran con los pocos pastos marinos que quedaban en la zona, y se refugiaron en la laguna para mantenerse calientes. La falta de pastos hizo que muchos animales debilitados por el hambre aparecieran muertos en la costa.

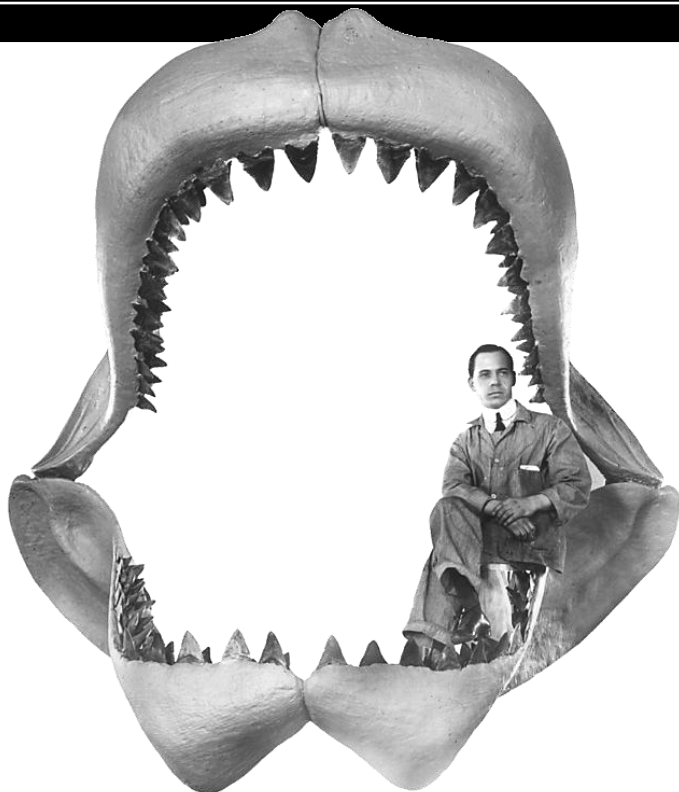
Barcos más limpios con la atmósfera, pero más sucios con el mar

El equipo técnico del International Council on Clean Transportation (ICCT), liderado por Bryan Comer, viene alertando de que la incorporación en grandes barcos con sistemas que capturan los gases contaminantes en filtros con agua de mar, para adaptarlos a la regulación que obliga a reducir las emisiones de azufre, está produciendo una mayor contaminación del mar por el vertido del agua residual cargada de contaminantes. Unos 4300 barcos equipados con depuradores ya están liberando al menos 10 gigatoneladas de aguas residuales cada año.

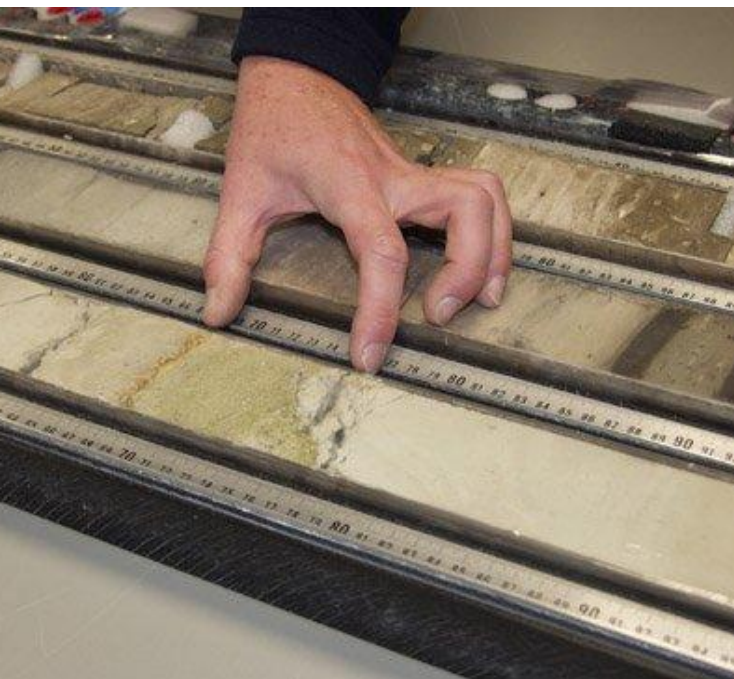


Barco crucero atracado en el Puerto de Ocho Ríos, en Jamaica (Autor: CoolChris99).

El problema surge como consecuencia de la regulación de 2020 puesta en marcha por la Organización Marítima Internacional (OMI), prohibiendo el uso de fueloil con alto contenido de azufre y reducir los contaminantes que contribuyen a la lluvia ácida, y las emisiones metales tóxicos como el cobre y compuestos cancerígenos llamados hidrocarburos aromáticos policíclicos que causa decenas de miles de muertes por contaminación del aire.



Reconstrucción de las mandíbulas del megalodón (*Charcharodon megalodon*), un tiburón gigante que habitó las aguas oceánicas desde el Mioceno temprano hasta el Plioceno, hace entre 19,8 y 2,6 millones de años (reconstrucción realizada por Bashford Dean en 1909).



Más de 135 kilómetros de testigos (cores en inglés) de sedimentos, principalmente obtenidos de perforaciones en el Océano Atlántico, están almacenados en Repositorio de Núcleos de Sedimentos de Bremen, del Programa Integral de Perforaciones Oceánicas (IODP) (Fuente: MARUM - Center for Marine Environmental Sciences; distribuida por imaggeo.egu.eu).

Lo más preocupante es que gran parte de estos vertidos se realizan en zonas altamente sensibles como la Gran Barrera de Coral, que recibe alrededor de 32 millones de toneladas de efluentes de depuradores por año al está cerca de una importante ruta de transporte, y las Islas Galápagos. Pero son las zonas portuarias las que experimentan descargas más importantes, y son los cruceros los buques que dominan en este tipo de emisiones, con un 96% de las descargas en siete de los 10 puertos más importantes del mundo, la mayoría con aguas poco profundas donde los contaminantes tienen una menor dilución y pueden acumularse más rápidamente.

La misteriosa gran extinción masiva de tiburones en el Mioceno

Las poblaciones de tiburones han sido diezgadas en las últimas décadas debido principalmente a su sobrepesca indiscriminada. Sin embargo, estos impresionantes animales han sufrido cambios muy significativos y poco conocidos en su abundancia y diversidad a lo largo de la historia del planeta. Elizabeth Sibert y Leah Rubin, de la Universidad de Harvard (EE.UU.), estudiando los dientes de tiburón enterrados en sedimentos de aguas profundas, han puesto de manifiesto que la diversidad actual de tiburones es sólo una pequeña muestra de la multitud de especies y formas que desaparecieron como consecuencia de un evento de extinción oceánica masiva que no había sido identificado hasta ahora. Esa extinción, que ocurrió en el Mioceno temprano, hace aproximadamente 19 millones de años, provocó una reducción de la diversidad de tiburones en más del 70%, principalmente de las especies oceánicas, y una pérdida casi completa de la abundancia. No se conoce ningún suceso climático y/o ambiental que pudiera ser el motivo de dicha extinción, y su causa sigue siendo un misterio. Las formas modernas de tiburones comenzaron a diversificarse hace entre 2 y 5 millones de años después de esta gran extinción, pero actualmente es solo una pequeña porción de lo que alguna vez fueron los tiburones (Sciences, 372(6546):1105-1107).

Combustibles de desperdicios de plástico

Los plásticos de un solo uso representan una enorme amenaza para el medio ambiente, y principalmente para la vida en el océano, pero su reciclaje, especialmente de las poliolefinas, sin dejar de ser un desafío, puede ser una gran oportunidad de

futuro. El equipo liderado por Dionisios Vlachos, de la Universidad de Delaware (EE.UU.), ha ideado un método directo para convertir las poliolefinas en combustibles líquidos, como diésel y gasolina, con un rendimiento de hasta el 85% a temperaturas relativamente bajas (225 °C). El proceso se realiza mediante una catálisis metálica en tándem con activación inicial del polímero principalmente por platino (Pt), sobre superficies ácidas de triodo de wolframio, óxido de zirconio y zeolita (WO₃/ZrO₂ y zeolita HY). El proceso se puede ajustar para convertir diferentes desechos plásticos comunes, incluidos polietileno de baja y alta densidad, polipropileno, poliestireno, botellas y bolsas de polietileno de uso diario y plásticos compuestos en combustibles deseables y lubricantes ligeros (Science Advances, 2021; 7: eabf283).

Vida bajo el subsuelo caliente del océano profundo

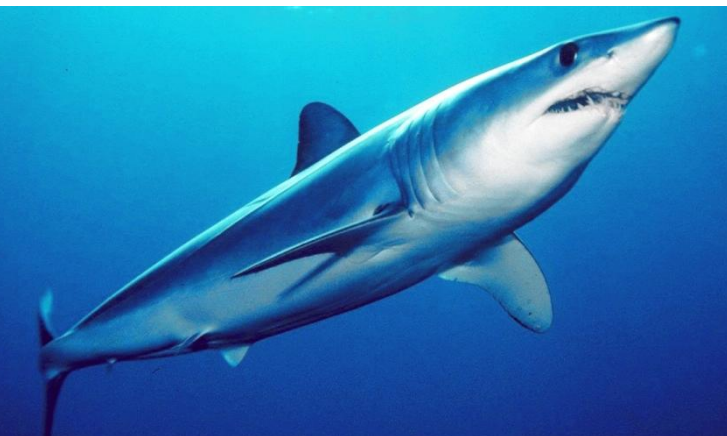
El equipo multidisciplinar liderado por Verena Heuer (Universidad de Bremen, Alemania) ha demostrado que, a gran profundidad, en el subsuelo marino, los sedimentos presentan un ecosistema microbiano masivo, donde la diversidad microbiana es tan rica como en la superficie de la Tierra. Descubrieron 40.000 tipos diferentes de microorganismos a partir de muestras de núcleos de 40 sitios en todo el mundo. De hecho, los microorganismos en los sedimentos del subsuelo marino contribuyen de manera importante a la biomasa global. Un dato importante surge del análisis de muestras de perforaciones en la fosa de Nankai, una zona de subducción frente a la costa de Japón, donde comprobaron que la vida microbiana, en particular las células vegetativas bacterianas, disminuye a medida que la profundidad y la temperatura de los sedimentos aumentan, hasta aproximadamente 600 metros por debajo del lecho marino con temperaturas de hasta 70 °C. Sin embargo, muy por debajo de este límite, a unos 1180 metros de espesor, han encontrado un reino hirviente (a 120 °C) poblado por células vegetativas en forma de endosporas (células inactivas de ciertos tipos de bacterias que pueden reactivarse y cambiar a un estado vivo en condiciones favorables), coexistiendo con altas concentraciones de acetato y sulfato, y también hay signos de actividad hipertermofílica. Esto demuestra que la vida se abre paso incluso en entornos muy extremo e inhóspito y deja abierta la posibilidad de que también pueda haber vida en entornos hostiles en otros planetas (Science, Dec 2020, 370(6521):1230-1234).



Sello de 1994 emitido por la República Popular China con un grabado del esturión chino (*Acipenser sinensis*).

Las presas del Yangtze condenan a los esturiones chinos

La construcción por parte de China de grandes centrales hidroeléctricas en los ríos Yangtze y Jinsha está generando un impacto muy negativo en las poblaciones de esturión chino (*Acipenser sinensis*), alterando el comportamiento de desove y reproducción y los hábitos de migración. En la década de 1970, había más de 10.000 poblaciones reproductoras de esturión chino en el río Yangtze, pero el número se redujo a 2.176 en la década de 1980 cuando se inauguró la primera presa del Yangtze, reduciéndose a sólo 57 en 2010. La IUCN clasifica a esta especie como en peligro crítico de extinción. El río Jinsha, uno de los afluentes del Yangtze, es el lugar de desove tradicional y el hábitat natural de reproducción del esturión chino, pero también es la base hidroeléctrica más grande de China. La construcción de presas en cascada en este río obstaculiza la migración de desove del esturión. Desde que los embalses de Las Tres Gargantas, Xiangjiaba y Xiluodu comenzaron a operar en 2008, 2012 y 2013, respectivamente, la reproducción efectiva del esturión chino se ha perdido en su gran mayoría, y la población silvestre se enfrenta a la extinción. Aunque China cría artificialmente y libera esturiones, así como prohibió en 2020 su pesca en el Yangtze, la estrategia no está dando resultados. Xinfu Zhou y su equipo de la Universidad de Pekín, indican que para salvar la población se debe disminuir el efecto negativo de las presas, reevaluando el impacto ecológico del proyecto hidroeléctrico del río Jinsha, y construyendo un canal que posibilite el flujo del esturión chino, y de otras especies migradoras, a lo largo de los ríos Jinsha y Yangtze (Science Dec 2020; 10.1126/science.abf4946).



Ejemplar de marrajo o tiburón mako (*Isurus oxyrinchus*) (Autor: Mark Conlin, SWFSC Large Pelagics Program, NOAA, EE.UU.).



Pareja de elefantes marinos del norte (*Mirounga angustirostris*) en el Santuario Marinos del Golfo de los Farallones (California, EE.UU.) (Autor: Jan Roletto).



La mayor parte de la contaminación por residuos plásticos llegan al mar a través de los ríos (Autor: Stephen Codrington).

El tiburón más rápido del mundo nada hacia la extinción

El marrajo común o tiburón mako (*Isurus oxyrinchus*) está en peligro de extinción a nivel mundial por la gran demanda comercial de su carne y aletas. A pesar de esta amenaza para la especie, varios países con intereses pesqueros continúan bloqueando las políticas recomendadas por la comunidad científica para reconstruir sus poblaciones y reducir las capturas en aguas internacionales. En la reunión de noviembre de 2020 de la Comisión Internacional para la Conservación del Atún del Atlántico (ICCAT), la Unión Europea y Estados Unidos hicieron caso omiso del asesoramiento científico y bloquearon la propuesta de Canadá, Senegal, Reino Unido, Taipei y Gabón para prohibir la captura de marrajo del Atlántico norte.

David Sims (Universidad de Southampton), Gonzalo Mucietes (Instituto de Investigaciones de Marina de Vigo) y Nuno Queiroz (Universidad de Oporto), indican que la última evaluación de la población de marrajo estima que la recuperación de la población del Atlántico norte se puede lograr para 2070 si la captura total es inferior a 300 toneladas, incluyendo los descartes, seis veces menos que las actuales. Una mortalidad anual de 1.100 toneladas, ya superada en 2019, ofrece solo un 8% de posibilidades de recuperación de la especie para dicho horizonte temporal. Aunque en 2019, el marrajo se incluyó en el Apéndice II de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres, que regula el comercio de esta especie, se necesita algo más para garantizar su supervivencia, como el prohibir su captura y retención a bordo, y la Unión Europea y Estados Unidos deben caminar en ese sentido y disminuir el esfuerzo de pesca y crear reservas marinas capaces de proteger a estos y otros tiburones oceánicos también amenazados (Science, 2021. 371(6527):335).

¿Cuándo acaba la hora de comer?

Los elefantes marinos del norte (*Mirounga angustirostris*), una vez finalizada la temporada de cría invernal, pasan más de 19 horas (y hasta 24 horas) al día buscando comida en el norte del Océano Pacífico. Ese es uno de los resultados obtenidos por el equipo dirigido por Taiki Adachi, del Instituto Nacional de Investigación Polar de Tokyo (Japón), tras instalar cámaras de video de infrarrojo y un GPS en la cabeza de 48 elefantes marinos, además de un dispositivo que contaba el número de veces que el animal abría la boca. Observaron que, durante la

migración, estos animales se sumergen a grandes profundidades para alimentarse de peces mesopelágicos y sólo obtenían suficiente comida tras ingerir diariamente entre 1000 y 2000 de estos pequeños peces, lo que requirió un buceo profundo continuo (entre el 80 y el 100% del tiempo diario). Las hembras de elefante marino mostraron mayores habilidades de buceo que los machos, lo que les permite explotar un nicho de alimentación donde los peces mesopelágicos son, aunque pequeños, más abundantes, pero que también requiere buceos muy profundos las 24 horas del día. Para obtener alimento en estas zonas muy profundas, de hasta 1500 metros de profundidad, las hembras deben contener la respiración hasta 1,5 horas.

Estos elefantes marinos sólo permanecen en tierra, en algunas playas de la costa del Pacífico, dos veces al año (entre finales de diciembre y principios de enero) para aparearse o parir, y aproximadamente 2 meses después para mudar su pelaje. Pasan el resto de su tiempo, casi 10 meses, pescando. Los machos, que pueden pesar hasta 2 toneladas, cazan peces grandes cerca de la costa. Las hembras, que son solo alrededor de un tercio del tamaño, cazan peces más pequeños en aguas profundas, noche y día, y su actividad en la búsqueda de alimento es tal que sólo duermen 1,4 horas al día (Sci. Adv., 2021, 7:eabg3628).

Ríos de plástico

Un reciente estudio publicado por el equipo liderado por Lourens Meijer (The Ocean Cleanup, Holanda), y publicado en la revista *Sciences Advances*, asegura que las basuras de plástico que llegan a los océanos lo hacen mayormente a través de sólo un millar ríos. El modelo desarrollado para este trabajo incluye datos de la distribución geográfica de los desechos plásticos, uso de la tierra, vientos, precipitaciones y ríos, de modo que calcula la probabilidad de que los desechos plásticos lleguen a un río y, posteriormente, al océano. La calibración del modelo puso en evidencia que los desechos de plástico se distribuyen en más ríos de lo que inicialmente se pensaba, hasta dos órdenes de magnitud más. Se estimó que sólo 1.000 ríos transportan el 80% de los vertidos plásticos anuales globales que llegan a los océanos, y que oscilan entre 0,8 y 2,7 millones de toneladas por año, pero son los pequeños ríos urbanos los que más contaminantes llevan. Estos datos de alta resolución permiten focalizar mejor los esfuerzos de mitigación para reducir los vertidos de plásticos en los ríos (Sci. Adv., 2021, 7:eaaz5803).



Choco o sepia común (*Sepia officinalis*)
(Autor: João Carvalho).

Pito, pito, ¿qué elegirá este choquito?

Cuando los humanos u otros animales eligen entre dos opciones, no siempre se basa en los valores absolutos de las posibles opciones, sino que también puede depender de sus valores relativos. Pues, Tzu-Hsin Kuo y Chuan-Chin Chiao, de la Universidad Nacional Tsing Hua, de Taiwan, han demostrado que la toma de decisiones de la sepia depende de los valores relativos aprendidos de la experiencia previa. La sepia, obviamente, seleccionan las opciones con más cantidad cuando tienen que elegir entre uno o dos camarones, pero cuando estos cefalópodos han sido alimentados en condiciones en las que se les dio una pequeña recompensa por elegir la opción con un solo camarón en una prueba ante la opción de sin camarón (0) seis veces seguidas, eligieron un camarón con mucha más frecuencia en la prueba 1 frente a 2 camarones. Esta "anómala" preferencia por las opciones con una cantidad más pequeña no se debió a que la sepia estuviera saciedad en el momento de la toma de decisiones, ya que fueron alimentadas seis veces con un camarón pequeño sin ninguna prueba de elección antes del experimento, y que en una situación similar prefirieron dos camarones con mucha más frecuencia en una prueba posterior de 1 contra 2. Esto sugiere que la preferencia de un camarón en la prueba de comparación de cantidades sucede tras un proceso de valoración aprendida. La preferencia de alimentación en la sepia depende, por tanto, del valor relativo de las presas elegidas con anterioridad (R. Soc. Open Sci. 7: 201602).



Concha de *Arctica islandica* (Autor: Jan Johan ter Poorten).

La almeja más vieja

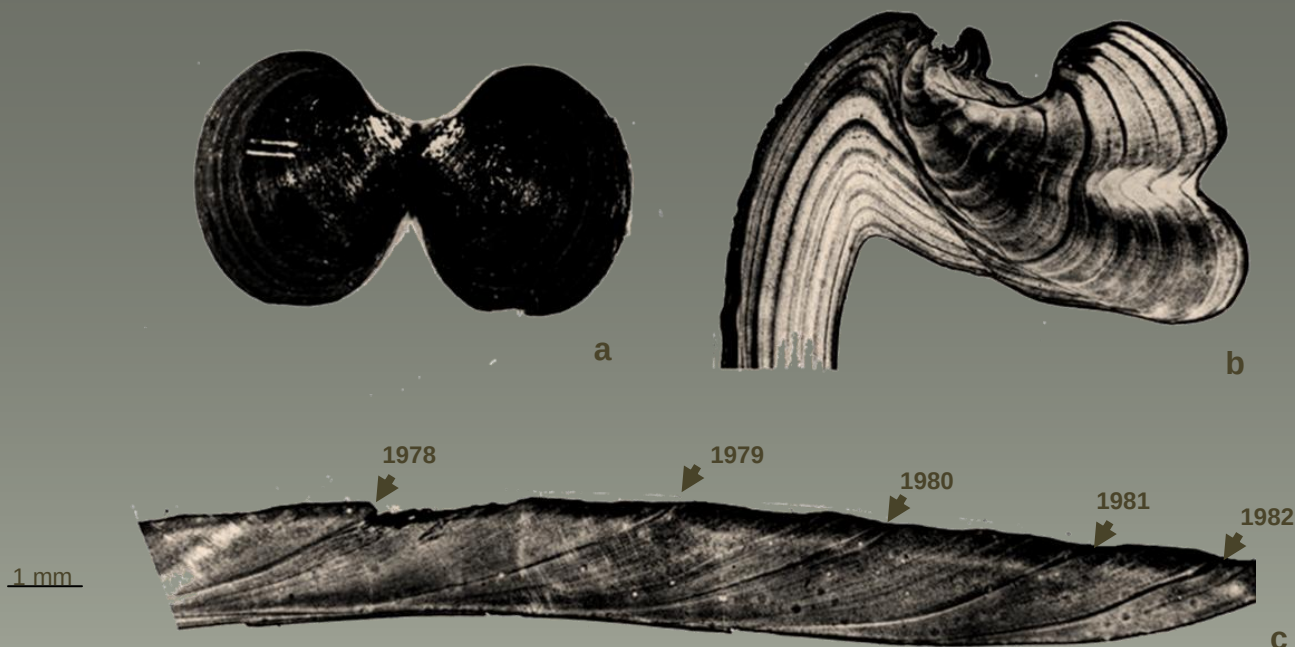
José J. Castro

Universidad de Las Palmas de Gran Canaria

La palabra monstruo tiene en castellano varias acepciones, y aunque destacan las referencias a los individuos que presentan anomalías o desviaciones notables respecto a su especie, generalmente negativas, también se usa para resaltar las características que exceden en mucho las cualidades y aptitudes comunes en el resto de semejantes. Y en este último sentido, *Arctica islandica* o almeja de Islandia, es un verdadero monstruo de la longevidad. Investigadores de la Universidad de Bangor (Gales, Reino Unido), que utilizaban ejemplares de esta almeja para reconstruir la historia climática del Atlántico Norte, observaron que uno de estos moluscos tenía una edad que superaba el medio milenio, exactamente 507 años, a la que llamaron “Almeja Ming” en honor de la dinastía que gobernaba China en el momento de su nacimiento.

La almeja de Islandia es un molusco bivalvo de cuya concha circular tiene un tamaño máximo que oscila entre 7 a 12,5 cm y, aunque lleva el nombre del país nórdico, se distribuye entre los 0 los casi 500 m. de profundidad, aunque lo más frecuente es que no supere los 280 m, en el norte del Océano Atlántico y el Océano Ártico, desde el Golfo de Cádiz (España) hasta el norte de Islandia, y desde Cabo Hatteras, en Carolina del Norte (EE.UU.), hasta el Ártico Canadiense. Vive enterrada a poca profundidad en fondos arenosos, fangosos o de grava, pero preferentemente en aquellos de sedimentos finos y limosos. Puede excavar por debajo de la superficie del sedimento y enterrarse a más profundidad para escapar de sus depredadores o para conservar energía al entrar en esta fase anaeróbica, que puede durar hasta 7 días.

El ejemplar Ming de *Arctica islandica*, que tenía una talla de 8,7 cm de largo, dentro de lo estimado como normal para la especie, fue capturado en la costa de Islandia en 2006 y su edad fue determinada a partir del método de la dendrocronología, tras contar 410 de los anillos que se dibujan en la concha. Esta primera datación fue posteriormente corregida en 2013, al revisar el conteo inicial, fijando la edad definitiva en 507 años, lo que implica que nació en torno al año 1499 (con un error de ± 2 años). Este veterano ejemplar. Esta datación fue también comprobada con el método de Carbono¹⁴.



El secreto de esta gran longevidad puede descansar en muchos factores, tanto ambientales como metabólicos y genéticos. Las bajas temperaturas del ambiente en el que habita determinan que este animal tenga una tasa metabólica bastante baja, y que su vida transcurra muy despacio, casi a cámara lenta. También debe influir de forma significativa el tipo y cantidad de alimento que tiene disponible, como fitoplancton o detrito que obtiene filtrando el agua. Pero, sin duda, el tener una vida falta de emociones fuertes y estrés, cuasi aburrida como la de una ostra (o de almeja en este caso), debe ser un factor que garantiza disfrutar de una muy larga vida.

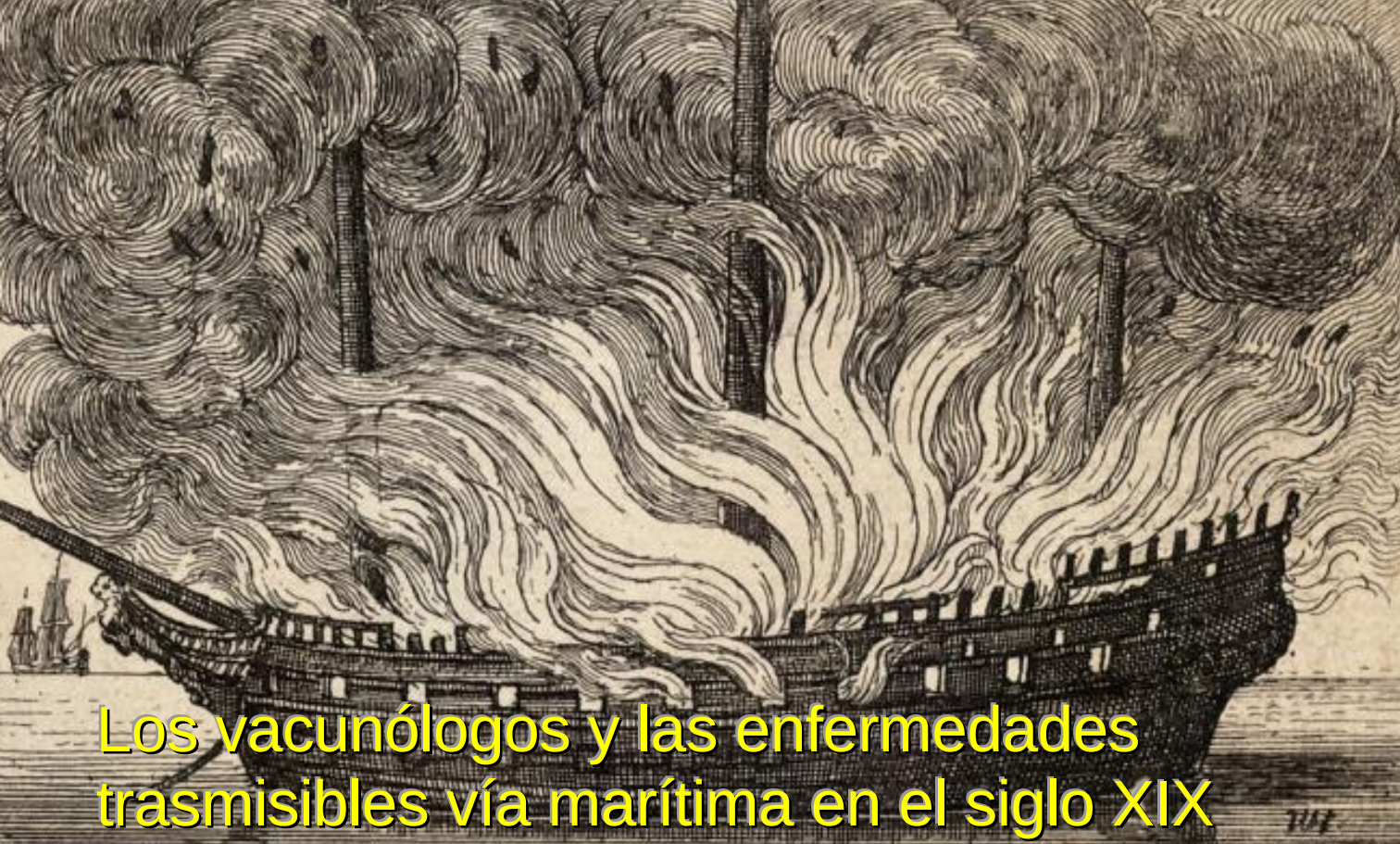
La importancia del estudio de las marcas o anillos de crecimiento registrados en las conchas estos moluscos muy longevos, al igual que ocurre con los árboles centenarios, radica en que son un registro continuo de eventos climáticos acontecidos a lo largo de sus vidas, y la composición de los diferentes isótopos de oxígeno en estos anillos de crecimiento permite determinar la temperatura del océano a lo largo de sus vidas, lo que ayuda a entender los cambios en clima.

Entre los factores que amenazan a las poblaciones de almeja de Islandia destacan la pesca de arrastre y la eutrofización que puede generar zonas anóxicas o deficitarias de oxígeno, pero también el estrés térmico por el aumento de la temperatura ambiental. Además, se reproduce por primera vez entre los 5 y 11 años de edad, lo que hace que sus poblaciones sean aún más vulnerables a la pesca. En la actualidad esta especie es pescada comercialmente en el Atlántico Norte por países como Canadá, Noruega, Estados Unidos e Islandia. Según FAO, en 2014 se capturaron algo más de 117 toneladas.

(a) Ejemplar de almeja islandica de 11 años de edad y concha de 62 mm de longitud, liberada después de marcarla en 1978 frente a Long Island (Nueva York, EE.UU.), y recapturada el 6 de septiembre de 1983 antes de que se formara el anillo de ese año; (b) corte de la bisagra de la concha que muestra 11 anillos; (c) microfotografía del margen de la valva con cada anillo identificando el año de su formación (Extraído de: Ropes, J.W., 1988, Age Determination Methods for Northwest Atlantic Species. NOAA Tech. Rep. NMFS, 72; <https://repository.library.noaa.gov/view/noaa/5868>)

Las anteriores entregas





Los vacunólogos y las enfermedades transmisibles vía marítima en el siglo XIX

ANTONIO SIERRA Y CARBÓ

**Agustín Boada Juárez¹ y
Bartolomé Domínguez del Río Boada²**

1. Médico especialista en medicina interna. Gran Canaria. E-mail: dominguez.bartolome@gmail.com. 2. Farmacéutico, titular de Oficina de Farmacia en Ingenio, Gran Canaria.

A lo largo de la historia se ha limitado, por medio de controles, la capacidad de propagación de las enfermedades transmisibles a través de la navegación. Desde muy antiguo se identifican las patologías que transportaban los viajeros y marinos en la rama de la medicina denominada con el término de Emporiatría (del griego emporos, viajero con mercancía o pasajero de un barco - iatrike, medicina). El transporte marítimo ha sido una de las fuentes de contagio colectivo y las propias embarcaciones han sido, a veces, origen de esas patologías. De hecho, el número de personas que murieron por enfermedades en la mar es inmenso, comparado con el de fallecidos en combate. Los almirantes ingleses y franceses habían comprendido que el problema de esas muertes era alimenticio y sanitario.

En el siglo XIX, las transformaciones de los buques gracias al vapor, que acortó las travesías y obligó escalas para cargar carbón, facilitó el reabastecimiento de alimentos frescos. Permitiendo también la fabricación de agua destilada a bordo y la adopción de ventiladores para combatir la atmósfera viciada en los compartimientos inferiores. Los cascos de hierro evitaron las filtraciones de agua salada eliminando el insalubre pantano náutico. Nació una nueva higiene naval a la vez que la medicina iba entrando en una clara evolución, lo que repercutió favorablemente en la salud en el transporte marítimo. Aun así, en 1895 moría 1 de cada 143 marineros al año.

La medicina, a partir de la mitad del siglo XIX, comienza a abandonar ciertas prácticas y solo se basa en procedimientos científicos y clínicos. La profilaxis y prevención sanitaria se posicionan como áreas concretas de forma definitiva, impartiéndose estas materias en las universidades. Aparecen en la sociedad occidental sistemas de higiene pública estables. Los cambios políticos, además, hacen que



Sobre estas líneas, fotografía de Antonio Sierra y Carbó. En la página anterior, grabado de la quema del barco Grand-Saint-Antoine en el puerto de Marcella, en 1720, para evitar que la peste pudiese extenderse (Autor desconocido). La orden de quema del barco se dio el 28 de julio por el Regente Felipe de Orleans, pero no se ejecutó hasta el 25 de septiembre, lo que dio tiempo a que la plaga se propagase por la Provenza y Languedoc causando la muerte del 25% de sus habitantes.

los gobiernos asuman de manera coordinada la salud de sus ciudadanos y los organismos de cooperación internacional son más frecuentes, quitándole presencia a la iglesia en el cuidado sanitario de la población. En distintos países de Europa se crean corporaciones como las Sociedades Científicas, los Institutos de Salud, de Higiene, de Cirugía, las Academias Médicas y otras.

La importancia que han tenido las enfermedades infecciosas importadas por los viajeros y marineros a Europa, en especial el cólera, ha sido tal, que motivaron en 1851 la Primera Conferencia de Sanidad Internacional. Generalmente cuando surgen enfermedades epidémicas, lo hacen en donde más descuidada está la higiene pública, causando muchos más estragos (hasta desastres) en las clases humildes que en las clases acomodadas de la sociedad. La gripe, el sarampión, fiebre amarilla y, en particular la viruela, son claros ejemplos y tuvieron consecuencias devastadoras. Por ello, se empezó en las grandes poblaciones a acometer iniciativas de con-



Caricatura de la Junta de la Salud defendiendo a Nueva York del cólera en 1886 con nuevas medidas sanitarias, incluyendo una botella de ácido carbónico (Fotografía de Frieden, Thomas R. "Protecting Public Health in New York City: 200 Years of Leadership", extraída de The New York City Department of Health and Mental Hygiene).

La medicina a partir de la mitad del siglo XIX se basa en procedimientos científicos y clínicos y la profilaxis y prevención sanitarias ya se imparten en las universidades.

trol en los puntos identificados como de acceso de los gérmenes que conllevan estas enfermedades, los puertos.

Las cuarentenas y los lazaretos

Tanto la dotación de los buques, como los pasajeros o las mercancías llegados del exterior por mar, eran sometidos a rigurosas pautas de observación sanitaria, aplicándose el viejo concepto de cuarenta días de aislamiento desarrollado en la laguna de Venecia en el cuatrocientos, el primer lazareto de la historia. Algunos de estos lazaretos eran verdaderos hospitales aislados y la cuarentena fue la primera disposición Internacional adoptada oficialmente en términos de Salud Pública, pero no fue suficiente.

El primer lazareto que hubo en España estuvo situado en la isla de Mahón; aunque como modelo de lazareto de finales del XIX, por su diseño innovador debido al ingeniero don Juan de León y Castillo, se pondrá el de Gran Canaria. Edificado en la península de Gando aprovechando el refugio natural que ofrecía



Lazareto de Gando (Gran Canaria) en 1964 (Foto: FEDAC).

como puerto, la presencia constante de los vientos alisios y que la pendiente del terreno facilitaba el desagüe. Estaba provisto de cuatro departamentos bien definidos y separados en varios pabellones, el limpio era para el personal, en el sucio se instalaba lo referente a los buques que sin estar limpios no hubiesen tocado puerto en zona de contagio, el de observación para cuarentenas, y el de apestados para los buques con enfermedades contagiosas a bordo.

Según se determinaba que una enfermedad era contagiosa o no, se procedía con estas medidas, dando lugar al cierre del comercio y las comunicaciones. Decisión que era trascendental, por lo que existió una gran dificultad entre los médicos para llegar a acuerdos sobre la contagiosidad de algunas enfermedades y la eficacia de las medidas de aislamiento para evitar su expansión. En particular ocurría en el mundo capitalista, que veía con temor que cualquier cosa, incluida la enfermedad y por consiguiente la cuarentena, cortase el nuevo mercado internacional y la nueva revolución industrial. Se puede recordar la enorme crítica en la opinión pública que hubo en España, con las contradicciones de las actuaciones sanitarias que se aplicaban a las diferentes hornadas de soldados enfermos que regresaban de Cuba, Puerto Rico y Filipinas.

La viruela

El mal infeccioso que mejor refleja este contagio entre humanos a través del transporte, evitar su propagación por la incomunicación y la posterior acción con todo lo que tuvo a su alcance la sanidad, hasta llegar a su eliminación, es la enfermedad de la

viruela (virus de la variola). La viruela se originó en la India o en Egipto hace 3.000 años, se extendió por las rutas del comercio en Asia, África y Europa, llegando a la isla americana de Santo Domingo a través de los esclavos africanos. Fue tremendamente invasiva y mortal, produjo pandemias que acabaron con la vida de millones de personas o dejaba a cantidad de ellas con importantes secuelas limitantes. Aunque siempre se trataron de paliar sus efectos y evitar su contagio, la pobre organización sanitaria de aquella época no lo pudo lograr. No fue hasta que las técnicas descubiertas por el cirujano inglés Edward Jenner, en 1800, que dieron pie a la vacuna, la cual alumbró una perspectiva de futuro sobre esta patología con la inmunización de la población. Esta vacuna fue aplicada en medio mundo por la “Real Expedición Filantrópica de la Vacuna” del valenciano Javier Balmis en 1803, y con ella se empezó a erradicar de las colonias españolas de América, África y Asia.

La historia de la viruela ocupa un lugar único en la salud humana. Es una de las enfermedades más mortales que conocemos y también es la única que ha sido erradicada con la vacunación. El último caso de viruela en el mundo ocurrió en Somalia 1977. Resaltando de esta forma, que la vacunación es una medida de protección altamente efectiva, ya que el 100% de los enfermos afectados por patologías prevenibles con vacunación no están inmunizados frente a ellas.

En la lucha contra la viruela por medio de la inoculación y la vacunación, desde Balmis, los vacunólogos españoles han jugado un papel muy honroso con su



Vista aérea reciente del lazareto de Gando (Gran Canaria).



tarea de frenar su propagación. Al igual que ocurrió con el cólera y la peste. Entre estos higienistas y vacunólogos, figuró un personaje que estuvo en Canarias y que pasó de puntillas por la Salud Pública española de la época. Gran viajero entre la metrópoli y las colonias de ultramar fue un investigador de formación académica y un innovador científico con un claro perfil preventivista.

Antonio Sierra y Carbó, desde Gran Canaria a Puerto Rico para vacunar

Antonio Sierra y Carbó fue el primer médico que ocupó una plaza de titular en el pueblo de Ingenio, y también ejerció en el Hospital de la Curación de Telde, en Gran Canaria. Sin embargo, Sierra y Carbó era algo más que un médico de pueblo, ya que tuvo relevancia en el último tercio del siglo XIX en Madrid y en San Juan de Puerto Rico, principalmente, llegando a conseguir cierta proyección internacional de sus trabajos. Está considerado por la medicina como uno de los padres del término vacunología.

Nació en Sevilla en 1853 en una familia acomodada, hijo de Antonio Sierra y Gato y de Francisca Carbó San Juan. Su padre era secretario de Audiencia del Ministerio de Ultramar y magistrado de primera instancia en Alcaravanes en Cuba. Se licenció y participó en otros estudios posteriores como médico en la Universidad Central de Madrid, donde también ejerció unos años como profesor de la Facultad de Medicina y obtuvo reconocimientos con premios extraordinarios.

Su especialización durante más de diez años en el campo de las vacunas le llevó a una prolífica actividad como autor de artículos, de libros e interviniendo



Sello de correos conmemorativo del bicentenario de la expedición de Javier de Balmis para llevar la vacuna de la viruela a las colonias españolas en América utilizando niños como receptáculos vivos para su transporte.



La Real Expedición Filantrópica de la Vacuna contra la viruela partió de La Coruña rumbo a América el 30 de noviembre de 1803 hizo escala en Tenerife antes de cruzar el Atlántico. Fuente: Cátedra Balmis de Vacunología. Universidad de Alicante.

10
criterio que inspiró el último decreto; pero á cambio, mediante la prestación gratuita de todos los servicios de su competencia, ¡cuántas vidas arrancadas á las mortíferas viruelas! ¡Cuántos capitales salvados de la ruina por los estragos de las terribles epizootias!

Esto no es utópico, es perfectamente práctico y viable, estando, como está, satisfecha la primera necesidad, la del dinero; y yo me extendería en gran suma de detalles aprendidos en la práctica que lo evidenciarían si los límites que me he propuesto para este artículo lo consintieran y al mismo tiempo no estuviese plenamente convencido de que mi voz, solitario débil, aunque expresión de intereses muy superiores al mesquino de las personalidades, no llegará nunca á despertar la voluntad allá en las altas regiones del poder.

VI DE LAS RESES VACUNÍFERAS

En todas las obras de la especialidad se dice y repite que las reses destinadas al cultivo de la vacuna han de ser buenas, sin que para conseguir esta bondad se indiquen otros signos y detalles que, á lo sumo, el de que estén sanas y tengan determinada edad; y así mismo, en los trabajos de profesores veterinarios que al ganado vacuno se refieren, nada se dice tampoco que tenga directa relación con este objeto. Ni los médicos vacunólogos, ni los veterinarios, son, sin embargo, responsables de tal defecto, porque no se pueden exigir á los primeros conocimientos especiales que no poseen ni pueden poseer á no ser ganaderos, ni á los segundos que dediquen su tiempo y aptitudes á estudios especiales sin aplicación inmediata desde el momento en que, no se da á los profesores veterinarios, á lo menos en nuestro país, la participación que les corresponde de derecho en los trabajos de los establecimientos vacunógenos.

Sea por la razón apuntada solamente, ó también por otras que no he de detenerme á discutir, es lo cierto que, al querer un médico dedicarse al estudio práctico de la vacunología y ponerse al corriente de aquellos conocimientos que, adquiridos por otros, puedan servirle de guía fiel en los difíciles principios de toda práctica, encontrará para satisfacer sus deseos más que práctica teoría; pero nada de lo más impor-

JENNER Y LA VACUNA CONFERENCIA HISTÓRICA

POR EL DR. LORAIN

TRADUCIDA DEL FRANCÉS Y AUMENTADA CON UN APÉNDICE

POR

D. A. Sierra y Carbó

MEDICO VACUNADOR TERCERO DEL CENTRO LOCAL DE VACUNACIONES, PREMIADO POR LA FACULTAD DE MEDICINA DE MADRID, EX-PONENTE DE SUSO. FUELO EN LA ANTES DICHAS VACUNOLOGICA DEPARTAMENTAL, EXPOSICION DE LA ANTROPOMORFICA, ETC., ETC.



UNIVERSIDAD COMPLUTENSE

5316125173

Vacuna y Viruela. Historia. David L. Lorain.

Traducción de Sierra y Carbó de conferencia Dr. L. Lorain Madrid 1881.

Interior del texto de unos de los Cuadernos del profesor Sierra y Carbó. Colección puertorriqueña. Universidad de Puerto Rico.

do en numerosos foros de debate como conferenciante. Además, le permitió llegar a ser vacunador del Instituto Español de Vacunación del Estado en varias etapas desde su fundación en 1874-75 y luego ser director del Instituto Práctico de Vacunación de Puerto Rico durante tres años. Fue un gran difusor social de la ciencia y en concreto de las vacunas, acompañando en numerosos actos al doctor Cortejo en la Academia Médico Quirúrgica, que luego sería Academia Española de Medicina.

En marzo de 1881, llegó a la isla caribeña de Puerto Rico, seguramente a través de las influencias de su padre. Un año más tarde fue contratado por 3000 pesos anuales por la Diputación Provincial para llevar la vacuna de la viruela a los sesenta y siete ayuntamientos de la isla de Puerto Rico, a través de novillos inoculados con el virus de la viruela bovina por la técnica del mencionado Edward Jenner, descubridor del efecto que prevenía de contraer la viruela humana maligna al contagiar con la benigna viruela bovina.

Destacan entre sus obras unos apreciados Cuadernos de Vacunología realizados entre 1885 y 1886, que fueron editados en la imprenta de Enrique Teodoro de Madrid en la revista de medicina, cirugía y farmacia más relevante de la época, El Siglo Médico. Y luego fueron resumidos en la publicación La Veterinaria Española en el número 1027 de abril del año 1886. Del mismo modo, estos Cuadernos fueron traducidos al inglés en Estados Unidos y reseñados en los boletines de vacunas más importantes en ese momento en aquel país. En ellos describía la gestión de un centro de vacunación, con la administración, el

APUNTES DE VACUNOLOGÍA

COLECCION DE ARTÍCULOS

PUBLICADOS EN "EL SIGLO MÉDICO"

POR

DON ANTONIO SIERRA Y CARBO

ex director del Instituto de Vacuna de Puerto Rico.

SEGUNDO CUADERNO

MADRID
IMPRENTA DE ENRIQUE TEODORO

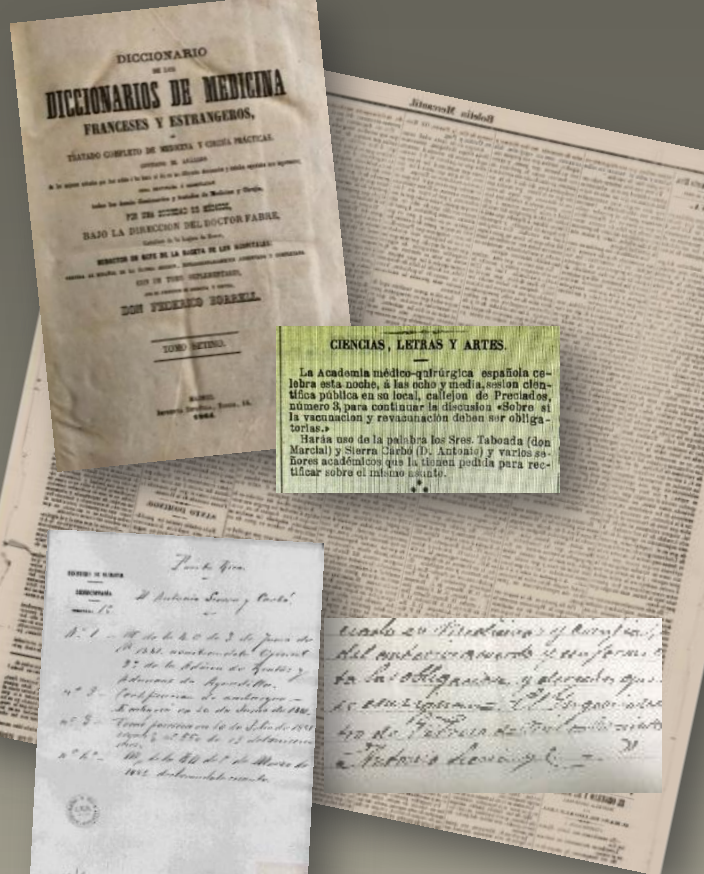
Amparo, 108, y Ronda de Valencia

1886





Grupo de médicos voluntarios para combatir la epidemia de cólera de 1884-85.



equipamiento, dotación de su personal, métodos de trabajo y desarrollo de técnicas de vacunación, incluyendo los procedimientos de inoculación bacteriana en animales y su uso en las campañas de vacunación. También en ellos figura un documento en el que solicitaba al gobierno la vacunación en las boticas y en los despachos de veterinaria, a fin de obtener la máxima cobertura posible para evitar enfermedades.

Era considerado en aquellos años ochenta del siglo XIX el más ilustre vacunólogo español, según puso de manifiesto el doctor Ramón Serret i Comin, compañero vacunólogo y presidente en ese momento de la Sociedad Nacional de Vacunología, de la que fue vicepresidente y socio de honor Sierra y Carbó, participando en simposios y reuniones y publicando artículos. También fue presidente de la sección de Vacunología de la Sociedad Española de Higiene, en la que demostró una gran actividad como socio desde 1885 a 1887. Así mismo, fue presidente de la Junta General de Sesión de Vacunología de la Sociedad de Higiene en la Academia Médica. Formó parte de la directiva de la Sociedad Jenneriana Matritense, en la que también se le nombró socio de honor, creada para publicitar la vacunación, con los ilustres doctores Montejo, Méndez Álvaro y Serret.

Bibliografía

- (1) RANM, 22-IX-1875. I nombramiento de Antonio Sierra y Carbó como Médico Vacunador Honorario del Centro General de Vacunación.[1] h. pleg., 22 cm., LEG. 107, DOC. 4735 Cese de Antonio Sierra y Carbó como Médico Vacunador de 3ª por pase a otro destino. [4] h. pleg., 22 cm., LEG. 127, DOC. 6045





Alumnos y profesores del I.E.S. José Arencibia Gil (Telde, Gran Canaria), segundo premio en la categoría Ramón Margalef (1º y 2º curso de ESO).

UN MAR DE CIENCIAS

2021

Trabajos de un alto nivel científico-divulgativo, desde la utilización de algas como materiales sustitutos del plástico, hasta la evaluación de los efectos del derretimiento de los casquetes polares sobre nuestras costas.

Airam Guerra Marrero

El pasado 15 de mayo, bajo el compromiso de fomentar la conservación de la biodiversidad marina y el conocimiento de los océanos a través de las ciencias en estudiantes de enseñanza no universitaria, la Sociedad Atlántica de Oceanógrafos llevó a cabo una nueva edición del programa concurso *Un Mar de Ciencias*. Este año, pese a la situación que ha generado el COVID-19 en los centros de enseñanza no universitaria, han participado 19 centros escolares de las islas de Gran Canaria y Tenerife. La fase final del encuentro se realizó de manera telemática de modo que todos los centros pudieron exponer y “asistir” digitalmente a las presentaciones de los trabajos realizados por los distintos centros educativos sin tener que desplazarse, cumpliendo así con las condiciones sanitarias recomendadas. Aunque este año, esta edición no pudo realizarse en el auditorio del Acuario Poema del Mar, la Fundación Loro Parque recompensó a los estudiantes premiados en las distintas categorías con una visita guiada al acuario como actividad de fin de curso.

Con el fin de que las ciencias sea una actividad asequible y atractiva para los estudiantes, y utilizar el océano como un enorme laboratorio vivo, los alumnos han desarrollado trabajos con un alto nivel científico-divulgativo, desde la utilización de las algas como materiales sustitutos del plástico hasta la evaluación de los efectos que tendrá el derretimiento de los casquetes polares sobre nuestras costas.

En esta edición resultaron premiados el IES Guillermina Brito, IES José Arencibia Gil y el IES Isabel de España en la categoría Ramón Margalef (1º y 2º de ESO), con los trabajos *Arribazones de Algas* (1º Premio), *El viaje de las tortugas* (2º Premio) y *Consumo de agua potable* (3º Premio), respectivamente. En la categoría Charles Darwin (3º y 4º de ESO), los galardonados fueron el IES Mª Auxiliadora (1º Premio) con el trabajo *La mascarilla del mar* y el IES Guillermina Brito (2º y 3º Premio) con los trabajos “*Deshielo del océano*” y “*Terremotos en nuestras costas*”. En la categoría Alexander von Humboldt (1º y 2º de Bachillerato), los premiados fueron el IES Guillermina Brito (1º Premio) con el trabajo titulado *Bioplásticos marinos* y el IES Villa de Firgas (2º Premio) con el trabajo *Algas*



en la alimentación. Finalmente, en la categoría Jacques Piccard (Ciclos Formativos), el galardonado fue el IES Profesor Antonio Cabrera Pérez con el trabajo titulado *Calidad del agua de mar*.

Desde la Sociedad Atlántica de Oceanógrafos queremos agradecer el inmenso trabajo llevado a cabo por los tutores de todos los centros educativos que se han presentado a este concurso, aunque no hayan conseguido estar entre los primeros puestos. Es necesario reconocer su implicación y actuar en pro de la enseñanza de las ciencias experimentales y la concienciación del valor de esta como forma para alcanzar la protección y conservación del mar y todo el conjunto de su biodiversidad y ecosistemas, así como por asumir la carga docente extra que conlleva la realización de estos trabajos científicos. Además, agradecer el respaldo de las entidades colaboradoras que hacen que este concurso pueda llevarse a cabo, como son el Programa de Educación Ambiental de la Consejería de Educación del Gobierno de Canarias, La Fundación Loro Parque, La Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, Obra Social La Caixa y la Fundación CajaCanarias, Analysis SL, AD-DiagNost y Fred Olsen.

Alumnos y profesores del I.E.S. Guillermina Brito en su visita al Acuario Poema del Mar, invitados por la Fundación Loro Parque, como premio a sus excelentes resultados en su paso por el Concurso Un Mar de Ciencias 2021.



Miembros de la Sociedad Atlántica de Oceanógrafos que evaluaron los trabajos recibidos por los diferentes centros en cada una de las categorías en la convocatoria del curso académico 2020/2021.



El Dr. Antonio Fernández Rodríguez, Galardón Océanos 2021 en la Categoría Individual.

Galardones Océanos 2021



Airam Guerra Marrero

Como cada año, la Sociedad Atlántica de Oceanógrafos ha reconocido la labor personal, colectiva y de empresas o comunidades que se comprometen con las ciencias marinas y el estudio o conservación de la misma. Este reconocimiento se realiza a través del *Galardón Océanos*, en sus 4 modalidades: Individual, Educación, Colectivos u ONGs y Empresas o instituciones.

El pasado 8 de junio, en la Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, tuvo lugar la novena edición de estos galardones, coincidiendo con el Día Mundial de los Océanos, conmemoración que debe hacernos reflexionar, como se reflejó en el discurso de apertura del Dr. José Juan Castro, sobre la falsa impresión que tiene la población de que durante el confinamiento originado por la pandemia del COVID-19 se le había dado un respiro al planeta, pero la realidad es otra. Los valores de emisiones de CO₂ mostraron un récord histórico y la temperatura media del planeta aumento 1,25 °C en 2020. Estos son datos tan alarmantes que es inverosímil que sigan existiendo personas relevantes en la esfera política mundial que nieguen el calentamiento global y no se impliquen en las estrategias por su mitigación.

El *Galardón Océanos* reconoce a aquellos que apuestan por las ciencias marinas y hay que resaltar que este evento tiene un palmarés muy representativo donde se han premiado a grandes promotores de las ciencias marinas, desde el profesor Dr. Federico Mayor Zaragoza (en 2014), Dr. Theodore Packard (en 2019), Dra. Beatriz Morales-Nin (en 2020), Oceana (en 2014), Comité Oceanográfico Intergubernamental de la UNESCO (en 2015), Fundación Biodiversidad (en 2015), The International Union for the Conservation of Nature (IUCN) (en 2016), el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) (en 2017), RTVE por su programa *El Escarabajo* (en 2019) o la Asociación de Voluntarios de Ayuda a la Naturaleza en Fuerteventura (AVANFUER) (en 2020), entre otras muchas personalidades y entidades.

Este año 2021 se suman a este reconocimiento el catedrático de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, Dr. Antonio Fernández Rodríguez (en la Categoría Individual), un veterinario asociado al mundo marino que ha dedicado gran parte de su labor investigadora a la conservación y bienestar de los cetáceos. En la Categoría de Colectivos, se reconoció la labor de la Asociación de Salvamento Marítimo Humanitario Aita-Mari por sus misiones de rescate marítimo para auxiliar a embarcaciones precarias

En representación de la Asociación de Salvamento Marítimo y Humanitario Aita-Mari y de todo su equipo humano, recogió el Galardón Océanos 2021, en la Categoría de Colectivo-ONG, D. Jorge Luis González, voluntario socorrista del buque Aita Mari.



D. Jorge Alberto Liria Rodríguez, director de Mercurio Editorial, recogió el Galardón Océanos 2021 en la Categoría de Empresa/Institución.



D. Victorio García María, del CEIP Fernando III El Santo, recibió el Galardón Océanos 2021 en la Categoría de Educación.

atestadas de personas que huyen de la guerra, hambre y opresión en el Mediterráneo. En la Categoría de Empresa-Institución, se reconoce la labor de Mercurio Editorial por su firme apuesta de la divulgación científica marina en español a nivel nacional y por reconocer el papel de los oceanógrafos en la ciencia canaria y mundial, a través de la revista

Okeanos. Finalmente, en la Categoría de Educación, se premió al maestro de educación primaria D. Victorio García María, por promover y animar a sus estudiantes en la participación en proyectos científicos, acercando al alumnado a la ciencia con metodologías activas e innovadoras.

Un mar para comérselo

Sama roquera frita

INGREDIENTES (4 PERSONAS):

- 3 samas limpias de 250 g/c.u.
- ½ cebolla
- ½ pimiento rojo
- ½ litro de caldo de pescado
- Perejil (ramita)
- 4 patatas
- 2 dientes de ajo
- limón (un trozo)
- Aceite de oliva
- Sal y pimienta

Tiempo de elaboración

- 45 minutos

Juan Manuel Hernández Pérez

Restaurante La Barca (Maspalomas-Gran Canaria)

Elaboración

Se hornean las patatas cortadas en laminas, con la cebolla y el pimiento rojo, todo finamente picado, con un poco de aceite de oliva. Añadimos sal y pimienta al gusto. Una vez las patatas estén hechas se coloca todo de base sobre el fondo de la fuente.

El pescado se embadurna con ajo y perejil trituado, y se corta en dos pedazos para freírlo a fuego medio, durante aproximadamente 3 minutos por cada lado, sin que quede seco.

Una vez frito, salsearlo con unas cucharadas del caldo de pescado, y emplatar sobre el fondo de patatas, cebolla y pimiento. Poner limón al gusto.

Curiosidades de las especies

La sama roquera (*Pagrus auriga*), conocida también como urta o, cuando es juvenil, catalineta, es una especie muy emparentada con especies de peces muy apreciadas en los mercados, como la dorada, el sargo o los pargos, entre otras. Puede alcanzar los 80 cm de longitud total y pesar hasta 3 Kg, aunque lo normal es que no supere los 30 cm.

Su cuerpo es de color rosa, aunque los juveniles presentan 6 bandas transversales de diferente anchura, de tonos pardo-rojizos intenso.



Catalineta o juvenil de sama roquera
(*Pagrus auriga*) (Autor: Pablo Bou).

Habita fondos rocosos desde zonas costeras hasta profundidades próximas a los 200 m, aunque los juveniles tienen una distribución más costera. Está presente en aguas del Atlántico Oriental, desde Angola a Portugal, incluyendo las Islas Canarias y Madeira, así como en el Mediterráneo sudoccidental.

Se alimenta principalmente de moluscos bivalvos, cefalópodos y pequeños crustáceos. Es una especie que inicialmente desarrolla el sexo femenino, para posteriormente desarrollar el masculino (hermafroditismo protogínico), aunque nunca ambos sexos son funcionales de manera simultánea, por este motivo las hembras son más abundantes que los machos. Las hembras alcanzan la primera maduración sexual a los 39 cm de longitud, mientras que en los machos esta longitud de primera madurez es a los 53 cm. En Canarias se han encontrado peces de esta especie con 19 años de edad, aunque lo más frecuente es que no superen los 7 años.

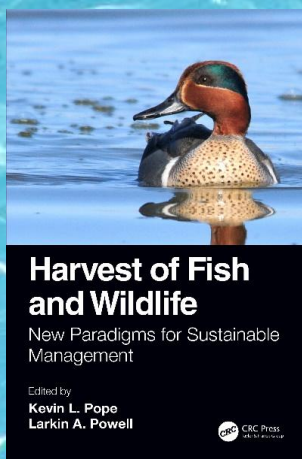


o ves la **verdad**
o ves la **consecuencia**

La falta de tratamiento de la basura es una de las principales causas del calentamiento global



Reseñas bibliográficas



Harvest of Fish and Wildlife: New Paradigms for Sustainable Management

(Captura de peces y vida silvestre: nuevos paradigmas para la gestión sostenible)

Editores: Kevin L. Pope y Larkin A. Powell

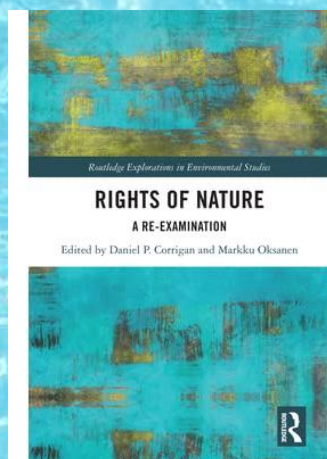
Año de edición: junio 2021

ISBN-13: 978-1032002002

Editorial: CRC Press

Precio aproximado: 59.99 €

Harvest of Fish and Wildlife: New Paradigms for Sustainable Management expone la visión de numerosos expertos en vida salvaje y pesca para una gestión sostenible de los recursos. Esta primera edición analiza la situación desde un punto de vista socioecológico para garantizar un futuro sostenible del sector. Además, los lectores podrán obtener información sobre la dinámica evolutiva y poblacional, influencias sociales y políticas, comportamiento del cazador y pescador, procesos de decisión, impactos de las medidas de regulación y sobre los procesos de participación de los colectivos implicados. Este libro es útil para los interesados en la biología de poblaciones, evolutiva y ciencia social, siendo un recurso clave para el trabajo de campo y para los que desarrollan aplicaciones orientadas a la recolección de datos.



RIGHTS OF NATURE

A RE-EXAMINATION

Edited by Daniel P. Corrigan and Markku Oksanen

Rights of Nature: A Re-examination (Derechos de la naturaleza: un Re-examen)

Editores: Daniel P. Corrigan y Markku Oksanen

Año de edición: mayo 2021

Editorial: Routledge

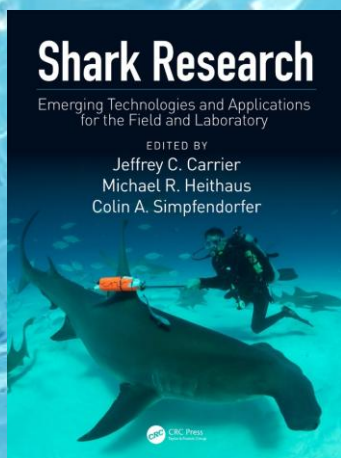
ISBN-13: 978-0367479596

Precio aproximado: 120,00 €

En los últimos años, una amplia gama de países y jurisdicciones han adoptado normas en pro de la naturaleza, otorgando derechos legales a la naturaleza en conjunto o a determinados objetos u sujetos naturales, como ríos, bosques o ecosistemas. Este libro examina de manera crítica la idea de los objetos naturales como titulares de derechos y analiza casos legales, políticos y cuestiones filosóficas relacionadas con este desarrollo.

Tomando una perspectiva filosófica, política y legal, este libro será de gran interés para estudiantes y académicos que trabajen política y ética ambiental.

El libro examina los progresos que se han logrado en los derechos de la naturaleza desde la publicación, en 1972, del artículo "Should Trees Have Standing?", Christopher D Stone (1972), identificando temas centrales, principios unificadores y distinciones clave sobre cómo se ha desarrollado el discurso de los derechos de la naturaleza. Estos temas y principios se ilustran a través de una amplia variedad de ejemplos, incluidos los servicios de los ecosistemas, el pensamiento indígena y la restauración ecológica, que demuestran cómo la relación entre la humanidad y el mundo natural puede estar transformándose.



Shark Research: Emerging Technologies and Applications for the Field and Laboratory

(Investigación en tiburones: tecnologías emergentes y sus aplicaciones en el campo y laboratorio)

Editores: Jeffrey C. Carrier, Michael R. Heithaus y Colin A. Simpfendorfer

Año de edición: Marzo 2020

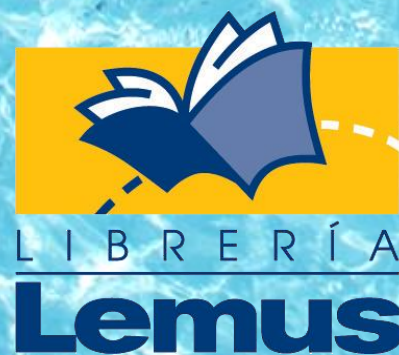
Editorial: CRC Press

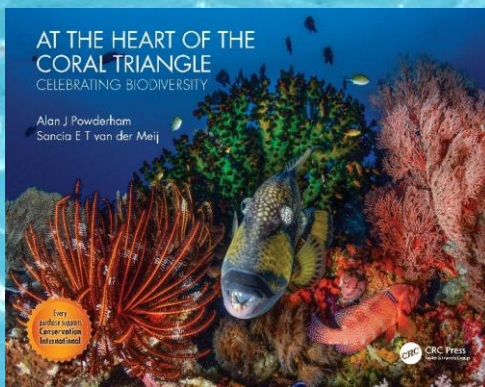
ISBN-13: 978-0367893439

Precio aproximado: 42,99 €

Durante la última década, el estudio de la biología de los tiburones se ha beneficiado del desarrollo, el refinamiento y la rápida expansión de nuevas técnicas y avances tecnológicos. Estos han brindado una nueva perspectiva sobre los campos de la genética de los tiburones, la alimentación, la búsqueda de alimento, la bioenergética, la obtención de imágenes, la edad y el crecimiento, el movimiento, las migraciones, la preferencia de hábitats y el uso de estos hábitats. Este libro pionero, escrito por expertos en biología de tiburones, examina tecnologías como el seguimiento con vehículos autónomos, enfoques de video submarino, técnicas de genética molecular y acelerometría, entre muchas otras. Esta es una lectura obligada para cualquier biólogo o científico marino que trabaje en el campo de la biología de los tiburones, así como para los estudiantes y graduados de biología marina.

Puedes comprar y





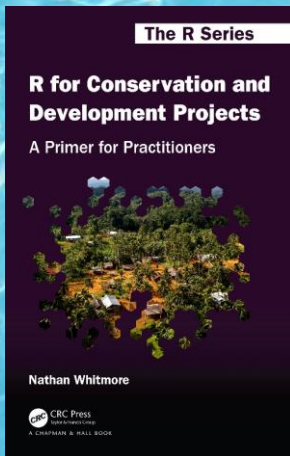
At the Heart of the Coral Triangle (En el corazón del Triángulo de Coral)
Autores: Alan J Powderham y Sancia van der Meij
Año de edición: enero 2021
Editorial: CRC Press
ISBN-13: 978-0367428167
Precio aproximado: 39,99 €

El Triángulo de Coral, entre la confluencia de los océanos Índico y Pacífico, alberga la mayor biodiversidad marina del planeta. Es el hogar de una variedad maravillosa, que incluye el 75% de las especies de coral del mundo y alrededor de 2500 especies de peces. La diversidad biológica y ambiental es impulsada por la geología compleja y volcánicamente activa del llamado 'Anillo de Fuego'. Los hábitats van desde laderas submarinas, de arena negra volcánica, hasta extensos arrecifes de coral en atolones y vastas calderas. Si bien esta biodiversidad es claramente vulnerable a las crecientes amenazas globales como el cambio climático, la contaminación y la sobrepesca, el Triángulo de Coral cuenta actualmente con algunos de los arrecifes de coral más ricos del mundo.

El libro cuenta con fotografías impresionantes respaldadas por un texto atractivo y accesible, que destaca el valor de esta biodiversidad junto con el mensaje subyacente que necesita nuestro cuidado y protección antes de que sea demasiado tarde.

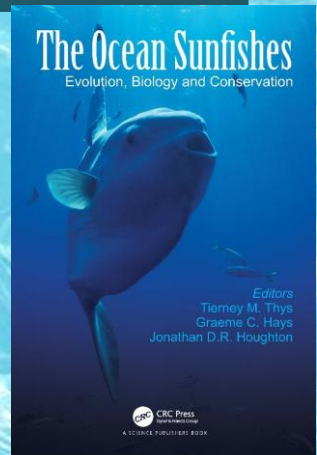
The Ocean Sunfishes: Evolution, Biology and Conservation es el primer libro que reúne en un volumen completo los conocimientos fundamentales sobre los carismáticos gigantes del océano de la familia Molidae, los peces luna. Desde su evolución y filogenia hasta las biotoxinas, la biomecánica, los parásitos, la cría y la cultura popular en torno a estos peces. También se describen las investigaciones más recientes y las líneas futuras de trabajo propuestas por los principales expertos en peces luna de todo el mundo. Esta síntesis incluye la dieta, el comportamiento de búsqueda de alimento, la migración y la pesca incidental, así como revisa las ideas antiguas y obsoletas respecto a estos animales. Este libro proporciona el recurso de referencia esencial, tanto para el público no profesional como para el académico, y para cualquier persona interesada en explorar uno de los grupos de peces más escurridizos y cautivadores del océano.

The Ocean Sunfishes: Evolution, Biology and Conservation (Los peces luna oceánicos: evolución, biología y conservación)
Editores: Tierney M. Thys, Graeme C. Hays y Jonathan D. R. Houghton
Año de edición: diciembre 2020
Editorial: CRC Press
ISBN-13: 978-0367359744
Precio aproximado: 150,00 €



R for Conservation and Development Projects (R para Proyectos de Conservación y Desarrollo)
Autor: Nathan Whitmore
Año de edición: diciembre 2020
Editorial: CRC Press
ISBN-13: 978-0367205485
Precio aproximado: 52,99 €

Este libro está dirigido a profesionales que realicen proyectos o estudios de conservación y que necesitan aprender y utilizar el entorno y lenguaje de programación R en un contexto profesional. Brinda a las personas con antecedentes no técnicos un conjunto de habilidades para graficar, mapear y modelar en R. También ofrece antecedentes sobre el manejo de datos en la gestión de proyectos y aporta toda una serie de conocimientos estadísticos fundamentales. El libro tiene como objetivo desmitificar R y proporcionar a los profesionales la confianza necesaria para usarlo.



reservar tus libros en



ACUSQUAT II

Seguimiento acústico del comportamiento del angelote (*Squatina squatina*) en áreas críticas de conservación.

Michael J. Sealey



RESUMEN

El angelote (*Squatina squatina*) es una especie en peligro crítico de extinción a nivel mundial, que utiliza bahías resguardadas de las islas como áreas para su reproducción y cría. Esto hace que el desarrollo turístico de las mismas ponga en peligro su supervivencia. ACUSQUAT II estudiará los ritmos circadianos y estacionales, así como de sus desplazamientos en el entorno y hacia aguas profundas con el fin de generar medidas de gestión que contribuyan a compatibilizar su recuperación con el uso turístico y adecuar la ordenación y gestión de las áreas de la Red Natura 2000.



OBJETIVOS

Estudiar el comportamiento espacio-temporal del angelote y su interacción con actividades humanas en el entorno de áreas críticas para su conservación.

Objetivos específicos

- Consolidar la red de telemetría acústica ya iniciada en el SO de Gran Canaria.
- Diseñar mejoras de la red fija de monitorización acústica con receptores móviles para estudiar la "fase oscura".
- Favorecer procesos de gobernanza y participación social para conservar la especie: Plan de Recuperación
- Difusión de los resultados a la sociedad y sensibilización en torno a la conservación de la especie.



BIOCON Biodiversidad y Conservación

ANGEL SHARK PROJECT
CANARY ISLANDS



SITMA
Servicio Integral de Tecnología Marítima



Con el apoyo de:



VICEPRESIDENCIA
CUARTA DEL GOBIERNO
MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO

