

OKEANOS



Nº 11 julio-diciembre 2020

Revista de la Sociedad Atlántica de Oceanógrafos

ISSN: 2444-4758



P.V.P 9,10 €

Proyecto PLASMAR

Bases para la
Planificación
Sostenible de Áreas
Marinas en la
Macaronesia

El Crecimiento Azul

¿Qué sabemos de los microplásticos en Canarias?

La presión pesquera de la flota artesanal en Canarias

Pesquería multispecífica y multiarte

Conflictos de la pesca recreativa con la pesca artesanal

Fondos de arena. Una fauna todavía poco conocida

El planeamiento y ordenación de la acuicultura de Madeira

Energía eólica marina. Un nuevo sector marítimo

En un artículo publicado en marzo de 2014, en la *Opinión de Murcia*, Rubén Martínez Alpañez hacía una interesante reflexión sobre una frase popular muy recurrente, «La información es poder», dando su autoría, y primer desarrollo de la idea, al filósofo inglés Thomas Hobbes (1588-1679) en su obra *El Leviatán o la materia, forma y poder de un estado eclesiástico y civil*. No obstante, una forma inicial de este aforismo en latín (*ipsa scientia potestas est*) aparece por primera vez en *Meditationes Sacrae*, publicado en 1597, de un autor contemporáneo de Hobbes, Francis Bacon (1561-1626), considerado padre del método científico. Pero, en lo que sí tiene razón Rubén Martínez es que tener información no necesariamente implica conocimiento y capacidad para tomar decisiones adecuadas en base a ese conocimiento. Según Rubén Martínez, tener información no hace a nadie sabio, ya que falta algo que sólo los sabios, los maestros, poseen y transmiten: organización, estructuración, separación de la información esencial de la accesorio, criba del grano y la paja. Quizás Bacon tenía una visión más acertada y concreta de este dicho popular, ya que la traducción literal de su frase es «el conocimiento mismo es poder», entendiendo conocimiento como entendimiento y no como información.

Volviendo a la interpretación de Rubén Martínez sobre la no correspondencia entre información y conocimiento, lo verdaderamente importante es la capacidad de buscar, cribar, verificar, seleccionar y estructurar dicha información para que sea útil en cualquier proceso, independientemente de su naturaleza, donde sea necesaria la toma de decisiones. Uno de estos procesos donde la información de calidad será muy importante para la toma de decisiones es en la planificación y ordenación del espacio marítimo, que en estos momentos está en pleno proceso de desarrollo impulsado por la Directiva 2014/89/UE del Parlamento Europeo y su necesaria transposición a la legislación nacional. En este contexto, el proyecto PLASMAR, a través de su herramienta INDIMAR, se puede convertir en una fuente fundamental de información en todo este proceso de planificación y ordenación del espacio marino ya en marcha. PLASMAR ha puesto los cimientos para que la escasa y dispersa información que existe sobre los sistemas marinos en los archipiélagos macaronésicos quede estructurada, depurada, normalizada y disponible para que pueda ser utilizada en el complejo proceso de toma de decisiones asociado a la ordenación del espacio marino en torno a las islas, y permitir así la convivencia de las diferentes actividades económicas que se realizan en el océano, minimizando los impactos sobre los sistemas ecológicos. No obstante, y yendo un poco más allá en la apreciación realizada por Rubén Martínez, el poder y su derivación social puede estar en el uso que se haga de la información, pero es la sensatez y el sentido común que caracteriza a las personas sabias los que hacen que este poder se use adecuadamente y con una visión que vaya más allá de los intereses políticos y del momento en la que éste se aplique. PLASMAR es otra nueva oportunidad para ayudar a que los diferentes actores, con intereses comunes en los servicios que proporciona el mar, dispongan de la información adecuada para establecer un sistema de ordenación y explotación que permita un uso más racional y sostenible del océano. En palabras de Platón, *una buena decisión se basa en conocimiento, no en números*. Sin duda los números son muy importantes, pero es el conocimiento el que permite interpretarlos adecuadamente en su contexto.

Soltemos aquí las amarras de *Okeanos* para iniciar otra travesía hacia nuevos descubrimientos en aguas de los archipiélagos de la Macaronecia, en el aún misterioso Atlántico. Le invitamos a que tome el timón y acompañe a nuestra tripulación en esta nueva campaña hacia el conocimiento. Leven anclas, icen las gavias, juanetes y vela mayor, fijen rumbo y que el océano sea nuestro camino hacia la ciencia.

Agradecimientos

Los autores y autoras de los artículos de las páginas 04-88 quieren expresar su gratitud y reconocimiento a todos los socios y asociados del proyecto PLASMAR. Estos trabajos fueron desarrollados 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).



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) y D. Airam Guerra Marrero (Sociedad Atlántica de Oceanógrafos)

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

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

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

Entrevistas Aridane González González y Juan Fco. Betancort Lozano

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

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

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

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

Edición papel y on-line (gratuito): Mercurio Editorial

(www.mercurioeditorial.com)

Correo electrónico: jose.castro@ulpgc.es

Teléfono: (+34) 928454549

ISSN: 2444-4758 DL GC 639-2015

- 04** El proyecto PLASMAR. Aspectos sociales y Repercusión en la Ordenación Espacial Marina. Ricardo Haroun
- 08** Bases para la PLANificación Sostenible de áreas MARinas en la Macaronesia. Andrej Abramic, Alejandro García, Yaiza Fernández-Palacios y Ricardo Haroun
- 18** Crecimiento Azul en los archipiélagos de la Macaronesia. Ricardo Haroun, Yaiza Fernández-Palacios, Alejandro García Mendoza y Andrej Abramic
- 26** INDIMAR®, herramienta web de soporte a la toma de decisiones en ordenación espacial marina. Alejandro García Mendoza, Andrej Abramic, Yaiza Fernández-Palacios y Ricardo Haroun.
- 32** La Comunicación Científica y el proyecto PLASMAR. Alberto Bilbao Sieyo, Leonor Parceró López, Manuel Vicente García, Luis Navarro Echeverría, Yeray Pérez González, Lorena Couce Montero y consorcio del proyecto PLASMAR
- 38** ¿Qué sabemos de los microplásticos en Canarias? Alicia Herrera, Ico Martínez y May Gómez
- 46** Distribución espacial de la presión pesquera ejercida por la flota artesanal en las Islas Canarias. Lorena Couce Montero, Alberto Bilbao Sieyo, Yeray Pérez González, Alejandro García Mendoza y José Juan Castro Hernández
- 52** Estandarización de la captura por unidad de esfuerzo en una pesquería multispecífica y multiarte. Lorena Couce Montero, Yeray Pérez González, Alberto Bilbao Sieyo y José Juan Castro Hernández
- 58** Conflictos de la pesca recreativa con la pesca artesanal mediante un enfoque ecosistémico: implicaciones para una gestión sostenible de los recursos. Lorena Couce Montero y José Juan Castro Hernández
- 64** Fondos de arena. Una fauna todavía poco conocida. Una monitorización de extracción de arena innovadora. Sandra Blasco-Monleón, Mariana Silva y João M. Gonçalves
- 70** El papel decisivo del planeamiento y la ordenación marítima en el desarrollo de la acuicultura en el caso del archipiélago de Madeira. Carlos A.P. Andrade y Natasha C. Nogueira
- 76** ENTREVISTA A: Ricardo Haroun Tabraue
- 80** ENTREVISTA A: Carlos Alberto Pestana Andrade
- 84** Energía eólica marina. Un nuevo sector marítimo y su encaje en las propuestas de ordenación espacial marina en las Islas Canarias. Andrej Abramic, Alejandro García, Yaiza Fernández-Palacios y Ricardo Haroun
- 89** OKEANOS DE FOTOS. Joaquín Gutiérrez Fernández
- 104** Series Malacológicas. Cefalópodos con concha. (Spirulas, Nautilus y Argonautas). Juan Francisco Betancort Lozano
- 107** UN MAR PARA COMERSELO. Chocolate de burgado (*Phorcus spp.*). Abraham Ortega García
- 108** PERSONAJES. Dr. Héctor Bustos Serrano. Presidente del Consejo Directivo del Museo Caracol (México). Ejemplo y trayectoria.
- 114** MONSTRUOS MARINOS (10). Avispas de mar. José Juan Castro
- 116** NOTICIAS OKEANOS. José J. Castro
- 120** EFEMÉRIDES. Día Internacional de la defensa del Ecosistema Manglar. Airam Sarmiento Lezcano
- 124** Pérez Galdós y el mar. Jorge A. Liria
- 126** RESEÑAS BIBLIOGRÁFICAS

Número especial con algunos de los trabajos desarrollados en el marco del **Proyecto PLASMAR** (MAC/1.1a/030) www.plasmar.eu, que cuenta con el apoyo de la Unión Europea (UE) al estar 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) www.mac-interreg.org

Consorcio del proyecto

ULPGC Andrej Abramic, Ricardo Haroun Tabraue, Yaiza Fernández-Palacios, Alejandro García Mendoza, José Juan Castro Hernández, May Gómez, Alicia Andrea Herrera Ulibarri, Ico Martínez Sánchez, Francisco Jose Otero Ferrer, Adolfo Jimenez Jaen, Tony Sánchez Déniz, Bruno Minuzzi Schemes, **DRAM** Gilberto Carreira, Aida MRV. Silva, Maria CC. Magalhães, Paulo FN. Miranda, **DROTA** Manuel Ara Gouveia Oliveira, Pedro Sepulveda, Isabel Lopes, Vítor Jorge, **ARDITI** Carlos Andrade, João Caning-Clode, Ignacio Gestoso García, Natacha Nogueira, Soledad Álvarez, Lidia Png, Virginia Catanho, **GMR** Carlos Hernández Gorrín, Ninoska Pavón Salas, Alberto Bilbao Sieyo, Yeray Pérez González, Lorena Couce Montero, María Teresa Brito Rodríguez, **DIT** Conor Norton, Paul Lawlor, **SRAP** José Luís da Silva Ferreira, **DGP** Francisco D. Melián Gómez.

Entidades participantes

Beneficiario principal. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria

Socios. Direção Regional dos Assuntos do Mar (DRAM), Dirección Regional de Ordenación del Territorio y Ambiente (DROTA), Secretaría Regional del Ambiente y de los Recursos Naturales, Agência Regional para o Desenvolvimento da Investigação, Tecnologia e Inovação (ARDITI) y Gestión del Medio Rural de Canarias, S.A.U. (GMR)

Asociados. Dirección General de Pesca. Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Aguas, Gobierno de Canarias; Dublin Institute of Technology, School of Transport Engineering, Environment and Planning; y Dirección Regional de Pescas. Secretaría Regional de Agricultura e Pescas



Los avistamientos de cetáceos es una actividad frecuente en las costas macaronésicas con evidentes efectos positivos en las economías locales (Autor: Ricardo Haroun Trabaue).



El proyecto PLASMAR

Aspectos sociales y Repercusión
en la Ordenación Espacial Marina



El sector de las energías marinas renovables tiene un potencial de desarrollo muy elevado en el entorno de las islas (Autor: Ricardo Haroun Trabaue).

Ricardo Haroun Trabaue

Instituto Universitario de Acuicultura Sostenible y Ecosistemas Marinos (IU-ECOQUA), Univ. de Las Palmas de Gran Canaria, Parque Científico y Tecnológico Marino de la ULPGC, Ctra. de Taliarte s/n, 35214 Telde, España.

A través del proyecto PLASMAR, así como de las aportaciones realizadas desde otro proyecto paralelo “Macaronesia Marine Spatial Planning (acrónimo MarSP y web: marsp.es)”, más enfocado en la caracterización de los sectores vinculados al Crecimiento Azul y financiado por la Agencia Europea EASME, podemos decir que Canarias y, por extensión, la Macaronesia europea tiene una serie de herramientas adecuadas para promover el desarrollo sostenible de múltiples actividades en el medio marino desde un enfoque ecosistémico.

En ambos proyectos han participado varios investigadores de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (ULPGC), más concretamente del Instituto Universitarios en Acuicultura Sostenible y Ecosistemas Marinos (IU-ECOQUA), logrando recopilar y catalogar para la Demarcación Marina de Canarias (y para los entornos marinos de Madeira y Azores) los datos relativos a los parámetros ambientales que definen el buen estado de conservación de sus aguas según los requerimientos de la Directiva Europea de Estrategia Marina. Al mismo tiempo, han puesto en marcha las metodologías más apropiadas para la monitorización del medio marino con criterios científicos contrastados y adaptadas a las características ambientales de los archipiélagos macaronésicos. Además, ahora contamos con un catálogo de las principales actividades

En los próximos años, las aguas de las Islas Canarias, junto con las que rodean a los archipiélagos portugueses de la Macaronesia europea, serán el escenario de nuevas actividades marinas y marítimas ajustadas a sus características ecológicas (lo que se denomina *Crecimiento Azul*).

marinas y marítimas que están desarrollando distintos sectores, tanto los consolidados (turismo, pesca, transporte, acuicultura, conservación) como los emergentes (biotecnología marina, energías marinas renovables, extracción de minerales, ecoturismo), en el entorno marino cercano a las islas.

Los avances logrados en PLASMAR, tanto en la evaluación del estado de salud del medio marino en la Demarcación marina de Canarias (modelo ECO-PATH Pesquero), como en las metodologías de monitorización (basuras marinas, especies marinas introducidas, etc.) y en el desarrollo de herramientas adecuadas para dar apoyo a la zonificación del mar (INDIMAR), son claras muestras de la implicación social del IU-ECOQUA y, por lo tanto, de la ULPGC, con la sociedad canaria. Los científicos de los distintos grupos de investigación del IU-ECOQUA han tratado de definir alternativas innovadoras y respetuosas con el medio ambiente canario, que favorezcan la creación de empleo cualificado y permitan dar un apoyo técnico robusto a las administraciones públicas españolas vinculadas con la Ordenación Espacial Marina en las aguas del archipiélago.

Las antiguas salinas pueden servir tanto para la producción de sal marina ecológica como para aislar organismos con diversas aplicaciones biotecnológicas (Autor: Ricardo Haroun Trabaue).

En esta línea, la aprobación del Nuevo Estatuto de Autonomía de Canarias nos abre diversas posibilidades para lograr una cooperación más estrecha, y un mejor entendimiento, entre la administración central y las administraciones canarias concernidas en relación a la gestión de los recursos marinos de las aguas que rodean a las islas. Los aspectos legales como aquellos otros más ligados, desde el punto de vista más técnico, a la biodiversidad marina, la gestión pesquera, la producción acuícola, las energías marinas renovables o la biotecnología marina, son algunas de las temáticas abordadas por los expertos del Instituto Universitario ECOQUA (ULPGC), que se encarga, entre otras tareas, de mantener la herramienta digital Plataforma MSP de Canarias (<http://www.geoportal.ulpgc.es/marsp/>) o el Sistema de Apoyo a la Toma de Decisiones INDIMAR (<http://www.geoportal.ulpgc.es/indimar/>) dentro del Geoportal ambiental de la ULPGC (<http://www.geoportal.ulpgc.es/portada/index.html>).

En los próximos años, las aguas de las Islas Canarias, junto con las que rodean a los archipiélagos portugueses de la Macaronesia europea, serán el escenario de nuevas actividades marinas y marítimas ajustadas a sus características ecológicas (lo que se denomina *Crecimiento Azul*), basadas en el conocimiento y con respaldo público y/o privado, que pueden generar numerosos puestos de trabajo de calidad, donde la innovación y el talento creador sean un componente principal y, al mismo tiempo, rendir importantes beneficios económicos que repercutan en el tejido social de las islas.



Bases para la PLANificación Sostenible de áreas MARinas en la Macaronesia



Bases para la PLANificación Sostenible de áreas MARinas en la Macaronesia proyecto PLASMAR

**Andrej Abramic, Alejandro García, Yaiza
Fernández-Palacios y Ricardo Haroun**

Instituto Universitario de Acuicultura Sostenible y Ecosistemas Marinos (IU-ECOQUA), Univ. de Las Palmas de Gran Canaria, Parque Científico y Tecnológico Marino de la UPGC, Ctra. de Taliarte s/n, 35214 Telde, España.

El crecimiento azul es una estrategia a largo plazo orientada al fomento de los sectores marinos y marítimos de Europa. Esta estrategia se vincula al proceso de Ordenación Espacial Marítima (OEM), que considera y reúne a todas las industrias y actividades que utilizan el océano para asegurar la explotación sostenible de los recursos marinos. El proyecto PLASMAR (2017-2020) es la primera iniciativa de ordenación espacial marina en Canarias y se desarrolla, además, con la participación de socios activos en Madeira y en Azores (Fig. 1). El objetivo prioritario es el establecimiento de las bases científico-técnicas y la iniciación del proceso de ordenación espacial, según las características biogeográficas de la Región Macaronésica, con el objetivo de incentivar distintas actividades marítimas desde un enfoque ecosistémico.

Con el proyecto PLASMAR se han diseñado herramientas, metodologías y procesos que pueden contribuir a garantizar un desarrollo sostenible de los sectores marítimos, incluyendo la recopilación de datos científicos y diversa información dispersa (literatura gris) útiles para evaluar los impactos que puedan ocasionar en el medio ambiente las actividades desarrolladas en el mar. Además, en el seno de este proyecto se están buscando soluciones técnicas innovadoras que posibilite una adecuada conservación del medio marino de la Macaronesia y, al mismo tiempo, promover el desarrollo de nuevas actividades económicas.

Objetivos del proyecto como herramienta de planificación

El objetivo primero de PLASMAR es desarrollar y aplicar metodologías que permitan un enfoque ecosistémico en el impulso de los sectores marítimos, en el marco de la Estrategia Europea de Crecimiento Azul. Es decir, ser una herramienta de apoyo al crecimiento socioeconómico de las actividades desarrolladas en mar a través de la planificación espacial, garan-

	SECTORES	Estado en la UE (2018)	Proyección mundial (OECD, 2016)	Madeira		Azores		Canarias	
				Estado	Proyección	Estado	Proyección	Estado	Proyección
1	Acuicultura					RD&I			
2	Biotechnología azul			RD&I		RD&I		RD&I	
3	Energía renovable marina			RD&I	?			RD&I	
4	Extracción de áridos	NA							?
5	Minería de aguas profundas						?		?
6	Turismo costero y marítimo								
7	Pesquerías								
8	Transporte marítimo								
9	Reparación y mantenimiento de buques								
10	Petróleo y gas en aguas profundas								
11	Desalación								

Tabla 1 – Clasificación del estado y proyección de Crecimiento Azul para diferentes sectores marítimos en la Macaronesia

LEYENDA

Estado

: No existe

RD&I: Investigación y Desarrollo (Pre-comercial)

: Establecido

: Emergente

Proyección

: Sin desarrollo

?: Desconocido

: Alto potencial de crecimiento

: Crecimiento modesto

: Crecimiento alto a largo plazo

: Crecimiento estable.

Con el proyecto PLASMAR se han diseñado herramientas, metodologías y procesos que pueden contribuir a garantizar un desarrollo sostenible de los sectores marítimos.

tizando los productos y servicios ambientales. En este contexto, se ha finalizado el análisis del Crecimiento Azul no sólo para conocer cuáles son los sectores marítimos actuales en la Macaronesia, sino también se han considerado los futuros desarrollos de estos y otros sectores emergentes. Es decir, se han identificado los sectores marítimos tradicionales que son relevantes en la región que, por su desarrollo y crecimiento, necesitaban un tratamiento específico dentro del proyecto, tales como la pesca, la acuicultura, el transporte marítimo y el turismo costero, pero también se han identificado otros sectores que en la actualidad están siendo introducidos en la región, como la energía eólica offshore o de la biotecnología marina en Canarias y Azores (Tabla 1).

En paralelo, se ha realizado un análisis de la situación actual respecto a la implementación de legislación ambiental en el medio marino y costero, teniendo en cuenta los requisitos de las directivas ambientales de la UE, incluyendo la Directiva Marco de Estrategia Marina (DMEM) 2008/56/EC, la Directiva Marco de Agua 2000/60/EC y la Directiva de Conservación de Hábitats 92/43/CEE. Sobre la base de los resultados obtenidos, se han identificado las sinergias y dificultades que muestran los diferentes sectores marítimos desde un enfoque ecosistémico, incluida la aplicación de la legislación ambiental común. El objetivo es encontrar un equilibrio entre el desarrollo de los sectores marítimos y la planificación del medio ambiente marino, teniendo en cuenta las acciones que se han desarrollado para preservar el medio marino en el proceso de ordenación espacial.

ENTIDADES PARTICIPANTES



Secretaria Regional
do Ambiente e Recursos Naturais



Consejería de Agricultura,
Ganadería, Pesca y Aguas



Secretaria Regional
de Agricultura e Pescas



El consorcio de proyecto PLASMAR muestra un buen equilibrio entre administraciones y centros de investigaciones regionales, con objeto de desarrollar metodologías científico-técnicas robustas y aplicarlas directamente en el proceso de Ordenación Espacial Marina. (Figura. 1)

Por otra parte, en relación con la acuicultura, energía eólica offshore, transporte marítimo y pesca se han realizado un análisis exhaustivo de los problemas medioambientales que se pueden generar ante un posible crecimiento y expansión de estos sectores. También se han buscado soluciones respecto a cómo se podrían evitar las presiones que ejercen sobre el medio marino, o qué posibilidades de mitigaciones de impactos existen y cuáles se podrían aplicar. Para ello se ha partido de una amplia revisión de las publicaciones científicas e informes técnicos que están accesibles, revisándose más de 800 referencias técnicas específicas. Todos estos informes técnicos son documentos públicos y están accesibles en la página del proyecto (www.plasmar.eu).

Datos para la toma de decisiones

Una de las partes fundamentales de la Ordenación Espacial Marítima es la recopilación de los datos necesarios para conocer el estado actual de las áreas que se pretenden ordenar. Este proceso necesita datos marinos reales, información espacial para gestionar las actividades marítimas y, al mismo tiempo, buscar el equilibrio con el medioambiente

marino. Por lo tanto, la fase de recolección de datos y chequeo de los mismos es la base para aplicar metodologías científicas que den el apoyo técnico adecuado en cualquier proceso de ordenación espacial. En la actualidad, en pleno auge del Big Data, donde hay mucha información accesible por internet, el proceso de recopilación de datos necesita estar estructurado y enfocado en temáticas relevantes, pero sobre todo debe estar contrastado y verificado. Para apoyar el proceso de recopilación de información espacial, con el proyecto PLASMAR se ha desarrollado el marco de datos necesarios para la Ordenación Espacial Marina en la Macaronesia. Ese marco de datos incluye cinco grupos (clústeres): medioambiente marino, parámetros del Buen Estado Ambiental según la DMEM, información de áreas marinas protegidas, datos oceanográficos, uso de suelo en áreas costeras y del área marina (incluyendo todos los sectores marítimos operativos).

Como fuentes principales de suministro de datos se han usado los productos armonizados de distintas iniciativas europeas, como European Marine Observation and Data Network (EMODnet), Copernicus (Marine Service y Land Monitoring Service), las bases de información de la red europea de satéli-

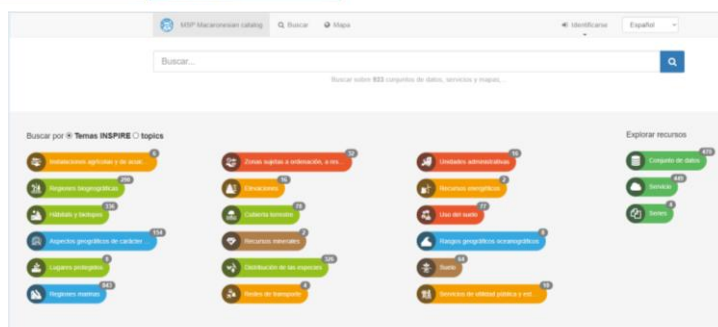
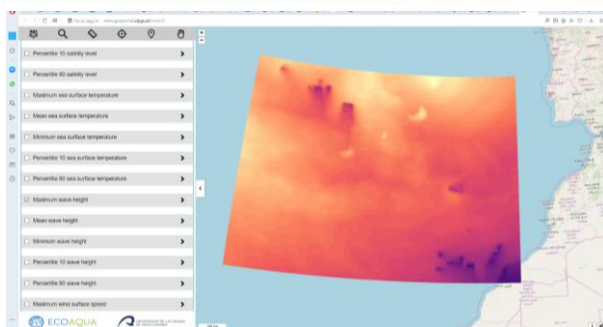
Estructura de datos de PLASMAR MSP



Marco de datos usado en el proyecto PLASMAR para la recopilación de datos de relevancia para la Ordenación Espacial Marina. (Figura 2) (izquierda.)

Visor de datos de velocidades de viento en la Macaronesia incluidos en la IDDM creada por PLASMAR y obtenidos a partir de observaciones de diferentes satélites (accesible en el Geoportal de la ULPGC, gestionado por IU-ECOQUA: www.geoportal.ulpgc.es). (Figura 3) (inferior izquierda.)

Catálogo de datos relevantes para OEM definido de forma colaborativa entre los socios del proyecto PLASMAR (accesible en el Geoportal de la ULPGC, gestionado por IU-ECOQUA: www.geoportal.ulpgc.es). (Figura 4) (inferior derecha.)



tes e EIONET estructura de datos de la Agencia Medioambiental Europea. Los datos marinos también han sido recolectados a partir de las estructuras de datos nacionales (CSIC, IEO, sniMAR, ...) y regionales (GRAFCAN; SIGMAR, ...) (Fig. 2).

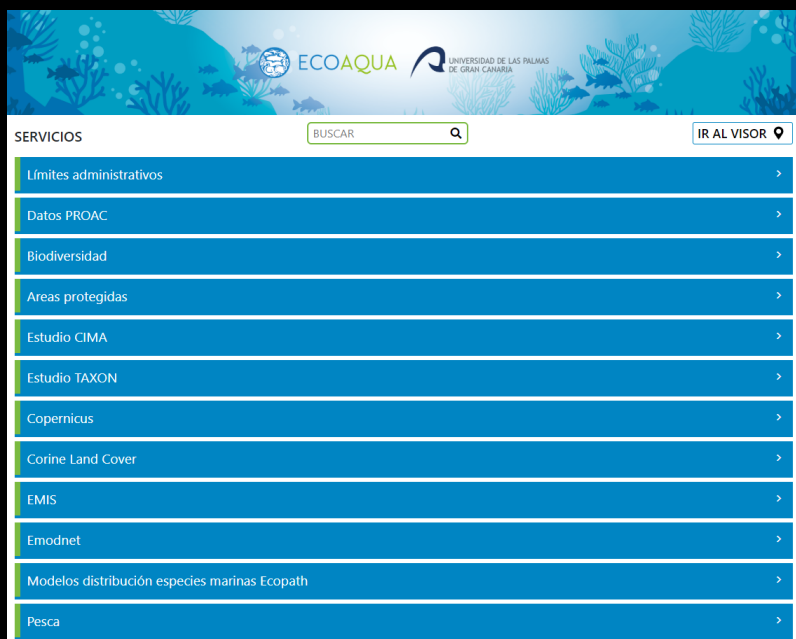
Debido a la gran cantidad de información, productores y distribuidores de datos, con formatos muy distintos, ha sido necesario crear herramientas para catalogar y distribuir de forma ordenada toda la información recopilada, permitiendo de este modo un acceso eficiente a los datos a todos los socios del proyecto, pero también para todos los agentes públicos y/o privados implicados en el proceso de ordenación espacial marina. Para ello, se ha creado la Infraestructura Distribuida de Datos Marinos (IDDM), siguiendo los estándares europeos establecidos por la Directiva INSPIRE 2007/2/EC, para que toda la información gestionada en los catálogos sea fácil de encontrar, consultar y acceder sin ninguna restricción o inscripción por los servicios de internet (Figs. 3, 4 y 5).

En el marco del proyecto PLASMAR se han armonizado para toda Canarias los hábitats marinos bentónicos cartografiados en distintos estudios ecocartográficos. Dichos estudios fueron realizados a

comienzos de los años 2000, mediante subcontrataciones promovidas por el Ministerio de Medio Ambiente en todas las islas, excepto en Tenerife donde el Cabildo Insular coordinó dichas subcontrataciones.

Los estudios ecocartográficos abordaban el análisis de distintos aspectos del medio marino hasta 50 metros de profundidad, entre ellos los hábitats que fueron clasificados de forma circunstancial por los distintos contratistas sin emplear un criterio común. Como consecuencia, los hábitats bentónicos de Canarias quedaron descritos por un total de 176 categorías, muchas de ellas reiterativas o confusas, haciendo muy complicado cualquier análisis o evaluación a nivel regional.

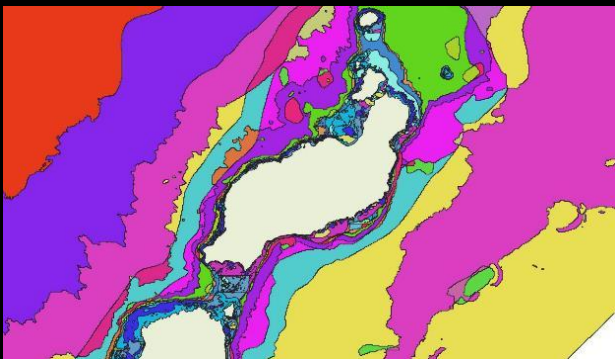
Por ello, el equipo técnico de IU-ECOQUA dentro del proyecto PLASMAR se dispuso a normalizar los hábitats en función de una lista única y reconocida como es el Inventario Español de Hábitats y Especies Marinas (IEHEM). A partir de esta lista también se definieron los códigos de hábitats equivalentes dentro del Sistema de Información de la Naturaleza de la Unión Europea (EUNIS) y de la Directiva Marco de Estrategia Marina (DMEM). Una vez hechas estas tres clasificaciones, el conjunto de datos se estandarizó de acuerdo con las especificaciones de la Direc-



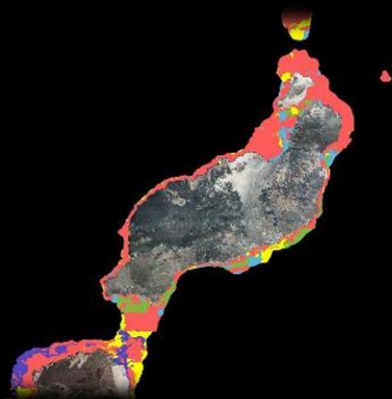
Catálogo de los servicios de datos temáticos recabados a partir de distintas fuentes por el proyecto PLASMAR (accesible en Geoportal de la ULPGC, gestionado por IU-ECOQUA: www.geoportal.ulpgc.es). (Figura 5)



Mapas de los hábitats marinos bentónicos en la isla de Gran Canaria. Arriba: hábitats de las 2 subcontrataciones no armonizadas; junto a estas líneas: hábitats armonizados según Inventario Español de Hábitats y Especies Marinas y su equivalencia en EUNIS y DMEM.



Comunidades marinas hasta 50 m de profundidad en Lanzarote y Norte de Fuerteventura (disponible en la infraestructura de Datos especiales de Canarias). (Figura 7)



Sustratos hasta 50 m de profundidad en Lanzarote y Norte de Fuerteventura (disponible en Infraestructura de Datos especiales de Canarias). (Figura 8)



Hábitats bentónicos hasta 50 m de profundidad en Lanzarote y Norte de Fuerteventura, clasificados según Inventario Español de Hábitats y Especies Marinas, aplicando estándares de la Directiva INSPIRE (disponible en la IDDM desarrollada por el proyecto PLASMAR e incluida en el Geoportal de la ULPGC, gestionado por IU-ECOQUA: www.geoportal.ulpgc.es). (Figura 9)

Hábitats bentónicos en Lanzarote y Norte de Fuerteventura - clasificados según European Nature Information System (EUNIS) aplicando estándares de la Directiva INSPIRE (Datos ECOCRATOGARFICOS integrados con los datos de hábitat disponibles en EMODnet.) Este producto del proyecto PLASMAR está disponible en la IDDM desarrollada e incluida en el Geoportal de la ULPGC, gestionado por IU-ECOQUA: (www.geoportal.ulpgc.es). (Figura 10)

tiva Europea INSPIRE, siguiendo el modelo de datos correspondiente a Hábitats y Biotopos. El resultado se encuentra disponible en varios formatos en la Infraestructura de Datos desarrollada por el proyecto PLASMAR e incluida en el Geoportal de la ULPGC gestionado por IU-ECOQUA: (www.geoportal.ulpgc.es) para su libre descarga.

La adecuada vigilancia del medio marino

En relación con el desarrollo sostenible de los sectores marítimos es necesario continuar la monitorización de las presiones y reversibilidad de los impactos de las actividades económicas en el mar. Con el proyecto PLASMAR se han optimizado o desarrollado los procedimientos técnicos adecuados para el seguimiento de los indicadores necesarios para preservar el Buen Estado Ambiental. Se han implementado mejoras y métodos avanzados para monitorizar la distribución de los hábitats bentónicos (Figs. 11 y 12), dispersión de las especies introducidas o invasoras (NIS en sus siglas inglesas) (Figs. 13 y 14), poblaciones de las especies marinas explotadas comercialmente (Fig. 15), redes tróficas, la integridad del suelo marino (Fig. 16 y 17), y las propiedades y las cantidades de desechos marinos (Fig. 18 y 19). Todos y cada uno de estos métodos se han desarrollado de acuerdo a las características y condiciones específicas de la Macaronesia.

La zonificación como acción final del proyecto

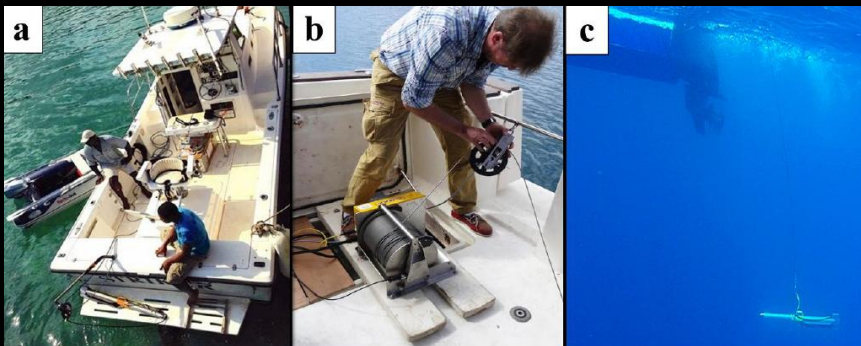
El ejercicio de zonificación reúne los resultados obtenidos a lo largo del proyecto PLASMAR, consecuencia de un proceso metodológico de ordenación de los sectores marítimos en equilibrio con sus efectos ecosistémicos. La zonificación piloto identifica las áreas adecuadas para determinadas actividades marítimas, en línea con la protección ambiental, de acuerdo con los datos y la información disponible y con un impacto medioambiental adecuadamente monitorizado. Este modo de trabajo está fundamentado en los estudios previos, tales como la selección de sectores marítimos relevantes, la conjugación de la conservación del medioambiente marino con el desarrollo azul y los análisis enfocados en evitar las presiones o mitigar los impactos medioambientales.

Los procesos de zonificación se deben realizar tomando en consideración los datos recolectados u obtenidos en las campañas de muestreo. Así, se ha definido, para cada parámetro incluido en el marco de datos, la relación con los sectores seleccionados. Por ejemplo, para la energía eólica offshore se establecieron las siguientes correlaciones:

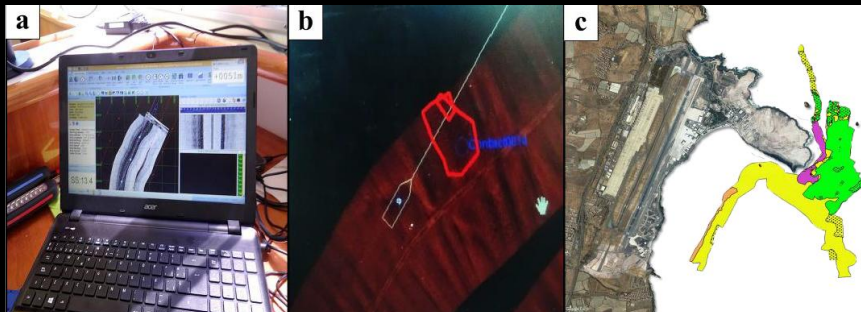
- Energía eólica offshore y parámetros de Buen Estado Ambiental,
- Energía eólica offshore y áreas marinas protegidas,
- Energía eólica offshore y datos oceanográficos,
- Energía eólica offshore y uso de suelo en las áreas costeras
- Energía eólica offshore y sectores marítimos actuales

La identificación de áreas apropiadas para el potencial desarrollo de actividades marítimas se fundamentó en relaciones definidas con parámetros obtenidos del análisis de los datos y la gran cantidad de información espacial recopilada en múltiples campañas de muestreo. Debido a la elevada longitud de las costas de los archipiélagos Macaronésicos (Canarias 1580 Km, Maderia 375 Km, Azores 950 Km), a las enormes Zonas Económicas Exclusivas y a la gran cantidad de datos e información de los distintos sectores considerados, fue necesario un importante proceso de simplificación para hacer el proceso de cálculo más eficiente. De ese modo, se ha diseñado un Sistema de Apoyo a la Toma de Decisiones (SATD) denominado INDIMAR®, que recopila toda la información espacial y las relaciones de los parámetros con los sectores marítimos, con el fin de aplicar un modelo que desarrolle un análisis exhaustivo. Las relaciones de cada parámetro y su actividad marítima están valoradas con los pesos, calculados con un método estadístico multi-criterio y aplicados según la valoración de expertos y de agentes relacionados con el sector.

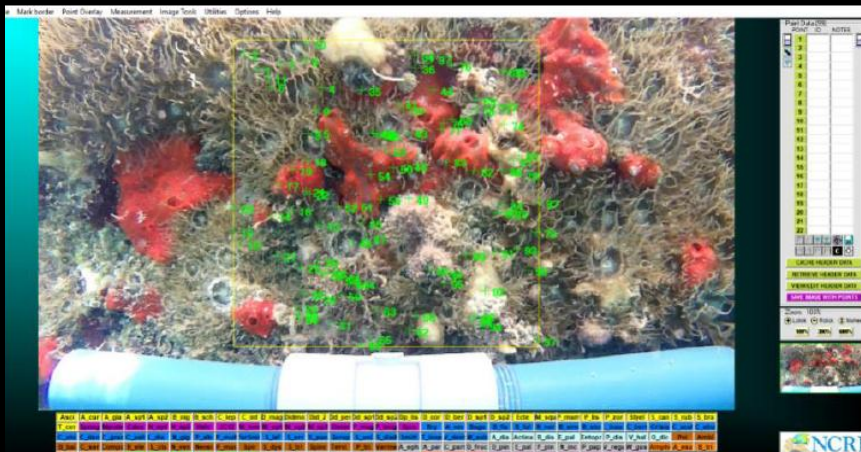
Tras tres años de proyecto, se han finalizado los estudios vinculados a la potencial introducción de un nuevo sector en el medio marino de Canarias, el de la energía eólica off-shore (Fig. 20) y, al mismo tiempo, definido los escenarios potenciales en los casos de Madeira y de Azores. Se espera poder finalizar el análisis de idoneidad para el sector de la acuicultura y para la extracción de arenas en breve. Asimismo, utilizando la metodología desarrollada en el SATD INDIMAR®, se puede obtener información sobre la adecuada distribución del transporte marítimo y si resultan necesarios cambios en las rutas. Finalmente, podemos analizar los compromisos potenciales del sector pesquero, un ámbito socioeconómico que tiene una amplia distribución espacial de su actividad y que confluye con sectores que se están introduciendo o expandiendo rápidamente en los mares de la Macaronesia.



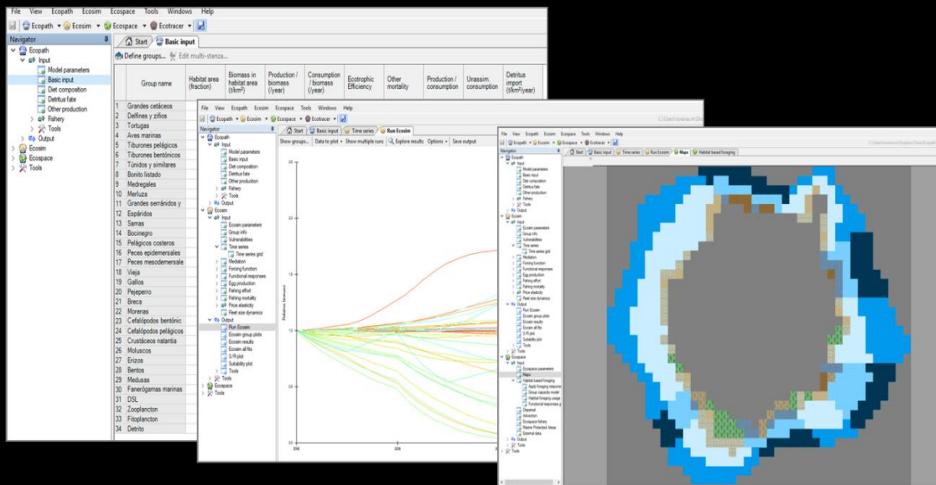
Barco equipado con sonar de barrido lateral para la identificación y monitoreo de hábitats bentónicos. (Figura 11)



SonarWiz 6 el software del Sonar y ejemplo del manejo integrando los datos obtenidos con la sonda y el GPS, incluidos en Sistema de Información Geográfica. (Figura 12)



Software Coral Point Count, que analiza la presencia de especies invasoras (NIS) en comunidades bentónicas. (Figura 14)



Datos de dinámica poblacional y distribución espacial de los stocks de poblaciones de especies marinas sometidas explotadas pesquera obtenidos con el Modelo Eco-Path con EcoSim. (Figura 15)



Herramientas desarrolladas por investigadores del ARDITI (MARINELAB) para el muestreo de especies introducidas o invasoras (NIS) en distintos ambientes e infraestructuras costeras. (Figura 13)



Inspección visual a bordo después de finalizar la operación de extracción de arena (@ImagDOP; incluido en el método de monitorización de la integridad del suelo marino). (Figura 16)

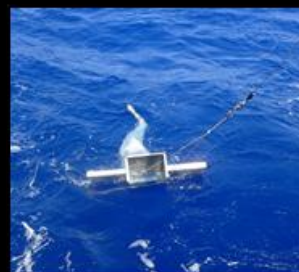
Muestreo subacuático de fondos sedimentarios (@ImagDOP, incluido en el método de monitorización de la integridad del suelo marino). (Figura 17)



Muestras de plásticos recogidos en el litoral por investigadores de IU-ECOQUA. (Figura 19)



Estudio de las basuras marinas en aguas de la Macaronesia, campañas en Madeira y Canarias, realizadas por investigadores del IU-ECOQUA. (Figura 18)



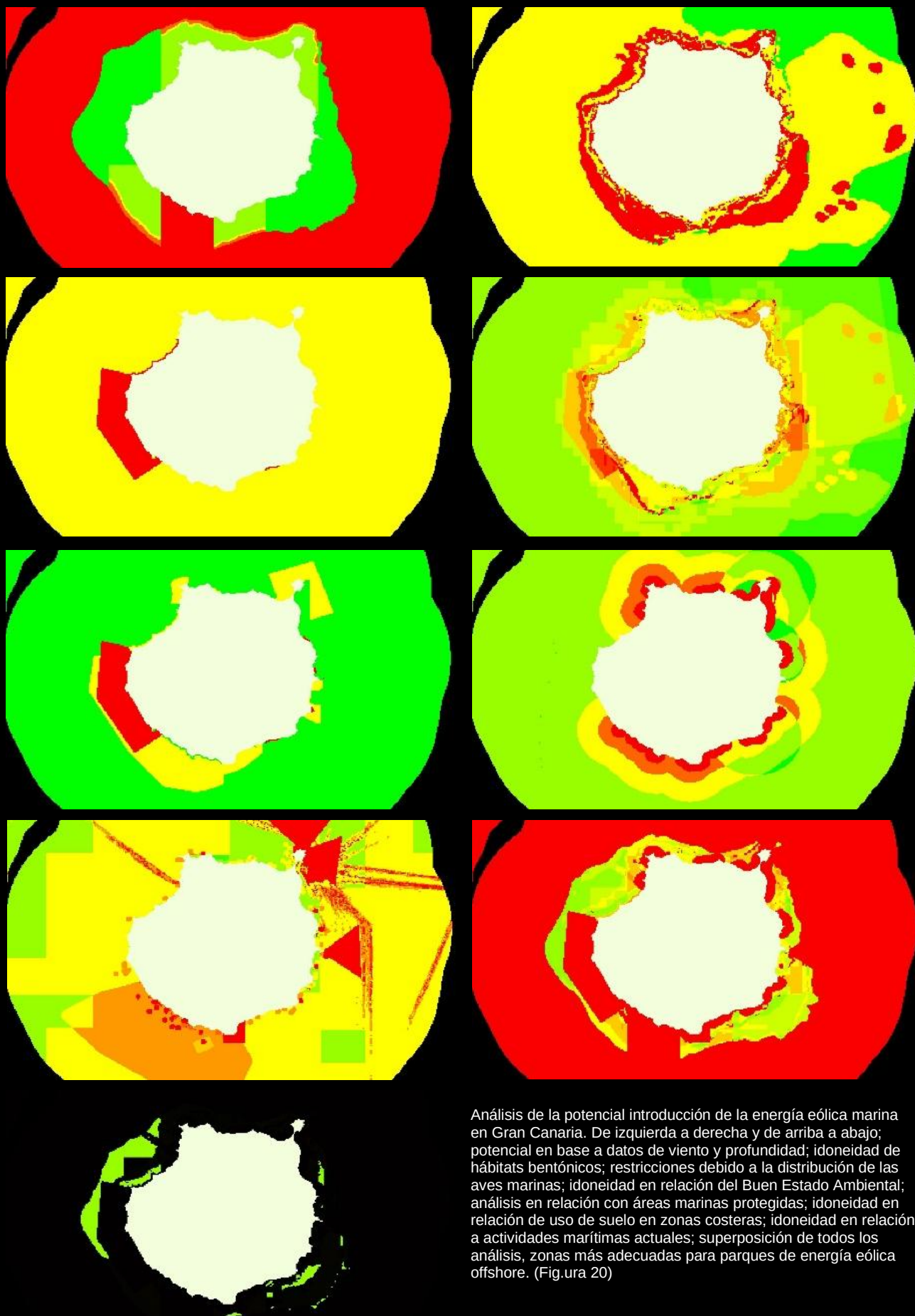
La identificación de áreas apropiadas para el potencial desarrollo de actividades marítimas se fundamentó en relaciones definidas con los parámetros obtenidos del análisis de los datos y la gran cantidad de información espacial recopilada en múltiples campañas de muestreo.

Los resultados avanzados con el proyecto PLASMAR son una base esencial para la incorporación de nuevos sectores, prevenir posibles conflictos discutiendo las soluciones con los agentes involucrados y definir planes para el desarrollo sostenible de las actividades marítimas aplicando un enfoque ecosistémico. Los planes para toda Europa, incluyendo la Macaronesia, y atendiendo a la Directiva de Ordenación Marítima 2014/89/EU, deben estar finalizados a mediados del 2021. Por todo ello, creemos que aplicando los resultados prácticos del proyecto PLASMAR, resultaría viable finalizar los Planes de Ordenación Marina para las cuencas marinas de Azores, Madeira y Canarias dentro del plazo oficial de implementación y con criterios de sostenibilidad ambiental.

Bibliografía

- (1) Bilbao Sieyro, A., Pérez González, Y., Couce Montero, L., Fernández-Palacios, Y., Abramic, A. 2018. *Okeanos*, 7: 16-21.
- (2) OECD (2016). The Ocean Economy in 2030, OECD Publishing, Paris. DOI: <http://dx.doi.org/10.1787/9789264251724-en>
- (3) World Bank. 2017. The Potential of the Blue Economy: Increasing Long-term Benefits of the Sustainable Use of Marine Resources for Small Island Developing States and Coastal Least Developed Countries. World Bank, Washington DC. 50p. https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/15434Blue_EconomyJun1.pdf (11-12-2018).
- (4) EC. 2018. The 2018 annual economic report on the EU blue economy. Maritime Affairs and Fisheries. 200 p. ISBN: 978-92-79-81757-1. doi:10.2771/305342.
- (5) EASME. 2017a. Realising the potential of the Outermost Regions for sustainable blue growth. Final report. DOI: 10.2826/074620.
- (6) EASME. 2017b. Study on the establishment of a framework for processing and analysing of maritime economic data in Europe. Final Report (Sept.2017). MARE/2014/45. Service contract: EASME/EMFF/1.3.1.13/SI2.718095. 122pp. <https://publications.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/9c132514-982d-11e7-b92d-01aa75ed71a1/language-en>







Instalaciones para el cultivo de peces en el mar en Salinetas (Gran Canaria, Islas Canarias) (Autor: Yeray Pérez González) (Figura 1).

A full-page background image showing a sunset over a dark blue ocean. The sun is a bright yellow orb partially obscured by a thick layer of dark, horizontal clouds just above the horizon. Above this, more scattered, lighter clouds are visible against a deep blue sky. The water in the foreground is dark with small, rhythmic waves.

Crecimiento Azul en los archipiélagos de la Macaronesia



Primer aerogenerador instalado en el medio marino de Canarias, costa este de Gran Canaria (Autor: Yeray Pérez González). (Figura 2)

Ricardo Haroun, Yaiza Fernández-Palacios, Alejandro García Mendoza y Andrej Abramic

Instituto Universitario de Acuicultura Sostenible y Ecosistemas Marinos (IU-ECOQUA), Univ. de Las Palmas de Gran Canaria, Parque Científico y Tecnológico Marino de la ULPGC, Ctra. de Taliarte s/n, 35214 Telde, España.

Una de las tareas desarrolladas dentro del proyecto PLASMAR ha sido la identificación y caracterización de las actividades que se realizan en el medio marino alrededor de los archipiélagos de Azores, Madeira y Canarias. Un primer fruto de esa tarea ha sido la publicación realizada por Bilbao Sieyro y colaboradores,¹ donde se hace un primer análisis de los diferentes sectores marinos / marítimos relacionados con la Economía Azul en el entorno marino de las Islas Canarias. Estos autores analizaron las actividades de 11 sectores y la principal conclusión de este análisis es la enorme dificultad que entraña obtener datos básicos —económicos y de empleo— para el correcto seguimiento de estos sectores en las islas. Sin embargo, vemos como existe un creciente interés en los últimos años hacia el desarrollo de diversos sectores marinos/marítimos, tanto desde su potencial para mejorar el uso sostenible de los recursos marinos como para la creación de empleos y valores económicos.

En este sentido, diferentes organismos internacionales y también la propia Unión Europea han desarrollado estrategias en torno a la Economía Azul y el Crecimiento Azul (conceptos diferentes, pero que muchas veces son confundidos entre sí). Los principales sectores integrantes de la Economía Azul, según las organizaciones internacionales citadas, serían: acuicultura, biotecnología marina, pesca, transporte marítimo, turismo marítimo y costero, recursos minerales, petróleo y gas en alta mar, energía eólica en alta mar y construcción y reparación de barcos. Cabe destacar aquí los trabajos de la OECD², el Banco Mundial y ONU-DESA³ o la Comisión Europea.⁴

La Unión Europea (UE) ha trazado una estrategia de crecimiento azul a largo plazo (https://ec.europa.eu/maritimeaffairs/policy/blue_growth_en) para apoyar el crecimiento sostenible de los sectores marino y marítimo, que está vinculada a la Política Integrada Marítima (https://ec.europa.eu/maritimeaffairs/policy_en). Asimismo, la UE reconoce a la Macaronesia como una parte esencial de sus regiones ultraperiféricas, debido a sus características comunes que actúan como limitaciones y oportunidades para su potencial de desarrollo. En los últimos años, la UE está sentando las bases para el desarrollo de las economías marí-



Embarcaciones de pesca artesanal amarradas en el refugio pesquero de El Cotillo (Fuerteventura, Islas Canarias). Autor: Yeray Pérez González, (Figura 3)

timas en las RUP a través de diversas acciones de apoyo⁵ y, específicamente, para la Región Macaronésica a través de la financiación del proyecto MarSP (www.marsp.eu) o el propio proyecto Interreg PLASMAR (<http://www.plasmar.eu>).

Esta coyuntura internacional es particularmente interesante en el caso de los archipiélagos de Azores, Madeira y Canarias donde, por su propia naturaleza geográfica, el mar puede ser un factor limitante al desarrollo pero, al mismo tiempo, es un recurso natural con enormes posibilidades económicas. En este sentido, es necesario resaltar aquí que los sectores marinos/marítimos, cuyas economías asociadas están indudablemente presentes en los tres archipiélagos, muestran diferentes niveles de desarrollo y experiencia. A modo de síntesis de la labor de recopilación y valoración ambiental de las actividades ligadas al crecimiento azul, presentamos a lo largo de los siguientes párrafos el estado de la cuestión en relación al Crecimiento Azul, en la mayoría de los casos para los tres archipiélagos considerando los sectores marinos/marítimos relevantes o emergentes en ellos.

Principales sectores relevantes o emergentes

El turismo se identifica como la actividad más relevante dentro del Crecimiento Azul europeo, con el 40% de

todo el valor agregado y el 55% del empleo, aunque no es una actividad económica única, sino una amplia gama de actividades.⁶ Los análisis del sector turístico se ciñen generalmente al número de visitantes y/o pernoctaciones y raramente contemplan las externalidades que provoca el turismo masivo actual (especialmente en Canarias), tanto en el uso del territorio insular (especialmente en la franja costera) y su impacto sobre la biodiversidad, como en la mayor presión sobre los recursos hídricos y energéticos, o en la gestión de residuos. Además, a través de las estadísticas tradicionales es difícil hacer una estimación de la proporción del turismo marítimo, ya que agrega una serie de actividades que incluyen turismo de cruceros, viajes diarios por mar, deportes acuáticos, navegación recreativa, pesca recreativa y servicios asociados. Con respecto al turismo de cruceros, en la Macaronesia vemos que sigue habiendo una clara tendencia al alza, ya que el sector aún no ha alcanzado su madurez.^{2,7} Por lo tanto, el sector turístico, fundamental en la economía de los tres archipiélagos, precisa de una reorientación de sus políticas específicas de desarrollo insular/archipelágico que aplique un enfoque ecosistémico, no solo para favorecer su sostenibilidad en el tiempo, sino, lo que puede ser más importante, para asegurar el bienestar de las poblaciones locales.



Marina de San Miguel (Tenerife, Islas Canarias)
(Autor: Alberto Bilbao Sieyro). (Figura 4)

La actividad pesquera tiene un importante impacto socioeconómico, sobre todo en el caso de las islas pequeñas de los tres archipiélagos considerados, proporcionando alimentos tanto a la población local como al creciente número de visitantes y, al mismo tiempo, permite mantener un cierto número de empleos locales. Sin embargo, las estadísticas pesqueras muestran tendencias preocupantes, que cuestionan la sostenibilidad a medio-largo plazo de las poblaciones de peces, dada la sensibilidad ambiental del ecosistema insular/archipelágico. Por una parte, una gestión más eficaz y adaptativa a las fluctuaciones naturales o inducidas por las actividades extractivas, junto con una visión plurianual sobre la gestión de algunos stocks pesqueros a nivel de toda la Macaronesia, seguramente redundará en mejores beneficios para todas las comunidades pesqueras locales. Con respecto a la producción acuícola, un sector consolidado en Canarias y Madeira, y emergente en Azores, la cría de un mayor número de especies indígenas locales es factible con un apoyo eficaz por parte de las autoridades regionales y aprovechando al máximo las idóneas condiciones ambientales. Además, existen grupos de expertos locales que, mediante el intercambio de experiencias exitosas y respetuosas con el medio ambiente, pueden dar soporte a un desarrollo con enfoque ecosistémico más amplio a nivel regional.

La extracción de agregados marinos y sus efectos ambientales están siendo contemplados dentro de los procesos de planificación espacial marina de los respectivos archipiélagos. Por otra parte, la minería en aguas profundas sigue siendo más bien un sector de I+D+i y que, además, genera preocupación por sus potenciales impactos ecológicos, y en estos archipiélagos hay un potencial reconocido de minerales valiosos.

Las energías renovables marinas se consideran una oportunidad para las regiones ultraperiféricas de la UE, aunque no se están utilizando en todo su potencial debido a las barreras técnicas, económicas y legislativas.⁸ El cambio hacia las energías marinas

limpias debe fortalecerse mucho más, en concordancia con el Objetivo de Desarrollo Sostenible 7 de las Naciones Unidas (Energía asequible y limpia), así como porque la extracción de petróleo y gas no está en curso ni prevista en la Macaronesia. En el caso de Madeira y Canarias, se ha llevado a cabo la identificación de áreas adecuadas para esas energías renovables marinas. En la actualidad, ninguno de los archipiélagos macaronésicos tiene empresas con actividad económica derivadas de ninguna de las tecnologías disponibles para la producción de energía marina renovable. Por lo tanto, la producción de energía renovable en la Macaronesia a partir de tecnologías marinas aun solo puede discutirse como proyectos piloto de I+D+i.

Por lo que respecta a la extracción de agregados, este sector está activo en Madeira y en las Azores, determinado principalmente por la demanda de la industria de la construcción local, y no están previstos crecimientos importantes. En el caso de Canarias, aunque se han identificado áreas submarinas cerca de las islas con áridos potencialmente extraíbles para la restauración de playas y de la orla costera, tampoco existen planes o concesiones activas para la realización de estas actividades. En todo caso, la extracción de agregados marinos y sus efectos ambientales están siendo contemplados dentro de los procesos de planificación espacial marina de los respectivos archipiélagos. Por otra parte, la minería en aguas profundas sigue siendo más bien un sector de I+D+i,⁹ y que además genera preocupación por sus potenciales impactos ecológicos.¹⁰ En todo caso, estas islas oceánicas se ubican en áreas geológicas con morfologías específicas y dominios fisiográficos (montes submarinos, llanuras abisales, zonas de fractura, zonas hidrotermales) que implican un potencial reconocido para la presencia de depósitos minerales valiosos.

El potencial de la Macaronesia en el marco Europeo

Considerando algunas de las características de la región de Macaronesia, como son ser plataformas cercanas para el acceso a la biodiversidad marina (tanto somera como profunda), climatología favorable casi todo el año, fotoperiodos estables, altas capacidades de I+D+i en los tres archipiélagos, etc., el sector de la biotecnología azul tiene un alto potencial para descubrir y explotar una amplia gama de productos, aplicaciones y servicios biotecnológicos. Ronzon y colaboradores¹¹ han subrayado las sinergias con los alimentos terrestres, la producción y el procesamiento de piensos, la producción de bioenergía, los produc-

tos químicos y los nutrientes, como una contribución desde una perspectiva de economía local y circular. Más recientemente, Haroun y colaboradores¹² han puesto de relieve como las macroalgas marinas autóctonas pueden contribuir a generar nuevos productos con alto valor añadido y paralelamente generar empleos cualificados.

En general, se considera que las islas remotas son ecosistemas empresariales menos favorables por su reducido tamaño, fragmentación y lejanía,¹³ por lo que parece necesario que los gobiernos regionales adquieran un papel más activo, que propicie políticas a medio-largo plazo, promoción, establecimiento y desarrollo de nuevas empresas del sector biotecnológico marino, con claras ventajas competitivas respecto a otras zonas costeras europeas. La presencia de parques tecnológicos e incubadoras de empresas en los tres archipiélagos macaronésicos son dignos de mención, aunque su sola existencia no es suficiente. La reciente puesta en marcha del programa "BIOASIS Gran Canaria" (<https://www.spegc.org/tag/bioasis-gran-canaria>) es una iniciativa que trata de dar soporte para el "aterrizaje suave" de empresas biotecnológicas, creando las condiciones logísticas apropiadas y las garantías legales requeridas para su instalación. Así mismo, es importante mencionar la iniciativa Nonagon (<https://nonagon.pt>) en la isla de São Miguel, en Azores, que pretende ser una referencia internacional en la valoración del capital humano, tecnológico, empresarial y social, y sostenido en I+D+i.

Como regiones ultraperiféricas, los archipiélagos de Azores, Madeira y Canarias pueden jugar el papel demostrativo de la importancia del Crecimiento Azul dentro de Europa y también respecto a otros sistemas insulares, como los Pequeños Estados Insulares en Desarrollo (más conocidos por sus siglas inglesas SIDS). Además, estos sectores marinos/marítimos deben convertirse en una parte integral de los procesos de Planificación Espacial Marítima integrada (MSP, por sus siglas en inglés) y, una vez más, la Macaronesia –debido a su tamaño, actores involucrados, redes, experiencia e interés ya expresados– debería ser capaz de actuar como un actor importante para la implementación de Procesos MSP. Por lo tanto, creemos que es necesario un mayor desarrollo de políticas específicas de Crecimiento Azul para promover el uso sostenible de los ricos recursos marinos en cada archipiélago, incluyendo el desarrollo de metodologías científicas robustas y herramientas de información geográfica que faciliten la toma de decisiones tanto para el sector público como para el privado.

Bibliografía

- (1) Bilbao Sieyro, A., Pérez González, Y., Couce Montero, L., Fernández-Palacios, Y., Abramic, A. 2018. *Okeanos*, 7: 16-21.
- (2) OECD (2016). The Ocean Economy in 2030, OECD Publishing, Paris. DOI: <http://dx.doi.org/10.1787/9789264251724-en>
- (3) World Bank. 2017. The Potential of the Blue Economy: Increasing Long-term Benefits of the Sustainable Use of Marine Resources for Small Island Developing States and Coastal Least Developed Countries. World Bank, Washington DC. 50p. https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/15434Blue_EconomyJun1.pdf (11-12-2018).
- (4) EC. 2018. The 2018 annual economic report on the EU blue economy. Maritime Affairs and Fisheries. 200 p. ISBN: 978-92-79-81757-1. doi:10.2771/305342.
- (5) EASME. 2017a. Realising the potential of the Outermost Regions for sustainable blue growth. Final report. DOI: 10.2826/074620.
- (6) EASME. 2017b. Study on the establishment of a framework for processing and analysing of maritime economic data in Europe. Final Report (Sept.2017). MARE/2014/45. Service contract: EASME/EMFF/1.3.1.13/SI2.718095. 122pp. <https://publications.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/9c132514-982d-11e7-b92d-01aa75ed71a1/language-en>
- (7) Cruise Market Watch. 2017. Growth of the Cruise Line Industry – Statistics. <http://www.cruisemarketwatch.com/growth/>
- (7) Maldonado, E. 2017. Energy in the EU Outermost Regions. FINAL REPORT. http://ec.europa.eu/regional_policy/en/information/publications/reports/2017/expert-group-report-on-energy-for-the-eu-outermost-regions (4-12-2018).
- (8) Herrera, I., Mentado Rodríguez, D., González, F.J. 2020. *Okeanos*, 10: 36-43.
- (9) Van Dover C.L., Ardron, J.A., Escobar, E., Gianni, M., Gjerde, K.M., Jaeckel, A., Jones, D.P.B., Levin, L.A., Niner, H.J., Pendleton, L., Smith, C.R., Thiele, T., Turner, P.J., Watling, L., Weaver, P.P.E. 2017. *Nature Geoscience* 10(7):464–465.
- (10) Ronzon, T., Lusser, M., Klinkenberg, M., Landa, L., Sanchez Lopez, J., M'Barek, R., Hadjamu, G., Belward, A., Camia, A., Giuntoli, J., Cristobal, J., Parisi, C., Ferrari, E., Marelli, L., Torres de Matos, C., Gomez Barbero, M., Rodriguez Cerezo, E. 2017. Bioeconomy Report 2016. JRC Scientific and Policy Report. EUR 28468 EN
- (11) Haroun, R., Gil-Rodríguez, M.C., Neto, A.I., Machín-Sánchez, M., Viera-Rodríguez, M.A. 2019. *J. Appl. Phycol.*, 31(6): 3777-3790.
- (12) Freitas, C., Kitson, M. 2018. *Island Stud. J.*, 13(1), 267–284.



Direcção Regional de Assuntos do Mar

Secretaria Regional do Mar, Ciência e Tecnologia

manobrito.com © Marco Aurélio - imagDRAM



La Direcção Regional de Assuntos do Mar (DRAM) es el servicio de la administración pública regional cuya misión es proteger y dar valor a los recursos marinos de las Azores y las actividades marítimas, creando oportunidades para el desarrollo socioeconómico, ambientalmente sostenible, dentro de un marco de planificación espacial, basado en criterios científicos sólidos y promoviendo la participación ciudadana, activa e informada.

INDIMAR[®], herramienta web de soporte a la toma de decisiones en ordenación espacial marina

Alejandro García Mendoza, Andrej Abramic, Yai-za Fernández-Palacios y Ricardo Haroun.

Instituto Universitario de Acuicultura Sostenible y Ecosistemas Marinos (IU-ECOQUA), Univ. de Las Palmas de Gran Canaria, Parque Científico y Tecnológico Marino de la ULPGC, Ctra. de Taliarte s/n, 35214 Telde, España.

La Directiva 2014/89/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 julio de 2014 y, en el caso de España su transposición a través del Real Decreto 367/2017, de 8 de abril 2017, establecen el marco legal para los planes de ordenación marina. En estos planes se determinará la distribución espacial y temporal de las correspondientes actividades y usos, existentes y futuros, teniendo en cuenta el crecimiento sostenible de las economías marítimas, el desarrollo sostenible de los espacios marinos y el aprovechamiento sostenible de los recursos marinos. Como parte de las actividades del proyecto PLASMAR, los investigadores del Instituto Universitario Ecoqua (IU-ECOQUA) de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, han desarrollado la herramienta INDIMAR[®],¹ cuyo objetivo es el de servir de soporte científico-técnico a la toma de decisiones a todas las partes implicadas en el proceso de ordenación marina.

Antecedentes y objetivos

Unas de las actividades desarrolladas dentro del proyecto PLASMAR ha sido la recopilación de información espacial marina y de datos asociados de cualquiera de los archipiélagos macaronésicos implicados en dicho proyecto (Madeira, Azores y Canarias), y que pudiesen ser útiles en los procesos de ordenación marina. Dicha recopilación no sólo se ha limitado a los datos en sí mismos, sino que también se han ido recogiendo todos los aspectos relativos a

los propios datos, tales como el origen o fuente, fecha de producción, métodos de obtención, unidades, condiciones de uso, etc., y que también se conocen como metadatos. Todo ello ha quedado recogido en un catálogo estructurado y normalizado² puesto a disposición pública en el Geoportal del IU-ECOQUA.³

Por otro lado, otro de los objetivos específicos del proyecto ha consistido en la identificación de áreas apropiadas para el potencial desarrollo de actividades vinculadas al Crecimiento Azul en el marco de un enfoque ecosistémico. Para ello, el equipo empezó a plantearse en qué medida los parámetros medioambientales influían en la identificación de las áreas adecuadas para el desarrollo de las distintas actividades marinas analizadas en PLASMAR (acuicultura, energía off-shore, transporte, pesca, extracción de áridos y turismo). Dada la gran cantidad de información recopilada y la existencia de distintos formatos, fue necesario simplificar tanto la información de partida como de los resultados esperados. A estos condicionantes se une el hecho de tratar de mantener la filosofía practicada dentro del IU-ECOQUA en general, y del proyecto PLASMAR en particular, de compartir y difundir públicamente datos y resultados producto de todas sus actividades. Con todo ello, hemos diseñado una primera versión de INDIMAR[®] con las siguientes características:

— *Definición del área de trabajo:* con el objetivo de simplificar y normalizar todos los datos de entrada, se diseñó una malla regular de celdas cuadradas de 10 segundos de arco de lado (280 metros aprox.), que garantiza la suficiente resolución espacial sin comprometer excesivamente la velocidad de cálculo. Cada celda tiene un identificador

Choose region to start mapping...

Madeira

Açores

Canarias



MAC 2014-2020
Cooperación Territorial



Interreg



UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS
DE GRAN CANARIA



Governo dos Açores



Região Autónoma
da Madeira



Secretaria Regional
de Agricultura e Pescas



Orditi



GMR Canarias



Gobierno
de Canarias

Consejería de Agricultura,
Ganadería, Pesca y Aguas



Região Autónoma
da Madeira

Secretaria Regional
de Agricultura e Pescas

Pantalla inicial de INDIMAR donde se puede preseleccionar el ámbito geográfico para acceder a los datos regionales correspondientes. Figura 1

propio y ha de contener todos los valores de cada uno de los parámetros que se definan. Se desecharán las celdas que estén ocupadas totalmente por partes terrestres con el fin de aligerar las consultas.

- **Limitación del área de trabajo:** si bien la idea original era que el área de trabajo ocupara la totalidad de las zonas identificadas por cada región para su ordenación espacial marina (zonas económicas exclusivas en caso de Madeira y Azores y demarcación marina en caso de Canarias), se comprobó que la variabilidad y calidad de los datos decrecía a medida que aumentaba la distancia a la costa. Este hecho unido a que la mayoría de los usos y actividades marinas están concentrados en las zonas cercanas a la costa, hizo que se limitara el área de trabajo a los primeros 30 kilómetros desde la costa, pudiendo así mantener un equilibrio entre la resolución espacial definida en el punto anterior y la cantidad final de celdas a calcular.
- **Definición de parámetros o indicadores:** para poder identificar las áreas idóneas para el desarrollo de actividades se tenía que identificar qué aspectos físicos, ambientales, económicos y/o humanos son relevantes o pueden ejercer algún tipo de limitación para el desarrollo de dicha actividad. Esto se haría por medio de parámetros o indicadores que la herramienta mostraría en un panel junto con los posibles valores que pudiesen tomar.
- **Simplificación del resultado:** el proceso de identificación de áreas debía tener un resultado claro y directo. Teniendo en cuenta todos los indicadores definidos y sus valores, el resultado sería una puntuación de cero a diez, calculada para cada una de las celdas, y que sería mostrada en un mapa con un código de colores desde el rojo hasta el verde.

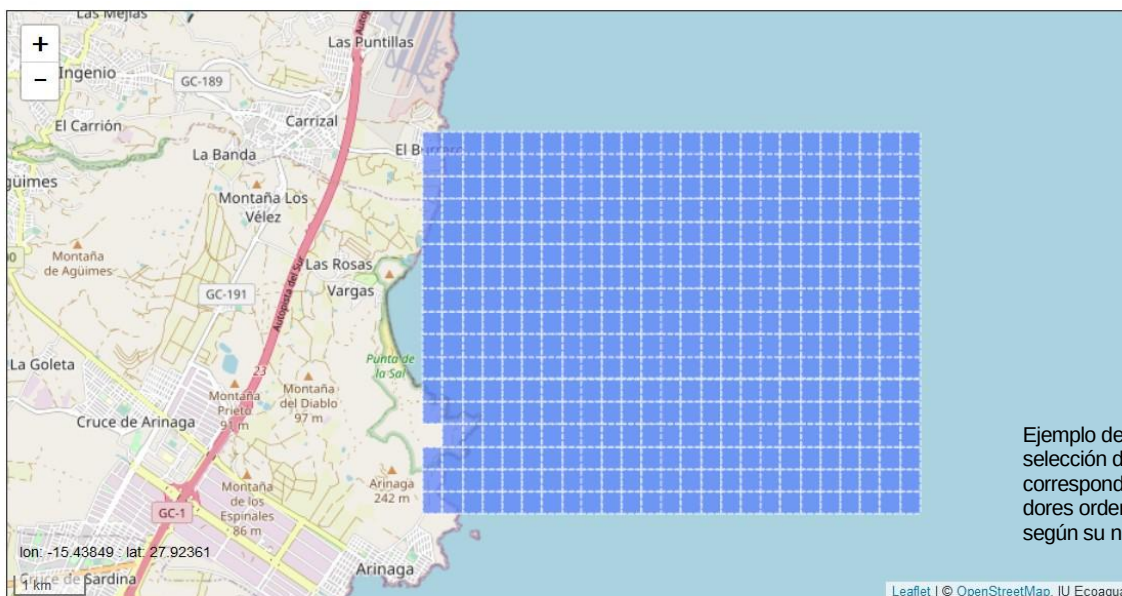
- **Difusión:** con el objetivo de poner la herramienta al alcance del número máximo de personas y de la forma más sencilla posible, se decidió que el desarrollo de INDIMAR® se hiciese mediante una aplicación web. Esto permitiría el acceso a la misma sin ningún tipo de instalación de software y sería compatible con cualquier sistema operativo que dispusiera de un navegador estándar. Además, la última versión tanto de la herramienta como de los datos estarían disponibles de forma inmediata.

La lista de indicadores y la relación entre ellos

A la vista de los conjuntos de datos recopilados, se encontraron dos tipos de indicadores. Los primeros hacen referencia a parámetros con valores numéricos y que se pueden definir mediante rangos, como por ejemplo la profundidad, salinidad, distancia a la costa, etc. El segundo tipo de indicadores contiene valores que se pueden recoger en una lista, como, por ejemplo, los nombres de hábitats de un área, tipos de protección, especies de mamíferos presentes, etc.

Para poder organizar mejor los indicadores, se establecieron cinco grupos (clusters), siguiendo un marco de datos específicos para la ordenación espacial marítima desarrollado por el proyecto PLASMAR:

- Indicadores del buen estado medioambiental basados en la lista especificada en la Directiva Marco de Estrategia Marina.⁴
- Indicadores relacionados con las áreas marinas protegidas, de acuerdo con las distintas figuras de protección reconocidas por las autoridades medioambientales europeas.
- Indicadores del uso de suelo en la costa, utilizando para la Macaronesia los datos disponibles en programa europeo CORINE.⁵



Ejemplo de un mapa de con la selección del área de estudio y el correspondiente panel de indicadores ordenados por pestañas según su naturaleza. Figura 2

[Home](#)
[MSFD GES \(61\)](#)
[MPA \(2\)](#)
[Land Use \(8\)](#)
[Oceanography \(8\)](#)
[Maritime Acts. \(21\)](#)
WS:0.00

MSFD GES

Descriptor 3.1. The population of commercial fish species. Benthic Cephalopods

Benthic Cephalopods. Biomass kilogram per square kilometer.

Color all items
Weight 0

Descriptor 3.2. The population of commercial fish species. Benthic sharks and rays

Benthic sharks and rays. Biomass kilogram per square kilometer.

Color all items
Weight 0

- Indicadores oceanográficos relativos a mediciones del medio físico tales como salinidad, temperatura, profundidad, etc.
- Indicadores de actividades marítimas donde se recogen los usos humanos de las distintas áreas, tales como pesca, deportes náuticos, acuicultura, etc.

El siguiente paso, para poder definir áreas propias para cada actividad, ha sido estudiar la naturaleza de la relación entre cada uno de los indicadores y cada una de las actividades. En la medida que los indicadores pueden afectar a las actividades y, a su vez, las actividades pueden afectar a los indicadores, se estableció el siguiente criterio:

- Para los indicadores incluidos en los grupos de buen estado ambiental y áreas marinas protegidas se analizó el efecto de las actividades en los indicadores, como, por ejemplo, el efecto de la acuicultura en los hábitats, el efecto de la pesca en las áreas protegidas, etc.
- Para los indicadores incluidos en los grupos de usos del suelo, oceanografía y actividades marítimas se analizó el efecto de los indicadores en las actividades, como, por ejemplo, cómo afecta la temperatura del agua a la acuicultura, la profundidad a la extracción de áridos, la velocidad del viento a la energía off-shore, etc.

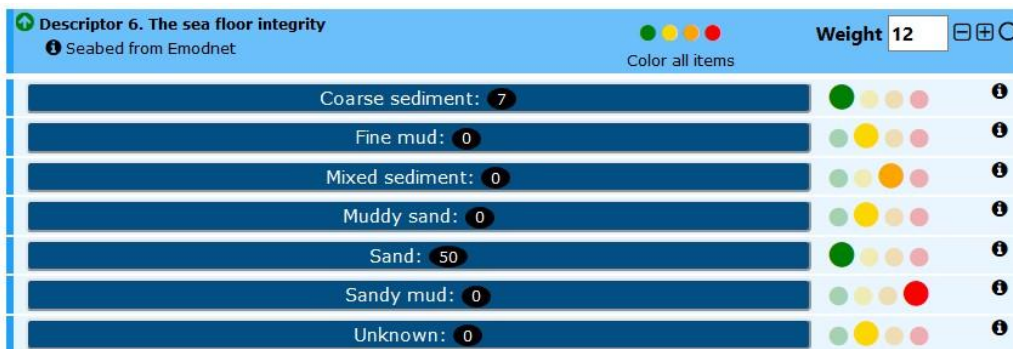
Todas estas relaciones se han recogido en tablas, una por actividad, donde se han ido especificando las relaciones de los indicadores con las actividades y viceversa, el tipo de relación (negativa o positiva) y el nivel de afección (alto, medio o bajo).

Una vez obtenidas las relaciones, se pasó a definir numéricamente la importancia relativa de cada uno de los indicadores mediante un valor que en la herramienta INDIMAR® se ha denominado peso. Dicho peso, una vez normalizado a 100, indica el porcentaje de influencia que tiene cada uno de los indicadores a la hora de calcular el índice de idoneidad de cada una de las actividades en cada una de las celdas. Por ejemplo, el valor de la profundidad puede ser muy relevante a la hora de desarrollar una actividad como la acuicultura y menos relevante en el caso de la energía off-shore.

Para facilitar la definición de estos valores se ha diseñado un formulario basado en el método de decisión multicriterio desarrollado por Klaus Goepel⁶ y adaptado por la Universidad de Azores y la Direção Regional dos Assuntos do Mar para el proyecto PLASMAR. El formulario ha sido facilitado a expertos en cada una de las actividades analizadas y consiste en la comparación por pares de cada uno de los indicadores de cada grupo, más la comparación de cada grupo de indicadores entre sí, dando lugar a una tabla con valores de pesos. Hay que te-



Ejemplo de indicador con rango de valores numéricos. En este caso se han definido cuatro rangos de valores para la profundidad, cada uno de ellos con su propio color definiendo su comportamiento. Arriba, a la derecha, se encuentra el cuadro con el peso de ese indicador. Además, hay varios enlaces al metadato de este indicador y al visor de datos dónde se puede consultar el contenido de este conjunto de datos. Figura 3



Ejemplo de indicador con lista de valores. Cada valor dispone de su propio código de color que define su comportamiento. El número en el círculo negro indica la cantidad de celdas dentro del área que contienen ese valor. Figura 4

ner en cuenta que, en algunos casos, se han valorado los pesos correspondientes a indicadores de los cuales no hay datos disponibles.

Por otro lado, aunque la estructura de los indicadores se ha tratado de mantener entre los archipiélagos, en la medida de lo posible, la cantidad o la naturaleza de los datos recopilados ha hecho que el número de indicadores disponibles en cada uno de ellos sea diferente.

El proceso de estudio de un área

El uso de la herramienta INDIMAR® comienza con la elección de la zona geográfica en la que se va a hacer el estudio (Fig. 1). A continuación, hay que seleccionar el área de estudio y se accede al panel de indicadores (Fig. 2) donde se observan las cinco pestañas correspondientes a los grupos de indicadores más una pestaña con los controles de las funciones de la aplicación.

En la lista de indicadores se pueden encontrar los dos tipos definidos anteriormente:

- Indicadores con valor numérico (Fig. 3). En este tipo de indicadores se pueden definir tanto el número de rangos como sus límites, según el criterio del usuario. Además, para cada uno de los rangos se puede definir el tipo de relación o contribución del indicador en ese rango con la actividad estudiada. Se han establecido cuatro tipos identificados por colores en la interfase de la herramienta:

- Verde (contribución positiva): el peso asignado al indicador suma a la hora del cálculo del índice final. Es decir, el valor del indicador incluido en el rango es favorable para la actividad estudiada, por lo que cualquier celda que tenga ese valor sumará el peso de ese indicador.
- Amarillo (contribución neutra): el peso asignado al indicador no se tendrá en cuenta en las celdas que contengan valores en un rango señalado en amarillo.
- Naranja (contribución negativa): el peso asignado al indicador resta a la hora del cálculo del índice final. Es decir, el valor del indicador incluido en el rango es desfavorable para la actividad estudiada, por lo que cualquier celda que tenga ese valor restará el peso de ese indicador.
- Rojo (bloqueo de la actividad): las celdas que en el indicador tengan un valor incluido en un rango señalado con este color, quedarán bloqueadas y su índice de idoneidad será establecido directamente a cero, independientemente de los valores que puedan tomar el resto de los indicadores. Un ejemplo de este uso puede ser en el caso del estudio de áreas para extracción de arena, en el que las celdas que en el indicador de tipo de sustrato tengan un valor de “rocas” quedarían excluidas independientemente de que el resto de los indicadores sean favorables.

Home MSFD GES (61) MPA (2) Land Use (8) Oceanography (8) Maritime Acts. (21) WS:100.00

Defined indicators: **100** Available indicators: **94**

Tiles: **280** Tile info

Rank Min: **0** Rank Max: **8** Norm. rank Start Rank: **5**

Weight Sum: **100.00** Map it! Keep Weight Computed layers: **88** Potential max rank: **10.00**

Weight MSFD GES: **24.00**

Weight MPA: **0.00**

Weight Land Use: **0.00**

Weight Oceanography: **51.00**

Weight Maritime Acts.: **25.00**

Profiles

Download GeoJSON Load profile Save profile

Map whole region user: choose one pwd: Go!

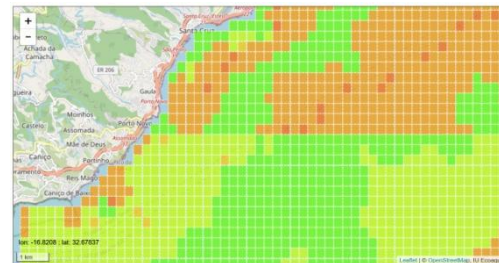
	MADEIRA	AZORES	CANARIAS
Nº de celdas	165.554	496.648	629.740
Superficie abarcada km ²	13.262	38.352	52.456
Indicadores definidos	93	93	100
Indicadores disponibles	37	40	94

Tabla 1. Resumen de datos obtenidos en el desarrollo de la herramienta INDIMAR®.

Pestaña de inicio en el panel de indicadores. En el caso mostrado se pueden ver todas las opciones disponibles al ser la suma de pesos igual a 100. Figura 5

Ejemplo de mapa obtenido en la costa de Gran Canaria. Figura 6

Ejemplo de mapa obtenido en la costa entre las islas de Faial y Pico, en el Archipiélago de Madeira. Figura 7



— Indicadores con lista de valores (Fig. 4). En el panel se desplegará una lista con cada uno de los valores que puede tomar ese indicador. A cada uno de estos valores se le puede definir un comportamiento siguiendo las reglas de colores descritas antes.

En la primera de las pestañas del panel se encuentra la pestaña de inicio (Fig. 5), en la que se muestra el resumen de los datos manejados en ese momento por la herramienta y se puede acceder a varios controles. El panel no se muestra totalmente operativo hasta que la suma de pesos es igual a 100 y se procede al cálculo del índice de idoneidad. De arriba a abajo, se encuentran las siguientes partes:

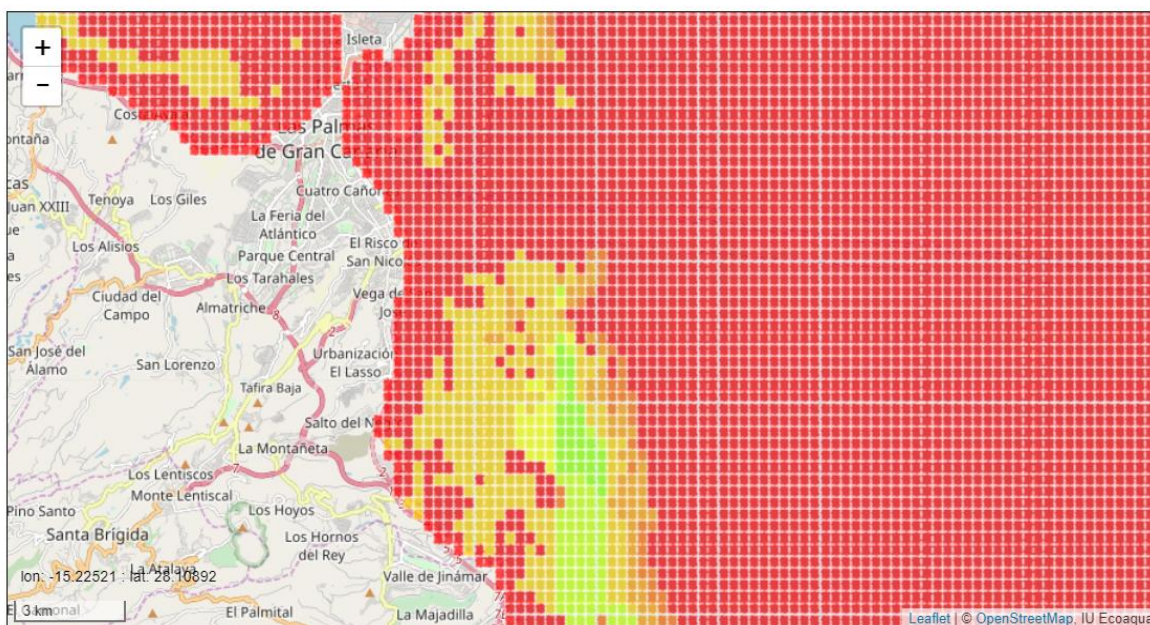
- Resumen de indicadores: aquí se muestran el número total de indicadores definidos y se especifica en cuántos de ellos se dispone de datos.
- Resumen de celdas: número de celdas del área de estudio actual. También se puede habilitar que se muestre el valor que toma cada indicador en cada celda cuando el puntero pase sobre ella.
- Resumen del indicador de idoneidad: la herramienta calcula el índice mínimo y máximo según la configuración y el área actual. En el caso de que los valores obtenidos se concentren demasiado alrededor de la media, se puede habilitar extender los valores del índice de 0 a 10. En la leyenda de colores también se muestra un resumen con todos los valores del índice, el color asignado en el mapa y el número de celdas que han obtenido ese valor.

— Resumen de pesos: aquí se muestra la suma de pesos y un resumen por grupos de indicadores. El botón de inicio del cálculo no se muestra hasta que los pesos sumen 100. Con el control de mantener peso, se permite señalar otra área de estudio manteniendo la configuración actual de pesos, rangos, comportamientos, etc. Por último, se muestra un resumen de los indicadores que están interviniendo en el cálculo del índice con una estimación del valor máximo que puede tomar.

- Perfiles: un perfil es una configuración de pesos, rangos y comportamientos en un área determinada. Los perfiles se pueden guardar en el equipo del usuario y volver a cargar posteriormente. También se permite descargar la información espacial y sus atributos en formato GeoJSON de uso común en muchas aplicaciones de sistemas de información geográfica.
- Mapa regional: se puede hacer un mapa de una región completa de acuerdo con la configuración que se tenga en ese momento. Debido al enorme volumen de cálculo que conlleva, esta opción está temporalmente restringida.

Resumen de datos y conclusiones

Durante el desarrollo de la herramienta se han manejado gran cantidad de datos, procedentes de numerosas fuentes y obtenidos en diversos formatos, por lo que se ha hecho un importante esfuerzo en la normalización de los datos y en la introducción de los mismos en cada una de las celdas que componen la base cartográfica de INDIMAR®. En la Tabla 1 se muestra un resumen del contenido de la herramienta.



Home	MSFD GES (24)	MPA (2)	Land Use (8)	Oceanography (8)	Maritime Acts. (15)	WS:100.00
Defined indicators: 57			Available indicators: 48			
Tiles: 4298			Tile info ■			
Rank Min: 0		Rank Max: 7		Norm. rank ■		Start Max: 5
0:3683	1:0	2:45	3:71	4:368	5:25	6:73
7:33	8:0	9:0	10:0			

El estudio de un área puede resultar una tarea compleja teniendo en cuenta la gran cantidad de datos que se pueden manejar simultáneamente. Una vez se han establecido las relaciones entre los indicadores mediante los pesos, INDIMAR® facilita este proceso en gran medida, puesto que se pueden analizar decenas de indicadores con sus valores respectivos de forma rápida y accesible. Una vez configurados los valores necesarios, la herramienta calcula el valor de idoneidad de todas las celdas, una por una, asignándole un valor entre cero como mínimo y diez como máximo, obteniendo un mapa de fácil interpretación (Figs. 6 y 7) que el usuario se puede descargar. Esta utilidad es de gran ayuda a la toma de decisiones en el proceso de la ordenación espacial marina, puesto que de forma sectorial se puede conocer, en base a los datos disponibles, las áreas idóneas para el desarrollo de una actividad desde el punto de vista ecosistémico.

Por otro lado, el uso de INDIMAR® también se puede enfocar como un paso preliminar en los estudios de impacto ambiental que suele conllevar el comienzo de cualquier actividad, destacando los indicadores a tener en cuenta y poniendo el foco en

los que necesiten un estudio más detallado o, simplemente, cubriendo huecos donde no haya información disponible.

Por todo ello, se espera que INDIMAR® sea de gran utilidad, tanto para las partes implicadas en los procesos de ordenación marina, como para las administraciones y empresas promotoras.

Bibliografía

- (1) <http://www.geoportal.ulpgc.es/indimar/>
- (2) <http://www.geoportal.ulpgc.es/geonetwork/srv/spa/>
- (3) <http://www.geoportal.ulpgc.es/portada/index.html>
- (4) https://www.miteco.gob.es/es/costas/temas/proteccion-medio-marino/proteccion-internacional-mar/union-europea-proteccion-medio-marino-y-costero/dm_estrategia_marina.aspx
- (5) <https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover>
- (6) Goepel, K. 2013. Implementing the Analytic Hierarchy Process as a Standard Method for Multi-Criteria Decision Making in Corporate Enterprises – A New AHP Excel Template with Multiple Inputs, Proceedings of the International Symposium on the Analytic Hierarchy Process, Kuala Lumpur 2013

La Comunicación Científica y el proyecto PLASMAR



Toda persona tiene derecho a participar en el progreso científico y entre las medidas para lograrlo figura la divulgación de la ciencia

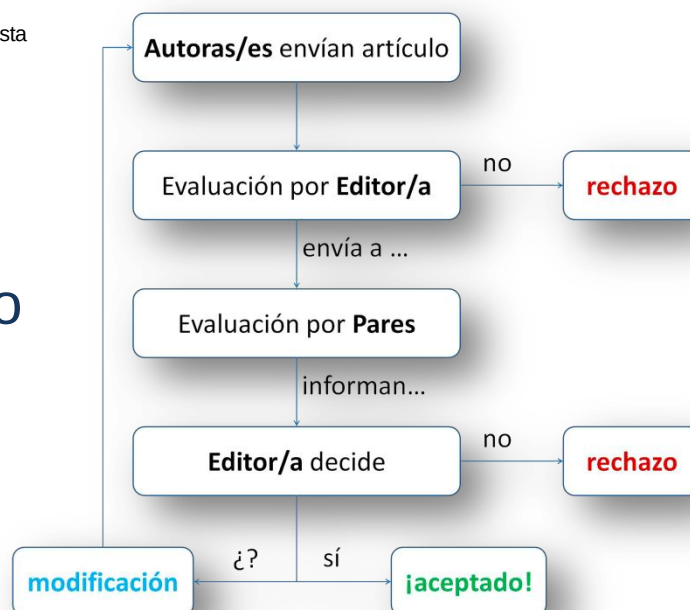
Alberto Bilbao Sieyro^{1*}, Leonor Parceró López², Manuel Vicente García³, Luis Navarro Echeverría², Yeray Pérez González¹, Lorena Couce Montero¹ y el consorcio del proyecto PLASMAR.

¹ Área de Pesca. División de Proyectos. GMR Canarias, S.A.U. c/Los Cactus 68, Agüimes, 35118. Gran Canaria. albertob@gmrcanarias.com, ² Unidad de Cultura Científica y de la Innovación. Universidade de Vigo y ³ Efervescencia, Universidad de Santiago de Compostela.

Para conservar y hacer un uso sostenible de los recursos marinos los seres humanos de todas las edades y capacidades deberían poder conocer cómo afectan y son afectados por el océano. Las ciencias marinas son una de las mejores herramientas que tenemos para conocer y comprender cómo funciona la relación entre el ser humano y el mar. Pero ¿qué hacer para que la ciencia fluya entre todos los sectores de la sociedad?

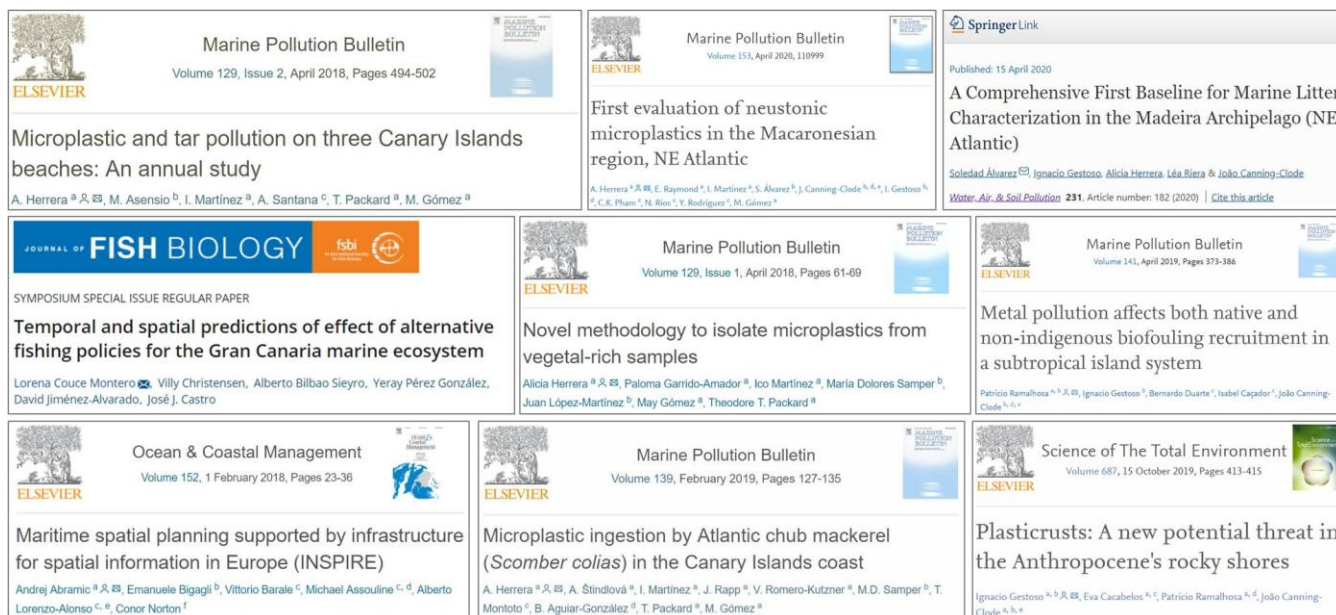
Desde la ONU hasta PLASMAR

La Agenda 2030 para el desarrollo sostenible es un 'plan de acción en favor de las personas, el planeta y la prosperidad' aprobado en 2015 por la Organización de las Naciones Unidas (ONU). Se basa en el cumplimiento de diecisiete objetivos de desarrollo sostenible. El objetivo nº 14 trata de 'conservar y utilizar sosteniblemente los océanos, los mares y los recursos marinos'. En 2017, también la ONU, proclama al período 2021-2030 como la 'década de las ciencias oceánicas para el desarrollo sostenible', con el fin de crear un marco común para poder alcanzar los objetivos de la Agenda 2030. Señalan que es preciso movilizar a la comunidad científica, a los políticos, a las empresas y a la sociedad civil en torno a un programa común de investigación y de innovación tecnológica.



Tal como explicó, en marzo de 2020, Elena Lázarro (presidenta de la Asociación Española de Comunicación Científica) durante el I Encuentro de Divulgación de la Cultura Científica de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (ULPGC), además de la voluntad que pueda existir para contribuir o participar en la ciencia, existen derechos y obligaciones. Expuso que, según el Derecho Humano a la Ciencia, toda persona tiene derecho a participar en el progreso científico y entre las medidas para lograrlo figura la difusión de la ciencia (artículo 27.1 de la Declaración Universal de los Derechos Humanos en 1948 y artículo 15.2 del Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales en 1966). También la Constitución Española de 1978 en su artículo 44.1 indica que 'los poderes públicos promoverán el acceso a la cultura'. Asimismo, la Ley 14/2011 de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación, en su artículo 38.1, señala que 'se fomentarán las actividades conducentes a la mejora de la cultura científica a través, entre otras, de la divulgación'.

El proyecto PLASMAR (www.plasmar.eu) fue aprobado en la primera convocatoria del Programa Operativo de Cooperación Territorial Madeira-Açores-Canarias (POMAC) 2014-2020 www.mac-interreg.org. Este proyecto se enmarca en el Eje 1: potenciar la investigación, el desarrollo tecnológico y la innovación, es decir, potenciar la I+D+i. Además, es obligación de los beneficiarios de los proyectos europeos dar a conocer al público general los logros de los Fondos de la Unión. Para ello, en el POMAC es preciso cumplir con unos indicadores que consideran, por ejemplo, las publicaciones, los eventos de comunicación realizados, etc.



Publicaciones científicas del proyecto PLASMAR. Fuente: Elaboración propia a partir de capturas de pantalla de las revistas científicas indicadas. Figura. 2

Más allá de derechos o responsabilidades para lograr la sostenibilidad del planeta, debemos dirigirnos hacia una sociedad 'más crítica e informada que apueste por el conocimiento, la evidencia y el rigor científico'.¹ Debemos aumentar la cultura científica, es decir, contribuir a que la ciudadanía posea cierto 'nivel de conocimientos además de una actitud positiva y compromiso con la ciencia'.² Para ello, es preciso establecer un diálogo entre la ciencia y la sociedad. Es decir, debemos promover la comunicación científica, pero en este caso sobre todo, la comunicación social de la ciencia.

Conceptos sobre Comunicación Científica

Los siguientes párrafos se extraen de una propuesta conceptual de Leonor Parceró, Manuel Vicente y Luís Navarro³ que explica algunos conceptos clave. Al hablar de comunicación científica es lógico pensar, en primer término, en la comunicación entre científicos. Así, la *difusión* es la presentación de resultados de una investigación a través de artículos en revistas científicas, eventos como congresos o conferencias o bien, por ejemplo, a través de informe técnicos. Es decir, se dirige fundamentalmente a un público experto o preparado, científicos o técnicos, aunque también a mediadores como periodistas o divulgadores. Por otro lado, la *divulgación* es la acción de expresar un conocimiento científico de formas variadas, en función de la finalidad de esa acción, como puede ser fomentar la participación ciudadana en el debate científico, despertar vocaciones, entretener, etc. Es decir, se dirige a personas

no expertas. El *periodismo científico* es una especialidad periodística centrada en contar hechos sobre la ciencia considerando los métodos y valores del periodismo, como la objetividad, actualidad, novedad, relevancia, etc. Por último, la *comunicación orientada a la transferencia de conocimiento* está dirigida a dar a expresar conocimientos científicos y tecnológicos con el fin de fomentar su uso y explotación fuera del ámbito académico y de investigación.

Y estos son los resultados en PLASMAR

En lo que respecta a la *difusión*, 'el progreso científico se basa en la tradición acumulativa, es decir, en el trasvase continuo de ideas y conocimientos entre científicos'.⁴ El conocimiento científico debe ser difundido públicamente para poder ser evaluado y permitir su uso posterior. Las revistas científicas son el principal medio de difusión del conocimiento en ciencia. En ellas se reconoce la propiedad del trabajo y se ratifica su rigor a través de la revisión, normalmente anónima, por parte de otros científicos (al menos dos) que comparten líneas de investigación, lo que se denomina evaluación por pares (Fig.1). Una vez publicado el artículo sigue siendo objeto de crítica por la comunidad científica que, tras su análisis, puede hacer comentarios dirigidos a la revista o a los propios autores. Las mejores revistas científicas son aquellas que tienen un mayor factor de impacto, que depende del número de veces que los artículos que contiene esa revista son citados (utilizados) en un determinado periodo de tiempo por otras/os científicas/os en sus respectivas publicaciones. Por otro lado, considerando una misma área del conocimiento y, tras ordenar las revistas de mayor a menor por índice de impacto, estas se pueden clasificar en cuatro grupos llamados cuartiles (Q). El cuartil uno (Q1)



Participación en eventos científicos (congresos, conferencias, etc.) Figura. 3

contiene el 25% de las revistas con mayor índice de impacto, mientras que, por ejemplo, el Q4 comprende el 25% de las revistas con menor índice de impacto en ese área. Bien, como se dijo anteriormente, al estar inmersos en el eje de la I+D+i, el producto estrella son los artículos científicos. En el proyecto PLASMAR se han publicado nueve artículos en revistas científicas (Fig. 2), siete en el Q1 y dos en el Q2, según las métricas disponibles en abril de 2020 en la base de datos SCOPUS. En definitiva, la calidad de las publicaciones está siendo muy elevada. Además, dos artículos más ya están aceptados por revistas científicas pendientes para ser publicados y otros están en proceso de elaboración.

Otro de los formatos donde se comparten y discuten los resultados más actuales de las investigaciones es mediante la participación en eventos científicos (congresos, seminarios, etc.). En estos actos las comunicaciones que se presentan también pasan por un proceso de selección (o rechazo) mediante un comité científico. En general, las posibilidades de participación en estos eventos suelen ser conferencia (comunicaciones orales) o póster (comunicaciones escritas), siendo la primera de ellas la más relevante. En el proyecto PLASMAR se ha participado en catorce eventos científicos con veinte comunicaciones orales y doce pósteres. Además, se ha participado en otros ocho eventos científico-técnicos como mesas de expertos, talleres y cursos de especialización. Por otro lado, los informes técnicos dan soporte a todos los resultados (publicados o no) de los trabajos realizados en este tipo de proyectos. Estos informes suelen ser la evidencia documental solicitada por el organismo financiador para demostrar la ejecución de las tareas. Cada vez con mayor frecuencia este tipo de documentos son puestos a disposición pública a través de

las páginas web de los proyectos. En el proyecto PLASMAR se han realizado, y compartido públicamente, más de veinte informes técnicos. También fueron defendidos dos trabajos de fin de máster, uno realizado para la ULPGC y otro presentado conjuntamente en la Università di Venezia, la Universidad de Sevilla y la Universidade dos Açores. Además, se ha elaborado y compartido públicamente un catálogo de datos geográficos marinos de la Macaronesia, con el fin de favorecer los procesos de Ordenación Espacial Marítima (OEM).

Por otro lado, las acciones de *divulgación* se iniciaron con el lanzamiento de la página web, facebook y youtube. Se diseñaron, imprimieron y repartieron 4.400 folletos (en español, portugués e inglés) con información sobre el proyecto. También se diseñaron y compartieron de forma digital tres boletines de noticias anuales. Se desarrollaron presentaciones públicas oficiales de seguimiento del proyecto y se publicaron notas de prensa. En televisión, se participó en el 'talk show' 'Madeira Viva 2019' y el telediario de Madeira (RTP) también se hizo eco del proyecto (Fig. 4). Además, se participó en el programa 'Españoles en el mar' de Radio Nacional de España. Por otra parte, varios medios digitales publicaron información sobre el proyecto y sus resultados, aunque es necesario destacar la visibilidad que tuvo la publicación científica sobre los 'plasticrust' en la CNN o el National Geographic, entre otros. También el proyecto PLASMAR tuvo presencia en el canal de noticias euronews. Asimismo, se ha participado en siete eventos públicos de divulgación como ferias, foros y jornadas. Se han publicado quince artículos en esta revista divulgativa, de la Sociedad Atlántica de Oceanógrafos, la mayoría de los cuales forman parte de este número especial (en abierto) dedicado



Presentaciones oficiales y televisión ('talk show' *Madeira Viva 2019* y telediario en la RTP). Fuente: GMR, V. Gomes y capturas de pantalla de la televisión de Madeira. Figura. 4

al proyecto. Para los más jóvenes, se va a editar un cómic dirigido a un público objetivo que va desde los 8-10 años en adelante, si bien con personajes con los que los niños de hasta 14-16 años se puedan identificar, sin descartar que se pueda llegar a públicos adultos. Igualmente, se va a publicar un informe divulgativo con los principales resultados y conclusiones del proyecto. Por último, se han grabado y editado once video-conclusiones de tres minutos de duración en español y portugués (con subtítulos en inglés) dirigidas al público no experto, disponibles en la página web, facebook, en el canal PLASMAR en youtube y en la plataforma event planner.

En lo que respecta a la *comunicación orientada a la transferencia de conocimiento*, uno de los productos desarrollados en el marco del proyecto ha sido el Sistema de Apoyo a la Toma de Decisiones INDIMAR®, una aplicación que integra datos relevantes y actualizados que permitirán localizar las áreas más adecuadas para el desarrollo de las distintas actividades económicas en el espacio marítimo de los archipiélagos de Azores, Madeira y Canarias.

El *periodismo científico* es quizás el ámbito que debemos considerar potenciar en el futuro. En el proyecto PLASMAR han habido publicaciones científicas que tratan temas de interés y actualidad para la sociedad, p. ej. los microplásticos o la llegada de especies exóticas a nuestras aguas. Si bien, como se desprende de los párrafos precedentes, aunque han existido algunas acciones dirigidas en este sentido (p. ej. notas de prensa), hay que considerar una estrategia más proactiva hacia esta especialidad. Tal como indican Roger Cassany y colaboradores,⁶ 'el periodista científico es uno de los principales responsables en la cadena de transmisión e interpretación hacia la sociedad de toda noticia, novedad o avance de carácter científico'. De esta manera, se deben fomentar las

relaciones entre el periodismo científico y la ciencia, por ejemplo, logrando que personas creativas de ambos medios interactúen para su mutuo beneficio realizando alguna jornada específica.⁶ También debemos promover, en la interacción ciencia-periodismo, el uso por parte de los científicos de plataformas como www.theconversation.com, que es una 'fuente de noticias y análisis escritos por la comunidad académica e investigadora y dirigida directamente a la sociedad'. Asimismo, es importante la actualización de la página web y redes sociales del proyecto para compartir la actualidad de las investigaciones, pues es una manera eficaz de dejar un rastro digital amplio para que cuando el periodista científico necesite buscar información sobre un tema de interés común nos encuentre y valore más fácilmente, y pueda dar comienzo esa relación. Si bien la ciencia está por todas partes, 'es preciso que el público perciba la ciencia como algo cotidiano, y el papel del periodismo científico es muy relevante en este sentido'.⁶

Otra mejora futura que también debemos considerar, válida para todas las áreas de la comunicación social de la ciencia, es la elaboración de productos específicamente diseñados para ser distribuidos en redes sociales como whatsapp, facebook, twitter o instagram.

Algo para recordar

Durante el desarrollo del proyecto PLASMAR se ha logrado un contribución muy relevante en cuanto a difusión de los resultados, tal y como debe ser en un proyecto enmarcado en la I+D+i. Además, destaca una producción diversa en cuanto a divulgación de conocimientos, si bien un aspecto a promover en el

futuro sea la relación con el periodismo científico. De todas formas, este futuro ya es una realidad, pues tiene continuidad con el proyecto PLASMAR+ (misma web y redes sociales que PLASMAR), por lo que seguiremos contribuyendo a la comunicación científica de las ciencias marinas.

Uno de los productos desarrollados en el marco del proyecto ha sido el Sistema de Apoyo a la Toma de Decisiones INDIMAR®, una aplicación que integra datos relevantes y actualizados que permitirán localizar las áreas más adecuadas para el desarrollo de las distintas actividades económicas en el espacio marítimo de los archipiélagos de Azores, Madeira y Canarias.

Bibliografía

- (1) Domingo García, P. 2019. Presentación. En: Lobera, J. y Torres-Albero, C. (eds.). *Percepción social de la ciencia y la tecnología 2018*. Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología, FECYT. 9-10 pp.
- (2) Miller, J.D. y Laspra Pérez, B. 2019. Los factores que influyen en la cultura científica. En: Lobera, J. y Torres-Albero, C. (eds.). *Percepción social de la ciencia y la tecnología 2018*. Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología, FECYT. 39-60 pp.
- (3) Parceró López, L., Vicente García, M. y Navarro Echeverría, L. 2020. ¿Llamamos por su nombre a las actividades de comunicación social de la ciencia? (en prensa)
- (4) Delgado Lopez-Cozar, E. y Ruiz-Pérez, R. 2009. La comunicación y edición científica: fundamentos conceptuales. En: Garccía Caro, C. y Vilchez Pardo J., (coord.) *Homenaje a Isabel de Torres Ramírez: Estudios de documentación dedicados a su memoria*. Universidad de Granada, 131-150 pp.
- (5) Cassany, R., Cortiñas, S. & Elduque, A. 2018. Communicating science: The profile of science journalists in Spain. *Comunicar*, 55, 09-18. <https://doi.org/10.3916/C55-2018-01>
- (6) Ana Ribera. 2015. Ciencia y periodismo, una relación a construir. <https://culturacientifica.com/2015/03/05/ciencia-y-periodismo-una-relacion-a-construir/> (05/04/2019)



Bases para la PLANificación
Sostenible de áreas MARinas
en la Macaronesia





Tortuga enmallada en una red fantasma (Autor: Teo Lucas). Figura. 1.

¿Qué sabemos de
los microplásticos
en Canarias?





Alicia Herrera, Ico Martínez, May Gómez

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

Un problema global

La contaminación del mar por plásticos es uno de los mayores problemas medioambientales a los que se enfrenta la humanidad. Aunque hoy en día la vida nos parezca inimaginable sin plástico, su producción a gran escala empezó hace apenas 70 años. En 1950 la producción de plástico alcanzaba los 2 millones de toneladas, mientras que en la actualidad alcanza casi 400 millones de toneladas al año. Este crecimiento desmesurado no ha ido acompañado de una capacidad para manejar la enorme cantidad de residuos que esta industria genera, lo que se traduce en que el 79% de los residuos plásticos producidos permanecen aún en el ambiente. Si las cifras de producción y manejo de residuos continúan con la tendencia actual, se calcula que para 2050, 12.000 millones de toneladas de plástico se acumularán en los vertederos y en la naturaleza.¹

Uno de los efectos más devastadores de la contaminación por plástico es el daño que provoca a los ecosistemas y a los organismos marinos. En el caso de las tortugas se producen miles de muertes al año por asfixia, enredo o ingestión. Las redes de pesca abandonadas o perdidas en el mar, denominadas “redes fantasma”, continúan pescando a la deriva provocando daños e incluso la muerte a muchos animales, entre ellos ballenas, delfines, focas y tortugas (Fig. 1). Para las aves el peligro debido a la ingestión es mayor, ya que pueden ingerir trozos de plástico de gran tamaño que luego no podrán expulsar con las heces debido al pequeño tamaño de sus cloacas. Al tener el estómago repleto de plástico sienten una falsa sensación de saciedad, lo que las lleva a morir de inanición.

En los últimos años se ha evidenciado un problema que podría ser aún más grave, y es la contaminación por microplásticos (Fig. 2). Los microplásticos son plásticos con un tamaño inferior a 5 mm que pueden ser tanto producto de la fragmentación de plásticos mayores (microplásticos secundarios), o



Recogida de muestras de microplásticos. Estudio en playas publicado en la revista *Marine Pollution Bulletin*.² Figura 3.

que se fabriquen con ese tamaño para distintos fines (microplásticos primarios), como el caso de las microesferas que contienen muchos productos de higiene personal (cremas exfoliantes o la pasta de dientes). Otros microplásticos primarios muy comunes son los pellets de resina, esferas transparentes o amarillentas que aparecen con mucha frecuencia en las playas. Estos pellets son la materia prima a partir de la cual se fabrican todos los objetos plásticos, y no hay ningún motivo para que se encuentren en altas concentraciones en el mar. La única explicación plausible serían las pérdidas que se producen en la industria del plástico, ya sea en el transporte o en la producción.

El riesgo de la contaminación por microplásticos para los organismos no es solo el peligro físico debido a la ingestión, si no que existe además un peligro asociado a los contaminantes químicos, que se adsorben, es decir, que se pegan a sus paredes. Por ejemplo, los contaminantes orgánicos persistentes como el DDT y los PCB's, entre otros, se encuentran en bajas concentraciones en el agua, pero como son

hidrofóbicos se adhieren a las paredes de los plásticos y de esta forma alcanzan concentraciones varios órdenes de magnitud por encima de la que tienen en el mar. Cuando los animales los comen a través de la ingesta de microplásticos, estos contaminantes pueden bioacumularse, es decir, ir acumulándose con el tiempo en el organismo a lo largo de la vida del individuo y biomagnificarse, lo que significa que se van concentrando a medida que pasan a eslabones superiores en la cadena trófica.

Microplásticos en las playas de Canarias

Las Islas Canarias son una zona especialmente vulnerable a la contaminación por plástico, ya que se sitúan en el paso de la Corriente de Canarias, una rama descendente de la Corriente del Golfo, que arrastra hasta nuestro litoral todos los desechos provenientes de la costa este de Estados Unidos y del norte de Europa.

En 2015, el grupo de investigación EOMAR comienza el estudio de la contaminación por microplásticos en playas con el objetivo de realizar una evaluación



Recogida de muestras superficiales de zooplankton y microplásticos con red manta. Estudio publicado en *Marine Pollution Bulletin*.³ Figura 4.

inicial de la situación, y determinar qué factores influyen en la acumulación de plástico en la costa. Se analizó la acumulación de microplásticos en tres playas: Lambra en La Graciosa, Famara en Lanzarote y Las Canteras en Gran Canaria. Estas tres playas están expuestas a las corrientes y vientos predominantes, pero sufren una presión antropogénica muy diferente. Lambra tiene muy poca afluencia de gente y no tiene ningún núcleo urbano cercano. Famara está situada cerca de una urbanización pequeña y tiene una afluencia media de turistas a lo largo del año, mientras que Las Canteras es una playa urbana que recibe un gran número de usuarios durante todo el año.

El estudio incluyó muestreos cada 15 días a lo largo de todo un año, recogiendo muestras de la arena superficial de un cuadrante de 50x50, en la línea de marea (Fig. 3). La playa que más microplásticos acumuló durante ese período fue Playa Lambra, la que menos presión antropogénica tiene, pero la más expuesta a los vientos y corrientes. Los valores máximos obtenidos fueron alarmantes, con concentraciones máximas de aproximadamente 300 gramos en tan solo 1 metro cuadrado de arena.

Otro de los datos más llamativos de este trabajo fue la cantidad de pellets de resina que se encontraron, sobre todo en las muestras de Famara. Esto nos da la pauta de que la contaminación proviene de fuera ya que no hay industrias productoras de plástico ni en La Graciosa ni en Lanzarote. También se encontraron valores altos de alquitrán en las muestras de Lambra y Famara.

Microplásticos en superficie y su relación con el zooplancton

Otro enfoque para evaluar el riesgo potencial de los microplásticos para los organismos marinos, en particular animales filtradores, es estudiar la relación entre la cantidad de microplásticos flotantes y el zooplancton. El zooplancton está compuesto por pequeños organismos, principalmente crustáceos, que son el segundo eslabón de la cadena trófica en el mar, de lo que se alimentan los peces pequeños o los grandes animales filtradores. La relación entre microplásticos y zooplancton es más alta en las zonas del océano con baja productividad, donde el número de organismos disminuye y la cantidad de plástico se acumula, como es el caso de los giros o remolinos oceánicos.

Con el objetivo de conocer la concentración de microplásticos flotantes y compararla con la abundancia de zooplancton, se planteó la investigación de la contaminación en la superficie del mar (Fig. 4).

En este estudio se amplió la zona de muestreo a otros archipiélagos de la Macaronesia, como son Azores y Madeira. Los valores que se encontraron fueron elevados, con concentraciones máximas de 1 millón de partículas en la bahía del Confital, frente a la playa de Las Canteras. Este dato es preocupante, aún más si lo comparamos con los valores de zooplancton. En la zona de máxima acumulación en Las Canteras, para la fracción de microplásticos mayor a 1 mm, el peso seco de los plásticos fue el doble que el del zooplancton, es decir, que en esa región un

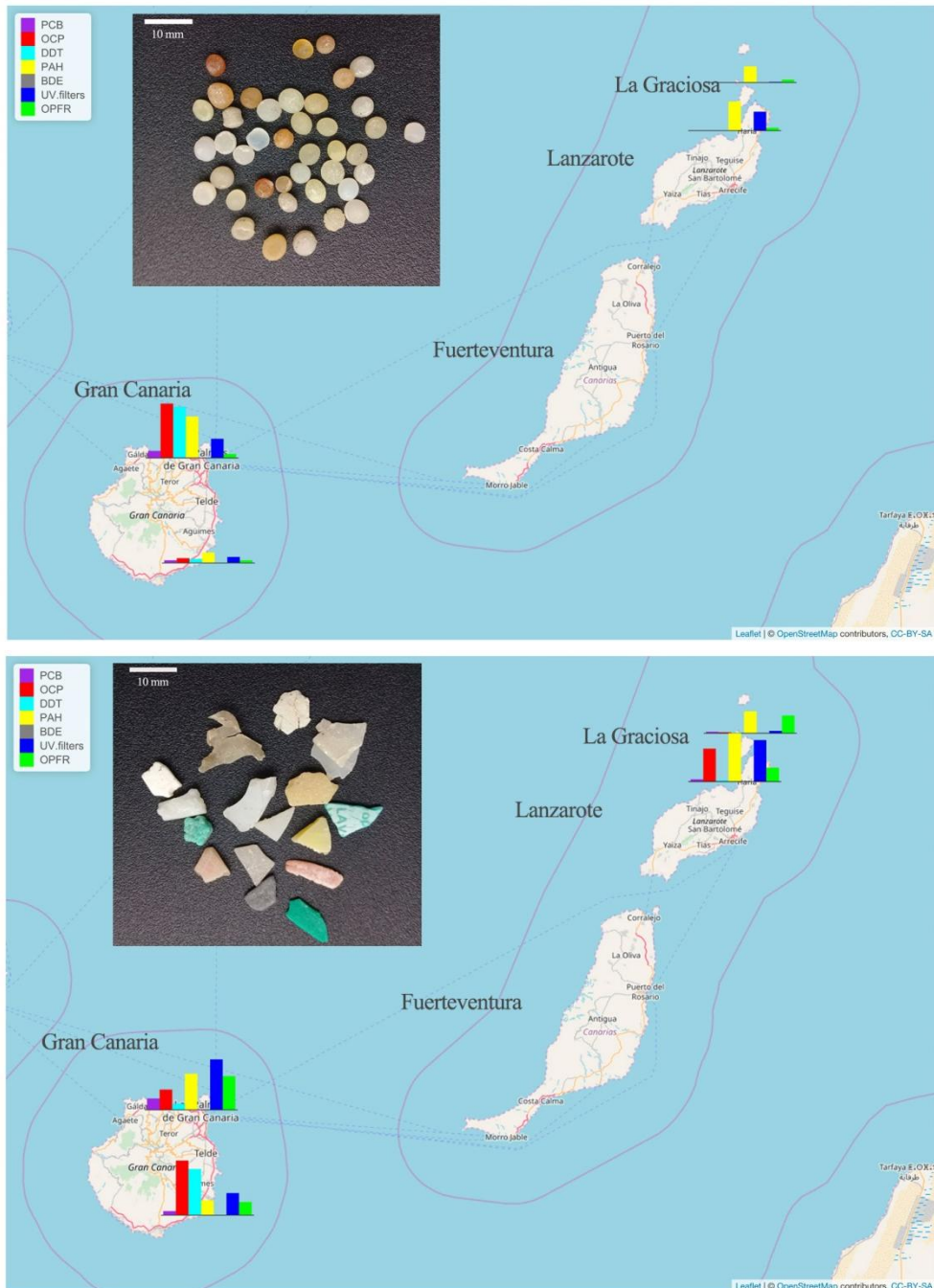


gran animal que se alimente filtrando el agua, como puede ser un tiburón ballena, estaría ingiriendo el doble de plástico que de alimento vivo en peso seco.

Contaminantes químicos asociados a los microplásticos

Otro tema de gran preocupación por los efectos que pueden tener en los organismos, y del que no se contaba con datos en la región, son los contaminantes químicos asociados que tenían esos microplásticos. Se analizó la concentración de contaminantes en microplásticos encontrados en las mismas playas donde se llevó a cabo el estudio inicial y en otra playa más, Los Cuervitos, al este de Gran Canaria. El estudio se realizó en muestras de pellets y de fragmentos, ya que al ser muy diferente la superficie de adsorción puede variar su concentración (Fig. 5).

Asociados a los microplásticos se encontraron más de 81 contaminantes, pero lo más destacado son los altos niveles presentes de algunos de estos contaminantes, como por ejemplo el DDT. El DDT, que está prohibido en España desde finales de la década de 1970 y que, por tanto, no debería estar presente



Resultados obtenidos en el estudio de contaminantes químicos asociados a microplásticos publicado en *Science of the Total Environment*.⁴ Figura 5.

como tal, sino en forma de DDE, su residuo más persistente. Sin embargo, se encontraron niveles altos de DDT en microplásticos que alcanzaron valores de más de 13.000 ng/g, valores que fueron más altos en Gran Canaria que en La Graciosa o Lanzarote.

Por el contrario, si nos fijamos en otro tipo de contaminantes, como es el caso de los filtros UV derivados de las cremas solares, se observa que hay una alta concentración en los microplásticos recolectados en las playas que más afluencia de

turistas reciben, como son Las Canteras y Famara. Estas diferencias encontradas son un indicador de que la contaminación de los microplásticos ocurre a nivel local, y que los microplásticos actúan concentrando estos contaminantes, lo que los hace potencialmente peligrosos para los organismos marinos, especialmente los que se alimentan de plancton y pueden confundirlos con su alimento.

El objetivo final, en el que se trabaja actualmente, es determinar el efecto en la salud debido a la ingestión de microplásticos y contaminantes químicos asociados.

Impacto en los organismos marinos

Finalmente, se investigó la presencia de microplásticos en la biota marina, empezando por peces que se alimentan de plancton y que tienen interés comercial como es el caso de las caballas (*Scomber colias*). Se estudiaron 120 caballas compradas en cofradías de Lanzarote y Gran Canaria. En el 78% de los estómagos analizados se encontraron distintos tipos de microplásticos (Fig. 6). Fundamentalmente fibras sintéticas procedentes del lavado de la ropa, pero también fragmentos plásticos, restos de redes de pesca y pintura. En Canarias, además, se ha constatado la presencia de microplásticos en otros animales marinos como medusas y esponjas, y también en heces de calderón tropical.

El objetivo final, en el que se trabaja actualmente, es determinar el efecto en la salud debido a la ingestión de microplásticos y contaminantes químicos asociados. Para ello se ha diseñado un experimento en un sistema de mesocosmos sometiendo a lubinas (*Dicentrarchus labrax*) a distintos tratamientos. El grupo control se alimentó de pienso comercial, otro grupo se alimentó con pienso y contaminantes químicos (DDE, Clorpirifós, B3-Benzofenona-filtro UV-), mientras que al resto se le suministró el mismo pienso pero con un 10% de microplásticos y distintos niveles de contaminantes químicos. Finalmente se analizarán los contaminantes químicos en el tejido y distintos indicadores fisiológicos del estado de salud. Estos resultados permitirán evaluar el potencial peligro de la ingestión de microplásticos en los peces.

Microplásticos encontrados en caballas (*Scomber colias*) a) fibras b) fragmentos c) films, líneas y fragmentos d) pintura de barco e y f) restos de redes de pesca. Artículo publicado en *Marine Pollution Bulletin*.⁵ Figura 6.

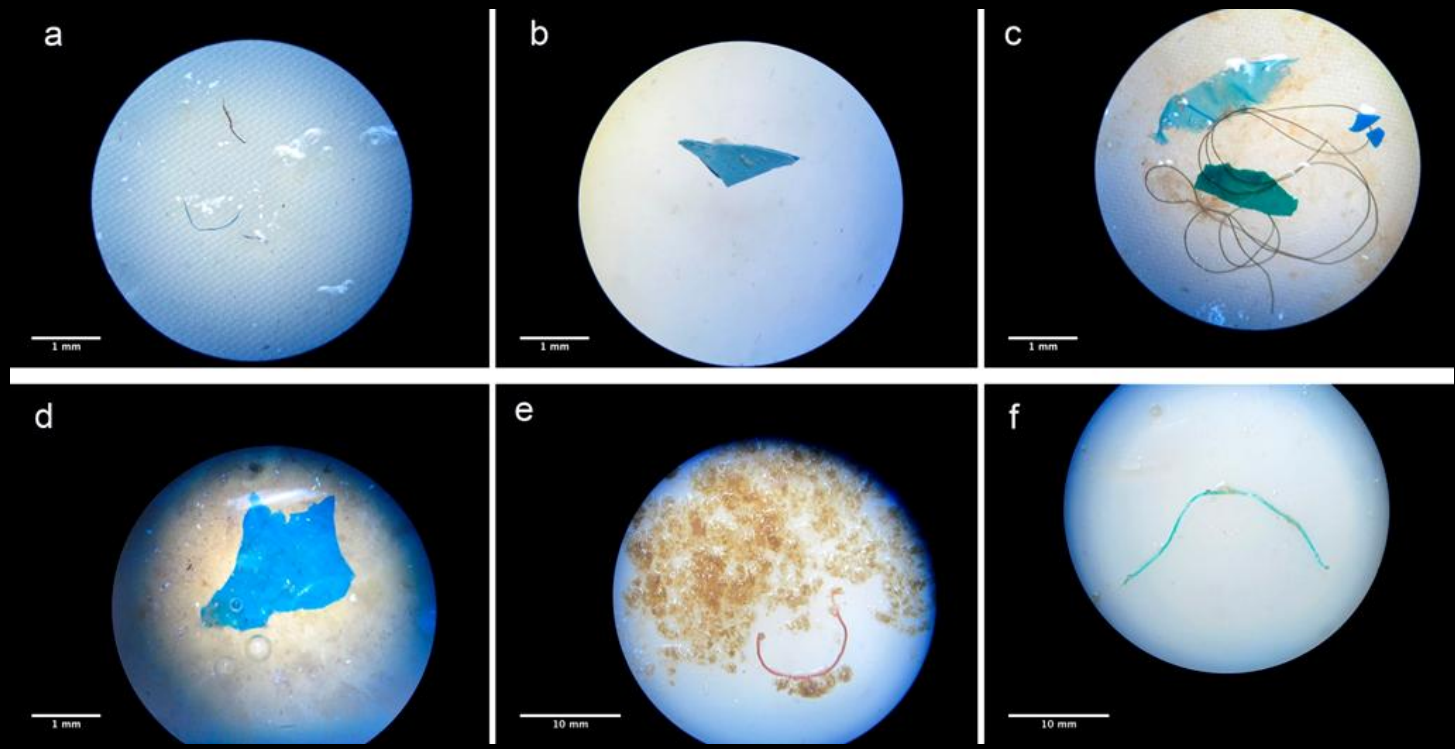
El plástico es un material fantástico creado para durar muchísimos años, el sinsentido es que su vida útil sea de unos pocos minutos, porque el resto de su existencia permanecerá en el ambiente.

Conclusiones y reflexiones finales

Con los resultados obtenidos hasta el momento se puede concluir que la contaminación por microplásticos está afectando gravemente a las islas, y que los microplásticos ya han entrado en la cadena alimentaria. Es evidente que el océano no soporta más las cantidades de plástico que se vierten en él todos los años. Un estudio realizado en 2010 estima que se vierten al mar aproximadamente 8 millones de toneladas anuales. La producción de plástico no ha parado de crecer en los últimos años y continúa con un crecimiento exponencial, alcanzando en 2017 los 348 millones de toneladas al año según Plastic Europe.⁶

Llegados a este punto debemos pensar en qué podemos hacer para revertir esta situación, originada por el consumo desmedido, y lo que hay que plantearse es cómo reducir ese consumo. Ya no bastaría con reciclar, que es necesario, pero no suficiente. Hay que tomar medidas inmediatas para reducir la producción de plástico de un solo uso. El plástico es un material fantástico creado para durar muchísimos años, el sinsentido es que su vida útil sea de unos pocos minutos, porque el resto de su existencia permanecerá en el ambiente. Un estudio de la Universidad de Georgia estima que desde su invención se han producido 8.300 millones de toneladas de plástico. El estudio calcula que un 30% aún sigue en uso, mientras que el resto, unos 6.000 millones de toneladas, se han convertido en residuos y la gran mayoría aún permanece en el medio ambiente.¹

Tenemos que cambiar nuestros hábitos de consumo, y es urgente, de lo contrario viviremos en un mundo de basura.



Qué podemos hacer para revertir esta situación, originada por el consumo desmedido, y lo que hay que plantearse es cómo reducir ese consumo. Ya no bastaría con reciclar, que es necesario, pero no suficiente. Hay que tomar medidas inmediatas para reducir la producción de plástico de un solo uso.

Bibliografía

- (1) Geyer, R., Jambeck, J.R., Law, K.L., 2017. *Sci. Adv.*, 25-29
- (2) Herrera, A., Asensio, M., Martínez, I., Santana, A., Packard, T.T., Gómez, M., 2018. *Mar. Pollut. Bull.*, 129(2):494-502
- (3) Herrera, A., Raymond, E., Martínez, I., Álvarez, S., Canning-Clode, J., Gestoso, I., Pham, C.K., Ríos, N., Rodríguez, Y., Gómez, M., 2020. *Mar. Pollut. Bull.*, 153, 110999
- (4) Camacho, M., Herrera, A., Gómez, M., Acosta-Dacal, A., Henríquez-Hernández, L.A., Martínez, I., Pérez-Luzardo, O., 2019. *Sci. Total Environ.*, 662:22-31
- (5) Herrera, A., Stindlová, A., Martínez, I., Rapp, J., Romero-Kutzner, V., Samper, M.D., Montoto, T., Aguiar-González, B., Packard, T., Gómez, M., 2019. *Mar. Pollut. Bull.*, 139:127-135
- (6) PlasticsEurope 2018. *Plastics – the Facts 2018*.

Barco tunero (Arrecife),
Foto: José J. Castro

Distribución espacial de la presión
pesquera ejercida por la
**flota artesanal en
las Islas Canarias**

Lorena Couce Montero¹, Alberto Bilbao Sieyro¹, Yeray Pérez González¹, Alejandro García Mendoza², José Juan Castro Hernández³.

(1)Área de Pesca. División de Proyectos. GMR Canarias, S.A.U. C/Los Cactus 68, Agüimes, 35118. Gran Canaria, (2) IU-EcoAqua, Parque Científico Tecnológico Marino de la ULPGC, Carretera de Taliarte S/N, 35214 Telde y (3) IU-EcoAqua, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, Campus Universitario de Tafira, 35017 Las Palmas de Gran Canaria

De acuerdo con el Reglamento (UE) nº 508/2014, la pesca costera artesanal se define como “la practicada por buques de eslora total inferior a 12 metros que no utilicen ciertos artes de arrastre (cuadro 3 del anexo I del Reglamento (CE) nº 26/2004 de la Comisión; actualmente en el anexo XI del Reglamento (UE) nº 404/2011). En Europa, esta flota artesanal representaba el 82% de los barcos activos en 2016 y el 63 % de las jornadas de pesca, valores que no parecen distar mucho de los actuales. Sin embargo, a pesar de su importancia, tradicionalmente la pesca costera ha tenido un papel secundario frente a la pesca industrial y, por ello, en la mayor parte de los casos se la podría considerar como poco estudiada al no existir constancia del estado real de muchos de los recursos explotados.

A fin de preservar los ecosistemas marinos y hacer un uso razonable de los recursos, sin comprometer el buen estado ambiental de los mares, se definieron las estrategias marinas como un instrumento de planificación al amparo de la Directiva 2008/56/CE, modificada posteriormente con la Directiva (UE) 2017/845. Sin embargo, para garantizar la sostenibilidad a largo plazo de los recursos es necesario realizar una gestión adecuada de las poblaciones de peces, así como de las embarcaciones que las explotan. Lamentablemente, en lo referente a la pesca artesanal y sus flotas, el conocimiento necesario para realizar dicha gestión dista mucho de ser satisfactorio, ya que la legislación actual a nivel europeo les exime de la notificación precisa de las posiciones donde realizan la pesca. Asimismo, existen vacíos importantes de información en lo referente al registro de capturas al no haber un formato homogéneo y estandarizado de cómo debería hacerse. Como resultado de ello, los impactos de la pesca en las poblaciones son difíciles de estimar y por este motivo, en mayo de 2018, la Comisión propuso modernizar las normas de la UE que rigen los datos pesqueros y el seguimiento de los buques artesanales, favoreciendo a su vez que los pescadores artesanales tengan un papel más activo en la gestión pesquera. Esta propuesta está siendo debatida actualmente por el Consejo y por el Parlamento Europeo para su posible adopción.

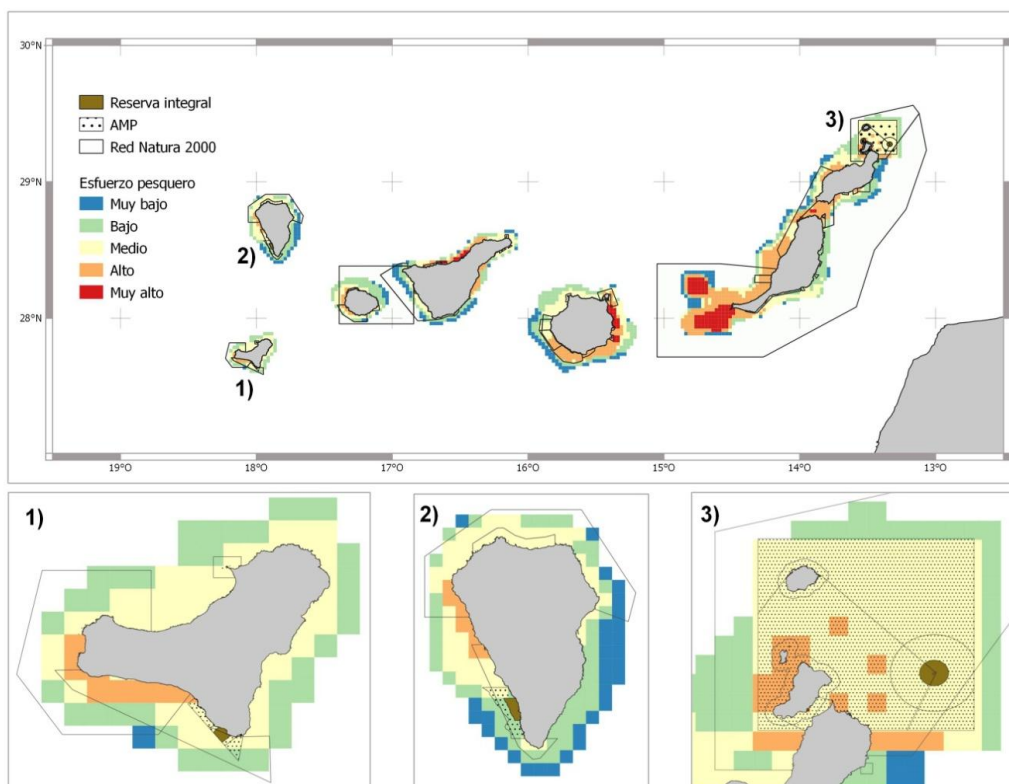
En lo referente a la pesca artesanal y sus flotas, el conocimiento necesario para realizar dicha gestión dista mucho de ser satisfactorio, ya que la legislación actual a nivel europeo les exime de la notificación precisa de las posiciones donde realizan la pesca.

En el caso de la pesca industrial, o a gran escala, obtener información de los caladeros resulta relativamente simple, pues los barcos de más de 15 m de eslora presentan un sistema de seguimiento de buques (VMS).

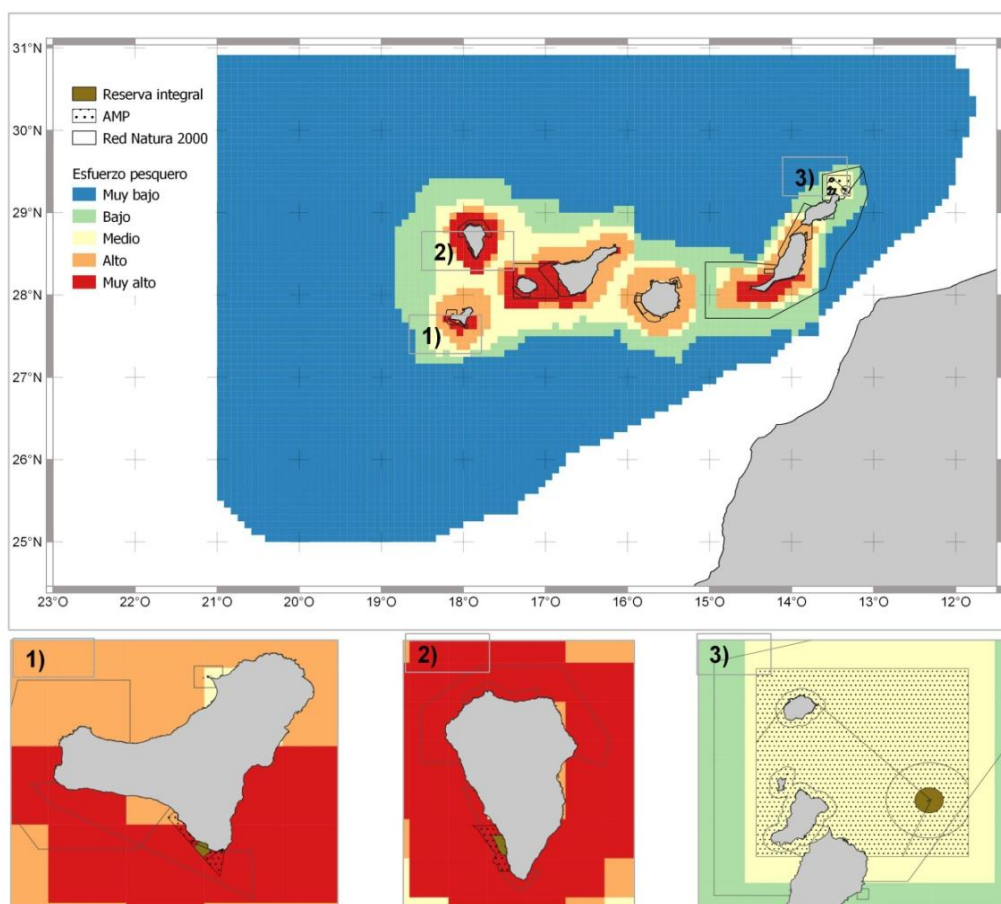
Para evaluar el impacto de la pesca sobre los diferentes stocks, lo más común es emplear series temporales que contengan datos de capturas y variables que permitan cuantificar el esfuerzo pesquero. Sin embargo, para obtener una visión más realista del impacto sobre los ecosistemas, así como para plantear estrategias de gestión más efectivas, resulta imprescindible conocer las zonas o caladeros de pesca donde tiene lugar habitualmente la actividad¹.

En el caso de la pesca industrial, o a gran escala, obtener información de los caladeros resulta relativamente simple, pues los barcos de más de 15 m de eslora presentan un sistema de seguimiento de buques (VMS, por sus siglas en inglés) que registra sus coordenadas y que debe estar encendido mientras el barco está pescando. Sin embargo, las embarcaciones con esloras inferiores no cuentan con dicho sistema y los pescadores no están obligados a registrar sus zonas de pesca, sino únicamente deben indicar en qué división pesquera de la FAO se han realizado las capturas (Reglamento UE nº 1379/2013). Del mismo modo, conocer las áreas de pesca también ayudaría a integrar esta actividad en las políticas de ordenación espacial marina (Directiva 2014/89/UE), como así indican diversos estudios científicos que destacan la fuerte relación entre ambos^{2,3,4}.

Distribución espacial de la flota polivalente destinada a la captura de especies bentodemersales y pequeños pelágicos costeros. Los mapas ampliados muestran las tres reservas marinas de interés pesquero que existen en el archipiélago canario: (1) Reserva marina del entorno de la Punta de La Restinga-Mar de las Calmas, en El Hierro, (2) Reserva marina de la isla de La Palma y (3) Reserva marina del entorno de la isla de La Graciosa e islotes del norte de Lanzarote. (Figura 1)



Distribución espacial de la flota atunera canaria. Los mapas ampliados muestran las tres reservas marinas de interés pesquero que existen en el archipiélago canario: (1) Reserva marina del entorno de la Punta de La Restinga-Mar de las Calmas, en El Hierro, (2) Reserva marina de la isla de La Palma y (3) Reserva marina del entorno de la isla de La Graciosa e islotes del norte de Lanzarote (Figura 2).



En España, la transposición legislativa de la directiva de ordenación del espacio marítimo se encuentra regulada por el Real Decreto 363/2017. Este documento establece que uno de los requerimientos esenciales para el proceso de ordenación, es la recopilación y análisis de la información espacial, para poder fijar la distribución, así como los periodos en los que tienen lugar las diferentes actividades que hacen uso del espacio marítimo. En dicho documento están incluidas las áreas de pesca (Art. 10) y se expone que los planes de ordenación deben aprobarse antes del 31 de marzo de 2021.

Flota artesanal canaria y distribución espacial del esfuerzo

La pesquería artesanal canaria engloba multitud de especies objetivo y la flota es polivalente, alternando y combinando los distintos sistemas de pesca según la época del año y en función de los ciclos biológicos de las especies, con una marcada estacionalidad de la pesquería durante la zafra de túnidos. Esta flota está compuesta por barcos de pequeño tamaño contruidos en madera o fibra, donde aproximadamente el 90% de las embarcaciones posee una eslora media inferior a los 12 m. Cada uno de estos barcos se encuentra asociado a una de las cofradías o cooperativas de pescadores de cada isla, y acostumbran a pescar en áreas próximas a su puerto base. No obstante, es habitual que los barcos de mayor tamaño se desplacen a otras áreas, en especial durante la pesca de túnidos. Esta dispersión de la flota dificulta estimar la distribución espacial, por ello se han de buscar herramientas que permitan solventar este problema.

En este sentido, es de agradecer la participación de los pescadores artesanales que han hecho posible la obtención de información indispensable para la realización de este trabajo, aportando su propio conocimiento del medio marino y ayudando a definir de forma detallada los caladeros de pesca habituales. La metodología desarrollada permite identificar las zonas sometidas a una mayor presión pesquera, mediante encuestas presenciales definidas de acuerdo con las pautas recomendadas por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO)⁵. El contexto en el que se desarrollaron las encuestas, con apoyo de las direcciones de las cofradías y cooperativas, facilitó la participación activa de los pescadores en todo el proceso de obtención de información, permitiendo resolver cualquier duda e inquietud que les pudiese surgir.

Todo el proceso de desarrollo, ejecución y análisis de los resultados se estructuró en cuatro partes: (i) diseño de un muestreo estratificado de las embarcaciones en activo, (ii) realización de las encuestas a

pescadores de todas las cofradías y cooperativas del archipiélago durante el 2018 y principios del 2019, (iii) volcado de la información, y (iv) estimación de la distribución del esfuerzo pesquero mediante el uso de software de información geográfica.

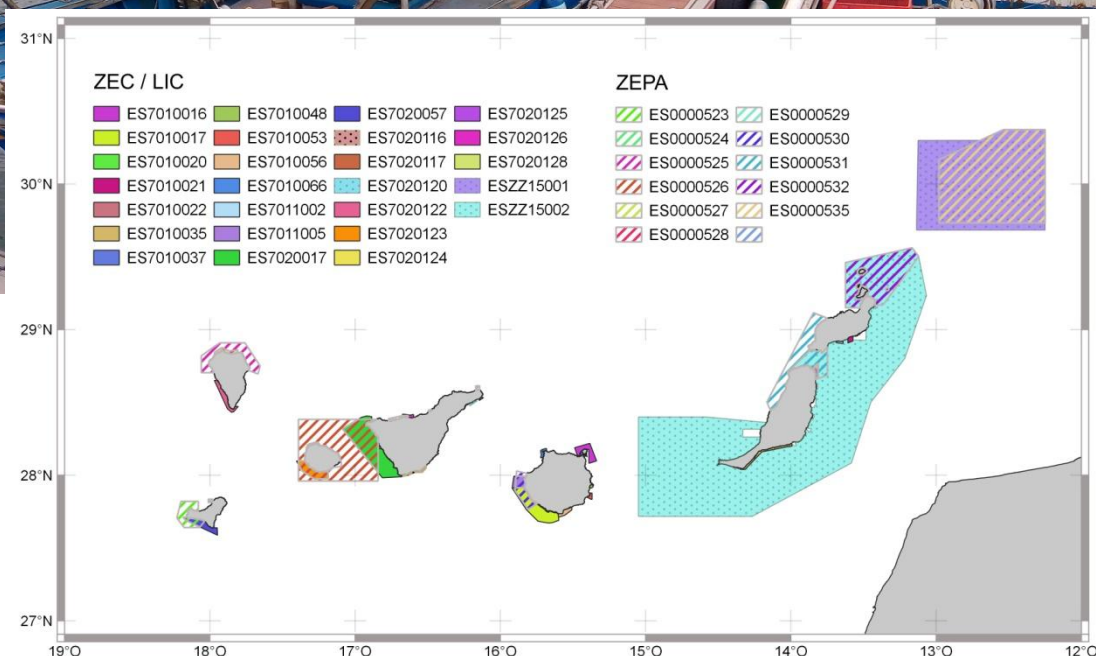
Se escogió un muestreo estratificado en función de la isla y diferentes rangos de eslora, para así reducir el sesgo. Este tipo de muestreos ofrecen resultados con una mayor precisión estadística que los procedentes de muestreos aleatorios simples, debido a que la variabilidad dentro de los subgrupos es menor en comparación con la que existe cuando se trata con un grupo grande muy heterogéneo. Para que los resultados tuviesen rigor estadístico, se calculó un tamaño muestral que fuese representativo del 95% de la flota y se definió un margen de error del 7,5%. Finalmente, se realizaron 159 encuestas repartidas por todo el archipiélago. Cada encuesta consistía en un formulario estructurado en diferentes bloques, donde se recogía información sobre capturas y esfuerzo pesquero, así como otras cuestiones socioeconómicas relacionadas con la actividad. Antes de realizar las encuestas, nos pusimos en contacto con todas las cofradías y cooperativas para informar del trabajo que se iba a hacer y acordar reuniones con los patrones mayores, para contar con su cooperación y aprobación. En general, hubo muy buena acogida por parte del sector pesquero.

Para plasmar espacialmente el esfuerzo pesquero se crearon diferentes mapas de las diferentes islas, así como un mapa de todo el archipiélago. Dichos mapas iban acompañados de una cuadrícula con un tamaño de celda predefinido para que los pescadores indicasen las celdas donde solían pescar. Para los mapas insulares se empleó un tamaño de celda de 1,5 mn (millas náuticas), mientras que para el mapa global del archipiélago el tamaño escogido fue de 5 mn. Como resultado de las campañas realizadas, se elaboraron dos mapas (Figs. 1 y 2) para la representación del esfuerzo pesquero de la flota artesanal de las Islas Canarias. Estas representaciones incluyen la distribución de la flota a lo largo de todo el año y se ha empleado la densidad de barcos por superficie como medida de esfuerzo espacial relativo. Las áreas de pesca no están diferenciadas por artes de pesca, debido a que muchos artes se emplean a poca profundidad y la pesca se realiza muy próxima a costa, por lo que el tamaño de celda predefinido sería demasiado grande y los mapas podrían llevar a confusión. La información referente a los sistemas de pesca, tiempo de operación, tiempo de calado, así como otros datos que guardan relación con el esfuerzo pesquero, fueron recopilados a través de estas mismas encuestas para complementar este estudio en un trabajo futuro.

Barcos polivalentes de San Ginés,
Foto: Lorena Couce



Espacios de la Red Natura 2000 de ámbito marino en el archipiélago canario. Se muestran las Zonas de Especial Conservación (ZEC), Lugares de Importancia Comunitaria (LIC) así como las Zonas de Especial Protección para las Aves (ZEPA). (Figura 3)



El esfuerzo de pesca en el entorno de las áreas marinas protegidas

Uno de los principios sobre los que se fundamentan muchos de los modelos de evaluación pesquera basados en la captura por unidad de esfuerzo (CPUE), es la asunción de la distribución espacial homogénea de los stocks objeto de explotación y que la pesca sobre ellos se realiza al azar; no obstante, en Canarias se observa que la flota no distribuye su esfuerzo de pesca de forma homogénea en todo el ámbito geográfico de los caladeros insulares, y que los barcos concentran su actividad pesquera de forma significativa en ciertos lugares relativamente más productivos y sensibles. Es decir, no se pesca con la misma intensidad a lo largo de todas las islas, sino que se ejerce un mayor esfuerzo en las proximidades o en el interior de las áreas protegidas (áreas de la Red Natura 2000 o reservas marinas de interés pesquero).

En la figura 1 se representa la distribución espacial de la flota artesanal que se dedica principalmente a la captura de especies bentodemersales. El mapa muestra una alta concentración del esfuerzo pesquero en los montes submarinos de Amanay y Banquete, que se encuentran al suroeste de Fuerteventura. Campañas previas realizadas por el Instituto Español de Oceanografía ya habían constatado estas áreas como zonas de interés pesquero de la flota artesanal. Estas elevaciones sobre el fondo marino se encuentran dentro de uno de los lugares declarado de interés para la Comunidad Europea en Canarias, denominado LIC-ESZZ15002, según la Directiva Europea de hábitats (92/43/EEC). Otra área que experimenta también una densidad relativamente alta de barcos es la Reserva Marina de Interés Pesquero de La Graciosa e Islotes del Norte de Lanzarote. Por otro lado, en la figura 2 se representa la distribución espacial de la flota artesanal atunera de las islas y dónde se da una



Barcos atuneros en Los Cristianos,
Foto: Lorena Couce

mayor densidad de embarcaciones, destacando las zonas del canal entre las islas de La Gomera y Tenerife, así como los montes submarinos de Amanay y Banquete mencionados anteriormente, y las aguas que rodean toda la isla de La Palma. Estas zonas de mayor presión pesquera coinciden con espacios protegidos de la Red Natura 2000 de esas islas (Fig. 3). No obstante, resulta conveniente destacar que los resultados mostrados para la isla de Gran Canaria deben interpretarse con mucha cautela, pues no fue posible lograr obtener información representativa de toda la flota insular.

Utilizar la experiencia y conocimiento de los pescadores se plantea como una herramienta de bajo coste que puede contribuir a la evaluación de los recursos pesqueros, aportando información que no se encuentra disponible por otros medios. El diseño de los mapas incluidos en las encuestas parece contar con un tamaño de celda adecuado para que los pescadores indiquen sus zonas de pesca pero sin revelar las coordenadas exactas, ya que esto era motivo de preocupación para ellos pues temían que revelar dicha información pudiese afectar a sus capturas. Otro aspecto interesante es que los resultados obtenidos sirven para respaldar los objetivos buscados por diferentes directivas europeas, como la Planificación Espacial Marina o la Directiva Marco sobre la Estrategia Marina, así como otros planes regionales de desarrollo y protección. Sin embargo, esta me-

todología también tiene sus desventajas, como la dificultad que tienen algunos pescadores para ubicar sus áreas de pesca directamente en un mapa, la capacidad del entrevistador para transmitir los objetivos del trabajo e interpretar, procesar y detectar la confiabilidad de la información obtenida, o la negativa de los pescadores a participar en el estudio (12% de los pescadores entrevistados se negaron a participar). Una impresión después del monitoreo es que la participación podría aumentar si este tipo de estudios son propuestos por las administraciones con competencia en pesca u ordenación del espacio marítimo. No obstante, consideramos que este método, a pesar de sus limitaciones, puede ser una herramienta útil en la gestión de pesquerías artesanales y con pocos datos, como en este caso.

Bibliografía

- (1) Hinz, H., Murray, L. G., Lambert, G. I., Hiddink, J. G., Kaiser, M. J. 2013. *Fish and Fisheries*, 14: 110–117.
- (2) Brennan, J., Fitzsimmons, C., Gray, T., Raggatt, L. 2014. *Marine Policy*, 43: 359–366.
- (3) Jentoft, S., Knol, M. 2014. *Maritime Studies*, 12: 13.
- (4) Janßen, H., Bastardie, F., Eero, M., Hamon, K. G., Hinrichsen, H.-H., Marchal, P., Nielsen, J. R., et al. 2018. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 201: 105–113.
- (5) Pinello, D., Gee, J. Dimech, M. 2017. *FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 613*. Rome, FAO



Estandarización de la captura
por unidad de esfuerzo en una
**pesquería
multiespecífica y
multiarte**



Capturas de túnidos (Tazacorte),
Foto: Alberto Bilbao.

**Lorena Couce Montero¹, Yeray Pérez González¹,
Alberto Bilbao Sieyro¹ y José Juan Castro
Hernández²**

(1) Área de Pesca. División de Proyectos. GMR Canarias, S.A.U. C/Los Cactus 68, Agüimes, 35118. Gran Canaria y (2) IU-EcoAqua, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, Campus Universitario de Tafira, 35017 Las Palmas de Gran Canaria

La mayoría de las políticas de gestión pesquera emplean series temporales de captura y esfuerzo de pesca (p. ej., número de barcos, horas de pesca, etc.) como indicadores de la evolución de los stocks a lo largo del tiempo^{1,2}. Idealmente, estos índices de abundancia deberían basarse en datos independientes recopilados a través de encuestas científicas y partiendo de condiciones estandarizadas. Sin embargo, aplicar esta metodología a menudo no resulta económicamente factible debido a la gran extensión espacial de muchas pesquerías. Por ello, una alternativa consiste en emplear los datos de captura por unidad de esfuerzo (CPUE) registrados durante las operaciones de pesca, asumiendo que son proporcionales a la abundancia de los recursos (un aumento de la captura por barco o pescador se debe a una mayor abundancia de peces disponible y viceversa), para después estandarizarlos y eliminar o minimizar la influencia que factores externos (p. ej., distribución de las especies, variables climáticas, vedas) puedan tener sobre las capturas y el nivel de esfuerzo de pesca.

La mayor parte de trabajos de estandarización de CPUE hacen referencia a una única especie, aunque en la última década han surgido nuevos estudios que permiten la estandarización de la CPUE en pesquerías multiespecíficas, siendo en su mayoría pesquerías cuyas capturas proceden de un único arte de pesca o, en su defecto, de artes que se pueden englobar dentro de una misma categoría (p.ej., liñas y anzuelos).

Existen múltiples metodologías que permiten realizar dicha estandarización, siendo las más comunes los modelos aditivos generalizados (GAMs), los modelos lineales generalizados (GLMs), las redes neuronales o los árboles de regresión ampliados (BRTs).^{3,4} Para poder determinar qué metodología se ajustaba mejor a los objetivos de este trabajo, se llevó a cabo una caracterización de la pesquería canaria y de la flota operativa para ver qué tipo de enfoque podría ser el más adecuado.

La complejidad de la pesca

La pesca artesanal que tiene lugar en aguas de las Islas Canarias se ha centrado históricamente en tres grupos de especies: bento-demersales (brecas, sarmas, salmonetes, viejas, etc.), pelágicos costeros de pequeño tamaño (caballa, sardinas y similares) y

túnicos (listado, patudo, albacora, etc.), que se capturan con diferentes modalidades de pesca y en diferentes periodos del año. Las capturas comenzaron a registrarse de manera oficial con la implementación de los sistemas de control de la Primera Venta, allá por el año 2006 y, pese a que las series temporales son relativamente cortas, los datos nos muestran una pesquería multiespecífica (Fig.1), donde se alterna la explotación de más de 100 especies objetivo y la arribada estacional de las diferentes especies de túnicos, de una forma similar a lo descrito para otras pesquerías artesanales europeas.

La flota de pesca se caracteriza por su complejidad, polivalencia y la alta dispersión geográfica de sus unidades extractivas. Además, aproximadamente el 91% de las embarcaciones no superan los 15 metros de eslora, por lo que los pescadores no tienen la obligación de llevar un sistema de control que permita saber las coordenadas de sus caladeros de pesca. Para suplir este vacío de información, se determinaron los caladeros de pesca más probables de cada embarcación, a partir de un análisis de los puertos de origen, las especies objetivo, las características geológicas de cada isla, las batimetrías, la bibliografía existente al respecto e información de las áreas habituales de pesca obtenida a través de encuestas cara a cara con los pescadores, en los casos que fue posible.⁵ De esta forma se definieron cinco zonas de pesca: El Hierro (HIE), La Palma (PAL), Tenerife-La Gomera (TF-GOM), Gran Canaria (GC) y Lanzarote-Fuerteventura (LZ-FTV).

La normativa pesquera señala la obligatoriedad de notificar los artes de pesca que se emplean en cada operación de pesca (Reglamento UE nº 1379/2013 y Real Decreto 418/2015), sin embargo, no existe información detallada sobre la duración de sus jornadas de pesca, características de los artes empleados (p.ej., número de nasas o anzuelos), distancia a costa, horas de operación, o cualquier otra medida similar que ayude en la cuantificación del esfuerzo pesquero. Asimismo, la mayoría de los buques están clasificados como para la pesca con artes menores, pudiendo utilizar diversas modalidades de pesca durante el desarrollo de su actividad diaria. Por consiguiente, resulta complicado separar qué parte de la captura se ha obtenido con cada modalidad de pesca, al poder capturarse una misma especie con diferentes artes.

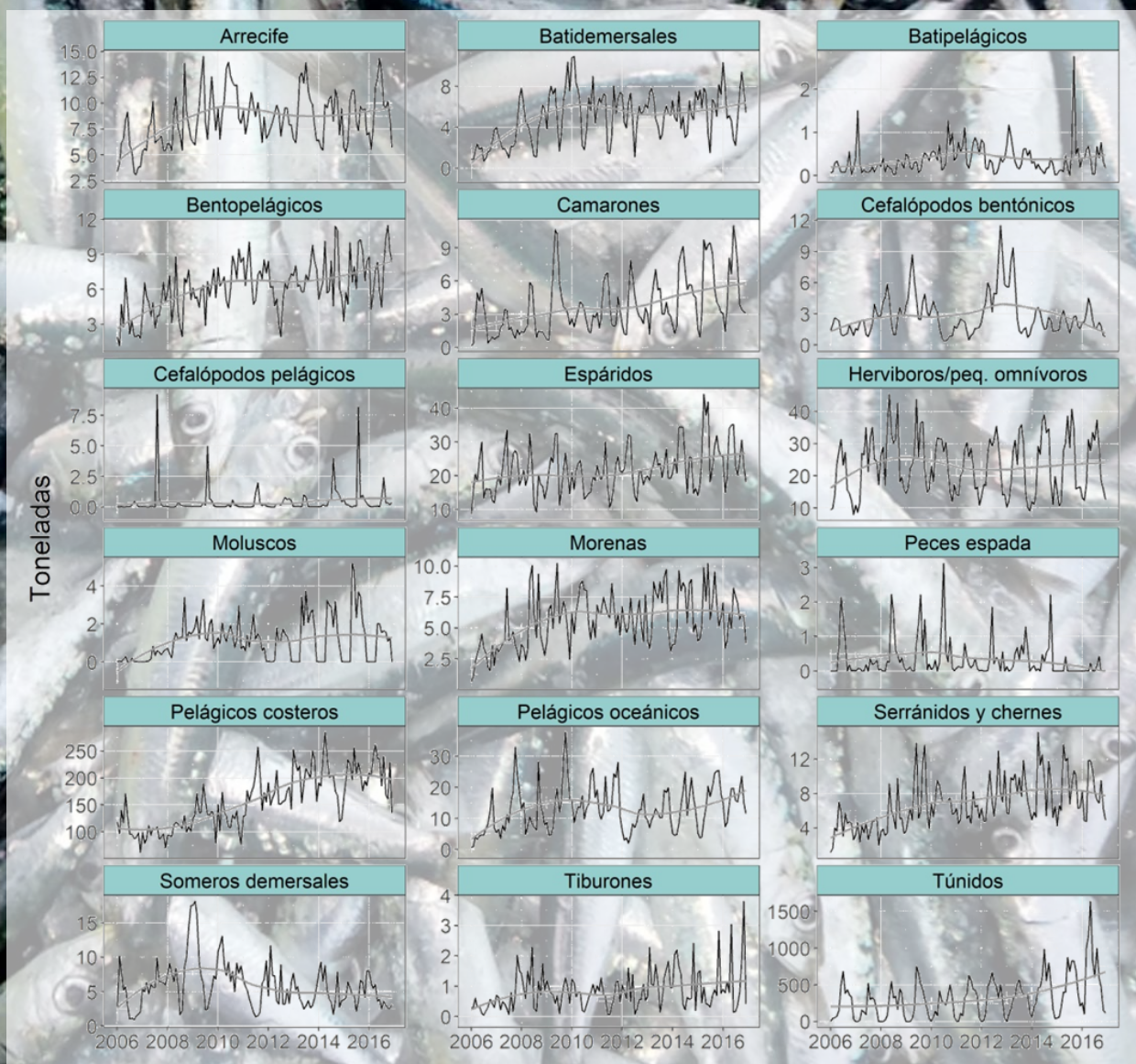
A todo lo anterior hay que sumar las diferentes regulaciones, en cuanto a artes de pesca permitidas según la isla, lo que dificulta encontrar una medida de esfuerzo lo suficientemente homogénea como para aplicar a todo el archipiélago. Por ello, y considerando que de forma mayoritaria las embarcaciones operan

principalmente en aguas costeras, cerca de sus puertos base y realizan mareas de un solo día, el número de jornadas de pesca suele ser la mejor alternativa para cuantificar el esfuerzo pesquero y fue la variable considerada en este estudio para cuantificar la CPUE. No obstante, se constató una elevada heterogeneidad en la flota (Fig. 2), observándose notables diferencias en las características de las embarcaciones y el número de jornadas dependiendo de la zona de pesca. Por todo ello, y tras revisar las bondades e inconvenientes de las metodologías disponibles y realizar diferentes pruebas, se concluyó que la mejor alternativa era estandarizar toda la pesquería en su conjunto mediante el desarrollo de un modelo GAM.

Para evitar el problema de la falta de algunos datos (huecos) en el desarrollo de los modelos, se consideró la CPUE conjunta de todas las especies, analizándose un total de 56.861 registros correspondientes al periodo 2006-2016. Posteriormente, estos datos se transformaron a escala logarítmica a la que se le añadió una constante igual a la unidad para obtener únicamente valores positivos. El modelo incluyó cuatro variables que representaban el efecto del mes, año, la estación y el área de pesca en las capturas. Asimismo, se añadieron dos variables indicadoras para cuando tenía lugar la pesca de túnicos o de pequeños pelágicos costeros. También se incluyeron variables climáticas como el índice NAO (Oscilación del Atlántico Norte, relacionada con la intensidad y dirección del viento) y la temperatura superficial del mar (SST), así como la concentración de Clorofila-a como aproximación a una medida de productividad de cada caladero de pesca. Por último, el modelo también incluyó los tres primeros componentes obtenidos a partir de una estandarización previa del esfuerzo pesquero realizado mediante un análisis de componentes principales (PCA). Para realizar dicho análisis, se consideró cada una de las embarcaciones que estuvo en activo durante el periodo 2006-2016 y, tras excluir las variables altamente correlacionadas, se añadieron los siguientes parámetros: arqueo, eslora, potencia, año de construcción de la embarcación, meses en activo durante ese periodo y cinco tipos de sistemas de pesca extraídos a partir del Registro de la flota pesquera de la Comisión Europea.

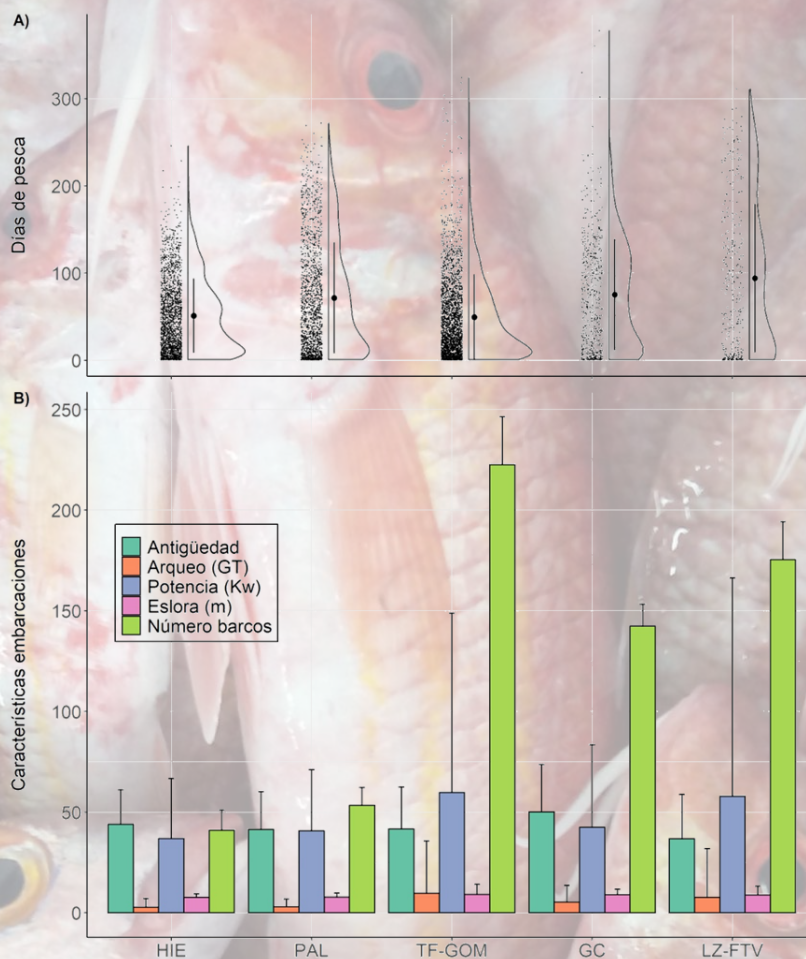
Todas las variables agregadas al GAM fueron significativamente diferentes de cero y el modelo describió el 66,1% de la desviación total. Las variables con mayor contribución fueron las que indican cuándo se están capturando túnicos o pequeños pelágicos costeros, el primer componente principal obtenido de la estandarización del esfuerzo pesquero y el área de pesca.

Capturas de pelágicos costeros
(La Tiñosa), Foto: Yeray Pérez.

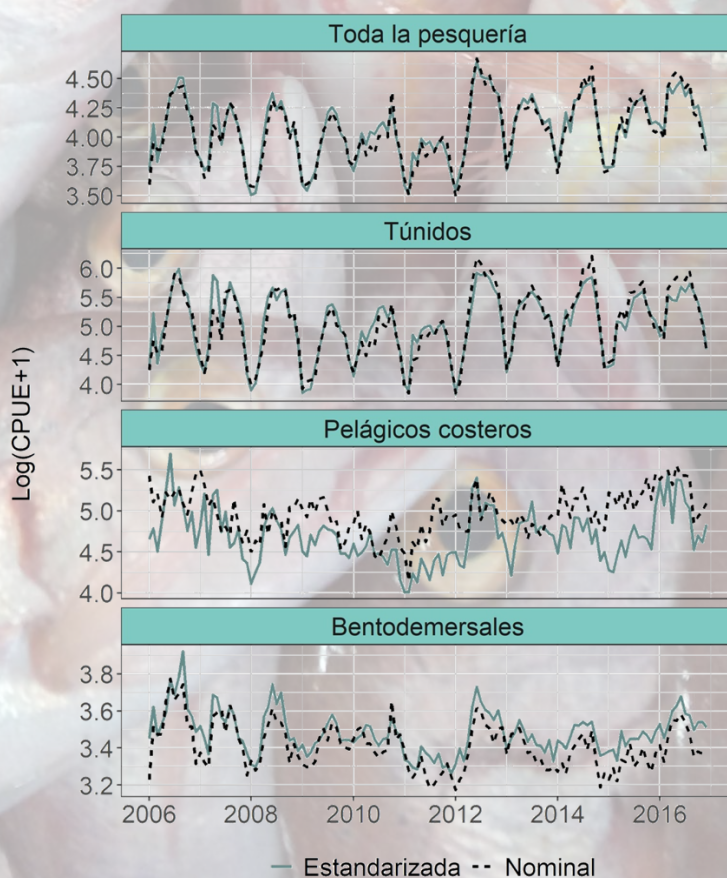


Capturas de los principales grupos de especies objetivo de la flota artesanal de pesca en las Islas Canarias entre 2006 y 2017. La línea gris indica la tendencia aplicando el método LOESS. (Figura 1)

A) Distribución de la probabilidad (puntos) y gráfico de violín representando la media e intervalos de confianza del número de jornadas de pesca por embarcación y caladero. B) Características de la flota artesanal Canaria en activo durante el periodo 2006-2016 por caladero de pesca (HIE=Hiero; PAL= La Palma; TF-GOM= Tenerife-Gomera; GC= Gran Canaria; LZ-FTV= Lanzarote-Fuerteventura). Cada barra representa el valor medio y la línea la desviación estándar. (Figura 2)



Comparación de la CPUE nominal con la estandarizada para el conjunto de la pesquería, y por grupos principales de especies objetivo de la flota de pesca artesanal de las Islas Canarias. (Figura 3)



Las pesquerías de túnidos estacionales y peces pelágicos costeros se caracterizan por permitir obtener grandes volúmenes de captura en poco tiempo, lo que da lugar a valores más altos de captura por unidad de esfuerzo (CPUE).

Cambios y tendencias clarificadoras en la abundancia de las especies

Al comparar la CPUE estandarizada con la nominal (Fig. 3), existe un buen ajuste para el conjunto de la pesquería canaria, pero si separamos la CPUE atendiendo a los tres principales grupos de especies objetivo, se observan diferencias. La CPUE de la pesquería de túnidos es la que condiciona la tendencia de la CPUE total, pues muestra un patrón prácticamente idéntico, aunque con valores algo superiores. En cuanto a los pelágicos costeros, la CPUE estandarizada muestra un valor inferior al nominal, mientras que para las especies bentodemersales el valor estandarizado es superior.

Como se ha comentado anteriormente, la CPUE se emplea como índice de abundancia a falta de datos mejores, sin embargo, en el caso de evaluar una pesquería multiespecífica como la que nos ocupa, hay que tener muy presente qué especies objetivo son las predominantes en las capturas, ya que pueden distorsionar los resultados y hacer que se subestime o sobreestime el estado de los stocks.

La CPUE de los túnidos muestra una marcada estacionalidad, pero los valores de CPUE indican una cierta estabilidad a partir de 2012. La CPUE de los peces pelágicos costeros, en cambio, muestra una tendencia creciente desde finales de 2010 (Fig. 3). Ambas pesquerías se caracterizan por permitir obtener grandes volúmenes de captura en poco tiempo, lo que da lugar a valores más altos de CPUE. Asimismo, las capturas proceden en su mayoría de una parte de la flota bien diferenciada, los barcos atuneros y cerqueros, cuyo número de unidades es menor que el del conjunto de la flota polivalente, lo que también contribuye a que las estimaciones de esfuerzo pesquero sean más bajas para estos dos grupos. Por el contrario, la CPUE de las especies bentodemersales muestra una tendencia decreciente desde principios del 2012 (Fig. 3), lo que podría indicar una sobreexplotación de estos recursos que pasaría inadvertida en el caso de considerar la pesquería en su conjunto.

Índices climáticos en la evaluación de stocks

La construcción de índices anuales de abundancia de los stocks a partir de la estandarización de los datos de captura y esfuerzo sigue siendo fundamental para muchas evaluaciones de pesquerías. Sin embargo, si bien el uso de métodos estadísticos avanzados ha ayudado a estandarizar las tasas de captura teniendo en cuenta muchas variables explicativas, algunos de los aspectos más rutinarios como la interpretación del índice en función de la pesquería a evaluar, reciben poca consideración en muchos análisis. La estandarización previa del esfuerzo pesquero por medio del análisis de componentes principales se plantea como una buena alternativa, especialmente en aquellos casos en los que no se pueda realizar una caracterización de las tácticas de pesca mediante un análisis clúster. Asimismo, es recomendable la inclusión de variables climáticas en aquellos casos en los que existan especies con una marcada dependencia de la temperatura u otras variables ambientales, pudiendo afectar a su reclutamiento o a los patrones de distribución espacial y, por tanto, a su abundancia en el caladero.

Este trabajo es un primer intento de suplir la falta de información del estado de los stocks con las metodologías compatibles con pesquerías pobres en datos, y es factible de ser replicable en otras pesquerías multiespecíficas similares. No obstante, en el caso de querer utilizar esta metodología como una herramienta de gestión pesquera, recomendamos no solo evaluar la pesquería en su conjunto sino también a los principales stocks que la componen por separado para detectar posibles anomalías.

Bibliografía

- (1) Harley, S.J., Myers, R.A., Dunn, A., 2001. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 58, 1760–1772.
- (2) Hilborn, R., Walters, C.J., 1992. Quantitative fisheries stock assessment: choice, dynamics and uncertainty. Springer Science & Business Media.
- (3) Hinton, M.G., Maunders, M.N., 2004. Col Vol Sci Pap ICCAT 56, 169–177.
- (4) Maunders, M.N., Punt, A.E., 2004. Fish. Res. 70, 141–159.
- (5) Couce Montero, M.L., Bilbao Seyro, A., Pérez González, Y., García Mendoza, A., Castro Hernández, J.J., 2019. Distribution of fishing effort for the Canary artisanal fleet: a survey based approach. Optimise and finding the pertinent monitoring methods for the marine and coastal waters environmental monitoring (Act. 2.3.1). GMR Canarias, S.A.U. & ECOAQUA-ULPGC. Report prepared as part of PLASMAR Project (co-financed by ERDF as part of POMAC 2014-2020). 15pp

A coastal scene with several boats in the water and buildings on a hill in the background. The water is calm, and the boats are anchored. In the background, there are white buildings on a hillside, some palm trees, and a stone wall. The sky is overcast.

Barcos artesanales y recreativos en Playa de San Juan. (Autora: Lorena Couce).

CONFLICTOS

de la pesca recreativa
con la pesca artesanal
mediante un enfoque
ecosistémico:
implicaciones para una gestión
sostenible de los recursos



**Lorena Couce Montero¹ y
José Juan Castro Hernández²**

(1) Área de Pesca. División de Proyectos. GMR Canarias, S.A.U. C/Los Cactus 68, Agüimes, 35118. Gran Canaria. (2) IU-EcoAqua, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, Campus Universitario de Tafira, 35017 Las Palmas de Gran Canaria

Las Islas Canarias presentan una serie de peculiaridades tanto oceanográficas como geológicas que afectan a la productividad de sus ecosistemas marinos y condicionan las pesquerías que en ellos se desarrollan. A pesar de la gran biodiversidad existente, la baja productividad de las aguas del archipiélago limita la biomasa disponible, concentrándose la mayoría de las especies sobre las pequeñas plataformas insulares. Todos estos factores, ligados a la explotación pesquera, han ocasionado una pérdida notable de biomasa en las últimas décadas.¹

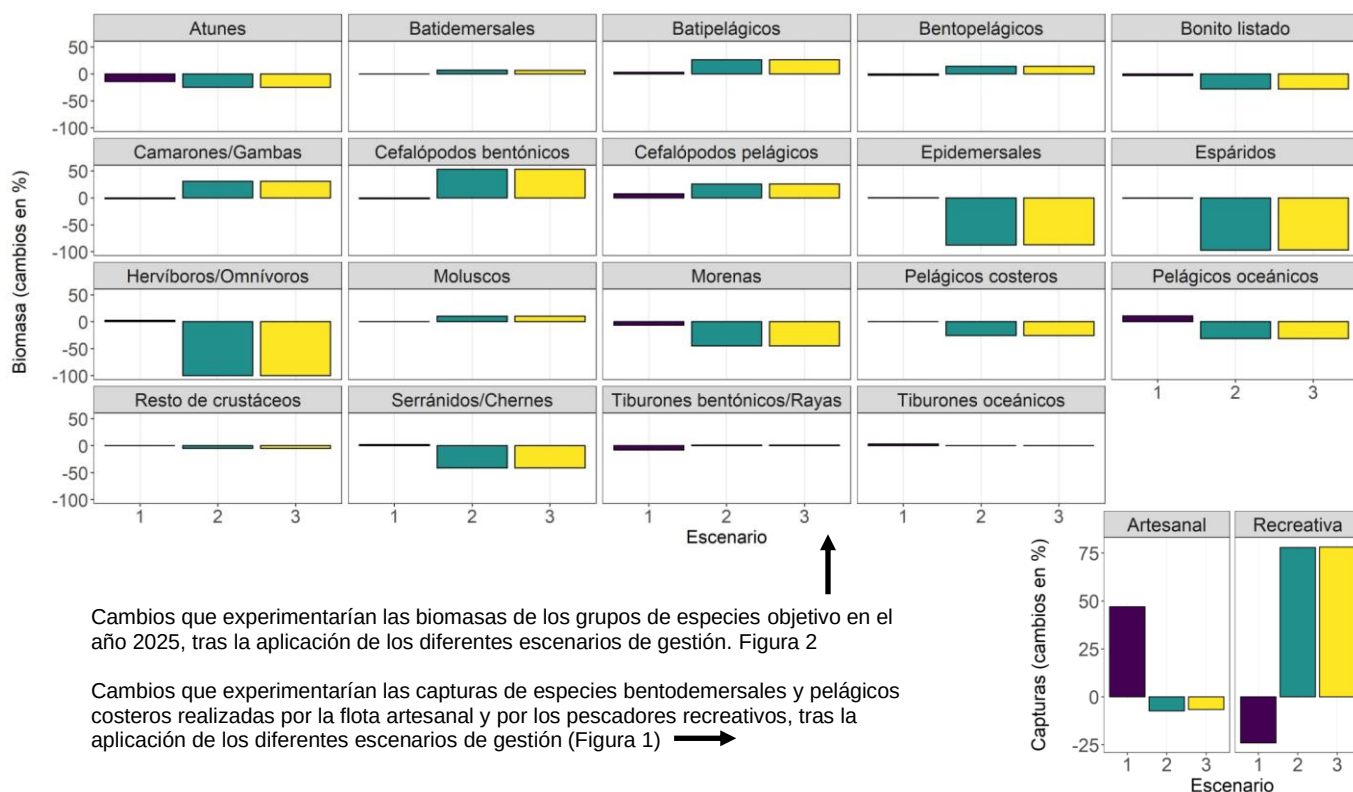
La mayoría de las embarcaciones del archipiélago pescan principalmente en zonas próximas a sus puertos de origen; sin embargo, en las islas que se encuentran próximas entre sí, es frecuente que los barcos pesquen en una isla u otra dependiendo de la estrategia de pesca a seguir. Esto es lo que ocurre, por ejemplo, con los pescadores de las islas de Tenerife y La Gomera. Por ello, a la hora de plantear un enfoque ecosistémico de la pesca se va a considerar el área marina que engloba ambas islas hasta la batimétrica de los 2000 m., lo que supone un área común de 6080 Km². Esta área es representativa de las zonas donde faena la flota artesanal de ambas islas, la cual se centra en más de un centenar de especies objetivo, entre las que destacan los túnidos, peces pelágicos costeros (caballas, sardinas, etc.) y especies bentodemersales (viejas, salmonetes, sargos y similares, pulpos, etc.). Un aspecto importante a tener en cuenta, es el hecho de que los pescadores artesanales y recreativos compiten por las mismas especies, siendo dicha competencia más notoria por los peces bentodemersales. No obstante, no se han tomado medidas para evaluar adecuadamente esta situación así como el efecto que pueda estar teniendo sobre los stocks insulares, a pesar de que los estudios realizados hasta la fecha en el archipiélago consideran que la pesca recreativa tiene niveles importantes de capturas y que son comparables con las obtenidas por la flota artesanal.¹ Por ello, en este trabajo pretendemos evaluar el impacto que la pesca, tanto artesanal como recreativa, está teniendo sobre los ecosistemas marinos de las islas de Tenerife y La Gomera, a través de un modelo ecosistémico mediante el programa Ecopath

with Ecosim (EwE). Como resultado se plantean estrategias de pesca alternativas a la actual que permitan una pesca más sostenible de los recursos a corto y medio plazo.

Caracterizar la estructura trófica del ecosistema marino

El programa Ecopath con Ecosim (EwE) permite crear un modelo de cajas o grupos biológicos funcionales, para cuantificar los flujos de energía que se dan entre dichos grupos y caracterizar la estructura trófica del ecosistema, así como su funcionalidad. Actualmente, se estima que este programa lo utilizan cerca de 8000 usuarios, en más de 170 países diferentes, lo que ha dado lugar a más de 800 publicaciones en ISI Web of Knowledge. Por estos motivos, La Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA) de Estados Unidos reconoció al programa Ecopath como uno de los diez principales avances científicos de los últimos 200 años. El programa contiene tres módulos principales: el Ecopath, que muestra una imagen estática del ecosistema, el Ecosim que posibilita realizar simulaciones dinámicas temporales para explorar alternativas de gestión, y el Ecospace que permite realizar simulaciones dinámicas espaciales y principalmente diseñado para explorar la ubicación de áreas marinas protegidas y el impacto que se produciría sobre ellas. No obstante, para este trabajo únicamente se emplearon los módulos Ecopath y Ecosim, y se consideró el 2016 como año de referencia para crear el modelo.

Ecopath está basado en dos ecuaciones fundamentales, una que describe la producción en términos de biomasa y la otra que describe el balance de energía de cada grupo funcional. En este contexto, los grupos funcionales del modelo se definieron mediante la aplicación de un análisis de correspondencia factorial (FCA) y un análisis de agrupamiento jerárquico a los datos publicados sobre la dieta de las especies más relevantes en las capturas de la flota pesquera. Se definieron 31 grupos funcionales, que incluyen: dos grupos de mamíferos marinos, un grupo de aves, un grupo de tortugas, catorce grupos de peces, ocho grupos de invertebrados, un grupo para la capa de reflexión profunda (DSL, en inglés), un grupo de zooplancton, dos grupos de productores primarios y un grupo para el detrito. Las especies se asignaron a cada grupo funcional por tener niveles tróficos (TL) similares. Estos modelos requieren gran cantidad de datos para su correcto desarrollo, incluyendo información relativa a la biomasa (B) de cada grupo y capturas obtenidas con cada método de pesca, entre otros datos.



Cambios que experimentarían las biomazas de los grupos de especies objetivo en el año 2025, tras la aplicación de los diferentes escenarios de gestión. Figura 2

Cambios que experimentarían las capturas de especies bentodemersales y pelágicos costeros realizadas por la flota artesanal y por los pescadores recreativos, tras la aplicación de los diferentes escenarios de gestión (Figura 1) →

La estimación de las biomazas se obtuvo mediante datos de campañas oceanográficas para aquellos grupos que existían datos y, en la mayoría de las especies comerciales, a partir de los datos de captura y esfuerzo. Para los datos de capturas de la flota profesional, se utilizaron los registros de primera venta facilitados por la Dirección General de Pesca del Gobierno de Canarias. La estimación de las capturas procedentes de la pesca recreativa se obtuvo a partir del número de licencias recreativas vigentes y las estimaciones hechas por la Universidad de La Laguna para Tenerife². El resto de parámetros se obtuvieron de información existente en el área de estudio o de áreas próximas en los casos que fue necesario. Una vez incorporados todos los datos de entrada requeridos por el Ecopath, se procedió al ajuste del modelo ecosistémico en diferentes etapas, empezando con los grupos pertenecientes a los niveles tróficos superiores y los diferentes parámetros atendiendo a su grado de incertidumbre.

Alternativas de gestión e indicadores ecológicos resultantes

Con las simulaciones temporales se pretende no solo evaluar el impacto de la pesca en el ecosistema, sino también ver el impacto que la pesca recreativa tiene sobre la pesca artesanal. Para ello se definieron tres posibles escenarios para evaluar los impactos a corto plazo, en concreto durante el periodo 2017-2025.

En el área de estudio existen tres trabajos que han tratado de evaluar el esfuerzo y las capturas de la pesca recreativa, todos basados en encuestas pero con metodologías diferentes y resultados dispares. Por ello se plantean los siguientes escenarios: 1- utilizar las capturas y esfuerzo estimados por Pascual Fernández y colaboradores,² que se emplearon en el modelo Ecopath al ser los más conservadores, 2- emplear los datos de captura y esfuerzo del estudio realizado por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPyA)³ en el Archipiélago Canario, y 3- emplear las estimaciones de Jiménez Alvarado.⁴

En la figura 1 se muestran las diferencias en las capturas totales de especies bentodemersales y pelágicos costeros que se obtendrían en el año 2025, expresadas en porcentaje, tanto para la flota profesional como recreativa. Se observan notables diferencias entre los escenarios propuestos, de modo que en el más conservador se produciría una disminución de las capturas de la flota recreativa del 25% respecto al 2016, mientras que las capturas de la flota profesional aumentarían aproximadamente un 50%. Sin embargo, los otros dos escenarios presentan resultados prácticamente iguales y completamente opuestos al escenario anterior. En estos escenarios las capturas de la pesca recreativa se incrementarían en aproximadamente un 75%, valor muy por encima del deseable, mientras que las de la flota profesional se reducirían aproximadamente en un 10%. Sin embargo, en la figura 2 se muestran los



Barcos artesanales en Puerto de La Cruz .
(Autor: Alberto Bilbao).

Indicador	Unidades	2016	Escenario 1 2025	Escenario 2 2025	Escenario 3 2025
1. Biomasa					
Biomasa de especies comerciales	t·km ⁻²	49.42	49.45	47.38	47.41
Biomasa de peces	t·km ⁻²	23.97	23.53	17.79	17.81
Biomasa de predadores con TL ≥ 4	t·km ⁻²	6.08	5.62	6.81	6.85
2. Capturas					
Captura total de todas las especies	t·km ⁻² ·year ⁻¹	2.61	2.49	1.97	1.98
Capturas demersales/capturas pelágicas	t·km ⁻² ·year ⁻¹	0.05	0.05	0.02	0.03
3. Nivel trófico					
Nivel trófico de las capturas		3.63	3.66	3.77	3.78
Organismos con TL ≥ 3.25		3.77	3.81	3.81	3.81
TL de la comunidad, organismos con TL ≥ 3.25		3.60	3.59	3.57	3.57
TL de la comunidad, organismos con TL ≥ 4		4.13	4.14	4.12	4.11
4. Especies					
Índice de vulnerabilidad intrínseca		53.74	53.99	55.22	55.21
Biomasa especies en peligro (IUCN)	t·km ⁻²	5.35	4.92	3.76	3.77
Captura especies en peligro (IUCN)	t·km ⁻² ·year ⁻¹	1.38	1.28	1.08	1.08

Resultados obtenidos para cada uno de los indicadores seleccionados en el año base así como para cada uno de los escenarios planteados. Tabla 1



Barcos recreativos en el archipiélago canario. (Autor: José J. Castro).

cambios de biomasa que se producirían en 2025 bajo los tres escenarios de simulación. Si atendemos al primer escenario, apenas se producirían cambios llamativos en los grupos de especies objetivo. Por el contrario, los resultados de los escenarios 2 y 3 son más preocupantes, pues indican que para el final del período de simulación tendría lugar una reducción drástica de las principales especies bentodemersales objetivo de la flota profesional, que son a su vez las más capturadas por los pescadores recreativos. Asimismo, en ambos escenarios se observa que al disminuir estas especies, aumentaría la biomasa de invertebrados (cefalópodos, camarones, resto de moluscos y crustáceos), así como otras especies con menor interés comercial, como son algunas especies de aguas profundas.

Por otra parte, en la Tabla 1 se recogen los resultados de algunos de los indicadores ecológicos seleccionados para evaluar el impacto de los tres escenarios planteados. La biomasa de especies comerciales no muestra grandes diferencias entre los tres escenarios durante el período de simulación. Sin embargo, considerando las especies de peces, se observó una disminución notable en la biomasa en los escenarios 2 y 3. También se constata que con los escenarios 2 y 3 aumentaría la biomasa de especies con los niveles tróficos más altos.

Comparando con el año de referencia, los resultados mostraron que las capturas totales en el 2025 serían aproximadamente un 20% más altas en el primer escenario, respecto a los otros dos escenarios, siendo las capturas de especies demersales respecto a las pelágicas en los escenarios 2 y 3 la mitad de la obtenida con el primer escenario. Estas diferencias estarían relacionadas con una disminución de aproximadamente el 57% en las capturas de especies demersales y del 20% de las capturas de especies pelágicas. Sin embargo, no hubo diferencias significativas con respecto a los indicadores basados en el nivel trófico al comparar los tres escenarios. Lo más

preocupante es que en los escenarios con mayor presión pesquera recreativa se reduciría considerablemente la biomasa de especies que ya se encuentran amenazadas de acuerdo a la lista IUCN.

El impacto de la flota recreativa dentro del ecosistema podría estar enmascarándose debido a una subestimación de las capturas y esfuerzo, afectando no solo a la red trófica sino también a los pescadores profesionales al condicionar sus posibles capturas. Los resultados tan dispares ponen de manifiesto la necesidad de realizar nuevos estudios en esta área para disminuir la incertidumbre de los datos relativos a la pesca recreativa. Asimismo, también se recomienda un mayor control de las capturas profesionales para asegurarse de que quedan registradas todas las descargas y no se están subestimando las capturas realizadas. Un mayor conocimiento de la pesca artesanal y recreativa es necesario para plantear estrategias de gestión más acertadas y que permitan una explotación más sostenible de los recursos.

Bibliografía

- (1) Castro, J. J., Divovich, E., Delgado de Molina Acevedo, A., Barrera-Luján, A., and Riera, R. 2019. Reconstruction of marine small-scale fisheries captures in the Canary Islands (NE Atlantic Ocean) from 1950 to 2010. *Scientia Marina*, 83: 7–17.
- (2) Pascual Fernández, J. J., Mederos, I. C., Talavera, A. S., Sosa, P. M., Darías, A. R., and Gregori, P. E. M. 2012. La pesca recreativa en Tenerife y su regulación. Cabildo Insular de Tenerife, Santa Cruz de Tenerife. 47 pp.
- (3) MAPYA. 2006. Análisis y ordenación de la pesca de recreo en el ámbito de las Islas Canarias. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Secretaría General de Pesca Marítima. 124 pp.
- (4) Jiménez Alvarado, D. L. 2016. La pesca recreativa en Canarias: aspectos principales y evolución. Tesis doctoral. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. 177 pp.



PLASMAR

Fondos de arena

Una fauna todavía poco conocida

Una monitorización de extracción de arena innovadora

**Sandra Blasco-Monleón, Mariana Silva
y João M. Gonçalves**

Centro I&D Okeanos-Uac, Universidade dos Açores, 9901-862
Horta, Faial (Azores, Portugal)

Extracción comercial de arena

La extracción de sedimentos de origen marino supone la obtención de áridos correspondientes a las fracciones con tamaños de arena y grava. Estos sedimentos son utilizados principalmente para la construcción, tanto en zonas costeras como terrestres, como por ejemplo en la construcción de edificios, puertos y carreteras. Por otra parte, también se utilizan en menor medida para usos industriales y en la protección de las zonas costeras, como en la adición de sustrato para la conservación de áreas marinas litorales, comúnmente conocidas como recarga de playas.

La actividad extractiva de arena y grava del fondo marino es una solución utilizada en las islas volcánicas donde no existen depósitos terrestres que puedan ser explorados y que, generalmente, tienen un considerable impacto paisajístico. A través de varios estudios se observó que la arena y grava de origen marino son tan apropiadas para la construcción como los materiales de origen terrestre.¹ Además el uso de los agregados marinos presenta beneficios ya que debido a su naturaleza,¹ influenciada por los procesos hidrodinámicos (corrientes, olas...) los hace más fáciles de manipular. Los sedimentos están mejor clasificados, se acumulan por tamaños y tienen unos bordes más redondeados, característica deseable para su uso como recurso primario.

En Azores la extracción comercial de arena puede realizarse en todas las islas excepto en la isla de São Jorge y siempre dentro de las áreas legalmente



Una de las embarcaciones de dragado autorizadas para la extracción comercial de arenas en el archipiélago de las Azores (autor: João Gonçalves). (Figura 1)

designadas. Las profundidades de trabajo alcanzan como máximo los 20 metros. El volumen de áridos extraídos de los fondos marinos en el archipiélago, entre los años 2013 y 2018, osciló entre los 40.000 m³ y poco más de 80.000 m³, con un máximo en 2017 y un mínimo en 2018.² En las zonas de extracción permitidas los impactos ambientales en las especies y hábitats costeros son aparentemente reducidos, a pesar de que es en la actualidad cuando se está realizando su seguimiento.

Hoy en día en el archipiélago sólo existen dos embarcaciones de tipo navio-draga con licencia para realizar la extracción de sedimentos (Fig. 1). Para el drenaje de la arena se utilizan dragas hidráulicas, particularmente dragas de succión. Estos navíos tienen un tubo suspendido por uno de los lados de la embarcación³ que, durante la actividad, entra en contacto con el fondo marino. En este punto, las

bombas centrifugadoras, accionadas por motores diésel o eléctricos, succionan el sedimento y descargan a bordo el material dragado. Este mecanismo, al aspirar el sedimento, trae consigo una gran cantidad de agua que según avanza la actividad van llenando más y más los tanques del barco.³ El exceso de agua es expulsado fuera de la embarcación mediante un proceso llamado desbordamiento o derrame.

La fauna de los fondos móviles

A primera vista los sustratos móviles subacuáticos son aparentemente pobres en seres vivos. Su naturaleza inestable impide la fijación de macroalgas y de otros organismos epibentónicos (que viven encima del sedimento). Por este motivo la mayor parte de los macroorganismos de estos fondos son animales que viven enterrados en el sedimento (llamada infauna) o bien por la fauna que se desplaza por la superficie (fauna vágil).

El conocimiento que existe sobre estos ecosistemas arenosos de las Azores es escaso, por lo que las presiones e impactos que esta actividad económica ejerce sobre las comunidades también son desconocidos. La consecuencia más significativa de la extracción marina de áridos es obviamente, la eliminación y perturbación del sustrato y, por consiguiente, de la fauna bentónica asociada.⁴

Monitorización de las zonas de extracción

Las campañas de monitorización fueron realizadas en las islas de São Miguel y Faial. En la isla de Faial la zona de extracción principal se localiza en la bahía de Riberinha, mientras que en São Miguel sólo existe una zona donde es permitida la actividad, en las proximidades del distrito de Feteiras. Además de estas localidades fueron elegidas áreas de referencia sin actividad extractiva para realizar las posteriores comparaciones.

Para estudiar la fauna de los fondos arenosos se realizaron, a lo largo de los años 2018-2020, campañas de monitorización utilizando dos metodologías diferentes: monitorización a bordo de las embarcaciones de dragado (Fig. 2) y buceos para la recogida de muestras mediante aspiradores adaptados (Fig. 3). Además, se realizó un estudio de la granulometría y de los niveles de metales pesados presentes en el sedimento. En ambas islas se encontraron bajas concentraciones de materia orgánica, de carbono orgánico y nitrógeno (N), indicando que se trata, esencialmente, de sedimentos de naturaleza mineral. En términos de metales pesados, siguiendo la Ordenanza (Portaria) n.º67/2007 Ambiente y del Mar (2007),⁵ los valores de mercurio (Hg), plomo (Pb), cadmio (Cd) y



Campañas de monitorización a bordo de las embarcaciones de dragado autorizadas: saco de redes acoplado al tubo de succión en la entrada a bordo de la draga (autor: Mariana Silva). (Figura 2)



cromo (Cr), fueron, en general, bajos (clase<3). En estas muestras prácticamente sólo el níquel (Ni) presentó valores correspondientes a una clase 4 y, por tanto, con valores por encima de lo permitido para su uso en suelos agrícolas. En cuanto a la granulometría, en Faial el sedimento de la zona de dragado fue ligeramente más grueso que en la zona no explotada, donde el sedimento predominante es de tipo arena fina (0,106 a 0,5 mm). Este hecho puede ser debido a que la zona de Riberinha está sujeta a corrientes más fuertes que impiden la deposición de sedimentos más finos. Esta diferencia de granulometría puede tener consecuencias en la composición de la fauna que habita en el lecho marino, siendo de esta forma más apropiada para especies con preferencia por suelos con partículas más finas (p.ej. poliquetos que viven enterrados en el sedimento).

En las campañas de monitorización, tanto en los buques dragas como en las muestras subacuáticas recogidas, los principales organismos observados fueron: congrio de arena (congrinho de areia bicudo, *Apterichtus caecus*), cangrejo de arena (caranguejo de areia, *Albunea carabus*), cangrejo nadador (caranguejo nadador, *Liocarcinus corrugatus*), erizos irregulares como el haba de mar (ouriço ervilha, *Echinocyamus pusillus*), erizo corazón (batata do mar, *Echinocardium cordatum*), poliquetos (*Lanice conchilega*, *Circeis spirillum*, entre otros), pequeñas almejas (*Ervilia castanea*), falsas tellinas (*Bosemprella incarnata*) y estrellas de mar (estrela de areia, *Astropecten aranciatus*) (Fig. 4). Así, las especies encontradas mediante las dos metodologías fueron complementarias. En la monitorización a bordo de las embarcaciones las especies de peces encontra-

das fueron los congrios de pequeño tamaño, que son difíciles de observar debajo del agua. Ocurre lo contrario con otras especies de peces más móviles que raramente son capturados durante el dragado y son más fáciles de observar durante las sesiones de buceo. Por otro lado, las especies de erizos y poliquetos se registraron más frecuentemente en el muestreo subacuático ya que estos sufren daños durante el proceso de extracción de las dragas, resultando así difícil su observación a bordo. Este patrón fue semejante en las dos islas de estudio.

La mayor parte de las especies censadas visualmente durante los buceos fueron las especies de peces que presentan una gran movilidad y capacidad de desplazamiento (fauna vágil) (Fig. 5). La observación de invertebrados fue más rara, ya que la mayoría de estas especies están siempre enterradas en la arena. Prácticamente en todos los buceos se pudieron ver pejepeine (bodião de areia, *Xyrichtys novacula*), tamboril (sapino, *Sphoeroides marmoratus*) y tapaculo (solha, *Bothus podas maderensis*). Los gallos cochinos (peixe porco, *Balistes capriscaus*) también fueron recurrentes durante las sesiones de buceo, presentes tanto a lo largo de toda la columna de agua como nadando en zonas más próximas al lecho marino. Además, en Riberinha (Faial) se registraron cardúmenes de jureles (encharéu, *Pseudocaranx dentex*) alimentándose cerca del fondo. Otras especies avistada de forma aisladas fueron el chucho (ratão, *Dasyatis pastinaca*) y el congrio de arena (congrinho de areia, *Paraconger macrops*), generalmente enterrados en el sedimento y dejando al descubierto únicamente el rostro y ojos (comportamiento característico de ambas especies).



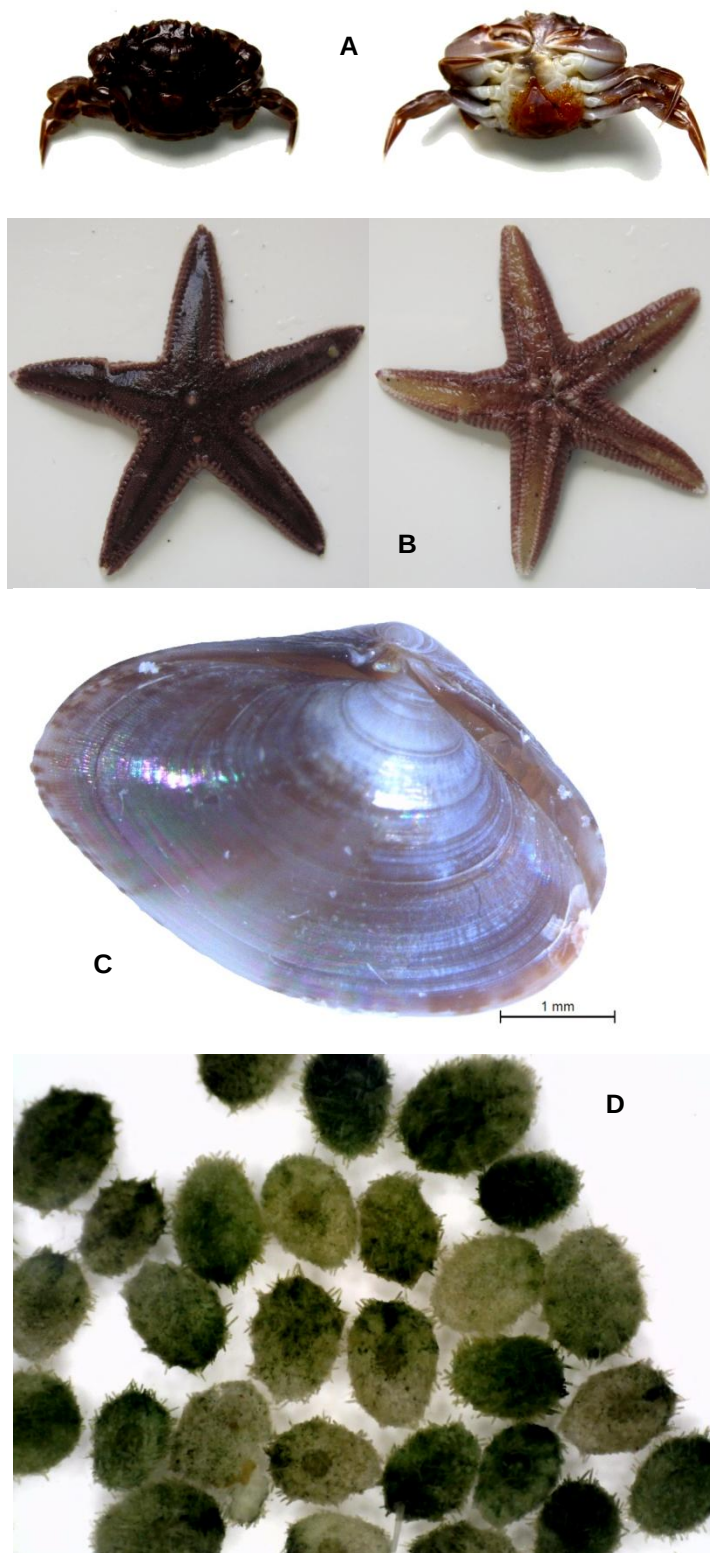
Muestreo en los buceos: aspirador adaptado accionado mediante una botella de aire comprimido de 12 L (300 bar) con saco de cota de malla 1 mm acoplado en el extremo, utilizado para la extracción de sedimento dentro de un cuadrado de 50 cm de arista (autor: Mariana Silva). (Figura 3)

Por último, en las zonas más rocosas (situación menos frecuente) se observaron cabrillas (garoupa, *Serranus atricauda*), seífias (sargo safia, *Diplodus vulgaris*) y sargos (sargo comum, *Diplodus sargus cadenati*).

Impacto de la actividad

La extracción de áridos es uno más de los factores que contribuyen en la modificación de la dinámica litoral en los lugares dónde esta actividad comercial sucede. De una forma general, las dimensiones de los surcos producidos por las dragas son relativamente pequeños y, de acuerdo con la cartografía de los volúmenes de sedimento extraídos en las Azores en las áreas autorizadas, la actividad está concentrada en puntos muy específicos. Durante nuestro estudio de monitorización el tamaño de los surcos varios en un rango de 5-11 m de diámetro y entre 1-2 m de profundidad.⁶ Estos se mantuvieron por poco tiempo (durante por lo menos algunas semanas), desapareciendo conforme las condiciones hidrodinámicas aumentaban. De esta manera, se verificó que, en 2018, dos meses después de la última extracción, y posteriormente a periodos de oleaje de tipo moderado-fuerte, ya no existía evidencia alguna de los surcos.

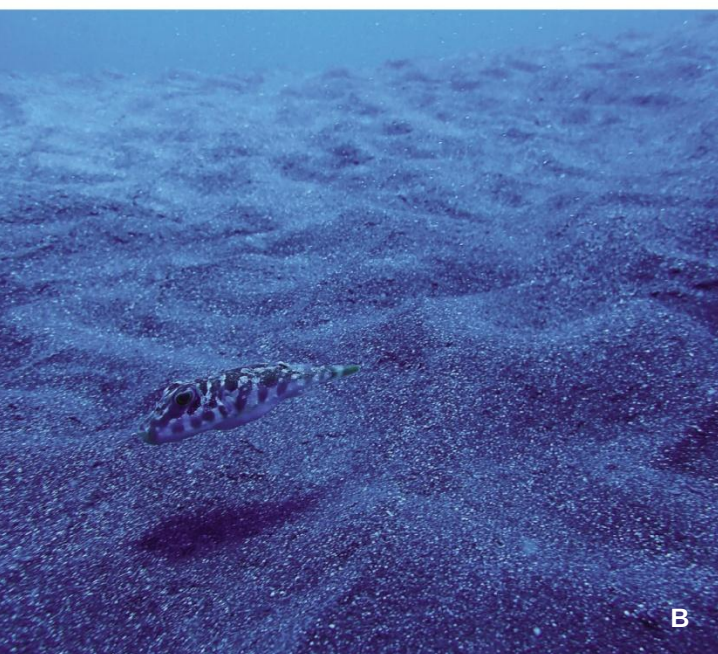
A pesar de algún registro de captura de pequeños organismos bentónicos durante el proceso de dragado, la actividad comercial en las Azores no parece producir impactos significativos en los ecosistemas sublitorales, ya que estos son dados en áreas muy delimitadas. Por otro lado, este tipo de ecosistemas móviles tiene una capacidad de recuperación rápida. Sin embargo, además de la alteración morfológica, existen otros factores de impacto todavía



Selección de algunas especies de invertebrados observados en las muestras: a) cangrejo nadador-caranguejo nadador (*Liocarcinus corrugatus*); b) estrella de mar-estrella de areia (*Astropecten aranciatus*); c) almeja (*Ervillea castanea*) y d) erizo haba de mar-ouriço ervilha (*Echinocyamus pusillus*) (autores: Júlia Simões -a,b-, Sandra Blasco-Monleón -c-, y Bruno Magalhães -d-). (Figura 4)



A



B



C

por considerar. Por ejemplo, el aumento de la turbidez a causa de la resuspensión de materiales en la columna de agua y su posterior sedimentación. Este factor puede afectar a la fauna y flora tanto en la misma zona de dragado como en las zonas adyacentes, dependiendo siempre de la intensidad de las corrientes, características químicas del agua y de la propia granulometría del material en suspensión.

Consideraciones finales

La exploración de áridos en las Azores afecta a un grupo de unas 12 especies de invertebrados y cerca de 10 especies de peces, además no se encontraron grandes diferencias entre la biodiversidad de invertebrados entre las áreas explotadas y no explotadas.

Cabe resaltar que no es posible estudiar el impacto de la actividad extractiva en los ecosistemas arenosos únicamente con una metodología, ya que la extracción perjudica directamente a diferentes grupos de la fauna marina (especies móviles y especies enterradas en el sedimento).

Es de vital importancia continuar con la monitorización de esta actividad y, además, expandir el estudio a otras islas y archipiélagos con mayor biodiversidad marina, para así analizar si los impactos son o no más significativos.

Bibliografía

- (1) ICES. 2016. ICES Cooperative Research Report, 330. 206 pp.
- (2) Direção Regional dos Assuntos do Mar (DRAM). Parte D Reavaliação do estado Ambiental e Definição de Metas. 2018. *Diretiva Quadro Estratégia Mar*. <https://www.dgrm.mm.gov.pt/web/guest/as-pem-diretiva-quadro-estrategia-marinha>.
- (3) Sciortino, J.A. 2010. Dredging. In: *Fishing Harbour Planning Construction and Management*. Rome, 65-86.
- (4) Boyd, S.E., Rees, H.L. 2003. *Estuar Coast Shelf Sci.*, 57(1-2):1-16.
- (5) Ambiente e do Mar SR. 2007. Portaria n.º 67/2007 de 15 de Outubro de 2007.
- (6) Gonçalves, J.M., Silva, M., Simões, J., Medeiros, R. 2019. Relatório Técnico Final Das Campanhas de Monitorização Dos Fundos Marinhos Arenosos Subtidais Dos Açores. Horta.

Algunas especies de peces observadas: a) gallo cochino-peixe porco (*Balistes capriscus*); b) tamboril-sapinho (*Sphaeroides marmoratus*) y c) jurel-encharéu (*Pseudocaranx dentex*) (autores: João M. Gonçalves - a, b- R. Bettencourt - c). (Figura 5)

INVESTIGACIÓN Y MONITOREO OCEÁNICO

ARDITI - Agencia Regional para el Desarrollo de Investigación, Tecnología e Innovación tiene por misión apoyar las actividades de investigación y desarrollo experimental, fomentando la difusión tecnológica, capacitación e información científica y técnica, así como promover acciones que contribuyan a la modernización y desarrollo de la Región Autónoma de Madeira (Portugal).

Una de las unidades de investigación de ARDITI es el Observatorio Oceánico de Madeira, un consorcio que reúne a una comunidad científica multidisciplinaria, que se dedica a la investigación y monitoreo de los océanos en cuatro áreas principales: biodiversidad marina, la pesca y la maricultura, la detección remota de animales marinos y el modelado y pronóstico meteo-oceanográfico.



El papel decisivo del planeamiento y la ordenación marítima en el desarrollo de la acuicultura en el caso del archipiélago de Madeira

Carlos A.P. Andrade^{1,2} y Natasha C. Nogueira^{1,2}

¹ OOM - Observatório Oceânico da Madeira, Agência Regional para o Desenvolvimento da Investigação Tecnologia e Inovação, Ed. Madeira Tecnopolo, Piso 0, Cam. Penteada, 9020-105, Funchal, Portugal

² CIIMAR - Centro Interdisciplinar de Investigação Marinha e Ambiental, Universidade do Porto, Terminal de Cruzeiros do Porto de Leixões, Avenida General Norton de Matos, S/N, 4450-208, Matosinhos, Portugal

Formulando la pregunta

Una población mundial en rápido crecimiento -¿10 mil millones de personas en el 2050?- y una mejora significativa en los ingresos de los hogares, ejercen una enorme presión sobre la producción de alimentos. A pesar del aumento en el esfuerzo pesquero, las capturas han sido constantes en las últimas dos décadas, y es la acuicultura quien más ha contribuido en la obtención de proteína y de otros alimentos

esenciales provenientes de organismos acuáticos.¹

El cambio climático agotará muchos de los recursos de las aguas continentales utilizados en la agricultura y la producción animal, lo que conducirá a la desertificación de muchas áreas del mundo, por lo que la cultura alimentaria en el mar se posiciona como la forma más lógica de responder a varios de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas (Agenda 2030), es decir, en relación con el alivio del hambre (Objetivo 2) y la pobreza (Objetivo 1), de manera sostenible (Objetivo 12) y considerando la protección de los ecosistemas marinos (Objetivo 14).

El cambio climático también afecta a los océanos, con el aumento de la temperatura del agua y su acidificación. Estamos en una carrera para aumentar el número de áreas marinas protegidas con el fin de salvar zonas de particular importancia para la biodi-



Vista de la piscifactoría flotante de Baía de Abra, Machico (Isla de Madeira). Área de implementación del proyecto piloto (Autor: C. Andrade) (Figura 1).

versidad y los servicios de los ecosistemas, tratando de alcanzar el objetivo del 10% de las áreas protegidas costeras y marítimas mundiales para el año 2020, establecido como la Meta de Aichi 11 del Convenio de las Naciones Unidas sobre la Diversidad Biológica de 2010.

Resulta que, por razones de conveniencia logística, las áreas marinas protegidas y las empresas acuícolas se han implementado históricamente, en gran parte, en las zonas costeras o cerca de ellas. En cuanto al mar abierto, que representa aproximadamente la mitad del área de los océanos, presenta muy pocas áreas protegidas y ningún sistema de producción acuícola.

Pero, ¿es compatible el interés en mantener océanos sostenibles y la promoción de la conservación con el desarrollo y el aumento de la producción acuí-

cola? Intentamos responder a esta pregunta utilizando un principio universal, "pensar globalmente y actuar localmente" y destacando el papel de la planificación marítima, a través de un caso de estudio de planificación en acuicultura en la Región Autónoma de Madeira, una pequeña isla, ultraperiférica y con alta densidad poblacional, en un intento de compatibilizar la acuicultura con las áreas marinas protegidas y otras actividades socioeconómicas.

La acuicultura marina en Madeira: de la necesidad a los primeros planes de desarrollo

La Región Autónoma de Madeira es un archipiélago del Atlántico Nororiental, bajo soberanía portuguesa, que incluye algunos ecosistemas "hotspots" o "puntos calientes" de conservación marina, como las islas Salvajes, además de especies con un estatus de conservación especial, en concreto, una colonia de focas monje del Mediterráneo (*Monachus monachus*) en las islas Desertas.

A principios de la década de 1990, en respuesta a una dependencia creciente de las importaciones de productos del mar y para diversificar la economía regional, se realizó el primer estudio integrado del potencial de la acuicultura de acuerdo con las características ambientales, físicas, sociales y económicas de la Región y las especies y sistemas de cultivo utilizados en todo el mundo. La baja productividad primaria del océano y el espacio terrestre limitado determinaron la prioridad de los sistemas de cultivo de peces en mar abierto.²

Esto fue seguido por un seminario con expertos de diferentes áreas de investigación, servicios y planificación en acuicultura, donde se incluyeron empresas privadas mediterráneas con amplia experiencia en el sector. Este evento resultó en un plan de desarrollo estratégico para el sector en Madeira, que definió, además de esta fase de estudios preliminares, una fase de estudios de mercado para las especies de cultivo en Madeira, un proyecto piloto para evaluar la viabilidad técnica y económica de la piscicultura en mar abierto en Madeira (Fig. 1) y finalmente, con indicadores positivos de las fases anteriores, llevar a cabo el establecimiento de un centro de apoyo técnico y científico para el desarrollo del sector. Este plan se ha aplicado desde entonces, siempre con el apoyo de varios programas financieros de la UE.

En 2004, la licitación pública para la explotación privada de la piscicultura piloto motiva el interés de varias empresas privadas. Poco después, una nueva instalación acuícola para peces en mar abierto, tras un largo período para seleccionar el lugar apropiado,

obtiene una licencia para operar en un área marítima en el largo de Campanário, municipio de Ribeira Brava, costa sur de Madeira (Fig. 2).

Sin embargo, a partir de 2016 ha habido un interés generalizado por parte de las empresas que buscan nuevas áreas para el establecimientos de cultivos, enmarcado únicamente en la costa sur de la isla, lo que presiona a las autoridades regionales para que implementen una planificación para la acuicultura en mar abierto.

Plan de ordenación sectorial e integración en el plan de situación de la ordenación espacial marítima

Una primera propuesta del *Plan de Ordenación de la Acuicultura Marina en Madeira* (POAMAR), completamente dedicada a instalaciones en mar abierto en la isla de Madeira y un área única para la isla de Porto Santo, aparece en 2016 por iniciativa del primer autor de este artículo. Publicado en la Resolución del Gobierno Regional, de diciembre de 2016, tiene como principios rectores la definición y gestión de *Zonas de Interés para la Acuicultura* (ZIAs) utilizando una perspectiva precautoria, estableciendo reglas y límites de producción compatibles con los ecosistemas marinos y los recursos naturales, de manera integrada con otros usuarios de espacios costeros (terrestres o marítimos).

El POAMAR, con respecto a la selección de áreas apropiadas para el desarrollo sostenible de la piscicultura en mar abierto, sigue la publicación previa³ y excluye toda la costa norte de las islas por razones de tipo físico y ambientales. En la costa sur, excluyendo zonas de servidumbre aeroportuaria y puertos, áreas para la extracción de áridos y, por supuesto, áreas marinas protegidas o áreas designadas para futuras áreas de protección (p. ej. El Ecoparque de Funchal), se identifican 5 ZIAs que, subdivididas, resultan en 14 áreas para la instalación de establecimientos acuícolas. Con respecto a la ocupación y gestión de las ZIAs, el POAMAR, en ausencia de datos y experiencia previa, sigue los principios de precaución ambiental al imponer un límite de producción de 1200 toneladas anuales, por área, lo que refleja un estudio de modelado ambiental⁴, dejando al cumplimiento de la legislación (Dec. Lei nº 151B/2013), la obligación de llevar a cabo una Evaluación de Impacto Ambiental previa para la producción superior a 1000 toneladas anuales. También busca alcanzar objetivos de mayor sostenibilidad ambiental al no imponer límites a la producción de especies secundarias en un régimen de producción multitrofica integrada.

El POAMAR, al igual que otros planes e intenciones para el uso de diferentes áreas marítimas presentadas y discutidas por varias entidades públicas y de la sociedad civil, se integró en el *Plan de Situación de Ordenamiento del Espacio Marítimo*, aprobado el 30 de diciembre de 2019 (Lei n.º 17/2014, de 10 de abril Diário da República n.º 71/2014; Resolução do Conselho de Ministros n.º 203-A/2019). Durante la discusión, para armonizar las diferentes propuestas, hubo dos áreas que requirieron mediación y acuerdo considerando la superposición entre áreas marinas protegidas y los intereses de la piscicultura: los casos de Baía de Abra y Campanário. En el caso de Baía de Abra, un lugar con un historial de instalación del primer proyecto piloto, la consideración con posterioridad de un área de la Red Natura 2000 reservada para la alimentación de aves marinas, además de una reserva marina terrestre, motivó el desplazamiento de la ZIA para un lugar más alejado de la costa. En principio, la mayor profundidad disponible en la nueva área y las corrientes más fuertes, dentro de los límites aceptables para los sistemas de cultivo flotante, son más favorables para la acuicultura y fueron aceptadas por la compañía operadora. En cuanto a Campanário, la necesidad de definir mejor los límites de la zona de reserva marítima recreativa de Cabo Girão, junto a la ZIA, llevó a la transferencia de parte de este último para integrar la reserva.

A pesar de estos acuerdos, en la discusión de las comisiones técnicas del *Plano de Situación*, no se consideró ningún área con múltiples usuarios del espacio marítimo. Opción lógica, particularmente en situaciones de limitación de espacio y en las que pueden surgir sinergias de áreas marinas protegidas con ciertos sistemas de cultivo, en beneficio de los objetivos de conservación y el aumento de la biodiversidad y el incremento de la economía sostenible.⁵

Desarrollos futuros

El futuro de la acuicultura (en Madeira) depende de la promoción de una industria eficiente en recursos y dotada de altos niveles de protección del medio ambiente, la salud y bienestar de los animales, sin olvidar la seguridad y salud públicas; aumentando la competitividad y la viabilidad de las empresas acuícolas y su capacidad para crear empleos. En el marco de la ordenación del espacio marítimo, el aumento de la competitividad se basa en el conocimiento y la innovación, lo que proporcionará sostenibilidad económica, social y ambiental para la industria, al tiempo que contribuye al buen estado ambiental de las aguas marinas, dentro del alcance de la Directiva Marco sobre la Estrategia Marina 2008/56/CE.

Piscifactoría flotante en Campanário, Ribeira Brava (Isla de Madeira) (Autor: C. Andrade). (Figura 2).

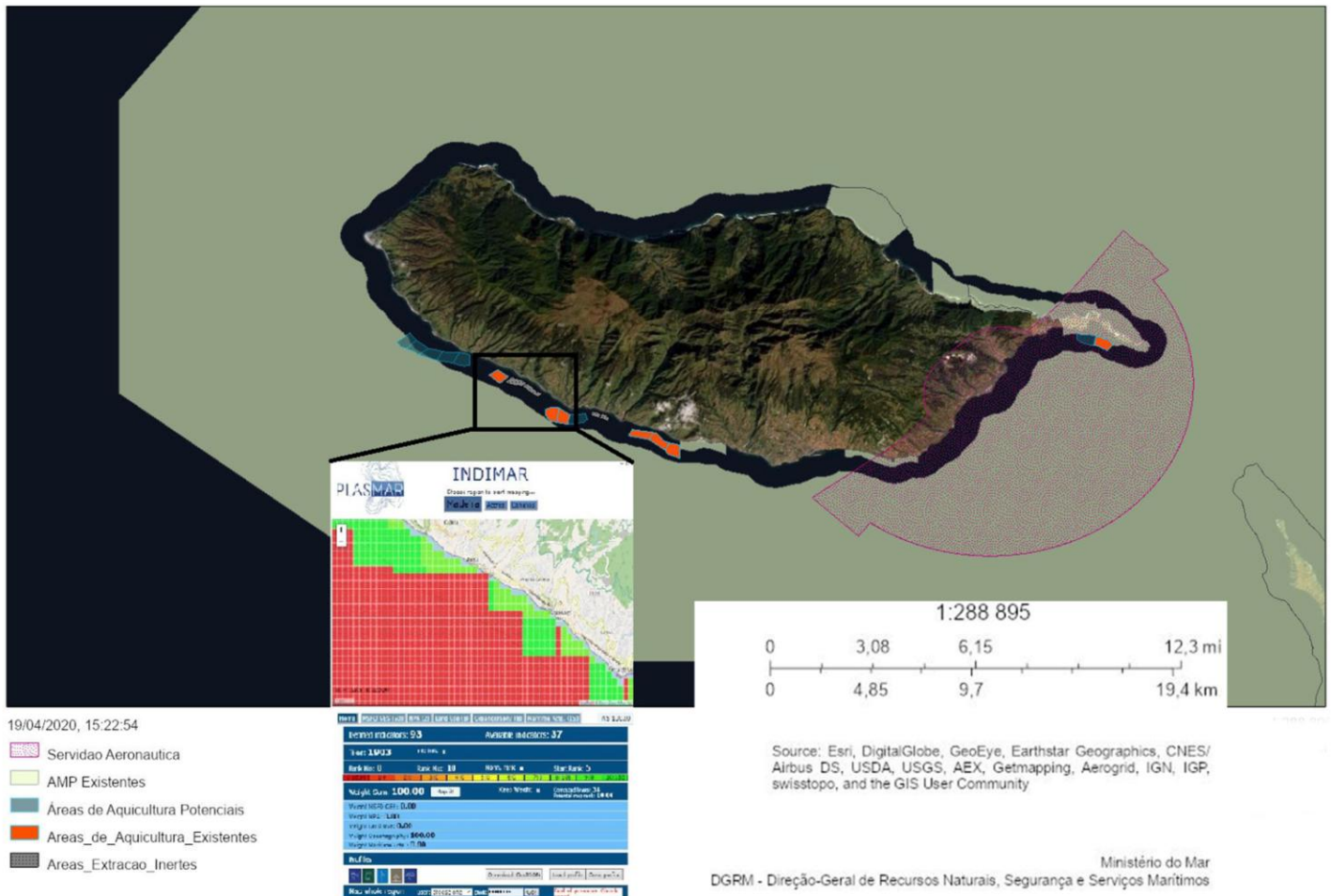


En Madeira, como en el resto de Europa, la estrategia se define en dos líneas de acción: a) Simplificación de los procedimientos con el fin de reducir los plazos y los trámites administrativos necesarios para obtener licencias, agilizando el proceso para los posibles inversores; b) Mejora de las condiciones de acceso al espacio y al agua mediante la aplicación del ordenamiento espacial marino, con recursos hídricos que resaltan un mayor potencial para la acuicultura, asegurando la preservación del medio ambiente y la compatibilidad con otros usos.

En el contexto de la ordenación del espacio marino, es aceptada la necesidad de desarrollar herramientas de gestión para el medio marino, dado que su ausencia puede causar daños irreparables a los entornos costeros y la vida acuática. Dentro de este marco, el proyecto PLASMAR está destinado a impulsar los sectores marino y marítimo de la Macaronesia, mediante la recopilación de información y datos científicos, así como el desarrollo de métodos de monitoreo adecuados para la vigilancia del medio marino en el contexto de la Directiva Marco, que también son fundamentales en el proceso del ordenamiento espacial del mar. Para lograr la profundización del conocimiento científico y tecnológico necesario, se requiere una estrecha conexión y participación de los operadores económicos y otras partes interesadas en el sector, a fin de facilitar la transferencia de conocimiento. También es importante ampliar y profundizar el conocimiento del medio marino, aprove-

chando, entre otras, las oportunidades que surgen de la implementación de la ordenación espacial y la Directiva Marco sobre la Estrategia Marina, hecho este que remarca aún más la importancia de participar en el proyecto PLASMAR.

En el transcurso del proyecto se desarrollaron e implementaron metodologías científicas que apoyan y fomentan las sinergias entre diferentes actividades marítimas, incluida la acuicultura, con el objetivo de encontrar un equilibrio entre los diferentes sectores marítimos y la conservación del patrimonio natural marino. La creación de una aplicación (INDIMAR®) que ayuda en el análisis y la toma de decisiones del proceso de ordenación del espacio marino, permitirá la definición de criterios de ponderación para las diferentes actividades económicas, lo que puede contribuir a mejorar la transparencia en la toma de decisiones, centrándose no solo en los valores ecológicos y económicos, sino también en el valor social y cultural asociado con las comunidades costeras en Madeira (Fig. 3). El uso de este tipo de herramientas de gestión permite enfatizar la compatibilidad de la acuicultura con el medio ambiente, la conservación de la naturaleza y otros valores del uso del medio marino, estableciendo las bases sostenibles para la correcta elección de lugares para la instalación de sistemas de cultivo, a través del entendimiento de la relación entre los requisitos fisiológicos del organismo acuático y las condiciones ambientales.



Plano de situación del plan de planificación espacial marítima de la Isla de Madeira, con zonas de intereses para acuicultura (ZIA: áreas potenciales de acuicultura + áreas de acuicultura existentes) y de áreas marinas protegidas (AMP). Se insertó un gráfico del sistema INDIMAR®, del proyecto PLASMAR, de una zona costera entre las ciudades de Calheta y Ponta do Sol, con indicación de los datos apropiados para la acuicultura en relación con 2 parámetros: batimetría y temperatura. (Figura 3).

En resumen, la participación en el proyecto PLASMAR permitirá a la ordenación espacial marina de la zona económica exclusiva (ZEE) de Madeira disponer de criterios ponderados, disminuyendo la apreciación casuística, y generalmente subjetiva, de las solicitudes de licencia para diferentes usos marinos, a la luz de las metodologías y herramientas que permiten la implementación práctica de un enfoque ecosistémico no solo para la acuicultura, sino para todo el proceso relacionado con la ordenación de dicho espacio. La asignación del espacio a diferentes usos no necesariamente conduce a la expansión del área de acción en cada caso, sino que mejora las interacciones positivas con otros usos a través de la coexistencia. Considera el amortiguamiento necesario entre las explotaciones acuícolas y los diferentes usos marinos, pero por otro lado destaca el potencial para la coexistencia de estas mismas instalaciones, incluyendo algunas de las clasificaciones de las áreas marinas protegidas.

Observaciones finales

Teniendo en cuenta lo anterior, la utilización sostenible del mar y el mantenimiento del buen estado ambiental debe ser siempre el objetivo, ya que es esencial que puedan continuar realizándose actividades en este entorno.⁶ Para que la ordenación espacial marina sea efectiva, es esencial tener en cuenta que mantener un buen estado ambiental es un requisito previo para el desarrollo de actividades marítimas, no solo para responder a los conflictos generados por las actividades, sino también para garantizar que el medio marino mantenga su capacidad de soportar estas mismas actividades.

El desarrollo de herramientas de gestión y metodologías científicas, como las desarrolladas en el proyecto PLASMAR, que contribuyen a la validación de la coexistencia de las diferentes actividades y usos del mar, son esenciales para garantizar que la ordenación espacial cumpla con el enfoque ecosistémico propuesto, validando otras directivas

medioambientales, como la propia Directiva Marco sobre la Estrategia Marina. Si la ordenación espacial marina tiene la intención de ir más allá del cartografiado de las actividades económicas actuales y garantizar la protección, no solo del medio marino sino también de sus recursos, salvaguardando los impactos ambientales negativos de las diferentes actividades, es esencial considerar e integrar las diferentes clasificaciones de áreas marinas protegidas en línea con diferentes actividades económicas. Si, por un lado, la aplicación de tasas por el uso del espacio marítimo tiene como objetivo compensar el costo inherente a las actividades que pueden tener un impacto en el espacio marítimo, las áreas marinas protegidas representan un valor económico del mar que es difícil de calcular al proporcionar los servicios que prestan, como producción de alimentos, regulación climática y recreación.⁷ La ordenación espacial marina deberá contribuir con la homogeneización a nivel de objetivos, motivo de creación de las diversas áreas marinas protegidas existentes en Madeira, admitiendo subgrupos de áreas protegidas con objetivos dentro de la misma categoría (conservación, gestión, social) o incluso plantear la hipótesis de nuevos modelos de áreas protegidas en el mar.

El futuro de la acuicultura en Madeira, y de todas las actividades contempladas en el espacio marino, depende inevitablemente de la planificación estratégica de la ordenación de dicho espacio. La apuesta por campañas y estudios, como los llevados a cabo en el proyecto PLASMAR, que permiten cerrar las brechas de conocimiento actuales y agilizan la convivencia de diferentes usos y actividades, en una región donde el mar tiene una alta expresión social, económica y cultural, será esencial para que la ordenación espacial marina pueda evolucionar y responder a las necesidades de conservación y desarrollo económico. Considerando el compromiso del XXI Gobierno Constitucional de Portugal de "... duplicar las áreas marinas protegidas del 7% al 14% para 2020⁸, y al 30% para 2030⁹, y teniendo en cuenta que el 2% del mar territorial de Madeira está bajo régimen de protección,¹⁰ consideramos interesante la hipótesis de que toda la zona insular sea admitida como una única área marina protegida, asumiendo en primer término los principios de conservación, que serían compatibles con el desarrollo socioeconómico y, por lo tanto, a través de la gestión del área, permitir minimizar los impactos y aumentar las sinergias entre los intereses de conservación y las diversas actividades socioeconómicas, incluida la acuicultura. Desde el punto de vista de

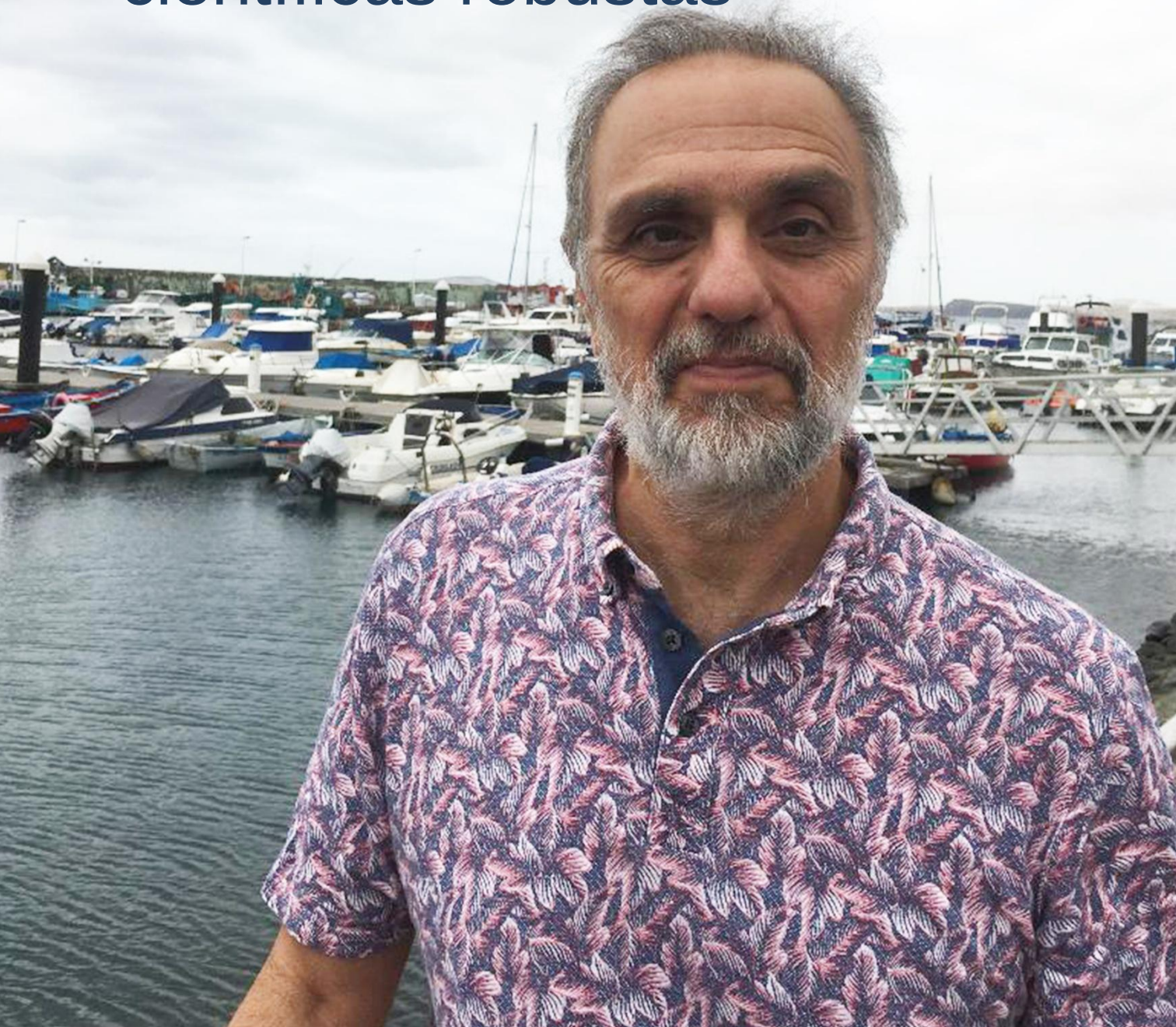
las áreas marinas protegidas, esto permitiría un mejor reconocimiento e identificación pública, una mejor conectividad entre las áreas de reserva y menores costos de gestión, y contribuiría a una causa noble, un futuro mejor y sostenible para las generaciones venideras.

Bibliografía

- (1) FAO, The State of World Fisheries and Aquaculture (SOFIA)- Meeting the Sustainable Development Goals, Food and Agriculture Organization, Rome, Italy, 2018 (p. xiii + 210)
- (2) Andrade, C. A. P. 1996. A fishfarm pilot-project in Madeira Archipelago, Northeastern Atlantic - I. The offshore option. *In* Open-Ocean Aquaculture, Proceedings of an International Conference, May 8-10, 1996, Portland, Maine. Marie Polk (Ed). New Hampshire/Maine Sea Grant College Program Rpt.# UNHMP-CP-SG-96-9, pp. 371-376.
- (3) Torres, C. & Andrade, C. 2010. *J. Integr. Coast. Zone Manag.*, 10(3):321-330.
- (4) Telfer, T. 1999. Environmental Monitoring of Fish Cage Effluent in Madeira. Interim Report. Environmental Group, Institute of Aquaculture, University of Stirling. 12 pp.
- (5) Le Gouvello, R., Hochart, L.-E., Laffoley, D., Simard, F., Andrade, C., Angel, D., Callier, M., De Monbrison, D., Fezzardi, D., Haroun, R., Harris, A., Hughes, A., Massa, F., Roque, E., Soto, D., Stead, S., Marino, G. 2017. *Aquat. Conserv.: Mar. Freshwater Ecosyst.*, 27(S1):138-150.
- (6) Vicente, S. 2019. Estabelecimento da RNAMP – Rede Nacional de Áreas Marinhas Protegidas, no contexto do Ordenamento do Espaço Marítimo Nacional. Faculdade de Ciências de Lisboa. 63 pp.
- (7) Costanza, R., d'Arge, R., de Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O'Neill, R. V., Paruelo, J., Raskin, R. G., Sutton, P., van den Belt, M. 2014. *Global Environ. Chang.*, 26, 152-158
- (8) UN, The United Nations Ocean Conference, 2017. 5-9th June, New York. oceanconference.un.org
- (9) Lusa/Petinga, T. (2018, 22 de junho). Ministra do Mar quer duplicar áreas marinhas protegidas até 2030. Público. (visitado día 10.04.2020) <https://www.publico.pt/2018/06/22/ecosfera/noticia/ministra-do-mar-quer-duplicar-areas-marinhasprotegidas-ate-2030-1835585>
- (10) WWF, Horta e Costa, B. 2018. MPA X-ray – Diagnóstico das Áreas Marinhas Protegidas Portuguesas (2ª edição). WWF Portugal. Portugal, 41 pp.

Ricardo Haroun Tabraue

“Los investigadores de
PLASMAR han definido y
propuesto metodologías
científicas robustas”



Por favor, háganos una breve descripción de lo que ha sido trayectoria personal y científica.

Soy doctor en Ciencias Biológicas desde 1988 y Catedrático de Conservación y Gestión de Plantas Marinas en la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (ULPGC) a partir del año 2016. A lo largo de mi carrera científica me he ido especializado en diferentes temas relacionados con la conservación y la gestión sostenible de los recursos marinos. Entre los proyectos científicos desarrollados en los últimos años, destacan entre otros: Biotas Marino, Canarias por una Costa Viva, PARQMAR, MARMAC, Status Ecológico de Macroalgas y Cambio Climático en Canarias, Prevent Escapes, EcoAqua, Programa POSEIDON, INDICIT y más recientemente PLASMAR y MarSP. En general, mi actividad profesional trata de fomentar el uso responsable de los recursos biológicos del litoral, con especial atención en la conservación de especies y hábitats marinos relevantes en Canarias como son los sebedales, las rasas intermareales, así como las áreas marinas protegidas y los efectos del cambio climático sobre las especies marinas.

¿En qué consiste el proyecto PLASMAR y qué partes desarrolla?

Los investigadores vinculados al proyecto PLASMAR, entre los años 2017 y 2020, han trabajado en la definición y propuestas de metodologías científicas robustas que contribuyan a la Ordenación del Espacio Marítimo (OEM) y al Crecimiento Azul, considerando las características biogeográficas de la Macaronesia Europea (los archipiélagos de Azores, Madeira y Canarias), aplicando un enfoque ecosistémico. Es decir, buscando el equilibrio entre el desarrollo de los sectores marítimos y la conservación ambiental marina. Tanto la OEM como el Crecimiento Azul están contempladas en la Política Marítima Integrada (PMI) y la política medioambiental marina, como es el caso de la Directiva Marco sobre Estrategia Marina (2008/56/CE).

Como objetivos específicos dentro del proyecto PLASMAR me gustaría señalar los siguientes: Primero, la selección de los parámetros ambientales para la determinación del buen estado de las aguas canarias / macaronésicas en aplicación de Directiva Europea de Estrategia Marina. Así mismo, hemos diseñado los protocolos adaptados a las condiciones ambientales de nuestros archipiélagos para los correspondientes programas de monitoreo ambiental marino.

“La herramienta INDIMAR es una aplicación web que integra el conocimiento y toda la información marina recopilada durante el proyecto PLASMAR, proporcionando información actualizada sobre cuáles podrían ser las áreas idóneas para el desarrollo de los sectores marinos”.

En segundo lugar, la recopilación de la información espacial marina y de los datos asociados para cualquiera de los tres archipiélagos, de tal forma que puedan ser utilizados en los procesos de ordenación marina y recogidos dentro de un catálogo estructurado y normalizado según Directiva Europea INSPIRE en acceso abierto y público en el Geoportal del IU-ECOQUA.

El tercer objetivo es la identificación de cuáles podrían ser las áreas apropiadas para el potencial desarrollo de actividades vinculadas al Crecimiento Azul en el marco de un enfoque ecosistémico. Y el cuarto y último es creación de un Sistema de Apoyo a la Toma de decisiones para la Ordenación Espacial Marina. La herramienta INDIMAR es una aplicación web que integra el conocimiento y toda la información marina recopilada durante el proyecto PLASMAR, proporcionando información actualizada sobre cuáles podrían ser las áreas idóneas para el desarrollo de los sectores marinos.

Soy el Coordinador del proyecto PLASMAR en la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (ULPGC), a través del Instituto Universitario en Acuicultura Sostenible y Ecosistemas Marinos (IU-ECOQUA). Otros miembros implicados en el proyecto en Canarias son la empresa pública Gestión del Medio Rural (GMR) y, en menor medida, la Dirección General de Pesca del Gobierno de Canarias.

En el caso de Madeira, la Agencia Regional para el Desarrollo de la investigación, Tecnología e Innovación (ARDITI) ha sido el socio principal, como agencia gubernamental maderense responsable de la investigación marina llevada a cabo, mientras que la Dirección Regional de Ordenación del Territorio y el Ambiente (DROTA) se ha encargado de forma más concreta los aspectos ligados a la gestión política. Y en el caso de Azores, el peso principal del proyecto PLASMAR lo ha llevado la Dirección Regional de Asuntos Marítimos (DRAM) con el apoyo sectorial de investigadores de la Universidad de Azores y, ocasionalmente, de consultores externos.

La idea general del proyecto surgió dentro del IU-ECOQUA de la ULPGC, más concretamente desde los investigadores vinculados al Grupo de Investigación BIOCON, al comprobar como la salud de medio marino en Canarias, y por extensión en la Macaronesia europea, no estaba siendo evaluada y monitorizada de acuerdo con los estándares europeos, ni tampoco se estaban dando las respuestas adecuadas a los requisitos de la Directiva Europea sobre Estrategias Marinas.

Por parte de la ULPGC, los 4 grupos de investigación (BIOCON, EOMAR, TOTMA y GIA) adscritos al IU-ECOQUA participan de forma activa en todas o en algunas de las acciones del proyecto PLASMAR, dada su experiencia profesional acreditada en las temáticas abordadas y el bagaje científico que han podido aportar para la realización de las acciones programadas.

Sería interesante que explicase un poco como ha sido desde su punto de vista personal la formación del consorcio, las dificultades y limitaciones económicas y técnicas y los retos que han afrontado en este proyecto.

Los proyectos Interreg Macaronesia (actualmente conocidos como Programa POMAC) son una herramienta muy efectiva y poderosa para favorecer y alinear estrategias de investigación y políticas de gestión adecuadas en cada uno de nuestros archipiélagos, potenciando el tejido empresarial local y la creación de empleos sostenibles basados en el rico patrimonio natural que poseemos. Desde mi enfoque personal, la creación del consorcio para PLASMAR ha sido un proceso lógico y coherente, que ha estado apoyado en una trayectoria de proyectos anteriores con algunos de los socios actuales (investigadores maderenses y azorianos) con los que compartimos objetivos científicos similares y, al mismo tiempo, un reto interesante al incorporar nuevos socios más ligados a la esfera política de gestión ambiental marina.

“En las sucesivas reuniones del proyecto, tanto el personal de las administraciones como el de los centros de investigación cada uno con distintos niveles de competencia en la gestión del medio marino, hemos encontrado un lenguaje común respecto a cuáles son los mecanismos de monitorización necesarios en el medio marino macaronésico”.

Las limitaciones económicas, al reducirse el presupuesto respecto a la solicitud inicial, se han visto reflejadas en el menor número de intercambios de expertos entre los archipiélagos para la puesta en común de metodologías de muestreo, para la toma de datos ambientales o para el análisis de los resultados obtenidos en las campañas de muestreo programadas. Esta dificultad añadida la hemos tratado de compensar con el desarrollo de canales virtuales (reuniones online, repositorio de datos abierto, etc.) para reforzar el intercambio de información técnico-científica entre los miembros del consorcio.

¿Qué aporta cada archipiélago como un escenario diferente y como los resultados tendrán aplicabilidad al entorno geográfico en el que se han trabajado?

Azores, Madeira y Canarias comparten muchas características comunes desde el punto de vista medioambiental, geológico y oceanográfico. De igual forma, comparten muchas situaciones sociales similares ligadas a la lejanía e insularidad, lo que juega un papel relevante en la organización de sus respectivas sociedades civiles. Al mismo tiempo, en cada archipiélago durante las últimas décadas se han desarrollado más algunos sectores de la economía azul que otros. PLASMAR ha podido hacer un análisis comparativo de esos sectores económicos con una perspectiva histórica, tanto desde el punto de vista social como ambiental.

¿Cuáles serían los logros del proyecto?

El trabajo conjunto realizado por los expertos del proyecto PLASMAR ha dado lugar a diferentes resultados relevantes, dentro de ellos, creo que merece la pena que destaque los siguientes: Primero, la selección de los parámetros esenciales y de las métodos



logías de monitorización más adecuadas para determinar la calidad ambiental de las aguas canarias de acuerdo con la Directiva Europea de Estrategias Marinas. También la identificación de los principales sectores y actores principales vinculados al Crecimiento Azul en las distintas islas.

Y por último, la definición de un Sistema de Apoyo a la Toma de Decisiones para la zonificación del espacio marino adaptado a las características de cada uno de los archipiélagos macaronésicos.

¿Si tuviesen que destacar un momento en el desarrollo del proyecto, algo que le haya producido una satisfacción especial, cuál sería?

Ver como en las sucesivas reuniones del proyecto, tanto el personal de las administraciones como el de los centros de investigación, cada uno con distintos niveles de competencia en la gestión del medio marino, hemos encontrado un lenguaje común respecto a cuáles son los mecanismos de monitorización necesarios en el medio marino macaronésico.

En este sentido, a lo largo de los tres años de desarrollo del proyecto PLASMAR he podido comprobar una mayor sensibilidad por parte de los gestores públicos regionales, para desarrollar esos mecanismos de monitorización más adecuados o cuales serían los cambios en la estructura organizativa gubernamental tendentes a favorecer una mejor gestión de las aguas canarias y de sus riquezas naturales.

¿En su entorno geográfico qué cosas creen que han quedado pendientes y deberían ser abordadas en una prolongación del proyecto?

Con PLASMAR hemos iniciado un diálogo muy intenso y fructífero entre las administraciones regionales y los centros de investigación ubicados en cada archipiélago macaronésico. En el nuevo proyecto, PLASMAR+, nos gustaría lograr varios objetivos científicos y, de forma paralela, desarrollar procesos más cooperativos con las autoridades regionales, de tal forma que desde IU-ECOQUA podamos darles el apoyo científico necesario que permita ser más eficientes en el desarrollo de las acciones de monitorización descritas en la Directiva Europea de Estrategia Marina o en la de Ordenación del Espacio Marino, en definitiva, en la conservación y uso responsable del mar canario.

Por otra parte, vamos a elaborar un Índice de Crecimiento Azul que englobe los aspectos sociales, económicos y ambientales específicos de cada uno de los archipiélagos macaronésicos. Este índice será una herramienta ágil y eficaz para favorecer un crecimiento económico sostenible acorde con las necesidades sociales, los correspondientes beneficios económicos y la conservación del patrimonio natural marino.

Y de forma paralela, creo que muy importante reforzar los canales de transferencia de los logros en PLASMAR+, tanto a la sociedad civil como a los principales actores privados y a las administraciones concernidas en las políticas de Crecimiento Azul, de tal forma que las actividades económicas en el medio marino canario queden enmarcadas en un enfoque ecosistémico, minimizando los potenciales efectos ambientales negativos.

Carlos Alberto Pestana Andrade

“El proyecto está llegando a su fin y se han alcanzado las metas establecidas”



“El trabajo con expertos nacionales y extranjeros siempre ha sido muy activo, incluso con colegas de Canarias que ahora forman parte del equipo científico del proyecto PLASMAR”

Háblenos de su trayectoria personal y científica

Mi interés por los temas de la naturaleza y el medio marino comenzó a una edad temprana, cuando en televisión se mostraban los documentales de Jacques Costeau, David Attenborough y, en particular, de Félix Rodríguez de La Fuente. Me fascinaban las imágenes, las criaturas protagonistas de la serie, las áreas geográficas donde tenían lugar. Ahí encontré un extraordinario trabajo de detective, desde la colección de datos, las observaciones, hasta la formulación de hipótesis y los métodos para probarlas. Ese interés me llevó a hacer una Licenciatura en Biología Marina, en la Universidad de Lisboa, en 1986. En el último año de la misma me interesó particularmente el tema de la acuicultura, después de visitar varios centros de investigación y producción, y continué con una tesis de licenciatura en producción de microalgas utilizando los efluentes de granjas de cría de cerdos como nutrientes.

Comencé a trabajar como biólogo en el departamento forestal de la isla de Madeira y tenía como una de las tareas el manejo de una pequeña planta de cría de truchas para la repoblación de arroyos. Fue una experiencia de 2 años que aumentó aún más mi interés por la acuicultura y la búsqueda de una mayor especialización. Me inscribí en un programa de máster en ciencias en gestión de recursos hídricos en King's College, en Universidad de Londres. Fue una excelente experiencia de formación personal y profesional. Con estancias en diferentes partes de Gran Bretaña, aprendí una nueva forma de hacer ciencia, una más dedicada a la cuantificación, a la presentación de resultados medibles, muy típicos de las escuelas anglosajonas.

De vuelta a Madeira, en 1989, me dediqué a hacer un trabajo de planificación básica para desarrollar la acuicultura. Después de algunos años de consolidar este trabajo y varios estudios realizados, las infraestructuras comenzaron a surgir para lograr ese objetivo: en 1996, un proyecto piloto para evaluar la viabilidad técnica y comercial de instalaciones de acuicultura en alta mar y más tarde, en 2000, un centro de investigación y apoyo al sector privado. En el medio, tuve un mini-master en gestión financiera.

El trabajo con expertos nacionales y extranjeros siempre ha sido muy activo, incluso con colegas de Canarias que ahora forman parte del equipo científico del proyecto PLASMAR. Con la participación en estos proyectos de estructuración para Madeira, en 2012 completé mi doctorado en biología marina y acuicultura en la Universidad de Lisboa. La formación y la amplia experiencia que he ido adquiriendo en diversas áreas de investigación y desarrollo en acuicultura, en proyectos piloto y de demostración, ha favorecido el intercambio científico y mi participación en proyectos multinacionales dentro de la UE.

¿Cuál es el papel de su institución en el desarrollo del proyecto PLASMAR?

El proyecto PLASMAR, cofinanciado en un 85% por el Programa Interreg MAC 2014-2020 (FEDER), sienta las bases para una planificación sostenible del espacio marítimo. La información sobre el uso que actualmente hacemos del espacio marítimo actual y del estado del medio marino, como principios integradores de las directivas de la UE sobre planificación marítima, son la base para proceder a una planificación marítima de los archipiélagos macaronésicos orientada a alcanzar un buen estado medioambiental, donde se establezcan las áreas más adecuadas para los diferentes actividades socioeconómicas y de conservación de la naturaleza desde el punto de vista del ecosistema, y que brinde información que permita la evaluación de los impactos ambientales y el seguimiento continuo de estas áreas.

Para el desarrollo de este proyecto, la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (ULPGC) invitó a dos entidades de Madeira a unirse al proyecto: por una parte ARDITI (Agencia Regional de Desarrollo, Investigación, Tecnología e Innovación), a la que pertenezco y que participa en todas las tareas en las que se ha estructurado el proyecto, y DROTA (Dirección Regional de Planificación y Medio Ambiente), implicada fundamentalmente en tareas de planificación. Supongo que los colegas de ULPGC que lanzaron la idea y la estructura del proyecto lo hicieron después de que participamos en un seminario en el Instituto EcoAqua, en Las Palmas de Gran Canaria, en 2015, sobre

planificación y desarrollo en acuicultura, y que creemos que fue un embrión para desarrollar la idea de un proyecto más amplio e integrado. La planificación marítima es una herramienta fundamental para el desarrollo de la economía azul de los estados europeos y para su afirmación socioeconómica, en un contexto de expansión hacia sus zonas marinas.

¿Cómo se articula un proyecto con PLASMAR en el contexto de las limitaciones impuestas por el Programa INTERREG MAC?

El proyecto PLASMAR es muy complejo e involucra equipos muy diversos de áreas de ciencias e ingeniería marina, por lo que se hizo un gran esfuerzo para construir y administrar el proyecto a fin de cumplir con un cronograma muy difícil para llevar a cabo tareas y producir resultados. La mayor limitación de nuestra parte, ARDITI, fue tener que lidiar con un presupuesto propio que tenía un recorte inicial significativo y que hacía imposible llevar a cabo tareas de gran interés, como en el caso de algún trabajo de campo. Tuvimos que adaptarnos a estas limitaciones financieras e intentar, más tarde (todavía lo hacemos), compartir esas tareas con otros proyectos. Esperamos que este proyecto mejore la calidad y disponibilidad de cierta información sobre Buena Calidad Ambiental en las áreas de la Región Autónoma de Madeira, en el contexto del Programa Marco de Estrategia.

¿Qué aporta la singularidad de cada archipiélago y como los resultados tendrán aplicabilidad al entorno geográfico en el que se ha trabajado?

Los archipiélagos de Madeira, Azores e Islas Canarias tienen algunas características específicas de cada territorio, desde la dispersión geográfica hasta la proximidad a los continentes, y en las escalas de las diferentes áreas de la Economía Azul (turismo, construcción naval, por ejemplo). Sin embargo, el contexto geográfico y natural, y una experiencia humana de proximidad al mar, les proporciona una singularidad en el espacio de la UE. El proyecto PLASMAR reúne a los archipiélagos macaronescos por la singularidad de estos desde un punto de vista geográfico, natural y económico en el contexto de la UE. En la búsqueda de metodologías de trabajo, y su aplicación en estos territorios, es esencial considerar su singularidad, así como la respuesta particular que se encuentra en las instituciones regionales, para reforzar sus competencias técnicas y científicas y trabajar juntos en proyectos como PLASMAR. La evaluación conjunta de la aplicación de metodologías para la planificación espacial marítima se beneficia de su uso geográfico más

amplio, en los diferentes archipiélagos, lo que al final permite evaluar mejor la solidez de los métodos.

¿Cuál sería el principal logro del proyecto?

El proyecto está llegando a su fin y se han alcanzado las metas establecidas, definidas sucintamente en las preguntas anteriores. Pero, lo fundamental es que los equipos de investigación locales han llevado a cabo el proyecto desarrollando las metodologías apropiadas para la Región Macaronesia, fortaleciendo y mostrando la capacidad de respuesta regional a estos desafíos científicos y técnicos, y preparando estas regiones para el futuro de manera oportuna.

¿Si tuviesen que destacar un momento en el desarrollo del proyecto, cuál sería?

Hubo dos momentos de particular interés y satisfacción personal: una conferencia internacional, la conferencia MaPSIS, en 2017, en Las Palmas de Gran Canaria, donde tuvimos la oportunidad de interactuar con expertos de toda Europa en diversas áreas de especialización en ciencias y planificación marítima, buscando respuestas conjuntas a varios temas; el otro hito del proyecto para mí fue el curso de verano, organizado por EcoAqua (ULPGC), que realizamos en Madeira, en 2017, dentro del marco del proyecto, en el que también tuvimos varios temas de planificación abordados por especialistas del consorcio del proyecto y otros invitados, y donde participaron estudiantes e investigadores de varios países europeos: la formación y capacitación permanente es esencial para nuestra adaptación, evolución y consolidación profesional.

¿Qué cree que han quedado pendiente?

La planificación espacial marítima es dinámica y refleja la interacción de las actividades humanas en un entorno muy especial, el medio marino, donde el conocimiento aún es limitado en muchas áreas científicas, y donde la aplicación de las Directivas Europeas sobre estrategia y buen estado ambiental es muy reciente y todavía se están dando los primeros pasos. En el futuro se necesitará un mayor esfuerzo para obtener datos de monitoreo para las diversas actividades relacionadas con la economía azul y las áreas de conservación de la naturaleza, a fin de evaluar si se están logrando los objetivos previstos y para determinar si los métodos aplicados han sido los más sensibles y eficientes. Creo que, al menos en parte, estos objetivos están presentes en el proyecto PLASMAR+, que ahora comienza para dar continuidad al proyecto PLASMAR, también financiado por el Programa INTERREG MAC 2014-2020 (FEDER).



Regional Directorate for the Sea (Madeira Government)

The Regional Directorate for the Sea (DRM) is an executive service of the Government of Madeira, which depends on the Regional Secretariat for the Sea and Fisheries (SRMar) and has authority on the marine issues, including the elaboration, proposal and coordination of Madeira regional policy for sea. DRM mission gives particular emphasis to the valorization and sustainability of the marine resources; aquaculture; artificial reefs; oceanic protected areas and the exploitation, preservation and research of the ocean. In coordination with the National Maritime Authority System we are also responsible for the management of regional, national and community maritime funds and licensing of the maritime activities, such as sand extraction and aquaculture. DRM is the service responsible to implement and monitor MSP and MSFD Directives in the Autonomous Region of Madeira.

Areas of competence

Ocean governance, Marine Spatial Planning, Valorization and Sustainability of Marine Resources, Aquaculture, Artificial reefs, Oceanic Protected Areas, Management of maritime funds, Licensing of maritime activities.

INTERREG MAC (2014-2020) Projects

Despite DRM recent establishment (2020) we are involved in several projects that contribute to a sustainable and articulated development between the cross-sectorial policies that affect the oceans, namely the PLASMAR and PLASMAR+ projects, that deal directly with both MSP and MSFD Directives; Mimar and Mimar+ project that deal with non-indigenous species; Implamac project that aims to create an observatory that generates quantitative and qualitative data on the impact of microplastics and different pollutants on the beaches; Macarofood and Mariscomac that deal with valuation of Macaronesian marine products and the development of technical and scientific conditions, training, transfer of technology and knowledge, to promote the sustainable exploitation and commercialization of seafood in Macaronesia, respectively.

<http://mimarprojecto.com> | <https://www.proyectomimarplus.com> | <http://www.plasmar.eu/>
<https://www.implamac.ull.es> | <https://macarofood.org/pt/> | <https://www.mariscomac.org/>

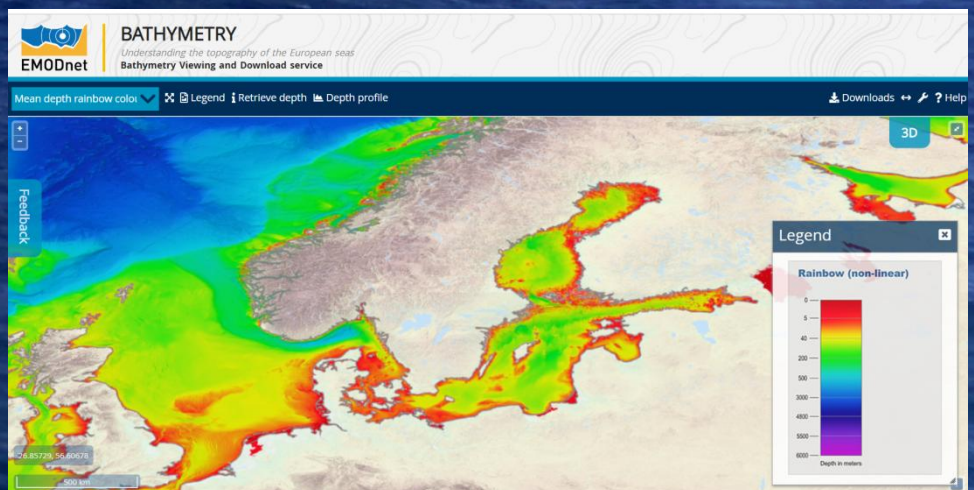
Web page: <https://www.madeira.gov.pt/srmar>



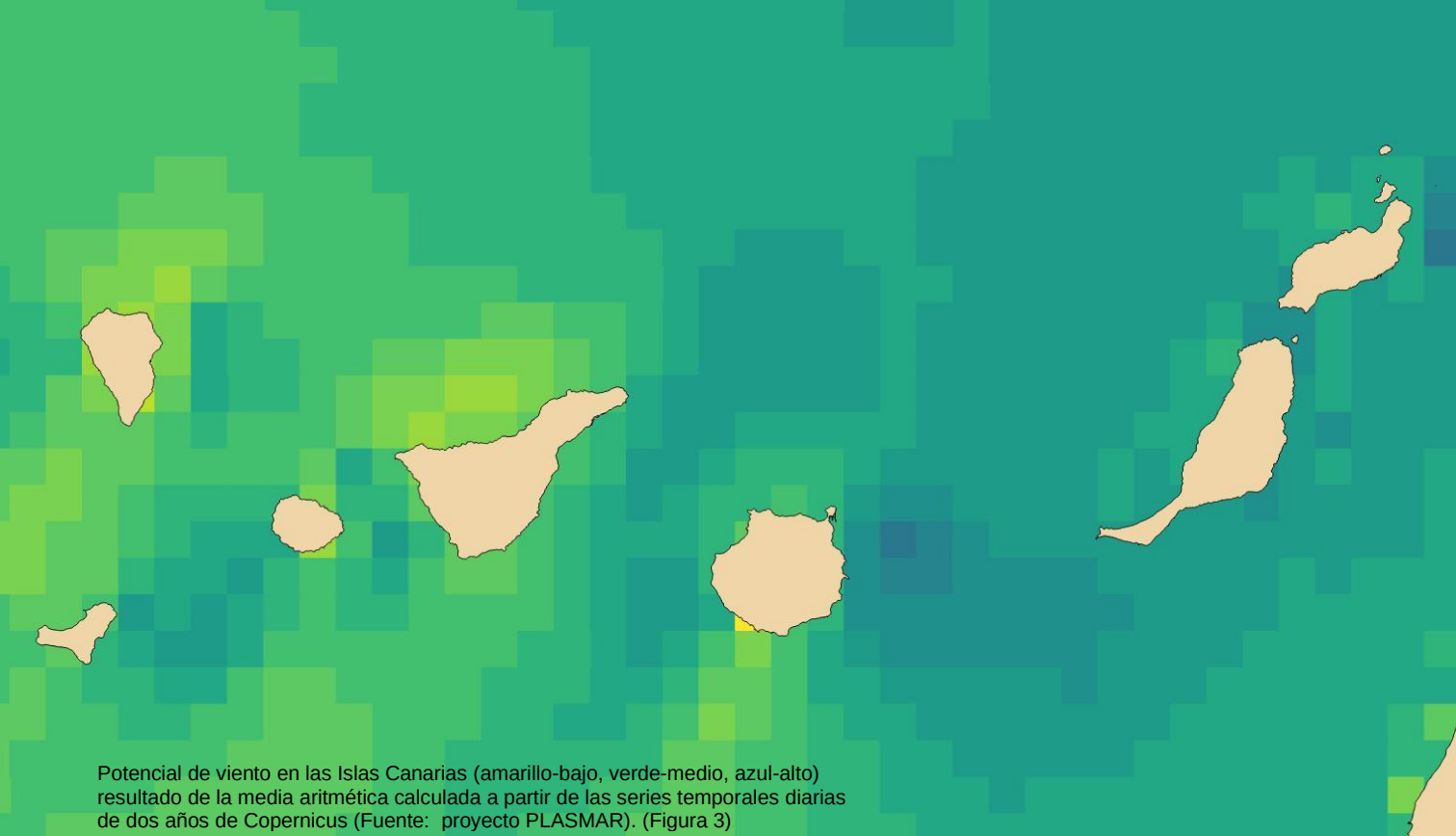
Energía eólica marina

Un nuevo sector marítimo y su encaje
en las propuestas de ordenación espacial
marina en las Islas Canarias





Medio marino poco profundo del norte de Europa (Fuente: EMODnet bathymetry geo-portal). (Figura 1)



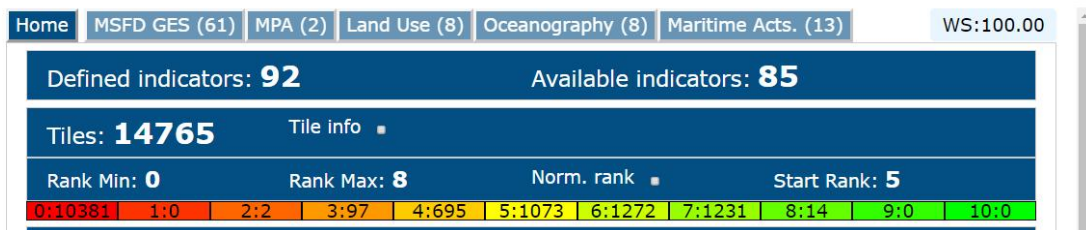
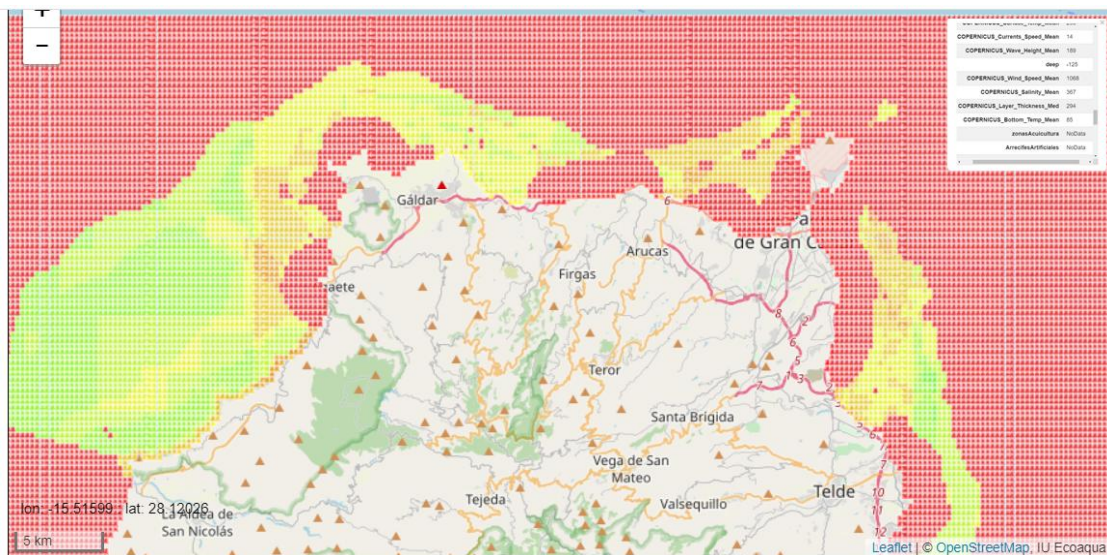
Potencial de viento en las Islas Canarias (amarillo-bajo, verde-medio, azul-alto) resultado de la media aritmética calculada a partir de las series temporales diarias de dos años de Copernicus (Fuente: proyecto PLASMAR). (Figura 3)

Andrej Abramic, Alejandro García, Yaiza Fernández-Palacios y Ricardo Haroun

Instituto Universitario de Acuicultura Sostenible y Ecosistemas Marinos (IU-ECOQUA), Univ. de Las Palmas de Gran Canaria, Parque Científico y Tecnológico Marino de la UPGC, Ctra. de Taliarte s/n, 35214 Telde, España.

El desarrollo de la energía eólica marina se inició a principios de los 2000 en el norte de Europa, principalmente en el Mar del Norte, lo que implicaba requerimientos espaciales nuevos para esas instalaciones de energía renovables. Este nuevo sector emergente, que contó con el apoyo firme de las políticas europeas para lograr alcanzar un 20% del consumo energético a partir de fuentes renovables en 2020, requirió la asignación de espacio marino para su expansión. Esta tecnología energética resultó ser muy adecuada en el caso del Mar del Norte debido a las características naturales, especialmente la poca profundidad, lo que permitió instalar parques eólicos a gran distancia de la costa (incluso a 50 millas de la costa). La localización de parques eólicos lejos de la costa se beneficia de vientos más intensos y estables. Los requisitos de espacio marino para los aerogeneradores supusieron conflictos potenciales con otros sectores de energía (como el petróleo y el gas), y también con sectores tradicionales como la pesca, el transporte marítimo, el turismo costero ...

La introducción de este nuevo sector energético en el norte de Europa, tanto en el Báltico como en el Mar del Norte, impulsó la ordenación espacial marítima como una herramienta fundamental para gestionar, evitar o mitigar conflictos potenciales con otros sectores previamente establecidos. En este momento, en Europa se cuenta con más de 20 GW de capacidad instalada acumulada principalmente en el Mar del Norte, con el 77%, seguido del Mar de Irlanda, con el 13%, y el Mar Báltico, con el 10%¹. Estos valores de capacidad instalada acumulada siguen los planes marítimos en las cuencas marinas del norte de Europa, que ya están adoptados, en proceso de adopción o muy avanzados. Casi el 100% de las instalaciones de energía eólica marina en el norte de Europa emplean tecnologías con estructuras fijas al fondo, que pueden alcanzar los 50 m de profundidad. La tecnología actual podría alcanzar profundidades aún mayores, aunque el modelo económico resulta insostenible con costos elevados de instalaciones y mantenimiento. Actualmente, el sector de la energía eólica marina incluye nuevas tecnologías e instalaciones de plataforma flotante, las cuales pueden alcanzar mayores profundidades mediante la instalación de puntos de amarres y no en cimientos más voluminosos e impactantes. Las plataformas flotantes reducen costos de instalación y mantenimiento, y permiten localizar parques de eólica

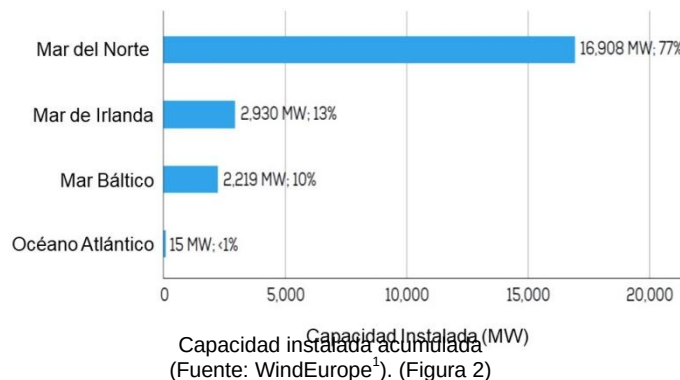


Análisis de idoneidad para la ubicación de las instalaciones de energía eólica en alta mar al norte de Gran Canaria, con el potencial económico, la sensibilidad del medio marino, la información del área marina protegida, las interacciones tierra-mar y los posibles conflictos con los sectores marítimos ya presentes. (Figura 4)

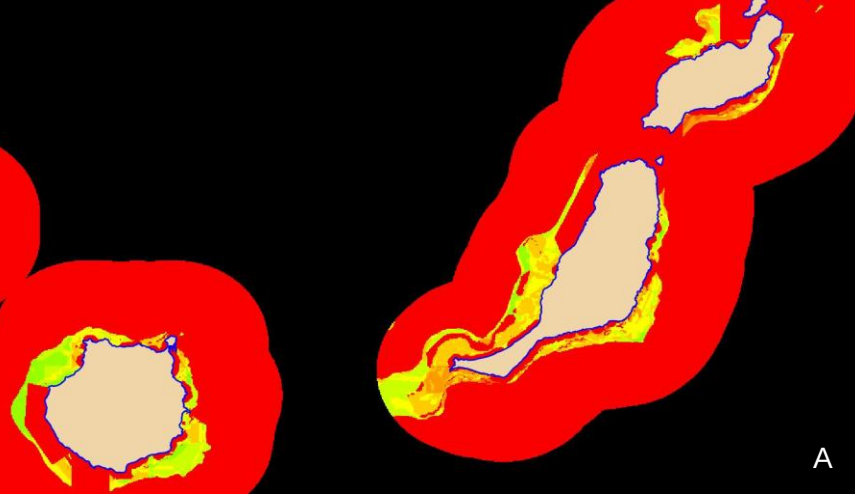
cos sobre profundidades mayores que los sistemas de cimentación por monopilotes o por *jackets*.

Hasta finales de 2019 se habían instalado 45 MW de aerogeneradores flotantes, en el marco de proyectos europeos de demostración. Está previsto que, en 2023, cerca de las costas de Portugal, Francia, Reino Unido y Noruega, se instalen nuevos parques eólicos flotantes que superen los 250 MW de capacidad operativa.¹ En este sentido, el desarrollo de las tecnologías flotantes abre la posibilidad de desarrollar parques eólicos marinos en las Islas Canarias, donde hasta ahora las instalaciones se encuentran principalmente en tierra. En este archipiélago el potencial del viento en alta mar es muy importante, ya que no hay barreras físicas y, debido al efecto Venturi, en los canales entre islas la fuerza del viento aumenta significativamente. En las Islas Canarias se inició la fase piloto de la tecnología eólica marina flotante, ensayando con éxito el prototipo a escala 1: 6 de Wind2Power, entre junio y octubre de 2019, en el área de estudio de PLOCAN.

El proyecto PLASMAR ha desarrollado una nueva metodología de zonificación para la Ordenación Espacial Marítima, identificando con éxito áreas con alto potencial para establecer parques de turbinas eólicas marinas flotantes. Para identificar las áreas adecuadas, se ha recopilado información siguiendo el marco de ordenación espacial que incluye datos del medio marino, oceanográficos, de áreas marinas



protegidas y de uso del territorio en el área costera, así como sobre las actividades marítimas ya existentes. Esta recopilación de datos incluyó datos suministrados por satélites sobre la velocidad del viento, las corrientes y altura de las olas (productos de observación obtenidos a partir del servicio Copernicus – Programa Europeo de Observación del Planeta - relativos al monitoreo del entorno marino), combinados con datos propios de batimetría de las Islas Canarias. Por otro lado, para el análisis de idoneidad, se recopilaban datos sobre hábitats bentónicos (procedentes de Datos Marinos y de los estudios Ecocartográficos de las Islas Canarias y de EMODnet – Red Europea de Observación) que se armonizaron aplicando el modelo de datos INSPIRE, datos sobre distribución



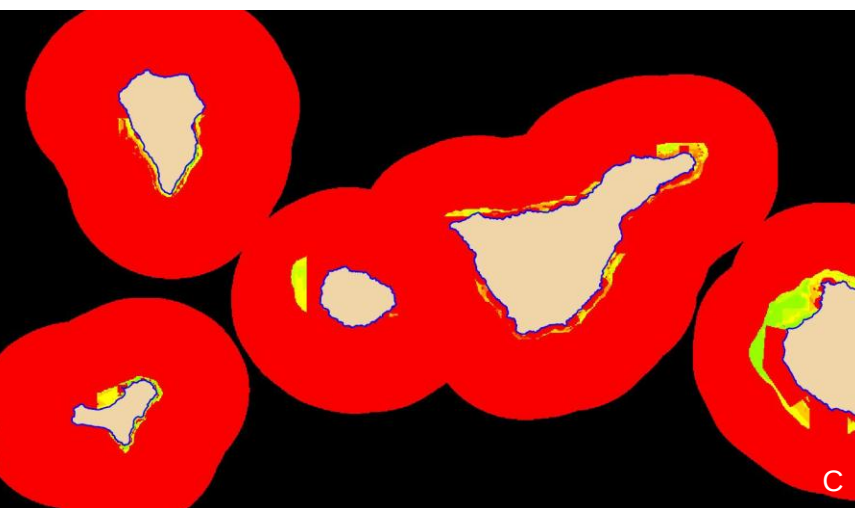
A

(A) Análisis completo para la localización de áreas eólica marina (Fuente: proyecto PLASMAR: aplicación de INDIMAR®, Las Palmas). (Figura 5)



B

(B) Localización de áreas de energía eólica marina identificadas en la provincia de Las Palmas (Fuente: proyecto PLASMAR aplicando INDIMAR®). (Figura 6)



C

(C) Análisis completo para la localización de áreas eólica marina en la provincia de Santa Cruz de Tenerife (Fuente: proyecto PLASMAR: aplicación de INDIMAR®). (Figura 7)



D

(D) Localización de áreas de energía eólica marina identificadas en la provincia de Santa Cruz de Tenerife (Fuente: proyecto PLASMAR aplicando INDIMAR®). (Figura 8)

de especies sensibles como aves y mamíferos marinos (Agencia Europea de Medio Ambiente), datos sobre grupos tróficos y distribución de poblaciones de peces (obtenidos del desarrollo del modelo ECOPATH y ECOSIM), evaluación sobre impacto de ruidos y presión de especies no autóctonas (MAPAMA), y de integridad del fondo marino (producto EMODnet del portal Hábitats), incluyendo información sobre el tipo de áreas marinas protegidas (Agencia Europea de Medio Ambiente). Las interacciones tierra-mar y las actividades humanas en la costa se analizaron utilizando el conjunto de datos CORINE (producto del servicio de monitoreo terrestre Copernicus), mientras que las actividades marítimas se obtuvieron a partir de iniciativas de datos locales (como GRAFCAN), nacionales (como IEO) e internacionales (como el portal de actividades humanas de EMODnet).

Bibliografía

- (1) Wind Europe. 2020. Offshore Wind in Europe, Key trends and statistics 2019.

Okeanos de fotos



Fotos:

- 01 Tiburón sedoso – *Carcharhinus falciformis* – Cuba (Jardines de la Reina).
- 02 Tiburón Azul – *Prionace glauca* – Océano Atlántico.
- 03 Cormorán – México (Baja California).
- 04 Manta oceanic – México (San Benedicto).
- 05 Tiburón Puntas Blancas – *Triaenodon obesus* – México (Roca Partida).
- 06 Tiburón Azul – *Prionace glauca* – Océano Atlántico.
- 07 Tiburón Solrayo – *Odontaspis ferox* – España (isla de El Hierro).
- 08 Cachalote – *Physeter macrocephalus* – Isla Mauricio.
- 09 Tortuga Carey – *Eretmochelys imbricata* – Mar Rojo (Egipto).
- 10 Tiburón Gris – *Carcharhinus amblyrhynchos* – Cuba (Jardines de la Reina).
- 11 León Marino de California – *Zalophus californianus* – México (isla Espíritu Santo).
- 12 Tiburón Tigre – *Galeocerdo cuvier* – Bahamas (Tiger Beach).
- 13 Tiburón Limón – *Carcharhinus acronotus* – Gran Bahama.
- 14 Tiburón Tigre – *Galeocerdo cuvier* – Gran Bahama.
- 15 Tiburón Tigre – *Galeocerdo cuvier* – Bahamas (Tiger Beach).
- 16 Tiburón Limón – *Carcharhinus acronotus* – Bahamas (Tiger Beach).
- 17 Tiburón Martillo Gigante – *Sphyrna mokarran* – Gran Bahama.
- 18 Tiburón Arrecife – *Carcharhinus perezii* – Cuba (Jardines de la Reina).
- 19 Tiburón Gris – *Carcharhinus amblyrhynchos* – Cuba (Jardines de la Reina).
- 20 Cocodrilo Americano – *Crocodylus acutus* – Cuba (Manglares).
- 21 Tiburón Ballena – *Rhincodon typus* – México (isla Mujeres).
- 22 Tiburón Azul – *Prionace glauca* – Azores (Santa María).
- 23 Tiburón Limón – *Carcharhinus acronotus* – Bahamas (Tiger Beach).
- 24 Tiburón Limón – *Carcharhinus acronotus* – Bahamas (Tiger Beach).
- 25 Tiburón Nodrizo – *Ginglymostoma cirratum* – República Dominicana.
- 26 Tiburón Limón – *Carcharhinus acronotus* – Bahamas (Tiger Beach – Nocturna)

Joaquín Gutiérrez Fernández

Aficionado a la fotografía submarina, mi pasión por el mar se la debo a mi padre quien desde muy pequeño me inculco el respeto y admiración hacia él.

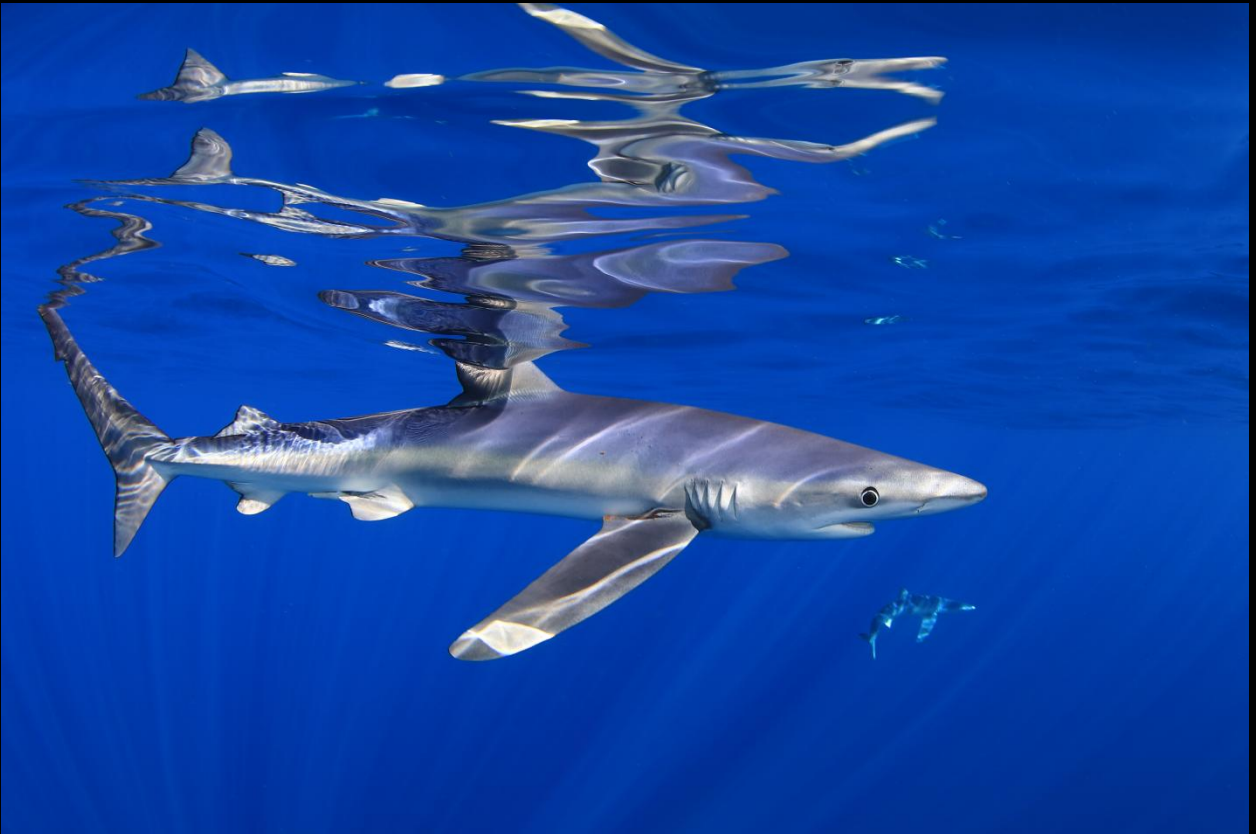
Buceo desde el año 1992, pero hasta hace unos 14 años no empecé a hacer mis pinitos con la fotografía.

He viajado por muchas partes del mundo en busca de fondos y especies diferentes, sitios tan remotos como las Islas Forotén, Filipinas, Papua ... pero mi gran pasión son los animales de gran envergadura y en especial los tiburones, ellos son el principal motivo de muchos de mis viajes. Pertenezco a una asociación canaria, Pelagic life Europe, y trabajamos con estamentos públicos para la protección del medio, en este caso, el mar y su fauna, en mi caso yo soy uno de los fotógrafos de la asociación y remitimos fotos y datos, sobretodo, de cetáceos.

Distribuidor de material de fotografía submarina para Canarias. www.seacamcanarias.com



1



2



3

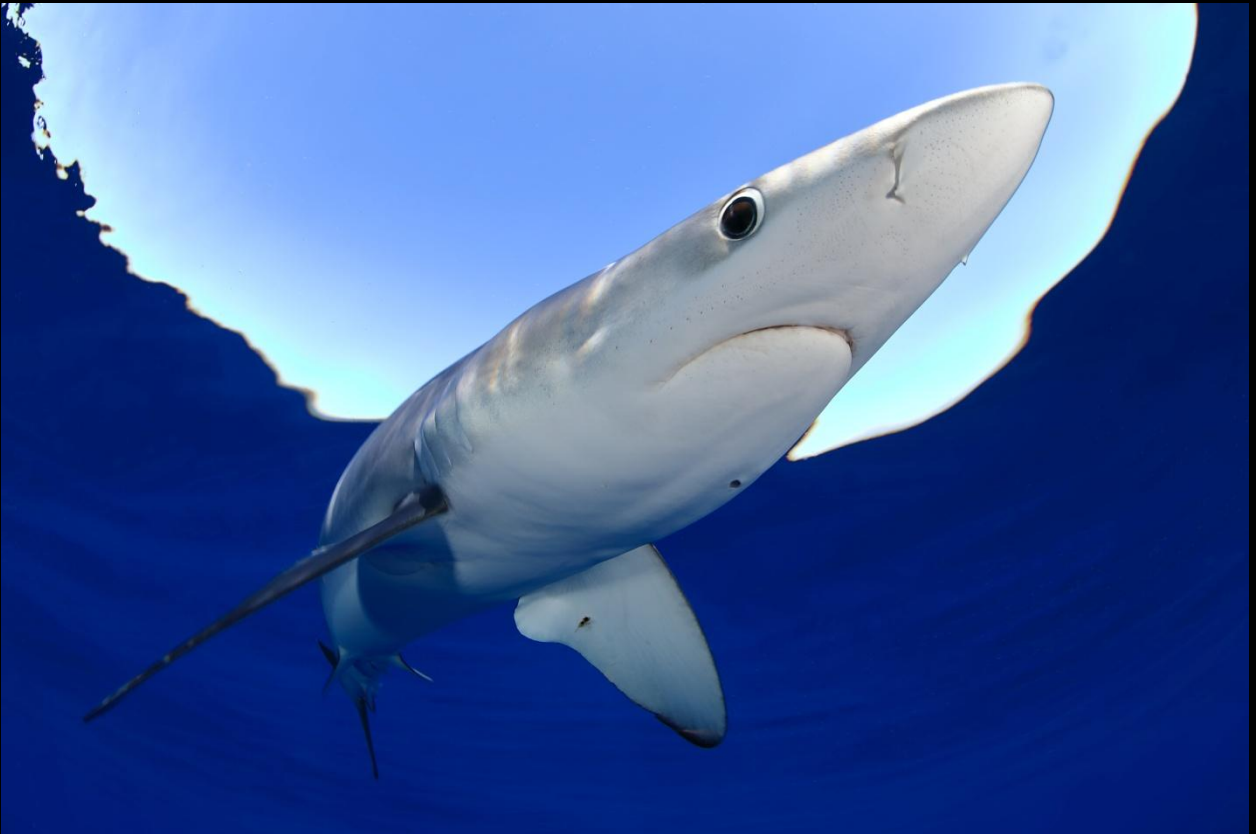


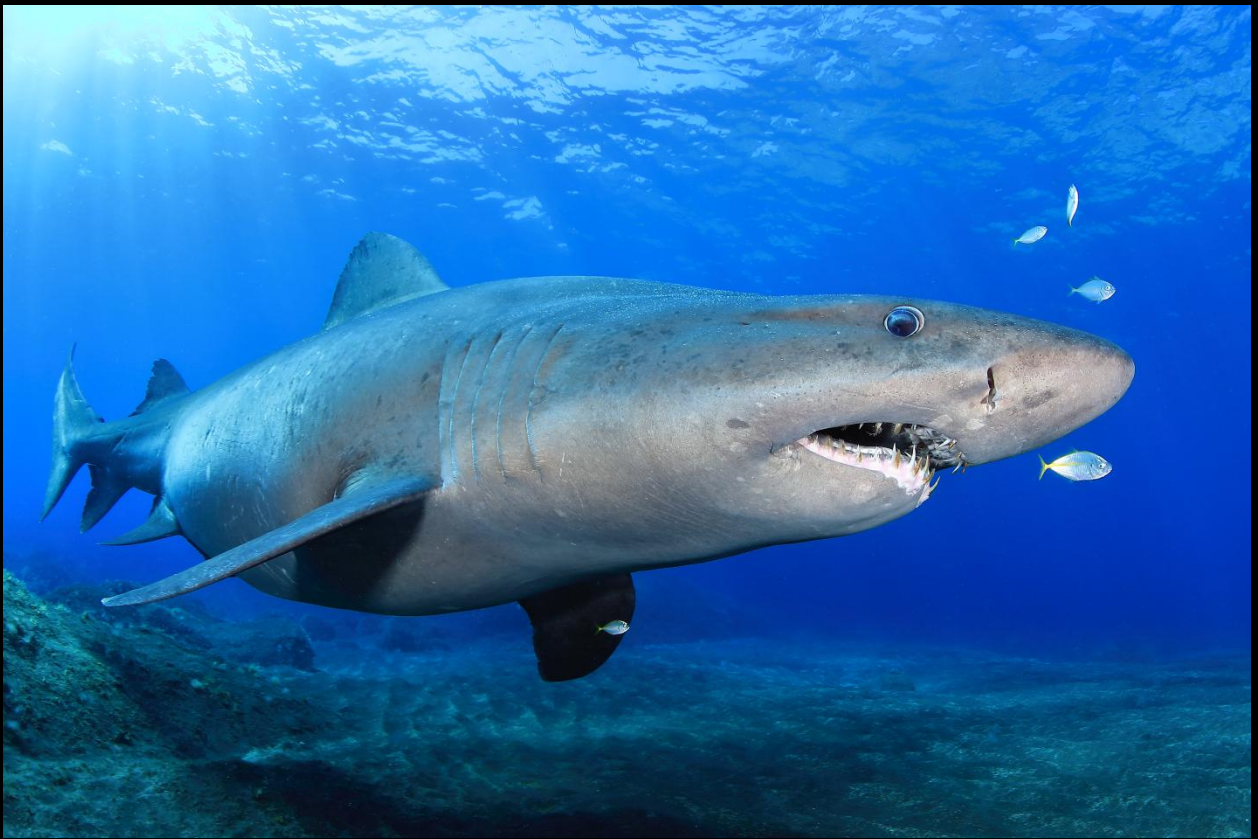
4

5



6





7

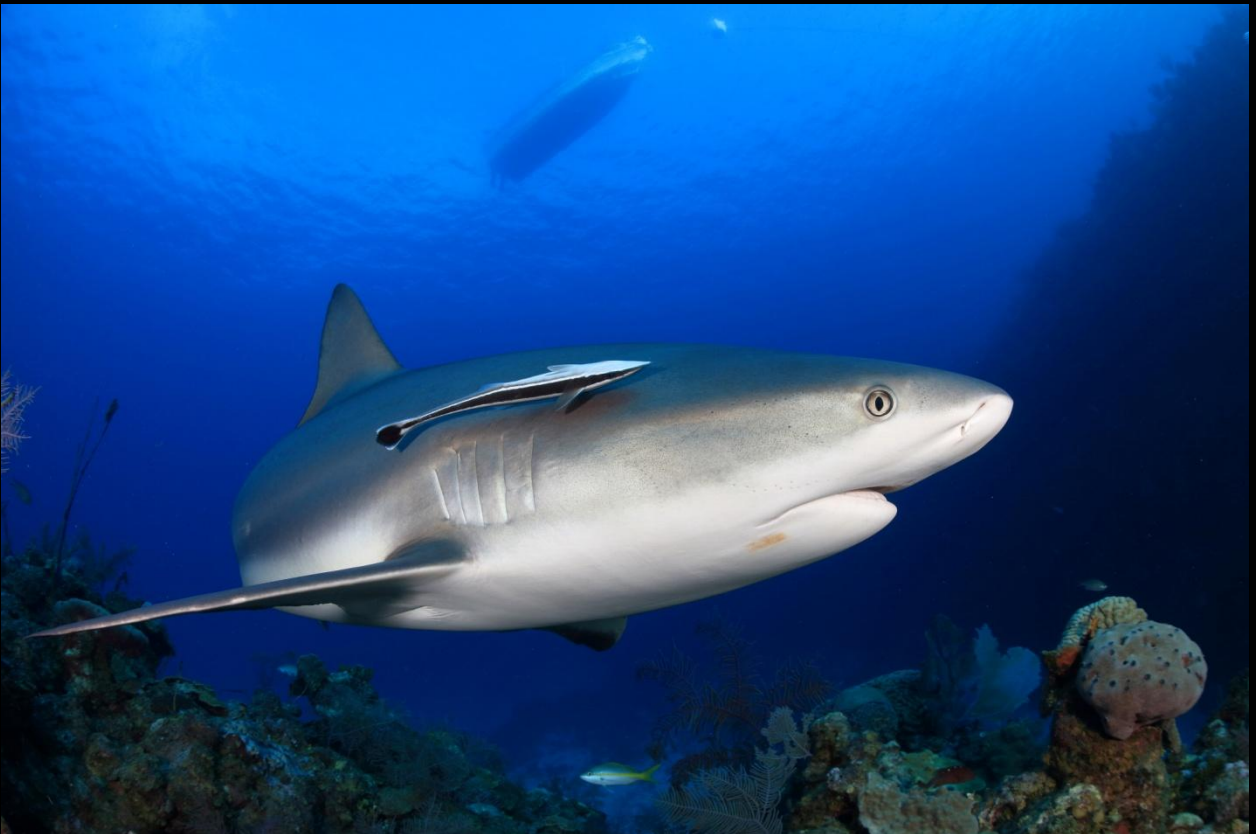


8

9



10





11

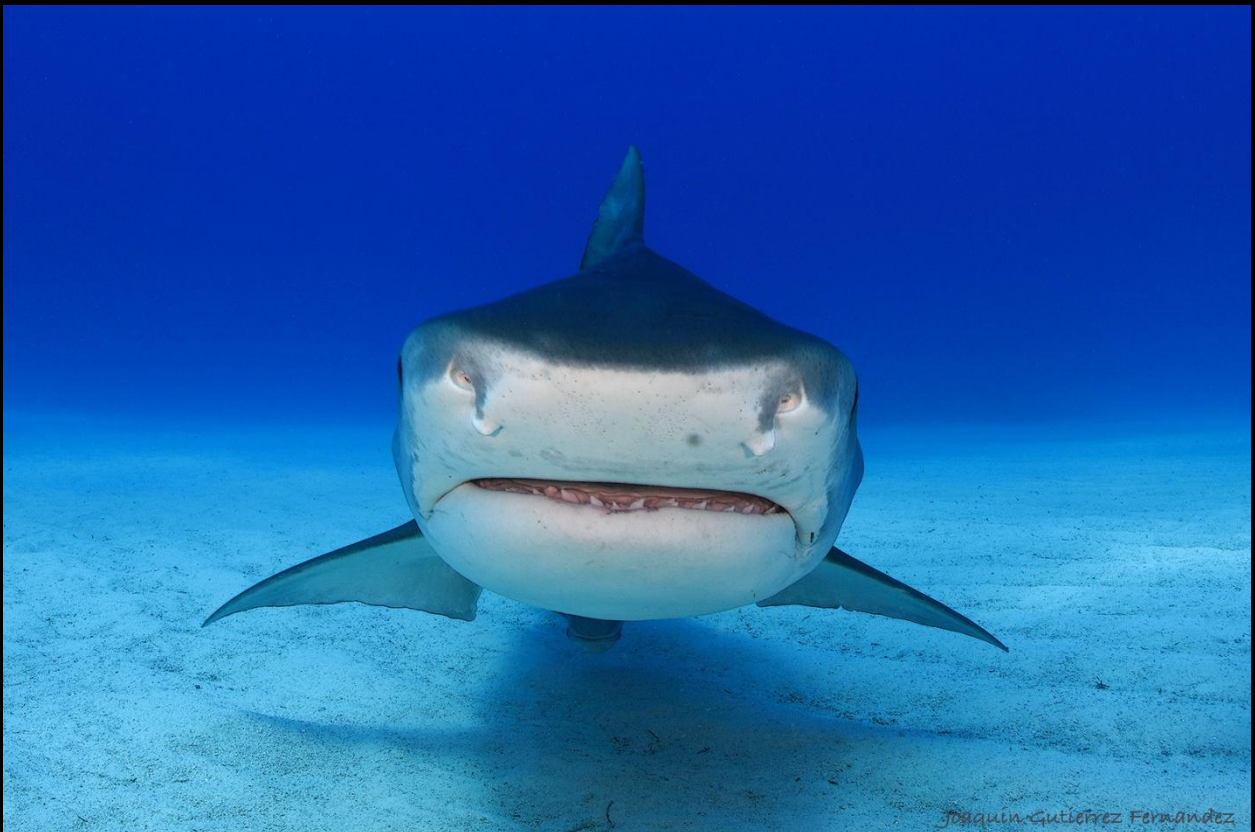


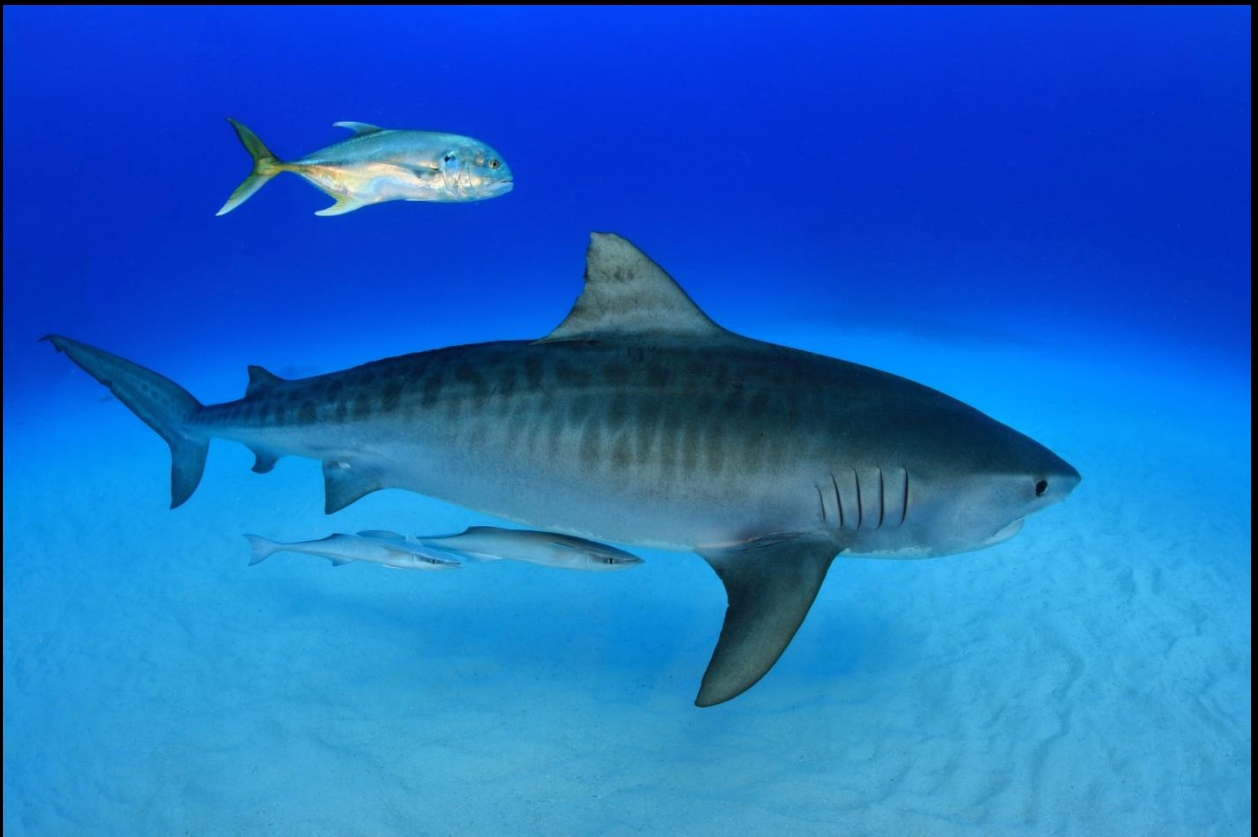
12

13



14





15

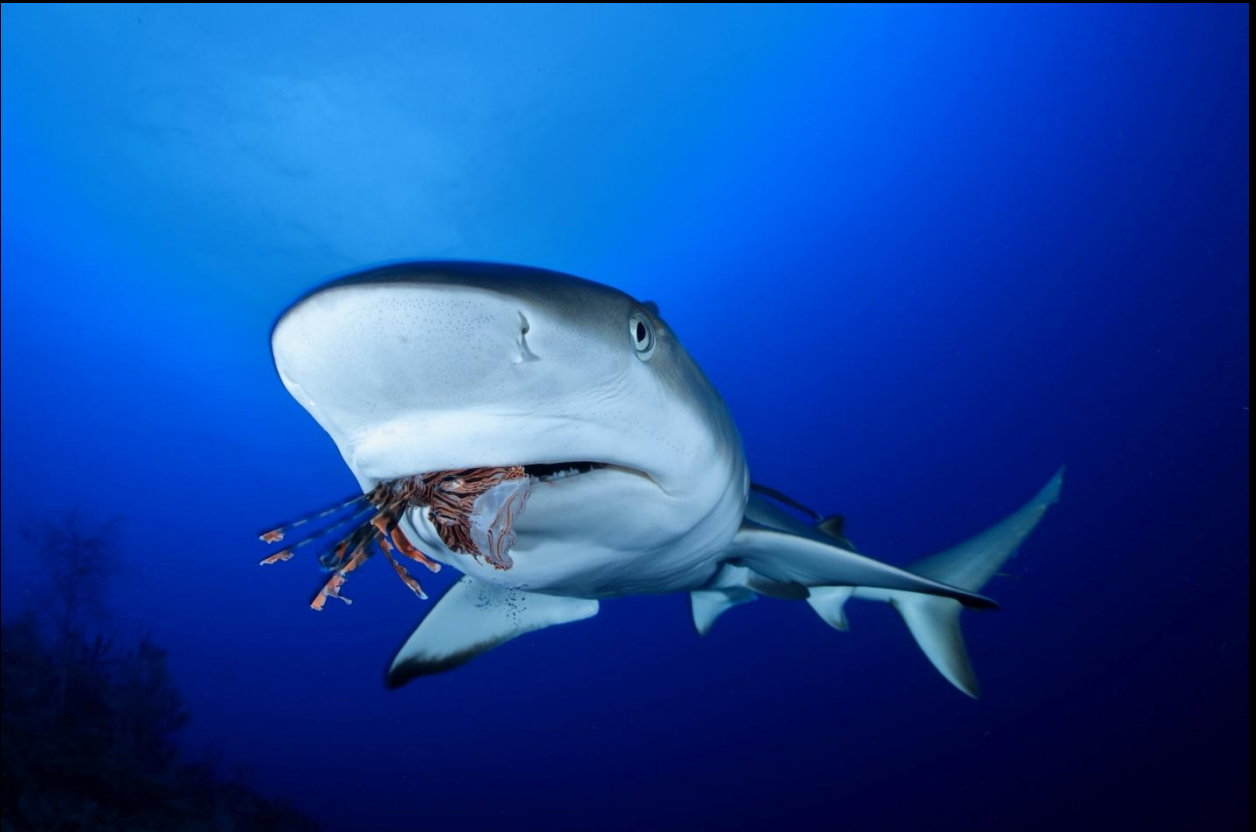


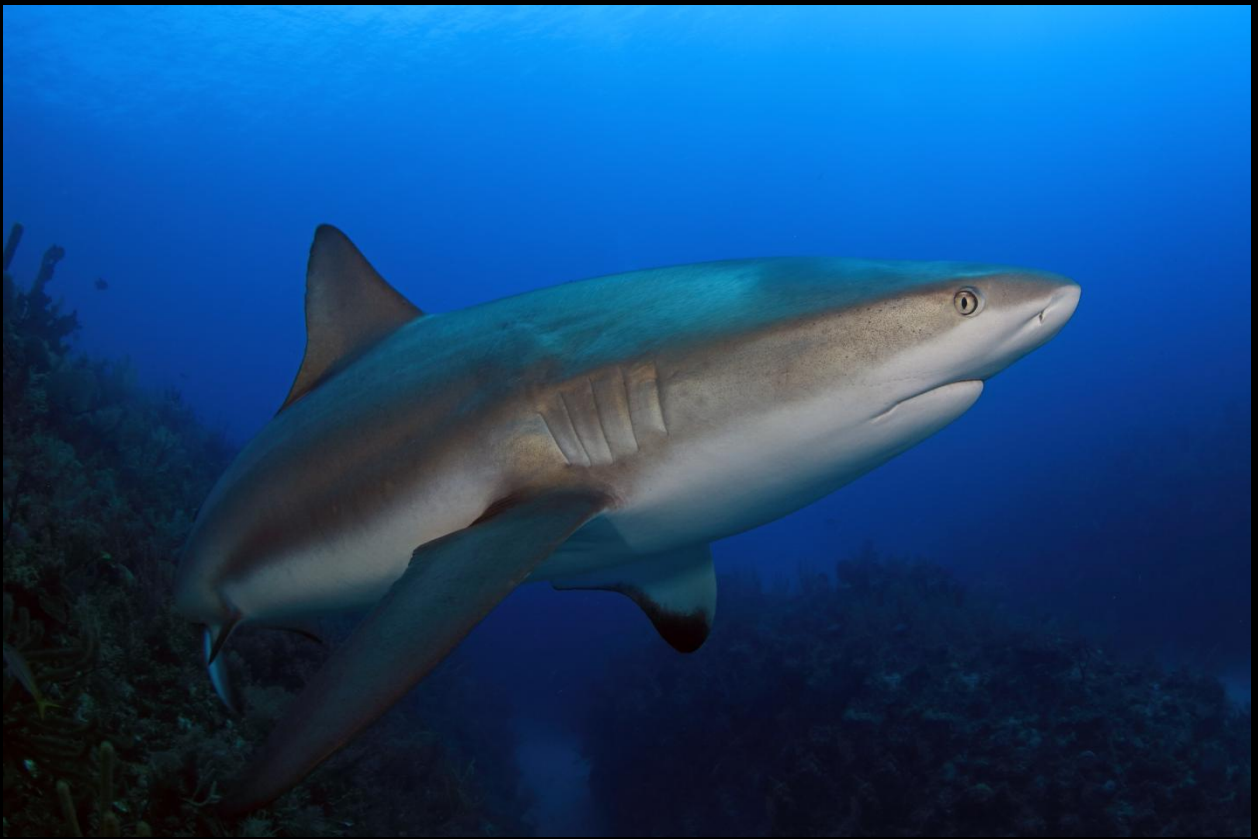
16

17



18





19

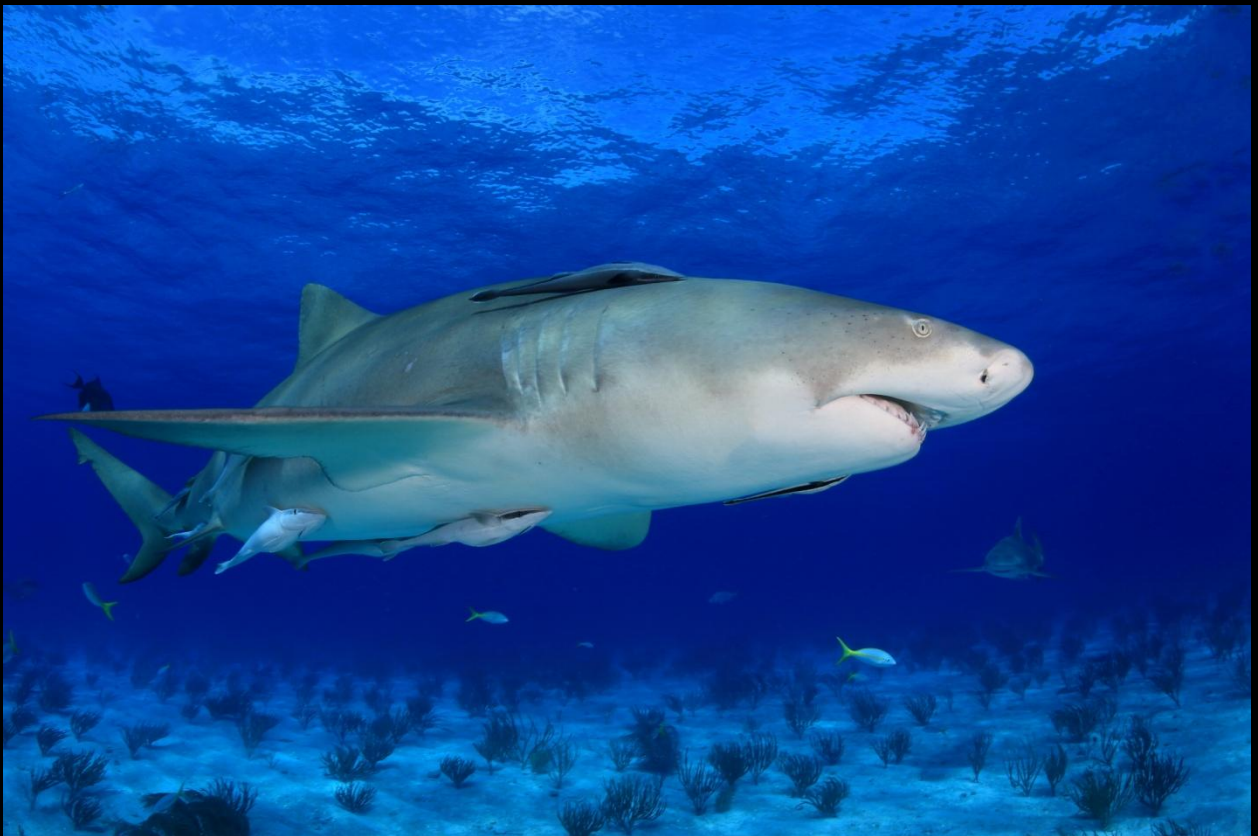


20



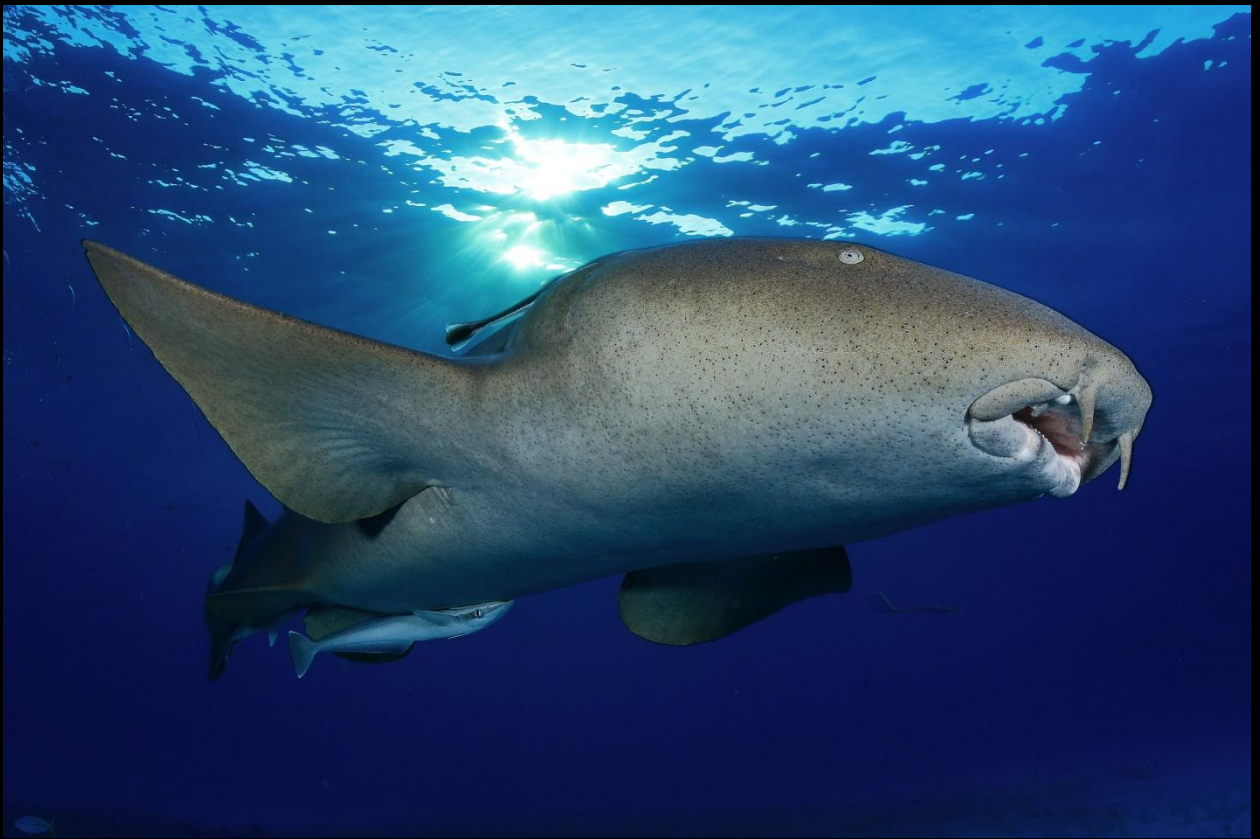


22



23

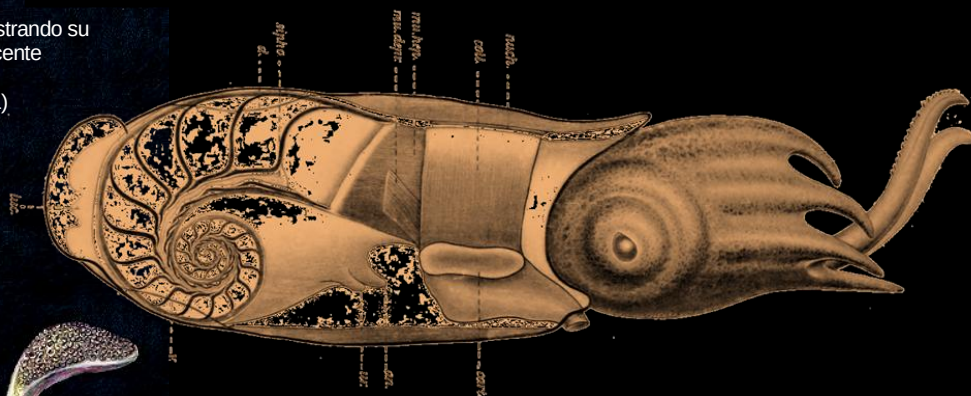




25



26



SERIES MALACOLÓGICAS

Cefalópodos con concha

(Spirulas, Nautilus y Argonautas)

Juan Francisco Betancort Lozano

Laboratorio de Paleontología, Facultad Ciencias del Mar, UPGC.
Las Palmas de Gran Canaria, España.

Existen diversas estimaciones sobre el número de especies de moluscos en nuestro planeta. Este número varía entre 80.000 y 95.000 especies. Estos animales están adaptados a muy diversos ambientes, tanto marinos, desde las profundidades abisales hasta los charcos de marea, como terrestres, desde charcas, lagos y ríos, a los caracoles que podemos ver en zonas húmedas o en nuestros jardines. Dentro de toda esta diversidad, estos organismos han desarrollado unas estrategias y adaptaciones que pasan desde la presencia de una concha externa rígida, que protege un cuerpo musculoso llamado manto, a órganos acorazados equivalentes a la lengua, desarrollar venenos extremadamente peligrosos o ser capaces de permanecer largas temporadas encerrados en sus conchas, en estado latente, esperando a que las condiciones mejoren, entre otras adaptaciones.

Quizás uno de los grupos más llamativos son los cefalópodos. Este término hace referencia a los animales que tiene “los pies en la cabeza”, es decir, los tentáculos que parten de una cabeza bien diferenciada. Pulpos, calamares y sepias son conocidos por todos y destacan por ser algo diferentes a todo lo anterior. Estos moluscos, parientes de animales

como conos o caracolas terrestres, han dado un salto evolutivo y se muestran con un altísimo nivel de complejidad. Se ha demostrado un relativamente alto nivel de inteligencia en los pulpos, o la capacidad de respuesta de las sepias a estímulos, transmitiendo información con cambios de color. Estos animales son capaces de analizar su entorno, con sus espectacularmente desarrollados ojos, y modificar no solo la forma de su cuerpo, sino el color del mismo para camuflarse en él. Algunos de estos moluscos cefalópodos ya han entrado en el imaginario popular como es el caso del Kraken, el pulpo o el calamar gigante de las historias de marinos. Otros, si bien son aún más espectaculares, no son conocidos por el gran público.

Los cefalópodos con concha

Quizás, los cefalópodos menos conocidos son los que presentan concha; una concha interna en el caso de las sepias, calamares y *Spirula spirula* (Lámina I), o una concha externa que protege el cuerpo en el caso de Nautilus y Argonautas (Lámina II).

Spirula spirula

Spirula es un genero monoespecífico, es decir, está integrado por una única especie: *Spirula spirula* (Linne,

Lamina I

a, b, c.- *Argonauta argo* Linné, 1758.

d, e.- *Spirula spirula* (Linné, 1758). Recolectada en Playa del Inglés, Sur de Gran Canaria. Ejemplares a tamaño real

f.- *Spirula spirula* (Linné, 1758). Recolectada en Playa del Inglés, Sur de Gran Canaria. Sección longitudinal se aprecian septos y canal sifonal que conecta las cámaras.

(Aproximadamente 6 su tamaño real).

h.- *Spirula spirula* (Linné, 1758). Recolectada en Playa del Inglés, Sur de Gran Canaria. Sección de la concha, se aprecian septos y canal sifonal que conecta las cámaras. (Aproximadamente 6 veces su tamaño real).

i.- *Spirula spirula* (Linné, 1758). Recolectada en Playa del Inglés, Sur de Gran Canaria. Fragmento de concha con canal sifonal. (Aproximadamente 6 veces su tamaño real).



Argonauta argo (Fuente: Comingio Merculiano (1845-1915) en Jatta Giuseppe, 1896). (Figura 3)



1758). En las playas, no es nada extraño encontrar pequeñas conchas blancas en espiral, de sección cilíndrica, muy delicadas, que si las observamos con más atención vemos que están compuestas por sección separadas por una especie de tabique pero con un pequeño canal o tubo que las conecta. Se trata de las conchas internas de un pequeño calamar considerado como el cefalópodo más abundante en el Atlántico Norte (Figs. 1 y 2), que presenta una distribución cosmopolita, estando presente en todos los océanos. Ver el animal vivo, o incluso con los tejidos blandos alrededor de la concha es algo muy raro, ya que vive en aguas profundas y migra en la columna de agua. Así, pasan las primeras etapas de su vida a profundidades superiores de 1000 metros, una etapa juvenil en aguas más superficiales y cálidas (entre 300 y 100 metros) y, cuando son adultas, vuelven a bajar a aguas más profundas (entre 600 y 700 metros de profundidad). Junto con estas migraciones, los adultos realizan migraciones diarias en la columna de agua, permaneciendo durante el día a profundidades entre 600 y 700 metros y ascendiendo de noche a un rango entre 300 y 100 metros. Esto significa que las conchas que llegan a las playas lo hacen tras ascender y llegar flotando, arrastradas por las corrientes. A pesar de ser una concha muy frágil, se

han encontrados en los depósitos fosilíferos de Canarias datados en alrededor de 130.000 años; en la Punta del Draguillo en la isla de Tenerife, en los ubicados en el subsuelo de la ciudad de Las Palmas de Gran Canaria y la costa de Arucas.

Argonauta

Los argonautas son moluscos cefalópodos del mismo orden que los pulpos (octópodos) pero de carácter pelágico. Esto es, viven en alta mar, nadando. Su nombre, argonauta, hace referencia a esto, significa navegante. Hace referencia a los navegantes a bordo del Argos, que junto con Jason, tenían la misión de encontrar el Velloco de Oro. Las hembras de este género secretan una concha externa quitinosa muy fina, que no solo sirve como protección de la puesta, sino que además confiere flotabilidad al animal (Fig. 3). Las hembras son notablemente diferentes y mayores que los machos, siendo la talla de estas en torno a 15 centímetros de máximo mientras que los machos alcanzan entre 1 y 2 centímetros. Esta diferencia supuso que, si bien las hembras, con su concha característica, eran conocidas desde la antigüedad, los machos de este género no fueron descritos hasta entrado el siglo XIX.

Se conocen 5 especies de este género, todas con la concha característica que recuerda al papel mediante veneno de crustáceos, moluscos o medusas.



Ejemplar de *Nautilus* sp. (Autor: Manuae). (Figura 4)

Nautilus

La familia Nautilidea engloba a los nautilus. Estos animales se distribuyen en dos géneros muy similares entre sí: *Nautilus* Linne, 1758, con 4 especies vivientes y numerosas especies fósiles ya extintas, y el género *Allonautilus* Ward & Saunders, 1997, formado por dos especies. Existe un tercer género, *Eutrephoceras* Hyatt, 1894, actualmente extinto, con una única especie en el Eoceno de Japón. Estos animales son conocidos desde el Mesozoico (aproximadamente 250 Ma), siendo muy abundantes junto con otros cefalópodos ya extintos, los ammonoideos o ammonites, sin apenas cambios en su morfología, por lo que se conocen como fósiles vivientes. Actualmente se encuentran desde aguas superficiales y arrecifales hasta profundidades cercanas a los 500 metros en las áreas tropicales del Índico, en la región de Madagascar y Pacífico sudoeste, desde la Gran Barrera de Coral Australiana hasta Indonesia y Tailandia y Archipiélago de Filipinas.

El animal presenta una concha externa enrollada, de la que asoma una cabeza rodeada de una gran cantidad de tentáculos de pequeño tamaño (hasta 90) sin ventosas. El animal es capaz de replegarse dentro de la concha, quedando ésta cerrada por una prolongación a modo de visera que presenta en la parte superior de la cabeza. La concha presenta una marcada división en cámaras conectadas por un tubo o canal. Esta concha está rellena de gas, por lo que este cefalópodo puede regular su flotabilidad.



Lamina II

a.-*Nautilus pompilius* Linné, 1758, concha pulida, Región Indo-Pacífica

b.- *Nautilus pompilius* Linné, 1758, Región Indo-Pacífica

Los cefalópodos menos conocidos son los que presentan concha; una concha interna en el caso de las sepias, calamares y *Spirula spirula* (Linne, 1758), o una concha externa que protege el cuerpo en el caso de *Nautilus* y Argonautas.

Un mar para comérselo

Chocolate de burgado (*Phorcus spp.*)

INGREDIENTES:

Caldo de burgados

- Burgados purgados (1 Kg)
- Apio (una rama)
- Laurel (una hoja)
- Pimienta rosa (c/s)

Cobertura de chocolate negro con pimienta y sésamo

- Pimientas “putalamadre” (2 unidades)
- Sésamo blanco (2 c/s)
- Chocolate blanco (200 g)

Ganache de burgados

- Crema de burgados (150 g)
- Nata (250 g)
- Cobertura de chocolate late (400 g)

Abraham Ortega García

Chef Restaurante *El Santo* y Asesor Gastronómico

Elaboración

Purgamos los burgados con agua y sal gruesa durante una hora aproximadamente. En un cazo ponemos el resto de los ingredientes del caldo menos los burgados y cuando rompa a hervir añadimos estos durante 3 minutos. Reservamos el caldo obtenido y sacaremos con ayuda de un alfiler la carne del molusco de dentro de las conchas. Con ayuda de una termomix trituraremos la carne y el caldo hasta obtener una pasta densa, que colaremos por un chino o cedazo para que no tenga grumos y quede fina. Si vemos que nos pasamos con el caldo, y queda muy líquido, lo podemos calentar al fuego y espesa con agar-agar.

Por otro lado, calentamos nata y la pasta que teníamos de los burgados y cuando rompa a hervir se lo añadimos al chocolate late, y removemos para obtener una masa homogénea que pondremos en una manga y reservaremos en la nevera.

Atemperamos el chocolate con las pimientas de “putalamadre”, con ayuda de la curva de temperatura del fabricante. Como norma general el chocolate negro lo calentamos a 45 °C, lo derretimos y luego lo bajamos a 26 °C, y está listo para usar y que tenga brillo.



En un molde en forma de tableta le untamos con un papel un poco de manteca de cacao, para que coja más brillo, y ponemos el sésamo. Colocamos el chocolate atemperado en el molde y hacemos una capa fina, poniéndolo boca abajo para eliminar todo el sobrante. Una vez endurecido el chocolate, rellenamos con la ganache y dejamos enfriar de nuevo. Cuando la ganache se pueda trabajar, le añadimos el resto del chocolate para cerrar nuestra tableta. Dejamos enfriar 1 hora aproximadamente y desmoldamos con cuidado

Curiosidades de la especie

Existen varias especies conocidas en Canarias bajo el nombre de burgado o bígaro, siendo el burgado hembra *Phorcus atratus* (Wood, 1828) el más común. La otra especie de burgado presente en las islas es *Phorcus sauciatu*s (Koch, 1845), conocida como burgado macho y de coloración más oscura.

El burgado hembra es un molusco cuya caracola cónica alcanza una altura que oscila entre los 17 y 24 mm, con un diámetro de entre 16 y 19 mm. La carcasa sólida e imperforada tiene una forma cónica. La concha, con 5 ó 6 espirales, es de color grisáceo a verdoso, aunque es muy variable en coloración, con varias filas espirales de manchas blancas, o con franjas blancas en zigzag longitudinales. La base del caparazón es generalmente teselada o rayada con blanco o con manchas.

Es una especie muy común en las zonas rocosas o en playas de bolos, en las áreas de rompiente, de las Islas Canarias. También está presente en Cabo Verde y en la costa de Senegal, así como por el Atlántico Nororiental y Mar Mediterráneo.

PERSONAJES

Dr. Héctor Bustos Serrano

Presidente del Consejo Directivo del Museo Caracol (México),

EJEMPLO Y TRAYECTORIA



Ya jubilado, en lo más alto de la pirámide de Cobá, Zona Maya en Yucatán (2018).

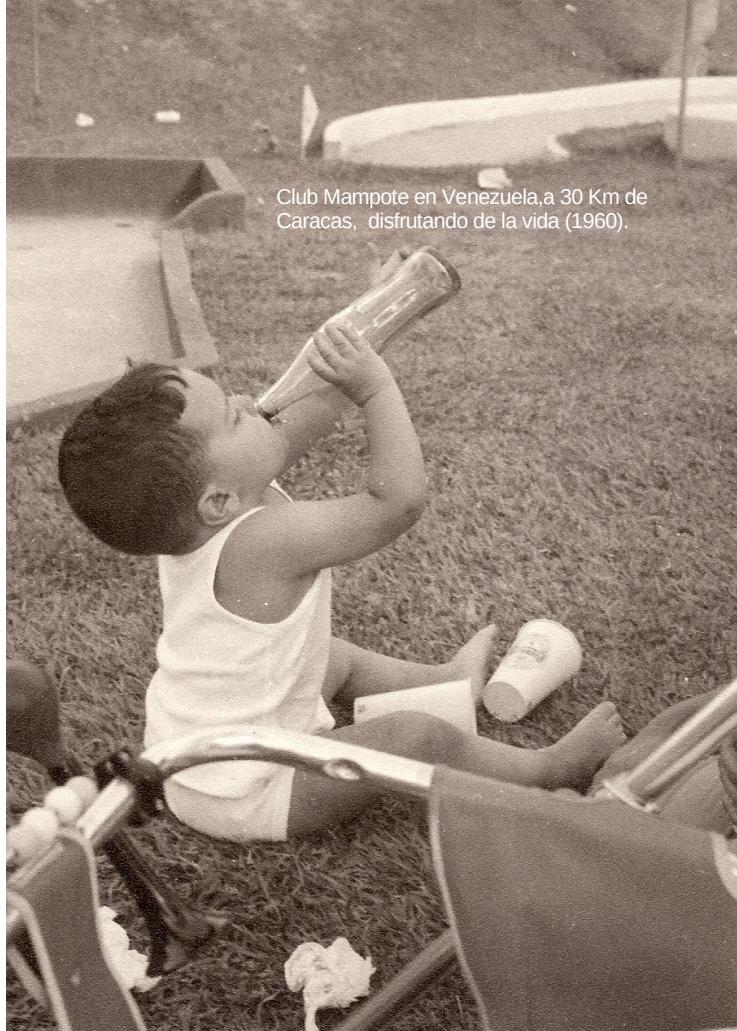
¿Cómo empezó todo?

Al mar se le ama y se le respeta. Te enamora con sus colores, sonidos y sus olores. Es, para los que somos muy visuales, un amor a primera vista y esto se produjo en un niño nacido en una ciudad alejada de cualquier mar, pero que al momento de tener su primer contacto visual, las expectativas de conocerla mejor te llevan a buscar más oportunidades de estar en contacto. A pesar de haber estado durante los primeros 4 años de mi vida en Caracas, Venezuela, solo conservo fotografías en blanco y negro (1958-1962) de lugares y playas en donde estuvimos por esa zona. Fue hasta que regresamos a la Ciudad de México y en un viaje en coche a Acapulco en donde poco antes de llegar, y en medio de montañas, se abrió una espectacular vista a la Bahía con su espléndido color azul. Contaba con apenas 6 años y es un grato recuerdo que aún grabo en la memoria, pues iba acompañado de mis padres y hermanos quienes nos pasamos unos días geniales y con ganas de no regresar a la gran ciudad.

Evolución

Durante la preparación temprana, siempre me gustó la naturaleza y de cierta forma intuía que la mejor forma de entenderla era por medio de la ciencia. De forma natural me involucré en actividades al aire libre que requerían mucha observación y documentación. Ahí encontré las actividades del escultismo, que practico desde 1968, y en la que continué participando con la formación de adultos en los Scouts de México. Ya de joven organizaba con mi patrulla Scout campamentos al mar y frecuentábamos las playas del Estado de Guerrero (México).

Llegó la etapa en la Preparatoria (educación secundaria) y, con ella, me inicié en la química. A pesar de no ser tan palpable ni obvia, a través de experimentos sencillos se puede medir sus componentes y reacciones. Durante esta etapa aprendí a valorar el tiempo ya que estaba decidido a prepararme lo mejor posible, académica, física y mentalmente, para estudiar Oceanología en la “recién” creada Universidad Autónoma de Baja California, en la Ciudad de Ensenada. Aunque los estudios de oceanografía se iniciaron en México en 1960, con lo que fue la primera carrera de oceanología de Latinoamérica, en 1977, la oceanología era todavía una novedad en el país. Yo, por tanto, iba a ser parte de la XVII generación de oceanógrafos, junto con otros compañeros procedentes de muchas regiones de la república mexicana. Había cupo para solo 160 estudiantes y estábamos más de 600 aplicando para realizar el examen de admisión tras el que resulté ser seleccionado.



Club Mampote en Venezuela, a 30 Km de Caracas, disfrutando de la vida (1960).



En playas del Estado de Guerrero con la familia (1970).



En playas de Guerrero con la patrulla Scout (1973).



A este par de maravillosos seres tuve que confrontar con mis ideas de estudiar una licenciatura en ciencias, Rubén Bustos y Graciela Serrano (1975).

Yo pasaba mis vacaciones de verano en Zihuatanejo, en casa de mis tíos Jorge y Esperanza, lo que me posibilitó un contacto más profundo con el mar. Jorge había sido cadete de la Armada de México y era el Capitán del Puerto, y contaba en su biblioteca con el material necesario para tener una conversación enriquecedora.

Por ello, valoré mucho mi ingreso pues sabía que el estudio del mar estaba aún en sus inicios.

Yo pasaba mis vacaciones de verano en Zihuatanejo, en casa de mis tíos Jorge y Esperanza, lo que me posibilitó un contacto más profundo con el mar. Jorge había sido cadete de la Armada de México y era el Capitán del Puerto, y contaba en su biblioteca con el material necesario para tener una conversación enriquecedora. Lo bueno es que llevaba impulso para estudiar y la motivación suficiente para conseguir los permisos necesarios para acercarme al mar. Eso me permitió leer, conversar, pescar, bucear, cocinar, surfear, navegar, etc., y regresar a la Ciudad de México con nuevas experiencias y consiente que faltaba mucho por hacer.

La confrontación

Todo marchaba viento en popa, hasta que teniendo una conversación con mis padres, arquitectos ambos, con una visión clara del futuro que podría tener siguiendo sus pasos, les comenté que yo me iba de a casa a estudiar Oceanología en Ensenada. Ellos extrañados me dijeron: “¿a estudiar qué...?”. El planteamiento fue directo, solo esperaba saber si contaría con su apoyo moral y económico para viajar más de 3000 Km. No vacilaron con un “sí”, y yo me programé para salir a presentar el examen de admisión en la Universidad Autónoma de Baja California (UABC).

Ciencias Marinas de la UABC.

Por primera vez compartía aula con mujeres como compañeras de estudio. Los temas eran fascinantes de principio a fin. Todo fluía como era debido, aunque tuve dificultades en un par de materias, pero nada que con esfuerzo adicional no pudiese superar. Todo era enriquecedor, las clases, los laboratorios y las salidas al campo. En el departamento de Geología de Ciencias Marinas estaban seguros de que me iría por esa rama de las ciencias, pero con las bases de química de preparatoria y los cursos en la universidad, el destino estaba “sellado” con buena química.

Tuve la fortuna de tener al profesor Katsuo Nishikawa como mi director de tesis de licenciatura, con un trabajo en geoquímica de una zona hidrotermal de entre mareas en Bahía Todos Santos. Tenía una beca de CONACyT México y fui contratado por CICESE (Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada) una vez obtuve la licenciatura en Oceanología. Por desgracia, en un accidente automovilístico fallece mi amigo y mentor, por lo que la UABC me reclutó en sus filas como profesor. Me sentía muy contento de poder continuar los estudios de los mares. La UABC en esos tiempos

solo contaba con licenciaturas y en Ciencias Marinas se estaba fraguando el primer posgrado, la Maestría en Ciencias en Oceanografía Biológica, en la cual fui invitado a participar a pesar de mi clara inclinación por la química marina. Lo interesante es que para la tesis de grado involucré los aspectos de mareas, nutrientes, luz y productividad primaria orgánica en la región de las grandes islas del Golfo de California, culminando con unos de los trabajos pioneros en estos menesteres en el Golfo de California.

Una vez instalado como profesor a tiempo completo en la UABC, y con asignaturas que requerían de salidas al campo, conseguí involucrar a otros profesores para que con su experiencia me apoyaran en la realización del primer campamento nacional de Scouts en el Estado de Baja California. Esperábamos unos 300 participantes, por la lejanía de Ensenada al resto de la república, y para nuestra sorpresa llegaron más de 1000 muchachos a los que teníamos que transportar desde el Puerto de Ensenada y desembarcarlos en las Islas Todos Santos, maniobra nada sencilla, pero que se logró con el esfuerzo de 3 buques de la Marina Mexicana y muchas embarcaciones pequeñas. Este fue el IV Campamento Nacional de Avanzadas de Expedicionarios.

Los Toastmasters

Pensé que con el simple hecho de preparar mis clases y contar con el conocimiento suficiente bastarían para dar buenos cursos en la Licenciatura de Oceanología, y así los iba desarrollando, pero me invitaron a participar en un grupo en el que 50% de las sesiones se dedican a ejercicios para hablar en público, desarrollando diversas técnicas de oratoria en una serie de proyectos, y el otro 50% es la aplicación efectiva de liderazgo, que tiene un componente muy fuerte en la palabra escrita y hablada, pero también en el buen uso del tiempo enseñando con el ejemplo.

Entré en este grupo desde cero, pasando por todos los cargos a nivel Club, hasta llegar a ser Presidente del mismo y, durante ese tiempo (1997), logramos ser el mejor Club de México y sin mayor aspiración. Contentos por los logros individuales que nos dio ese reconocimiento, recibimos una carta de la sede internacional de los Toastmasters, en Misión Viejo, California (EE.UU.), comunicándonos que éramos merecedores de un reconocimiento internacional al haber quedado en quinto lugar mundial a nivel clubes, y que esperaban nuestra presencia en la 66ª Convención Internacional que se llevaría a cabo en Nueva Orleans (Luisiana). Para nuestra sorpresa, a nivel naciones, los clubes mexicanos habíamos alcanzado



Estudios de química marina y oceanografía en RSMAS de la Universidad de Miami (2001-2006).

el primer lugar mundial y también éramos requeridos. No pensaba acudir a recibir los reconocimientos, pues sabía que teníamos una delegación que aseguraba nuestra presencia. Sin embargo, pudiendo acomodar agenda y recapitando sobre el esfuerzo realizado, llegué a Nueva Orleans para reunirme con mis compañeros por sorpresa.

Once años ininterrumpidos de participación me llevaron a otros puestos más altos, llegando a ser Gobernador de Área para los Clubes en Ensenada. Esta experiencia me permitió sin duda convertirme en mejor profesor.

La Asociación de Oceanólogos de México (ASOCEAN)

Siempre he considerado como importante el trabajo en equipo y poco a poco, con participación colegiada, logramos que el principal evento académico de las ciencias marinas, el Congreso Nacional de Oceanografía, lo organice de forma permanente una comisión de la ASOCEAN. Este congreso se inició a principios de la década de 1960 y fue hasta 1996 que, casi sin interrupción, se llevó a cabo de forma bianual, de modo que su edición XXI se realizará nuevamente en Ensenada, en septiembre de este 2020.

Como presidente de ASOCEAN en el año 2000 y durante la celebración del XII Congreso en Huatulco, Oaxaca (México), el Instituto Nacional de Pesca gestionó una entrevista con el Presidente de la República, Dr. Ernesto Zedillo Ponce de León, a la cual acudimos para entregar una síntesis de lo más importante expuesto en el Congreso en materia de oceanografía y ambientes costeros para México.

La Universidad de Miami

Conocí el trabajo del Dr. Frank J. Millero, pues usaba su libro "Chemical Oceanography" (Química

El saber cerrar círculos, con el
saber de haber hecho las cosas
bien, en orden y completas.



Práctica de campo de CIENCIAS MARINAS en Bahía Falsa, campo ostrícola de Vicente Guerrero (2015).

Oceanográfica) como texto de referencia para impartir los cursos a nivel Licenciatura de Oceanografía Química en Ciencias Marinas. Me identifiqué plenamente con su pasión por el mar y responsabilidad como profesor. En una ocasión, una oceanóloga me pidió una carta de recomendación para trabajar en el Laboratorio del Dr. Millero, y su solicitud prosperó y me tenía al tanto de sus avances e investigaciones. Aprovechando un año sabático, fui invitado por el Dr. Millero y llegué en plena etapa de programación de expediciones oceanográficas a Nueva Zelanda, para otro experimento con hierro en el océano. A pesar de mi deseo de participar, me sugirió que le apoyara con la parte práctica de los cursos de química oceanográfica en la Universidad de Miami (UM). Al término del sabático, y habiendo cumplido con la encomienda académica, me disponía a regresar a Ciencias Marinas en la UABC con la satisfacción de haber conocido al Dr. Millero y colaborado con su equipo de trabajo. Es ahí donde llegó la propuesta de quedarme más tiempo en Miami para obtener el

Doctorado en Ciencias en Química Marina y Atmosférica, en la prestigiosa Escuela Rosenstiel de la UM. Solicité tema de investigación oceanográfica en buque, pero había un aspecto que resolver más importante con respecto a la química marina, las constantes de disociación del ácido carbónico en agua de mar para ampliar el intervalo de temperaturas y salinidades. En lugar de casco y botas, me puse bata de laboratorio para trabajar con un sistema cerrado para medir la alcalinidad total y con un sistema potenciométrico para determinar tanto el pH del agua de mar como su alcalinidad. Con esos datos y las ecuaciones matemáticas de Pitzer, se modelaron las curvas para contar con los valores de la primera y segunda constante de disociación del H_2CO_3 en agua de mar. Intenté por años ver efectos en agua de mar sintética, con el menor contenido de materia orgánica, con adiciones de boratos, etc. Sin embargo, la principal aportación a la ciencia fueron esas constantes, publicadas en 2006 en la revista *Marine Chemistry*, y que han sido empleadas en muchas aplicaciones y modelos.



Día de mi jubilación, donde estampé por última vez mi firma en la lista de asistencia de profesores después de haber servido por más de 34 a Ciencias Marinas UABC (Junio de 2018). Los que tenían más júbilo eran mis colegas y la familia.

En realidad, he tenido una vida plena, que me ha permitido desarrollar mi cuerpo, mente y alma. He podido realizar 3 tesis de grado, cada vez con mayor complejidad y con menos páginas.

El Caracol, Centro Científico y Cultural de Ensenada

Cuando regreso a Baja California después del Doctorado en Miami, encuentro que, en Ensenada, en una superficie de 7000 m² en terrenos ganados al mar existe un edificio enorme y, teniendo la base que Ensenada es la ciudad con más científicos per cápita de México, se construyó este Centro Científico, Museo y Acuario. Me invitaron a integrarme como asociado y al paso de los años he participado como asesor en la Sala del Mar, como vicepresidente del Consejo Directivo y actualmente soy el presidente del mismo.

Hemos logrado invertir varios millones de dólares, tanto en construcción como en exhibiciones permanentes y temporales. Cuando tomé las riendas del Museo solo teníamos abierta la Sala de la Tierra y con gusto les comparto que ya tenemos abierta la Sala del Cielo, con giroscopio, telescopio, efecto de contaminación lumínica y Leyes de Kepler, además del Planetario, donde se exhiben películas en 360°, con una cartelera programada con base en los objetivos de los planteles educativos. La Sala del Mar cuenta con la exhibición de la Vaquita Marina, una colección de 1203 conchas prestada por la Familia Mateus, y estamos realizando gestiones con los

acuarios de Monterey y Long Beach, ambos en California, para instalar, antes de que termine el año 2020, acuarios, terrarios y elementos de la exhibición Viva Baja, con una Galería Previa que inauguraremos el 8 de junio, con motivo del día internacional de los Océanos.

En la Sala de Exhibiciones Temporales hemos presentado las exposiciones “Polos en Peligro” y “Paseo por el Cielo”, con aspectos importantes de la Astronomía. Durante febrero y marzo de este 2020, en el marco del Primer Festival de la Ballena, expusimos a la Ballena Gris (*Eschrichtius robustus*) con el acopio de piezas de diversas instituciones y apoyada con conferencias en el Auditorio del Caracol.

Epílogo

Considerando que no solicité empleo como profesor-investigador a la UABC, ni solicité beca CONACyT, ni solicité ser parte de la primera generación de posgrado, ni el doctorado en la Universidad de Miami, me declaro un mal ejemplo para solicitar empleo o aplicar a posgrados. Sin embargo, les deseo a todos el encontrar tarde o temprano su vocación y nunca cesar en alcanzar su sueño. Al cabo de pocos años se darán cuenta que el hacer lo que nos gusta y además de gozar de privilegios, prestaciones y pensiones, es lo más enriquecedor. El saber cerrar círculos, con el saber de haber hecho las cosas bien, en orden y completas.



Carybdea marsupialis fotografiada en aguas próximas a Civitavecchia (Italia) (Autor: Alessandro Sabucci).

Avispas de mar

José J. Castro

Universidad de Las Palmas de Gran Canaria

Las avispas de mar son unas pequeñas medusas azules, casi transparentes, y con forma de cubo. Como el resto de medusas, pertenecen al grupo de los Cnidarios y más concretamente a la clase Cubozoa (cubomedusas). Al igual que la gran mayoría de los cnidarios, muestra una serie de células urticantes (cnidocitos), en los extremos de los tentáculos, que les permiten capturar a sus presas al tiempo que defenderse de sus predadores.

Las más de 50 especies de avispas de mar conocidas presentan la umbrela en forma de cubo, razón por que se les conoce como cubomedusas, con una anchura que oscila entre los 3 y 6 cm, de cuyas esquinas surgen 4 largos tentáculos que alcanzan los 40 cm, entre 8 y 10 veces la longitud de la umbrela.

La alarma que se ha generado por el incremento de su aparición en zonas turísticas, y los desagradables y dolorosos encuentros con bañistas, ha generado que se haya dedicado esfuerzo en estudiar la composición de las sustancias urticantes que producen, pero se sigue desconociendo gran parte de su biología y ecología. No todas las especies presentan la misma toxicidad, habiendo algunas cuya picadura es muy leve, incluso hay personas que no la notan, hasta otras que son extremadamente urticantes y venenosas. En casos severos, los síntomas pueden ser sistémicos, incluyendo dolor en el lugar de la picadura, parestesia (hormigueo y adormecimiento), hiperestesia (alta sensibilidad al dolor) y lesiones cutáneas, y puede tardar unos meses en desaparecer por completo. *Chironex fleckeri* puede causar la muerte en unos pocos minutos, siendo considerada la especie de medusa más mortífera del planeta, con más de 60 muertes reportadas en Australia desde 1984.¹



Sello de correos de Australia, con valor facial de 50 centavos y emitido en 2006, representando una avispa de mar *Chironex fleckeri*.

Carybdea branchi fotografiada en aguas de Maori Bay, Sudáfrica (Autor: Seascapeza).



Las cubomedusas se alimentan principalmente de zooplancton y otros pequeños invertebrados, así como larvas y juveniles de peces, que atrapan con sus tentáculos. En los tentáculos tiene los cnidocitos o células urticantes con los que pueden inocular un veneno paralizante a sus presas. La boca está situada en el centro de la parte inferior de la umbrela.

La especie *Carybdea marsupialis* tiene 24 ocelos (receptores de luz a modo de ojos rudimentarios), agrupados en 4 estructuras conocidas como ropalias, que se localizan en el margen de la umbrela, cada una situada en el punto medio de dos tentáculos consecutivos. En cada ropalia se hallan dos ocelos compuestos (presentan estructuras a modo de retina, córnea y lente) y cuatro ocelos simples. Una curiosidad es que muestra cierto fototropismo positivo, siendo atraída por las luces de los buceadores durante las inmersiones nocturnas, posiblemente como respuesta a la bioluminiscencia natural de sus presas

planctónicas. Su desplazamiento lo consigue gracias a rápidas contracciones de la umbrela, lo que le permite alcanzar velocidades de hasta 6 metros por minuto.

El ciclo vital de las cubomedusas, al igual que en otras medusas, pasa por una fase de pólipo inicial fijados a cualquier sustrato del fondo, como rocas, que luego evoluciona a la fase medusa de natación activa. Es esta fase de medusa la que realiza la reproducción sexual, con fecundación externa (los individuos vierten los espermatozoides y óvulos al agua donde se fecundan). Tras la fecundación, los embriones inician su desarrollo en forma de larva plánula nadadora, y dos días después se asientan sobre el fondo y se transforman en pólipos con pocos tentáculos (12 tentáculos). No obstante, estos pólipos también se pueden reproducir de forma asexual, generando pólipos secundarios que se desprenden por gemación del pólipo principal llevando parte del cuerpo de individuo. En 72 horas regeneran la parte perdida del cuerpo y todos los tentáculos. Con el aumento de la temperatura del agua, los pólipos evolucionan en pequeñas medusas, pero con sólo dos tentáculos. Diez días más tarde adquieren la forma adulta definitiva, desarrollando dos tentáculos más, y alcanzando los 30 ó 40 cm de longitud.

Las avispas de mar están presentes en zonas costeras poco profundas de las regiones tropicales y subtropicales de todos los océanos. En el Atlántico son relativamente frecuentes en el Caribe, no así en el Mediterráneo. No obstante, y posiblemente relacionado con el calentamiento climático y con la desaparición de sus predadores naturales (ej. tortugas marinas), recientemente estas medusas se avistan con mayor frecuencia en el Mediterráneo, particularmente en el Adriático y en las costas del Levante Español. En Australia se encuentran especies de cubomedusas mucho más venenosas, que pueden llegar a ser hasta mortales, como la *Chironex fleckeri*, pero lo más frecuente es que su picadora sólo produzca cierto dolor o urticaria.

Bibliografía

1-Wiltshire, C.J., Sutherlands, S.K, Fenner, P.J., Young, A.R.
2000. Wilderness and Environmental Medicine, 11:241-250.

El 99% del plástico tirado al mar ha desaparecido de la superficie

Esferas de nanoplasticos de 30 μm de diámetro procedentes de la pasta dentífrica.

100 μm

Los científicos han estimado que el 99% de los 8 millones de toneladas de basura plástica que todos los años llegan a los océanos desaparece de la superficie. A pesar de que la mayor parte del plástico flota y tiende a acumularse en la superficie, o muy próximo a ella, los datos sugieren que la mayor parte del mismo sufre un proceso de hundimiento, ya sea como consecuencia de su fracturación en microplásticos, por el efecto del oleaje o de la fotodescomposición, y su posterior ingestión por peces e invertebrados que migran hacia aguas profundas donde defecan, o porque sobre los mismos se adhieren elementos que aumentan su densidad y provocan su progresivo hundimiento. Estudios recientes han demostrado que gran parte de este plástico termina enterrado en el fondo del mar o suspendido profundamente en la columna de agua. Pero peor aún puede ser que muchos de estos plásticos se fracturan en partículas más pequeñas que una célula, llamadas nanoplasticos, que pueden acumularse en los tejidos de los peces y otros organismos, causando a veces problemas neurológicos o reproductivos.

El calentamiento global está acelerando las corrientes marinas

Las corrientes oceánicas regionales muestran tendencias diversas, pero aún no está claro si se está produciendo un incremento de la velocidad media de las corrientes oceánicas debido al incremento de temperatura del planeta. No obstante, el equipo liderado por Shijian Hu, de la Academia China de Ciencias, ha identificado una tendencia creciente y significativa en la energía cinética oceánica desde principios de la década de 1990, lo que indica una aceleración sustancial de la circulación oceánica media global. La tendencia creciente en la energía cinética es particularmente prominente en los océanos tropicales, alcanzando profundidades de miles de metros. La aceleración profunda de la circulación oceánica es inducida principalmente por una intensificación de los vientos superficiales. Aunque es posible que los cambios experimentados en los vientos se relacionen con el inicio de una oscilación decadal negativa del Pacífico, desde finales de la década de 1990, la

aceleración reciente parece ser mucho mayor que la asociada con la variabilidad natural, lo que sugiere que es parte de una tendencia a más largo plazo (Science Advances; DOI: 10.1126/sciadv.aax7727).

Las aguas de la costa oeste de Estados Unidos se han acidificado el doble de rápido que la media mundial

Las aguas de la costa de California se están acidificando a un ritmo mucho más rápido que en el resto del mundo según un estudio realizado por Emily Osborne y colaboradores de la NOAA (Nature Geoscience, 13:43-49, 2020). El análisis de 2000 conchas fosilizadas de foraminíferos permitió reconstruir el pH del océano durante los últimos 100 años. La concentración de carbonato cálcico en los depósitos disminuyó aproximadamente un 20% a lo largo del siglo XX, lo que indica una reducción de 0,21 en el pH, más del doble de lo estimado a nivel mundial. Los científicos también encontraron grandes cambios en la acidificación que se correlacionaron con la Oscilación Decenal del Pacífico y el patrón de variabilidad del sistema de afloramiento de California. Esto sugiere que las variaciones climáticas juegan un papel importante en la amplificación de la señal antrópica y la progresión de la acidificación de esta región.

Las ballenas varan más durante los días de mayor actividad solar

Según el equipo liderado por Jesse Granger, de la Universidad de Durham (EE.UU.), la mayor ocurrencia de varamientos de ballenas en determinados años puede estar relacionado con la actividad solar y el número de manchas solares (Current Biology, 30:155-156, 2020). Las manchas solares son indicadores de tormentas solares, que son explosiones repentinas de partículas de alta energía que pueden afectar el campo magnético de la Tierra. El análisis de 31 años de datos de varamientos de ballenas grises proporcionado por la NOAA (Administración Nacional Oceánica y Atmosférica de EE.UU.) y datos de manchas solares del Observatorio Real de Bélgica, parece indicar que el aumento del número de manchas solares en la superficie del Sol se asocia a un incremento en la probabilidad de varamiento de las ballenas grises, posiblemente porque la mayor actividad solar altere el supuesto sentido de orientación magnético de estos cetáceos.



Corrientes costeras en la costa de la Isla de Montefaro, en Galicia, España (Autor: MACfoto 1963).



Costa de Point Arena, en California (EE.UU.) (Autor: JennyandtheSummerDay).



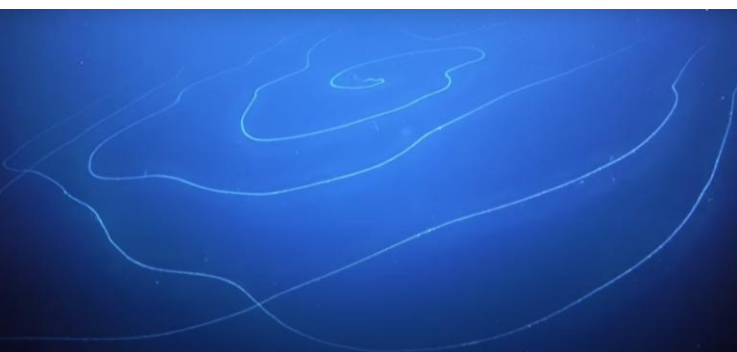
Ballena gris (*Eschrichtius robustus*) saltado fuera del agua en el parque nacional de Kenay Fjords, en Alaska (EE.UU.).



Coral blanqueado en octubre de 2016 en Yonge reef, norte de la Gran Barrera de Coral australiana (Autor: Greg Torda, ARC Centre of Excellence for Coral Reef Studies, Australia).



Bosque de kelps en La Jolla (California, EE.UU.) (Autor: Camille Pagniello, California Sea Grant).



Cuerpo alargado del sifonóforo del género *Apolemia* localizado por el robot submarino SuBastian (Fuente: Schmid Ocean Institute).



Tractor desinfectado con lejía la playa de Zahara de los Atunes (Cádiz, España) (Fuente: NIUS).

Blanqueamiento masivo de la Gran Barrera de Coral

Los estudios de seguimiento de la Gran Barrera de Coral de Australia realizados por investigadores de la Universidad James Cook muestran que la estructura coralina ha sufrido en 2020 el segundo blanqueamiento más grave jamás registrado. El blanqueamiento ha sido debido a calentamiento del agua del océano por encima del rango de tolerancia de los corales, alcanzando los niveles más altos jamás observados en febrero. Como respuesta al estrés térmico, los pólipos de coral expulsan las zooxantelas que normalmente viven dentro de sus tejidos y les ayudan a sobrevivir. El blanqueo resultante mata muchos corales y dificulta el crecimiento y la reproducción de los que sobreviven. Aunque el blanqueamiento de 2016 fue peor, los daños causados en los últimos meses de verano austral están afectado a un área más amplia.

En marzo, los científicos han estimado que el 25% de los arrecifes estaban gravemente afectados, con más del 60% de los corales blanqueados, y posiblemente acaben muriendo. En 2016, más de la mitad del coral severamente blanqueado en la franja norte del arrecife murió.

Los bosques gigantes de Kelp en peligro

El aumento en la frecuencia e intensidad de las olas de calor marinas está comprometiendo la capacidad de los bosques submarinos de kelps para producir bienes y servicios (como sostén de poblaciones de peces, protección costera, reciclaje de nutrientes, secuestro de carbono, etc.). Entre 2014 y 2016, el calentamiento sin precedentes del noreste del Océano Pacífico, durante periodos prolongados, ha diezmando los bosques de estas algas gigantes en las regiones de California (EE.UU.) y Baja California (México). Tres años después de estos eventos climáticos extremos los bosques de kelp no se han recuperado. Muchos de estos bosques submarinos han sido reemplazados por otras especies de algas más pequeñas o por blanquiales causados por los erizos de mar.

El animal más grande del océano profundo

Las grandes profundidades del océano están aún casi totalmente inexploradas y, por eso, los científicos marinos son constantemente sorprendidos por las extrañas criaturas que encuentran viviendo en la oscuridad perpetua de estas aguas. El uso del robot

submarino SuBastian, a bordo del Buque de Investigación Falkor (Schmidt Ocean Institute), ha permitido a los científicos del equipo de la Dra. Nerida Wilson, del Western Australian Museum, observar una de estas extrañas criaturas mientras exploraban los cañones de Ningaloo, en la costa de Australia Occidental. Se trata de un sifonóforo gigante del género *Apolemia*, cuya longitud corporal supera los 120 m. Este sifonóforo, lejanamente emparentado con las medusas y los corales, en realidad es una colonia de zooides unidos en una larga cadena gelatinosa. Cada una de estas miles de células pequeñas y especializadas, o zooides, cooperan para formar una colonia funcional. En esta campaña exploratoria también se observaron hasta 30 nuevas especies, entre las que destacan un pulpo bioluminiscente, un pepino de mar de cola larga y varias especies de moluscos, percebes y langostas.

Las ballenas tienen más dificultad para comunicarse en un océano ruidoso

Al analizar más de 42000 llamadas emitidas por rolcales minke (*Balaenoptera acutorostrata*), Tyler Helble y su equipo del Naval Information Warfare en Hawái, descubrieron que a medida que se intensifica el ruido de fondo las ballenas pierden su capacidad de comunicarse a largas distancias. Esto podría limitar su capacidad de encontrar parejas y entablar un contacto social importante con otras ballenas. Al medir cuando una sola llamada llegó a varios micrófonos submarinos, el equipo fue capaz de identificar las ubicaciones de las ballenas con un error de entre 10 y 20 metros, calculando además la intensidad de cada sonido emitido. Sin embargo, al comparar estas mediciones con el ruido ambiental natural (olas, viento y los terremotos submarinos), descubrieron que los rolcales emitían llamada más intensas cuando el ruido ambiental era más fuerte. Pero, a diferencia de las orcas y las ballenas jorobadas, los rolcales minke compensan por completo el aumento del ruido: la intensidad de sus llamadas aumenta al mismo nivel que los niveles de ruido ambiental. Los científicos estiman que las llamadas de los rolcales minke, en un ambiente con poco ruido, podrían ser escuchados por otros a una distancia de hasta 114 kilómetros, pero a medida que aumenta el nivel de ruido, el rango se reduce a solo 19 kilómetros (J. Acoust. Soc. Amer., 147, 2020). Es importante considerar que el océano se ha vuelto aproximadamente 3 decibelios más ruidoso por década, principalmente debido a la navegación comercial.



Las campañas de desinfección por el COVID-19 ponen en riesgo los sistemas acuáticos

En un esfuerzo por contener la propagación del virus que causa el síndrome respiratorio agudo severo, conocido como coronavirus COVID-19 (SARS-CoV-2), China ha estado aplicando desinfectantes de cloro en espacios interiores y exteriores, pero también está ocurriendo en otros países (e.g.: el ayuntamiento de Cádiz ha desinfectado con lejía la playa de Zahara de los Atunes). China ha dispersado más de 5000 toneladas de desinfectantes solo en la ciudad de Wuhan, productos químicos que pueden entrar en los sistemas de alcantarillado y contaminar los recursos de agua potable. Tanto la escorrentía directa como los efluentes indirectos de aguas residuales eventualmente terminarán en lagos, ríos y el océano, poniendo en riesgo los ecosistemas acuáticos. Según el equipo del profesor Zhang, de la Academia China de Ciencias, estos desinfectantes de cloro son una amenaza para las plantas acuáticas y la vida silvestre de dos maneras: primero, el cloro puede dañar directamente a los organismos al destruir sus paredes celulares o dañar sus proteínas por oxidación; y, en segundo lugar, los productos químicos usados como desinfectantes pueden unirse con otros materiales para formar compuestos más dañinos. En el agua superficial, la materia orgánica disuelta es extremadamente alta, lo que podría permitir la síntesis de subproductos de desinfección, como trihalometanos o ácidos haloacéticos, muy tóxicos para los organismos acuáticos. Además, estos desinfectantes combinados con el nitrógeno, forman cloraminas o N-nitrosodimethylamina, ambos con reconocida actividad cancerígena (Sci., 263(6487):146-147, 2020).

A medida que el COVID-19 se extiende por todo el mundo, el mayor uso de desinfectantes podría provocar desastres secundarios en los ecosistemas acuáticos de todo el planeta. Es necesario que los gobiernos de los países afectados limiten el uso de estos desinfectantes y realicen evaluaciones de su impacto en los ecosistemas acuáticos. Esto podría, además de salvar la biodiversidad, proteger a los humanos de futuras amenazas sanitarias derivadas del agua contaminada.

A photograph of a mangrove forest in the Philippines. The image shows a dense thicket of trees with prominent, tangled prop roots extending from the ground into a body of water. The water is calm, reflecting the surrounding greenery and the complex root system. The sky is visible through the canopy of the trees.

Efemérides

Bosque de manglar en Filipinas
(Autor: Zarqa Liaqat en Pixabay).

Día Internacional de la defensa del ECOSISTEMA MANGLAR

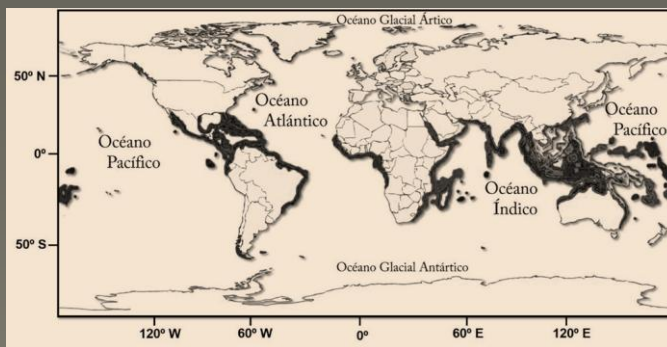
Airam Sarmiento Lezcano

Sociedad Atlántica de Oceanógrafos

Recientemente, desde el año 2015, a través de la II Asamblea General de Redmanglar Internacional (Conferencia General de la Unesco), se acordó conmemorar, cada 26 de julio, el *Día Internacional de la Defensa de los Manglares* debido a la pérdida sustancial de estos ecosistemas costeros que son altamente productivos. Se eligió este día en memoria del activista ambiental Hayhow Daniel Nanoto que falleció en esa fecha durante una protesta. La palabra Mangle procede de la lengua indígena Guaraní y significa “árbol retorcido”, y define a unos arbustos o árboles pequeños que crecen en aguas salinas costeras o salobres. Por esa razón, son árboles tolerantes a la sal, también llamados halófitos, adaptados a la vida en condiciones costeras adversas. Contienen un complejo sistema de filtración de sal y un sistema de raíces para hacer frente a la inmersión en agua salada y la acción de las olas. Además, están adaptados a las condiciones de baja concentración de oxígeno en el lodo.

Las franjas de costas sumergibles por el efecto de las mareas alrededor del planeta presentan varios tipos de vegetación, siendo los manglares uno de ellos. Estos ecosistemas ocupan alrededor de 14.653.000 hectáreas de la zona costera mundial,¹ proporcionando importantes funciones para las especies que dependen de estos ecosistemas para su existencia (Fig. 1). Son conocidos por su gran valor ambiental y socioeconómico. Sin embargo, este entorno está siendo objeto de una grave explotación y constante amenaza de desintegración en los últimos tiempos. Millones de hectáreas, alrededor del 25% de los manglares en todo el mundo se están perdiendo gradualmente a escala mundial, siendo las principales causas de su destrucción la alta presión demográfica, los cultivos a gran escala de peces y camarones, la adaptación de áreas para la agricultura, las infraestructuras costeras, el turismo, la polución y los desastres naturales.²

Aproximadamente 177 países albergan manglares en sus costas, confinados entre los 30° N y 30° S, en las regiones tropicales y subtropicales del planeta. Estos árboles se encuentran a lo largo de las costas de ríos, mares y estuarios, razón por la que son muy diversos, existiendo alrededor de 70 especies de manglares. Los más comunes son el mangle blanco (*Laguncularia racemosa*), mangle gris (*Conocarpus erectus*), mangle negro (*Avicennia germinans*) y el mangle rojo (*Rhizophora mangle*). Estas especies de manglares (Fig. 2) tienen algunas características fundamentales que los hace diferenciar de otros.



Distribución geográfica de los manglares (Fuente: Giro et al., 2008, *Journal of Biogeography* 35:519-528). (Figura 1)



- *Laguncularia racemosa* (Fig. 2A): ampliamente distribuida en zonas pantanosas a lo largo de las costas pacíficas y atlánticas. Industrialmente utilizada para extraer madera, se caracteriza por presentar raíces zancudas y por aportar refugio y alimento a la fauna marina.
- *Conocarpus erectus* (Fig. 2B): “arbusto siempre-verde”, presenta una distribución más amplia que los otros manglares grises. Un arbusto muy denso que puede alcanzar la altura de un árbol muy resistente y que tolera condiciones intensas de sequía. Sus hojas y cortezas son astringentes y se utilizan en el curtido de pieles. También tiene aplicaciones medicinales.
- *Avicennia germinans* (Fig. 2C): especie que crece en regiones tropicales y subtropicales del océano Atlántico. Desempeña un papel clave en el ecosistema por su hojarasca y detritos movidos por la marea. Además, sirve como resguardo, crianza y protección para especies de crustáceos, peces y aves.



Manglar con sus raíces sumergidas en el agua (Autor: Lilibeth Rodríguez en Pixabay). (Figura 3)



Gobios anfibios o mudskippers (*Baleophthalmus dussumieri*) desplazándose entre las raíces de un manglar del Sudeste Asiático (Autor: Kanenori en Pixabay).



Ibis blanco (*Eudocimus albus*), al igual que muchas otras aves acuáticas, se alimenta de pequeños peces e invertebrados que caza entre las raíces del manglar (Autor: Keirstin Proud en Pixabay).

Presenta neumatóforos (raíces aéreas), lo que le permiten que sus raíces sumergidas respiren.

- *Rhizophora mangle* (Fig. 2D): cuenta con aproximadamente 120 especies distribuidas en 16 géneros. Este manglar domina en las zonas más anegadas de los ecosistemas y la zona intermareal. Es una especie que está adaptada a ambientes salinos, tolera altas concentraciones de sal y sirve como refugio para animales terrestres y acuáticos. Es uno de los árboles emblemáticos de Venezuela.

Además de presentar una amplia cobertura geográfica, aunque bastante limitada por ser sistemas que ocupan terrenos inundables, los manglares tienen la capacidad de transformar la energía solar en materia orgánica (usando la fotosíntesis, absorben dióxido de carbono convirtiéndolo en carbono orgánico). Por ese motivo, es un ecosistema bastante rico debido a la producción de materia orgánica que genera, donde aporta alimento para una red muy compleja de organismos que habitan en la misma zona y que además tienen importancia comercial. Sin embargo, uno de los servicios ambientales que presentan estos ecosistemas alrededor del mundo es la protección frente a fenómenos naturales adversos como huracanes y tormentas, los cuales funcionan como barreras naturales.

Finalmente, uno de los papeles fundamentales de los manglares en este siglo es la capacidad de almacenar más dióxido de carbono que cualquier otro bosque tropical, por lo que son considerados un importante escudo contra el cambio climático. Gracias a sus largas raíces que penetran en el sedimento, estos acumulan cinco veces más carbono que en la superficie y, por ello, están considerados como sumideros de carbono, reduciendo el CO₂ en la atmósfera y secuestrándolo en depósitos de sedimentos. Sin embargo, la importante destrucción de los manglares a lo largo de los últimos 50 años ha provocado que no ocurra una disminución neta de CO₂ en el ambiente por parte de los manglares, al tiempo que se produce la liberación de las reservas de carbono que se han ido acumulando en los sedimentos durante siglos. En esta situación de degradación, las zonas deforestadas de manglares producen cerca del 10% de las emisiones de CO₂, siendo la segunda mayor fuente de dióxido de carbono después de la quema de combustibles fósiles.³ Es por esa la razón por la que numerosos activistas se han puesto de acuerdo para proteger y conservar estos ecosistemas, existiendo un grupo numeroso de asociaciones que se encargan de estudiar, divulgar, promover, sensibilizar y capacitar sobre el valor de los manglares.

Bibliografía

- 1- FAO (2003). Status and trends in mangrove area extent worldwide. Rome: Forest Resources Division, Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Omo-Irabor, O. O., Olobaniyi, S. B., Akunna, J., Venus, V., Maina, J. M., & Paradzayi, C. (2011). Mangrove vulnerability modelling in parts of Western Niger Delta, Nigeria using satellite images, GIS techniques and Spatial Multi-Criteria Analysis (SMCA). *Environmental monitoring and assessment*, 178(1-4), 39-51.
- Yáñez-Arancibia, A., Twilley, R. R., & Lara-Domínguez, A. L. (1998). Los ecosistemas de manglar frente al cambio climático global. *Madera y bosques*, 4(2), 3-19.

Pérez Galdós y el mar



Jorge A. Liria
Okeanos

Este año se cumplen 100 de la muerte de uno de los grandes escritores de la historia de España, Benito Pérez Galdós (Las Palmas de Gran Canaria, 1843 – Madrid, 1920). El escritor grancanario es considerado el creador de la novela moderna española y siguiendo esa vena periodística que presidió sus primeros años la extendió a su producción literaria en distintas facetas. Pérez Galdós vive en el convulso siglo XIX, siendo testigo directo de un tiempo de transformación y, en muchas ocasiones, de inestabilidad política. Escritor prolífero y de una intensidad intelectual sólo al alcance de muy pocas mentes privilegiadas, también tomó el compromiso directo con su tiempo, como otros intelectuales coetáneos, aunque su aventura política no tuvo éxito y ha pasado casi inadvertida ante la dimensión del escritor.

Entre los años 1873 y 1912 escribió la serie, de cuarenta y seis libros, *Episodios Nacionales*, en los que narra la historia de España desde 1805 a 1880. Esta monumental obra, esencial para la Literatura Española, tiene al propio Pérez Galdós en muchos casos como testigo contemporáneo de las historias, o en otras, como el caso que traemos a este artículo, *Trafalgar*, a una historia ocurrida una generación antes.

El mar, que siempre enamora a cualquier canario, se muestra en *Trafalgar* (Episodio I, Serie I) a través de su joven protagonista, Gabriel de Araceli, inaugurando diez novelas con este protagonista siempre relacionado en los conflictos con Francia. El muchacho embarca de la mano de Pérez Galdós como paje en el navío *Santísima Trinidad* y desde ahí relata la célebre batalla. La patria, como expresión y sin juicios, se convierte en el elemento central, y con la intención de comprender su significado. Los relatos de esta novela son tan precisos que sólo pueden ser el resultado del testimonio de algún veterano de la batalla que contó a Pérez Galdós lo acontecido. Es muy probable que el protagonista real, joven, se convirtiera en el personaje de ficción. Esta posibilidad puede ser muy real, pues en obras posteriores el escritor utilizó esta técnica para obtener algunos de sus argumentos.

El 21 de octubre de 1805 sucede la Batalla de Trafalgar, que obtiene este nombre por desencadenarse frente al cabo de Trafalgar, donde la armada Británica y la coalición franco-española combaten durante la guerra que enfrentaba a los ingleses con Napoleón Bonaparte. El comandante británico era el Almirante Nelson, desde su buque insignia *Victory*, mientras franceses y españoles estaban bajo las órdenes del Almirante galó Villeneuve, con la ayuda del español Gravina.

SANTÍSIMA TRINIDAD

Este modelo que aparece junto a estas líneas, realizado en 1766 por Mateo Mullan, se corresponde —en una escala de 1/46— con el navío de línea *Santísima Trinidad*. En su época fue uno de los barcos insignia de la Armada Española. El buque fue construido en el arsenal de La Habana y su botadura se produjo el 2 de mayo de 1769. Con posterioridad se le practicaron mejoras en los arsenales de Ferrol y Carraca, que lo convirtieron en el único de la historia con cuatro puentes.

Pese a la derrota, durante la batalla de Trafalgar fue el responsable de la mayoría de los daños al *Victory* —navío insignia del vicealmirante inglés Nelson— y además socorrió a varios de los navíos franceses. Para rendir al *Trinidad* fueron necesarios cuatro barcos ingleses cañoneando incesantemente. Finalizada la batalla, los ingleses quisieron remolcar el navío de cuatro puentes, pero dada la grandísima brecha abierta en el casco, decidieron dejarlo hundir, con un gran número de enfermos y heridos dentro.

Jorge Juan y Santacilia (en la imagen) fue uno de los marinos más ilustres de su época. No solo por su carrera militar sino por su faceta científica en el campo de la ingeniería naval. Tras una estancia en Inglaterra (1748) aprendiendo su sistema de construcción naval, regresa a España y en 1749 aprueba los primeros cambios, bajo el patrocinio del Marqués de Ensenada, que sustituirían el sistema anterior “a la española” de Gaztañeta. Ya en 1771 publica *Examen Marítimo*, fusionando teoría y práctica en un solo tratado, en el que incluye todas las mejoras y cambios necesarios observados en ese lapso de tiempo, creando un sistema que colocó a España en la vanguardia de ingeniería naval.



Mapa británico de la Batalla de Trafalgar. (Museo Naval Madrid).

El *Santísima Trinidad* en Trafalgar

«Figúrense ustedes cuál sería mi estupor, ¡qué digo estupor!, mi entusiasmo, mi enajenación, cuando me vi cerca del *Santísima Trinidad*, el mayor barco del mundo, aquel alcázar de madera que, visto de lejos, se representaba en mi imaginación como una fábrica portentosa, sobrenatural, único monstruo digno de la majestad de los mares.»

«A medida que nos acercábamos, las formas de aquel coloso iban aumentando, y cuando la lancha se puso al costado, confundida en el espacio de mar donde se proyectaba, cual en negro y horrible cristal, la sombra del navío; cuando vi cómo se sumergía el inmóvil casco en el agua sombría que azotaba suavemente los costados; cuando alcé la vista y vi las tres filas de cañones asomando sus bocas amenazadoras por las portas, mi entusiasmo se trocó en miedo, puseme pálido y quedé sin movimiento, asido al brazo de mi amo.»

«Aquel coloso, construido en La Habana con las más ricas maderas de Cuba en 1769, contaba treinta y seis años de honrosos servicios. Tenía 220 pies (61 metros) de eslora, es decir, de popa a proa; 58 pies de manga (ancho)

y 28 de puntal (altura desde la quilla a la cubierta), dimensiones extraordinarias que entonces no tenía ningún buque del mundo. Sus poderosas cuadernas, que eran un verdadero bosque, sustentaban cuatro pisos.»

«En sus costados, que eran fuertísimas murallas de madera, se habían abierto al construirlo 116 troneras; cuando se le reformó, agrandándolo, en 1796, se le abrieron 130, y artillado de nuevo, en 1805, tenía sobre sus costados, cuando yo le vi, 140 bocas de fuego, entre cañones y carronadas. El interior era maravilloso por la distribución de los diversos compartimientos, ya fuesen puentes para la artillería, sollados para la tripulación, pañoles para depósitos de víveres, cámaras para los jefes, cocinas, enfermería y demás servicios.»

«Me quedé absorto recorriendo las galerías y demás escondrijos de aquel Escorial de los mares. Las cámaras situadas a popa eran un pequeño palacio por dentro, y por fuera una especie de fantástico alcázar; los balconajes, los pabellones de las esquinas de popa, semejantes a las linternas de un castillo ojival, eran como grandes jaulas abiertas al mar, y desde donde la vista podía recorrer las tres cuartas partes del horizonte.» (Benito Pérez Galdós).

Reseñas bibliográficas

PLASTIC SOUP

AN ATLAS OF OCEAN POLLUTION



MICHEL ROSCAM ABING

Plastic Soup: An Atlas of Ocean Pollution (Sopa de plástico: un atlas de la contaminación del océano)

Autor: Michiel Roscam Abbing

Año de edición: 2019

ISBN-10: 1642830089

ISBN-13: 978-1642830088

Precio aproximado: 23,65 €

Los plásticos han transformado todos los aspectos de nuestras vidas. Sin embargo, las propiedades que los hacen atractivos como que son baratos de fabricar, livianos y duraderos, significan un desastre cuando como basura llega al medio ambiente. *Sopa de plástico: un atlas de la contaminación del océano* es una revisión bellamente ilustrada de los plásticos que obstruyen nuestros mares, sus impactos en la vida silvestre y las personas en todo el mundo, e iniciativas inspiradoras diseñadas para abordar el problema. En *Sopa de Plástico*, Michiel Roscam Abbing de la "Plastic Soup Foundation" revela el alcance del problema: la basura plástica ahora acecha en todos los rincones del planeta. Con impresionantes fotografías y gráficos, *Sopa de Plástico* lleva este desafío a la vida de los lectores. Sin embargo, también envía un mensaje de esperanza. Aunque la escala del problema es enorme, también lo es la dedicación de los activistas que trabajan para atacarlo. *Sopa de Plástico* destaca una amplia gama de proyectos para frenar los desechos plásticos y crear conciencia, desde tiendas de artículos comerciales libres de plástico hasta leyes innovadoras y expresiones artísticas. Según algunas estimaciones, si continuamos en nuestro camino actual, los océanos contendrán más plástico que pescado para el año 2050. Creado para informar e inspirar a los lectores, *Sopa de Plástico* es una herramienta crítica en la lucha para revertir esta tendencia.

European Whales, Dolphins, and Porpoises: Marine Mammal Conservation in Practice (Ballenas, delfines y marsopas europeas: conservación práctica de mamíferos marinos)

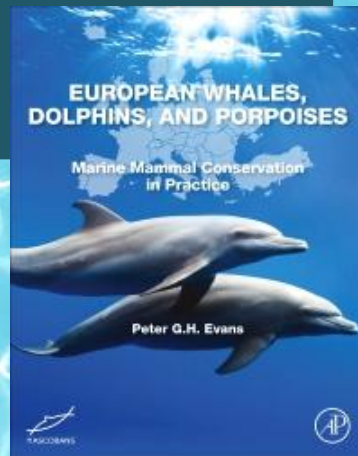
Autor: Peter Evans

Año de edición: 2019

ISBN-13: 978-0128190531

ISBN-10: 0128190531

Precio aproximado: 94,65 €



Este libro presenta una visión íntima del funcionamiento de los acuerdos internacionales de conservación para proteger a los mamíferos marinos, detalla los logros de los últimos 25 años, identifica las debilidades y formula recomendaciones a gobiernos, científicos, representantes de entidades conservacionistas marinas y público en general, aprovechadas para mejorar los esfuerzos de conservación. El libro está escrito por un científico experto en mamíferos marinos y conservacionista galardonado, una síntesis única sobre su estado, distribución y ecología. Además, presenta información sobre diversas amenazas para su conservación, incluidas las capturas accidentales, contaminantes, alteración del ruido, ingestión de plástico y cambio climático.

Marine Protected Areas: Science, Policy and Management (Áreas Marinas Protegidas: ciencia, política y gestión)

Editores: John Humphreys Robert Clark

Año de edición: 2019

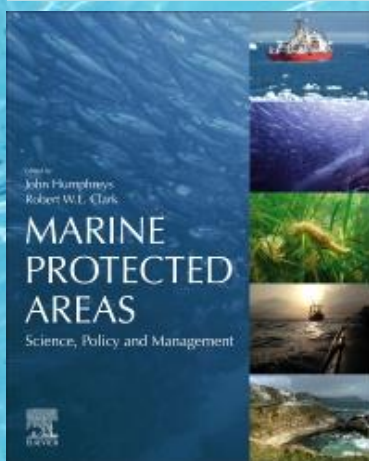
ISBN-13: 978-

0081026984

ISBN-10: 0081026986

Precio aproximado:

169,74 €

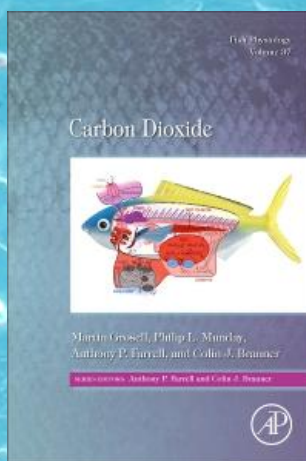


Este libro aborda un espectro completo de cuestiones relacionadas con las áreas marinas protegidas (AMP) que actualmente no están disponibles en ninguna otra monografía. Los capítulos han sido escritos por una amplia gama de especialistas que examinan las concepciones y definiciones de las AMP, el progreso en la implementación de las AMP en todo el mundo, las variaciones políticas y legales entre las AMP, importancia general de las comunidades costeras en la implementación y el futuro de las AMP. El libro aclara constructivamente los conflictos, los problemas, los enfoques y las soluciones de una manera que crea una consideración equilibrada de políticas y gestión efectivas.

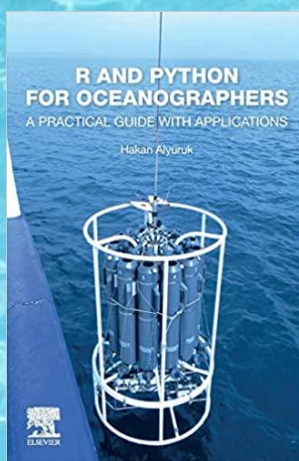
Puedes comprar y



LIBRERÍA
Lemus



**Carbon Dioxide – volume 37
Fish Physiology** (Dióxido de carbono, volumen 37 de la serie Fish Physiology)
Editores: Martín Grosell, Philip L. Munday, Anthony P. Farrell y Colin J. Brauner
Año de edición: 2019
ISBN-10: 9780128176092
ISBN-13: 9780128176108
Precio aproximado: 120,00 €



R and Python for Oceanographers: A Practical Guide with Applications (R y Python para oceanógrafos: una guía práctica con aplicaciones)
Autor: Hakan Alyuruk
Año de edición: 2019
ISBN-10: 0128134917
ISBN-13: 978-0128134917
Precio aproximado: 98,80 €

Este nuevo volumen de la serie *Fish Physiology* (Fisiología de Peces) de Academic Press destaca los recientes avances en el campo de la fisiología de CO_2 , con capítulos interesantes en una amplia variedad de temas, incluidos los avances históricos, actuales y futuros en la fisiología del CO_2 y su dinámica en los ecosistemas marinos y de agua dulce, su detección, equilibrios ácido-base y homeostasis de CO_2 (regulación y compensación como respuestas a altas concentraciones), el CO_2 y los procesos de calcificación en peces, la fisiología de los impactos conductuales con alta concentración de CO_2 , efectos de las altas concentraciones en el consumo de O_2 (alcance aeróbico y rendimiento en la natación), dinámica interna y espaciales y temporales del CO_2 (alimentación, variación alcalina, etc.), el CO_2 en la acuicultura, efectos ecológicos de altas concentraciones de CO_2 en peces marinos y dulceacuícolas (del individuo a la comunidad) y adaptación y respuesta evolutiva a la alta concentración de CO_2 .

R y Python para oceanógrafos: una guía práctica con aplicaciones describe los usos de los paquetes científicos de Python y R en el análisis de datos oceanográficos, incluidos los scripts y las salidas gráficas. Cada capítulo comienza con una base teórica seguida de ejemplos paso a paso de aplicaciones de software, que incluyen scripts, gráficos, tablas y ejercicios prácticos para una mejor comprensión del tema. Los ejemplos incluyen enfoques de análisis de datos de uso frecuente en oceanografía física y química, pero también contienen temas sobre importación/exportación de datos y cartografiado SIG. Los ejemplos vistos en el libro proporcionan usos de las últimas versiones de las bibliotecas Python y R.



Microbial Communities in Coastal Sediments: Structure and Functions (Comunidad microbiana en sedimentos costeros: estructura y funciones)
Autores: Salom Thanga, Tim Jennerjahn y Kumarasamy Ramasamy
Año de edición: 2020
ISBN-10: 012815165X
ISBN-13: 9780128151655
Precio aproximado: 117,24 €

Comunidad microbiana en sedimentos costeros: estructura y funciones presenta las investigaciones realizadas en microbiología costera en las últimas dos décadas. El libro cubre la fuente de materia orgánica que sirve de soporte a las comunidades microbianas de los sedimentos, y continúa considerando la calidad de esta con respecto a la degradación en los sedimentos costeros. El libro explora los cambios inducidos por el hombre en los ecosistemas costeros, luego se enfoca en la disponibilidad de nutrientes, las fuentes de contaminantes orgánicos persistentes (COP) en el sedimento y la secuencia de las estructuras y funciones microbianas cuando se utilizan herramientas moleculares. A pesar de los años de investigación, este es el primer libro que se centra exclusivamente en los microbios de los ecosistemas costeros. Permite tener una mejor comprensión de la diversidad y las funciones de los diferentes tipos de microbios que habitan en los ecosistemas costeros de todo el mundo. El libro describe la estructura de la comunidad microbiana en los sedimentos marinos, al tiempo que elabora los métodos de evaluación de la comunidad microbiana, por lo que puede ser de gran utilidad para los microbiólogos acuáticos, ecólogos marinos, microbiólogos marinos, investigadores y científicos, por igual.

reservar tus libros en



La ULPGC, fundada en el año 1989, dispone de seis Campus, tres de los cuales están situados en Las Palmas de Gran Canaria; uno en el término municipal de Arucas (Gran Canaria) y otros dos en las islas de Lanzarote y Fuerteventura. Además, desde 2008 dispone de diversas instalaciones gestionadas a través de la Fundación Canaria Parque Científico Tecnológico de la ULPGC, como es el caso del Parque Científico Tecnológico Marino ubicado en Taliarte (Telde). La ULPGC a pesar de su juventud, en pocos años ha conseguido situarse como una de las principales universidades españolas, con una alta productividad científica, destacando en el uso de las nuevas tecnologías, en las investigaciones relacionadas con los ámbitos marino y marítimo o en los programas de movilidad internacional.

Nuestra universidad cuenta con más de 1.600 profesores, que desempeñan además una valiosa actividad investigadora -avalada por 115 grupos de investigación (con 445 sexenios vivos), algunos de ellos de referencia internacional. La estructura de investigación se completa con 11 institutos Universitarios. Los últimos datos indican que están vigentes 194 proyectos y se han captado 15.5 millones de euros para su desarrollo. Por lo que respecta a la docencia, se imparten 44 títulos de grado, seis de ellos dobles grados, 22 másteres universitarios y 13 programas de doctorado, junto a otros cursos de títulos propios o formación especializada. Todas estas actividades son realizadas por 1.648 profesores e investigadores y 837 miembros del personal de administración y servicios, que imparten docencia y dan apoyo a diversas actividades académicas para un total de 20.356 alumnos en estudios oficiales, de los cuales 711 son alumnos de programas de doctorado y 1.510 alumnos matriculados en titulaciones en línea.

Dentro de la estructura organizativa de la ULPGC, el Instituto Universitario de Acuicultura Sostenible y Ecosistemas Marinos (IU-ECOQUA®), tiene por objeto promover la excelencia en investigación, innovación y formación de postgrado en la conservación y el uso sostenible de los recursos costeros y en el desarrollo de una acuicultura sostenible y responsable en nuestro entorno geográfico.

El principal objetivo del IU-ECOQUA es contribuir al desarrollo económico de Canarias (y por extensión de los otros archipiélagos macaronésicos) mediante la generación de conocimiento en conservación y uso sostenible de los distintos recursos, entre los que destacan los recursos costeros y la acuicultura, y su transferencia a la sociedad, permitiendo construir nuevas oportunidades de negocio. Así, para promover un mejor planeamiento y gestión integrada del medio marino, incluyendo el desarrollo sostenible de la pesca litoral y la acuicultura bajo un enfoque ecosistémico, dentro del IU-ECOQUA® se integran 22 líneas de investigación agrupadas en los siguientes epígrafes:

1. Conservación de la Biodiversidad.
2. Mejora de la nutrición y los piensos de los organismos cultivados.
3. Diversificación de especies para la acuicultura.
4. Salud y bienestar de los organismos acuáticos.
5. Nuevas técnicas de cultivo larvario.
6. Aplicaciones genéticas en acuicultura.
7. Ecología, estructura y dinámica de ecosistemas y recursos marinos.
8. El pasado del Mar en Canarias.
9. Gestión pesquera y pesquerías.
10. Sostenibilidad y gestión costera.
11. Sensibilización ciudadana y diseminación del conocimiento científico.
12. Internacionalización y cooperación al desarrollo: Transferencia.
13. Ecofisiología de los organismos marinos.
14. Turismo, litoral, ordenación del territorio y medio ambiente.

En la actualidad el IU-ECOQUA es miembro de la Plataforma Tecnológica Europea de la Acuicultura (EA-TiP) que aglutina a los productores de acuicultura de toda Europa, y coordina las investigaciones y transferencia al sector empresarial en temas de alimentación y nutrición. En este sentido, el IU-ECOQUA es el Coordinador Científico de un proyecto europeo para el Desarrollo Tecnológico de la Acuicultura Mediterránea que incluye todas las asociaciones de empresarios de acuicultura europeos. Además, los investigadores del IU-ECOQUA son los coordinadores de varios proyectos de la convocatoria Interreg POMAC 2014-2020, entre ellos el proyecto PLASMAR y su continuación PLASMAR+.

El IU-ECOQUA trabaja en estrecha colaboración con el sector empresarial, indispensable para mantener un buen conocimiento de las necesidades de la industria, y al mismo tiempo con las administraciones públicas dando soporte tecnológico para promover un desarrollo sostenible de los recursos marinos y permitiendo construir nuevas oportunidades de negocio. Un tercer aspecto de gran relevancia dentro del IU-ECOQUA es la transferencia del conocimiento y la divulgación a la sociedad y a grupos interesados sobre el medio ambiente marino y su conservación.

¿DICES O HACES?



HAZTE SOCIO/SOCIA

900 100 014 dicesohaces.org

Cada vez más cerca de las personas





Fondo Europeo de Desarrollo Regional



Entidades participantes beneficiarias del FEDER



Secretaria Regional
do Ambiente e Recursos Naturais



Entidades participantes asociadas



Consejería de Agricultura, Ganadería y Pesca
Dirección General de Pesca



Secretaria Regional
de Agricultura e Pescas

