

REVISTA DEL INSTITUTO ESPAÑOL DE OCEANOGRAFÍA

ieo

número 23 -Diciembre/ 2015



Especial INDEMARES

CULTIVO DEL MERO EN EL CENTRO OCEANOGRÁFICO DE CANARIAS
IMÁGENES DE VIDEO SUBMARINO COMO HERRAMIENTA PARA LA ESTIMACIÓN
DE LA ABUNDANCIA DE CIGALA EN CÁDIZ



EDITORIAL

- 05 **EL IEO en INDEMARES: un gran éxito en un gran proyecto** La participación del IEO en INDEMARES, como ya ocurrió en Estrategias Marinas, demuestra su capacidad en grandes proyectos.

06 ACTUALIDAD

ESPECIAL INDEMARES

- 20 **EL IEO EN INDEMARES** Seis nuevos espacios marinos protegidos.
- 24 **INDEMARES, un hito en la conservación marina** Artículo de Ignacio Torres Ruiz-Huerta. Director del Proyecto LIFE+ INDEMARES.
- 26 **INDEMARES, un reto científico sin precedentes en la investigación del IEO** Artículo de Francisco Sánchez. Coordinador científico de INDEMARES.
- 28 **Un gran proyecto que ha marcado un antes y un después en la protección de áreas marinas en España** Artículo de José Luis Vargas Porcini. Coordinador de la gestión del proyecto INDEMARES en el IEO.
- 38 **El Banco de la Concepción** Un oasis de biodiversidad al norte de Lanzarote.
- 50 **Espacio marino del Oriente y Sur de Lanzarote – Fuerteventura** Esta amplia zona de Canarias engloba una biodiversidad extraordinaria.
- 62 **Volcanes de fango del golfo de Cádiz** La expulsión de fluidos cargados de gas metano ha dado lugar a multitud de estructuras en los fondos marinos del golfo de Cádiz.

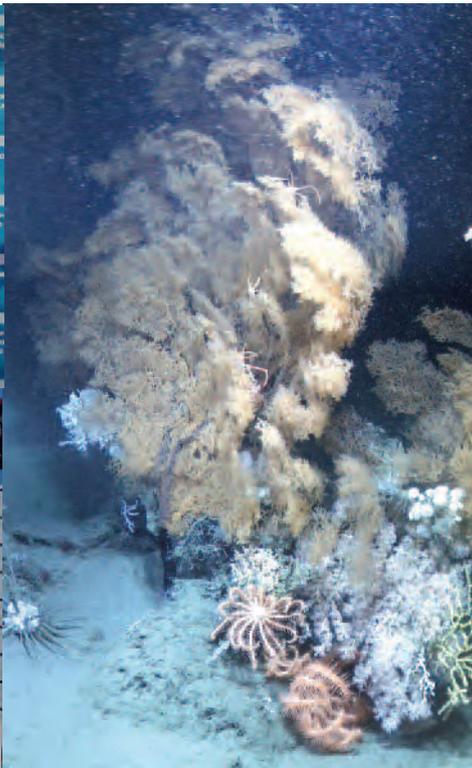


Foto de Portada: Francisco Sánchez.

En palabras de su autor: “es un fotomosaico generado a partir de 12 frames extraídas de una secuencia de video HD. Tuve que posicionar el ROV a 900 m de profundidad muy cerca del grupo de corales para no perder detalle por falta de luz con la distancia y enfrentarlo a la corriente para eliminar el backscatter de las partículas en suspensión. Luego con la cámara HD fui sacando secuencias estáticas parciales según un esquema de 3x4 para posteriormente extraer 12 fotos a 1920x1080 que fueron posteriormente procesadas para igualar balance de color y combinarlas para generar este espectacular fotomosaico.”

77 Canal de Menorca

Un corredor de biodiversidad.

88 El Sistema de Cañones submarinos de Avilés

Gracias al proyecto INDEMARES se han podido inventariar más de 1.300 especies relacionadas con el fondo.

104 El banco de Galicia

Una montaña submarina que actúa de oasis de vida a 180 km de la costa gallega.

REPORTAJES

114 Cultivo del mero en el Centro Oceanográfico de Canarias

El Centro Oceanográfico de Canarias consiguió obtener, en su Planta Experimental de Cultivos Marinos, los primeros ejemplares de mero nacidos en cautividad en el archipiélago.

124 Imágenes de Video Submarino como Herramienta para la Estimación de la Abundancia de Cigala en Cádiz

Nueva herramienta para la evaluación de las poblaciones de cigala (*Nephrops norvegicus*)

BUQUE

134 BUQUE OCEANOGRÁFICO MYTILUS

Un buque de investigación diseñado para trabajos de biología marina, especialmente en las rías de Galicia.

DIRECTORIO

136 Lista de centros oceanográficos del IEO

revista

ieo



EDITA

Director	Santiago Graño
Redactores	Pablo Lozano
Diseño	Ítala Spinetti
Distribución	Magali del Val
Producción editorial	Cuerpo 8
Email de la revista	revistaieo@md.ieo.es
Nipo	656-05-003-1
Depósito legal	M-29883-2007

INSTITUTO ESPAÑOL DE OCEANOGRAFÍA (IEO)

Director	Eduardo Balguerías Guerra
Secretaria general	María Dolores Menéndez Company
Subdirector general de investigación	Pablo Abaunza Martínez
Vocales asesores de la Dirección	Eladio Santaella Álvarez José Luis de Ossorno

Directores de los centros oceanográficos del IEO

C.O. BALEARES	Enric Massutí Sureda
C.O. CÁDIZ	Ignacio Sobrino Yraola
C.O. CANARIAS	Luis López Abellán Fernández
C.O. CORUÑA	Santiago Parra Descalzo
C.O. GIJÓN	Francisco Javier Cristobo Rodríguez
C.O. MÁLAGA	Jorge Baro Domínguez
C.O. MURCIA	Fernando de la Gándara García
C.O. SANTANDER	Alicia Lavín Montero
C.O. VIGO	Victoria Besada Montenegro

Instituto Español de Oceanografía (IEO)

Calle Corazón de María, 8
28002 Madrid
Tel.: 91 342 11 00
Fax: 91 597 47 70
<http://www.ieo.es>

Foto portada Francisco Sánchez





EL IEO EN INDEMARES: UN GRAN ÉXITO EN UN GRAN PROYECTO

En este número de la revista realizamos un gran esfuerzo editorial, publicando un largo y documentado especial sobre la participación del Instituto Español de Oceanografía en el proyecto INDEMARES. Dicha iniciativa ha supuesto un enorme reto para el IEO y –junto con nuestra participación en los estudios para la aplicación de la Directiva de Estrategias Marinas, otra importante iniciativa de la Unión Europea de notable importancia medioambiental, social, económica y política– ha supuesto la confirmación de la capacidad del IEO para realizar iniciativas científico-tecnológicas de enorme envergadura.

Tanto en INDEMARES como en Estrategias Marinas el IEO ha asumido una enorme responsabilidad científica, tecnológica y de gestión. En ambos casos un gran éxito, internacionalmente reconocido, ha coronado nuestra participación. Consecuentemente, el IEO está presente en los proyectos que son continuidad de las dos importantes iniciativas mencionadas.

Pero quizás lo más importante de estos dos casos es que demuestran el acierto de la política general del IEO: hacer ciencia de excelencia, en primera línea a escala internacional, pero sin jamás olvidar la aplicación práctica de estos conocimientos, asesorando a las distintas administraciones, aconsejando y resolviendo problemas, estando al pie del cañón en situaciones de emergencia y, por supuesto, revirtiéndolos en las empresas y el sistema productivo. Ha sido este enfoque el que nos ha permitido afrontar con éxito proyectos complejos de gran envergadura. Existe en el IEO una cultura corporativa, una capacidad para hacer las cosas, que permite resolver problemáticas multidisciplinares muy complejas, como las de INDEMARES y la Directiva de Estrategias Marinas. En pocas palabras, podemos estar orgullosos de los resultados en ambos casos.

Esperamos que el Especial INDEMARES que se publica en este número, y que para la revista ha supuesto un notable esfuerzo, agrade a nuestros lectores y sirva para dejar testimonio de la capacidad del Instituto Español de Oceanografía.

EL IEO MEJORA LAS TÉCNICAS DE ALIMENTACIÓN LARVARIA EN CULTIVOS DE ATÚN ROJO Y BONITO

Científicos del Instituto Español de Oceanografía (IEO), en colaboración con la Universidad de Bergen (Noruega), la Universidad Politécnica de Cartagena y la empresa Caladeros del Mediterráneo, han publicado dos artículos sobre el cultivo larvario en cautividad del atún rojo y el bonito, lo que permitirá conseguir mayor crecimiento y supervivencia en la cría de estas especies.

Desde hace algunos años el Centro Oceanográfico de Murcia del Instituto Español de Oceanografía (IEO) trabaja en la obtención de conocimiento científico y tecnológico para el cultivo del atún y especies similares en cautividad. Así, entre 2010 y 2011 se obtuvieron los primeros alevines de atún rojo y se cerró el ciclo productivo del bonito (obtención de puestas de reproductores nacidos en cautividad).

La colaboración entre los centros costeros de Murcia y Baleares del IEO, la Universidad de Bergen y la Universidad de Cartagena, junto a la empresa Caladeros del Mediterráneo, ha permitido

mejorar las técnicas de cultivo larvario de atún rojo y bonito para optimizar su cría en cautividad. Mientras que en otras especies cultivadas, como la dorada y la lubina, las larvas pueden alimentarse de pienso casi nada más terminar con la fase planctónica (alimentación con rotífero y artemia), en el bonito y el atún rojo las larvas requieren un proceso más complejo, con diferentes etapas de alimentación basada también en larvas de peces como presa (piscivoría). Además, hay que evitar el canibalismo entre ellas, lo que dificulta extraordinariamente su cultivo.

Los estudios se centran precisamente en la transición alimentaria entre planctivoría y piscivoría y entre ésta y la alimentación basada en pienso, ya que son cruciales al determinar la supervivencia larvaria y posterior crecimiento. En una serie de experimentos se ha evaluado el crecimiento y la supervivencia de larvas que comienzan la etapa piscívora a distintas edades en las dos especies. Los resultados indican que adelantar lo más posible el comienzo de la dieta piscívora mejora sustancialmente la supervivencia

y el crecimiento de las larvas en ambas especies, siempre y cuando éstas larvas presenten ya una morfología que indique que el inicio de la piscivoría es posible (ojos, dientes y sistema digestivo bien desarrollados y la aleta caudal flexionada). Otro aspecto de interés para el cultivo de estas especies es la selectividad del tamaño de presas durante la etapa piscívora. Normalmente, según crecen las larvas ingieren presas de mayor tamaño. Pero para larvas piscívoras casi no hay estudios de laboratorio que hayan comprobado esta selectividad.

"En nuestro estudio, alimentamos larvas de atún rojo de distinto tamaño (entre 15 y 25 milímetros) con larvas de dorada y bonito también de distinto tamaño. Los resultados indican que las larvas de atún seleccionan en general larvas pequeñas de bonito pero larvas grandes de dorada. Esto indica que las larvas de estas especies no solo muestran selectividad por el tamaño de la presa sino que hay que tener en cuenta otras características específicas según la especie de presa", explican los investigadores del IEO autores de los artículos.

LOS DIRECTORES DE LAS PRINCIPALES INSTITUCIONES OCEANOGRÁFICAS DEL MUNDO SE REUNIERON EN TENERIFE

Del 26 al 30 del pasado mes de enero se celebró en el Centro Oceanográfico de Canarias del Instituto Español de Oceanografía (IEO) la 16ª Reunión Anual de la Asociación Mundial para la Observación de los Océanos (POGO, <http://www.ocean-partners.org/>), que reúne a los directores de las principales instituciones de investigación oceanográfica del mundo, agrupando actualmente a 38 organismos de 19 países de los cinco continentes. El objetivo principal de la reunión fue analizar

la situación de los programas y acciones planteadas por POGO a lo largo de 2014, entre ellos los dedicados a la observación global del océano y la formación de estudiantes de países emergentes. Además hubo dos grupos de trabajo paralelos, con participación de relevantes investigadores invitados, donde se abordaron temas como la observación del océano profundo, la visibilidad y acceso a las series de datos oceanográficos, áreas marinas protegidas y relaciones con la industria.

El IEO mejora las técnicas de alimentación larvaria en cultivos de atún rojo y bonito
Las poblaciones de pez espada del Atlántico se han recuperado gracias a la investigación y gestión internacional coordinada.

Los directores de las principales instituciones oceanográficas del mundo se reunieron en Tenerife.
La implementación de las Estrategias Marinas de la UE dependerá de que se aplique un programa de medidas ambicioso

LAS POBLACIONES DE PEZ ESPADA DEL ATLÁNTICO SE HAN RECUPERADO GRACIAS A LA INVESTIGACIÓN Y GESTIÓN INTERNACIONAL COORDINADA

Científicos del Instituto Español de Oceanografía (IEO) han participado en un amplio trabajo internacional que revisa el conocimiento científico sobre la biología, pesca y gestión del pez espada del Atlántico. Como resultado, un trabajo publicado en *Reviews in Fisheries Science*, en el que participaron investigadores de siete países, ha sido distinguido por el Fisheries & Oceans de Canadá, a propuesta del Comité Ejecutivo de Ciencias de Canadá, con el premio nacional a la mejor publicación científica del año en su campo.

El trabajo fue coordinado por el presidente del Grupo de pez espada del ICCAT, desde la Estación Biológica St. Andrews del Departamento de Pesquerías y Océano de Canadá. En él participó muy activamente el Equipo de Túnidos y Especies Afines del Centro Oceanográfico de A Coruña del Instituto

Español de Oceanografía (IEO). La investigación indica que la reciente recuperación de los stocks de pez espada del Atlántico, y su diagnóstico, ha sido el resultado de la investigación y gestión internacional coordinada. También señala el papel clave que han tenido en esa recuperación la propia biología de la especie y factores ambientales. La mejora se viene constatando desde 2009, al

alcanzar la biomasa de las poblaciones niveles superiores a los necesarios para sustentar el Rendimiento Máximo Sostenible (RMS), a la vez que la mortalidad por pesca ejercida se ha situado por debajo de niveles que producirían sobrepesca. Además, ambas tendencias positivas han sido confirmadas en las recientes evaluaciones realizadas por ICCAT en 2013.



Felix Sánchez Villarejo / IEO

LA IMPLEMENTACIÓN DE LAS ESTRATEGIAS MARINAS DE LA UE DEPENDERÁ DE QUE SE APLIQUE UN PROGRAMA DE MEDIDAS AMBICIOSO

Investigadores del IEO han publicado un trabajo en *Marine Policy* en el que analizan el proceso de implementación de la Directiva Europa Estrategias Marinas, destacando los mayores retos y limitaciones encontrados hasta el momento. En él se describe el proceso de implementación de la Directiva, con énfasis en España. Algunos de los problemas surgen de la poca precisión a nivel técnico de la norma, siendo los estados miembros responsables del desarrollo de las herramientas necesarias para su implementación práctica. Además, la Directiva exige que las evaluaciones ambientales se realicen a nivel de regiones o subregiones marinas,

por lo que ha de existir una gran coordinación y acuerdo de objetivos comunes entre los países que comparten una región, incluyendo a veces a terceros países que no tienen que cumplir con la Directiva. Esto constituye una de las principales dificultades. Uno de los valores añadidos de esta Directiva con respecto a otros instrumentos de gestión y protección ambiental es que abarca un ámbito geográfico muy amplio, incluyendo todas las aguas jurisdiccionales de cada estado miembro. Este es uno de los principales retos de la implementación, sobre todo para estados con un área marina muy extensa, como es el caso de España.

LOS FONDOS DE ALGAS ROJAS ACTÚAN COMO "OASIS" QUE AYUDAN A MANTENER EN BUEN ESTADO LAS POBLACIONES DE PECES

Investigadores del Centro Oceanográfico de Baleares del Instituto Español de Oceanografía (IEO), en colaboración con el *Grup Metabolisme Energètic i Nutrició, Departament de Biologia Fonamental i Ciències de la Salut (IUNICS)* de la *Universitat de les Illes Balears*, han analizado la condición fisiológica de la cabrilla (*Serranus cabrilla*) y el rubio (*Trigloporus lastoviza*), dos de las especies de peces más abundantes en los fondos de la plataforma continental de las Islas Baleares, y su relación con las características del hábitat donde se encuentran.

Para ello, durante las campañas de investigación del programa europeo MEDITS en 2010 y 2011, se tomaron datos y muestras biológicas de estas dos especies, en fondos de algas rojas, de maërl y Peyssonnelia, así como en fondos de arena sin cobertura de algas. Además de determinar la longitud y el peso de los individuos, así como de su hígado, gónadas y estado de madurez, se recogieron muestras de su tejido muscular, hepático y gonadal. El análisis bioquímico de estos tejidos señala que los individuos de ambas especies que viven en fondos de maërl y Peyssonnelia presentan mayor cantidad de reservas energéticas en hígado y gónadas. Los pesos medios de ambos órganos, en relación a la longitud y el peso de los individuos, siguieron



Foto: Life+ INDEMARES-UE

este mismo patrón, siendo mayores en fondos de algas rojas que en fondos sin cobertura de algas. La condición somática de ambas especies (la relación entre el peso de un individuo y el peso medio de la población) mostró una correlación positiva con la biomasa de las principales especies de algas que caracterizan los fondos de maërl y Peyssonnelia.

En resumen: los resultados apuntan a que los fondos de algas rojas de las Islas

Baleares actúan como fondos de alta calidad para los peces que los habitan, permitiéndoles disfrutar de una mayor disponibilidad de reservas, lo que les ayuda a completar su ciclo vital.

"En áreas marinas con pocos nutrientes, como es el caso de las aguas de las Islas Baleares, estos fondos podrían actuar como auténticos "oasis", que ayudan a mantener en buen estado las poblaciones de peces", apunta Xisco Ordines, autor principal del estudio.

Los fondos de algas rojas actúan como “oasis” que ayudan a mantener en buen estado las poblaciones de peces.
El IEO recibe el premio JACUMAR de Investigación en Acuicultura por sus avances en el cultivo de merluza
Fernando de la Gándara, nuevo director del Centro Oceanográfico de Murcia

EL IEO RECIBE EL PREMIO JACUMAR DE INVESTIGACIÓN EN ACUICULTURA POR SUS AVANCES EN EL CULTIVO DE MERLUZA

El XIII Premio JACUMAR de Investigación en Acuicultura, que concede el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, fue otorgado el pasado mes de enero al trabajo “Protocolos de captura, acondicionamiento y cultivo de la merluza europea (*Merluccius merluccius*)”.

El trabajo fue presentado por investigadores del Centro Oceanográfico de Vigo del Instituto Español de Oceanografía (IEO) y resume las actividades llevadas a cabo por este equipo en los últimos años, que representan un aporte fundamental

para el desarrollo del cultivo de esta especie de máximo interés comercial en España. El trabajo establece, en una primera fase, las condiciones idóneas para la captura, el acondicionamiento y la alimentación del stock de reproductores de merluza europea, lo que ha permitido conseguir en las instalaciones del IEO de Vigo, por primera vez en España, la reproducción espontánea de la especie.

Por otra parte, durante los dos últimos años, se ha establecido un protocolo alimenticio para llevar a cabo el cultivo larvario de la especie durante sus dos primeros meses de vida y se han identificado los procesos fisiológicos que determinan la calidad de las

larvas producidas. Otras aportaciones novedosas han sido definir la importancia del canibalismo en la supervivencia a partir del segundo mes de vida y la utilización de los misidáceos como dieta intermedia entre la artemia y el pienso seco.



FERNANDO DE LA GÁNDARA, NUEVO DIRECTOR DEL CENTRO OCEANOGRÁFICO DE MURCIA

El pasado mes de febrero Fernando de la Gándara García fue nombrado director del Centro Oceanográfico de Murcia del IEO, en sustitución de José María Bellido Millán, quien desempeñó dicha función durante los últimos seis años y que seguirá vinculado al IEO como asesor e investigador en el área de pesquerías.

El nuevo director del Centro Oceanográfico de Murcia del Instituto Español de Oceanografía (IEO), Fernando de la Gándara, ha ejercido hasta ahora como investigador del Centro Oceanográfico de Murcia, donde ha trabajado fundamentalmente en proyectos de investigación sobre el cultivo del atún rojo. José M^a Bellido volverá a sus funciones de investigador en el área de pesquerías. Según Bellido “estos últimos seis años han sido muy enriquecedores y estoy muy contento y agradecido por la oportunidad que he tenido de participar en el funcionamiento de mi institución desde la posición de director del Centro Oceanográfico de Murcia, ahora deseo volver a dedicarme por completo a la investigación marina”.



Fernando de la Gándara será el nuevo responsable de las dos sedes que componen el Centro Oceanográfico de Murcia: por un lado el Laboratorio Oceanográfico en San Pedro del Pinatar, donde se realizan proyectos de investigación desarrollo e innovación en Medio Marino y Pesquerías, y por otro la Planta de Cultivos Marinos, ubicada en el Puerto de Mazarrón, donde se llevan a cabo proyectos de investigación, desarrollo e innovación en Acuicultura Marina.

LOS PRIMEROS MEROS DE ACUICULTURA PODRÍAN LLEGAR A LOS MERCADOS EN 10 AÑOS

El pasado mes de febrero se celebró en el Centro Oceanográfico de Vigo del IEO una importante reunión de trabajo del proyecto europeo DIVERSIFY, cuyo objetivo es desarrollar nuevos sistemas de cultivo y nuevos métodos de procesado y marketing para seis nuevas especies de acuicultura.

El IEO lidera uno de los subproyectos de esta ambiciosa iniciativa: el enfocado a lograr el cultivo de la cherna o mero (*Polyprion americanus*). Durante una semana, todos los integrantes del proyecto se reunieron para coordinar las actividades de este año y plantear objetivos para los próximos cuatro. Además, visitaron las instalaciones del IGafa de la Consellería do Medio Rural e Mariño de la Xunta de Galicia y del Acuario Finisterrae –ambas instituciones participantes en el



proyecto– con el objetivo de revisar los stocks de reproductores de que se dispone.

“Hasta el momento los resultados obtenidos son esperanzadores y las posibilidades del cultivo de esta especie de gran valor comercial son realmente buenas”, explicó José Benito Peleteiro investigador del Centro Oceanográfico de Vigo y coordinador de los trabajos sobre la cherna. Se ha descrito el ciclo

reproductivo de dicho pez, se han desarrollado protocolos de inducción hormonal de desove y procedimientos de fertilización in vitro, se han formulado dietas para reproductores y larvas y se ha elaborado un estudio de mercado sobre el potencial de esta especie al corto y largo plazo, entre otras tareas. “Si todo va bien, en 10 años podríamos tener las primeras chernas de acuicultura en los mercados”, comentó Peleteiro.

UNA APLICACIÓN WEB INTEGRARÁ LA INFORMACIÓN DE DESCARTES PESQUEROS EN GALICIA Y EL MAR CANTÁBRICO

Investigadores del IEO han desarrollado una aplicación web que permite obtener una visión de los descartes pesqueros de la flota de Galicia y Asturias. Esta herramienta de fácil uso permite elaborar mapas espacio-temporales de diferente resolución de forma interactiva, lo que servirá para establecer las bases para la elaboración de planes de descarte y planes plurianuales de pesca, requerimiento de la nueva Política Pesquera Comunitaria.

Para la aplicación se han utilizado datos científicos obtenidos por observadores a bordo de buques comerciales, que han colaborado con el IEO y que han servido para caracterizar la situación en los últimos años de los descartes pesqueros y obtener un cartografiado espacio-temporal en el caladero nacional Cantábrico-Noroeste, además de una aproximación a las causas que puedan explicar la intensidad de descarte en las pesquerías de arrastre y enmalle del caladero. Estos datos permitirán establecer las bases

para la elaboración de planes de descarte y planes plurianuales de pesca, requerimiento de la nueva Política Pesquera Comunitaria. El proyecto también sirve para reforzar la cooperación entre los científicos y el sector pesquero, contando con la colaboración de pescadores, asociaciones pesqueras y comités consultivos regionales (CCRs), que serán los beneficiarios del mayor conocimiento aportado por los mapas. Más información en www.mapdescar.org

Los primeros meros de acuicultura podrían llegar a los mercados en 10 años
La erupción submarina de El Hierro provocó la aparición de microorganismos típicos de las dorsales mediooceánicas.

Una aplicación web integrará la información de descartes pesqueros en Galicia y el mar Cantábrico.
El IEO amplía el seguimiento del volcán submarino de El Hierro al volcán de Enmedio.

LA ERUPCIÓN SUBMARINA DE EL HIERRO PROVOCÓ LA APARICIÓN DE MICROORGANISMOS TÍPICOS DE LAS DORSALES MEDIOCEÁNICAS

La erupción submarina de la isla de El Hierro produjo una perturbación significativa en las propiedades físico-químicas, que alteraron en gran medida el ecosistema marino. La comunidad bacteriana sufrió un aumento de actividad y de abundancia, pero también una reducción de la biodiversidad en el agua y un cambio en la composición, apareciendo especies típicas de las fuentes hidrotermales.

Los antes citados son los principales resultados de un trabajo que publicó el pasado mes de febrero la revista *PLoS ONE* y que firman investigadores del Institut de Ciències del Mar en Barcelona (CSIC), la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, el Centro Oceanográfico de Canarias del IEO y la Universidad de la Laguna.

La erupción del volcán submarino, la primera en los últimos 500 años de historia vulcanológica de Canarias, emitió al océano gran cantidad de materiales procedentes del manto así como gases y calor que produjeron una alteración de las propiedades de las aguas alrededor de la isla. “Uno de los datos relevantes que detectamos fue la presencia de especies típicas de fuentes hidrotermales profundas en la superficie del océano. Suelen encontrarse en las dorsales mediooceánicas, donde los continentes se expanden, y tan solo es posible acceder hasta allí con submarinos oceanográficos”, subrayó Josep Maria Gasol, investigador del CSIC en el *Institut de Ciències del Mar* en Barcelona.

El trabajo, que publica la revista *PLoS ONE*, analiza la columna de agua desde la superficie hasta los 2.000 metros de profundidad. “Esta erupción submarina, un

hecho sin precedentes para la oceanografía española, nos ha permitido tomar muestras para evaluar el efecto de este tipo de fenómenos volcánicos sobre los microorganismos marinos, concretamente sobre las comunidades planctónicas bacterianas, que son un componente esencial de la red trófica marina”, apunta Eugenio Fraile-Nuez, científico del Centro Oceanográfico de Canarias del Instituto Español de Oceanografía, institución que ha liderado el estudio.



EL IEO AMPLÍA EL SEGUIMIENTO DEL VOLCÁN SUBMARINO DE EL HIERRO AL VOLCÁN DE ENMEDIO

Para dar continuidad al trabajo realizado desde que en octubre de 2011 con motivo de la erupción del volcán submarino de El Hierro, este año se ha puesto en marcha el proyecto VULCANO, liderado por el Instituto Español de Oceanografía (IEO) y en el que participan el grupo de Química Marina de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (ULPGC), la Universidad de La Laguna (ULL) y el Museo de la Naturaleza y el Hombre de Tenerife. El proyecto tendrá una duración de tres años y permitirá la realización de dos campañas

oceanográficas cada año al volcán de El Hierro y, por primera vez, también al volcán de Enmedio, situado entre Tenerife y Gran Canaria.

Desde el inicio de la crisis volcanológica, el 19 de julio de 2011, el Instituto Español de Oceanografía puso a disposición de las autoridades y la comunidad científica sus buques oceanográficos *Ramón Margalef*, *Ángeles Alvariño* y *Cornide de Saavedra*. Desde entonces se han realizado un total de dieciocho campañas, 14 de ellas financiadas por el IEO bajo el nombre de

Bimbache (12) y Raprocan (2), y cuatro más financiadas por fondos FEDER y del MINECO a través de los proyectos del Plan Nacional CETOBATP y VULCANO.

En estos años el volcán submarino de El Hierro se ha convertido en un laboratorio natural para el estudio del efecto de los cambios ambientales en los ecosistemas. Así, los principales resultados de estas campañas se han publicado en algunas de las revistas científicas más prestigiosas a nivel mundial como son *Nature* o *PLoS ONE*.

ESTUDIO DE LA RELACIÓN ENTRE LAS CONDICIONES MEDIOAMBIENTALES Y LAS COMUNIDADES DE LOS FONDOS MARINOS

Investigadores del Centro Oceanográfico de Baleares del Instituto Español de Oceanografía (IEO), la *Universitat de les Illes Balears* (UIB) y el *Institut de Ciències del Mar* del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), han publicado, en un volumen monográfico de la prestigiosa revista *Journal of Marine Systems*, los resultados del proyecto Estructura y dinámica del ecosistema bento-pelágico de salud en dos zonas oligotróficas del Mediterráneo occidental: Una aproximación multidisciplinar y a distintas escalas temporales en las Islas Baleares (IDEADOS), desarrollado entre 2009 y 2012.

El objetivo principal del proyecto, en el que han participado más de 40 científicos y técnicos y ha requerido el desarrollo de dos campañas oceanográficas, ha sido determinar las relaciones existentes entre las condiciones medioambientales y las comunidades de los fondos marinos en dos zonas del Mediterráneo occidental: la cuenca balear y la cuenca argelina, al norte y sur de las Islas Baleares, respectivamente. Este proyecto ha permitido estudiar a diferentes escalas temporales y en diferentes niveles de organización, desde población a ecosistema, las



relaciones tróficas entre las comunidades de fondos profundos y aquellas que habitan en la columna de agua a profundidades medias, dos compartimentos del ecosistema que tradicionalmente se han estudiado por separado. Además, durante IDEADOS se ha estudiado el efecto que ejerce la variabilidad estacional de la hidrodinámica sobre las especies y las comunidades de aguas profundas y sobre los recursos tróficos a lo largo de la columna de agua y se han aplicado novedosos métodos acústicos para estudiar estas comunidades.

EL IEO PARTICIPA EN LA IMPLEMENTACIÓN DE LA NUEVA RED DE OBSERVACIÓN DEL OCÉANO PROFUNDO

Investigadores del Instituto Español de Oceanografía han desplegado en Canarias dos de los primeros prototipos de boyas capaces de medir la salinidad y la temperatura del océano de forma continua desde la superficie hasta 4000 metros de profundidad.

Con éstas son cinco las boyas de este tipo instaladas en el Atlántico, unos prototipos fabricados por el Instituto Francés para la Exploración del Mar (IFREMER) que permitirán conocer mejor la influencia en el clima de las aguas más profundas del

océano. Hasta la fecha la red Argo, con más de 3000 boyas perfiladoras, cubría los primeros 2000 metros de profundidad, pero ahora, gracias a este prototipo, se pueden alcanzar los 4000 metros de profundidad.

Durante la campaña oceanográfica SevaCan1502 a bordo del buque *Ángeles Alvariño*, los científicos desplegaron la boya Argo profunda al norte de la isla de La Palma. Las aguas al norte de Canarias han sido elegidas para este experimento porque se realiza un seguimiento ambiental desde hace 10 años, el cual permite discernir entre la variabilidad

natural y los problemas –si los hubiera– de los sensores. La instalación fue un éxito y desde entonces ha realizado tres ciclos hasta una profundidad de 4000 metros.

Los datos son enviados al Centro Oceanográfico de Canarias y los científicos de este centro, donde se coordina la contribución española al programa Argo, tratan ahora de optimizar su configuración y estimar su consumo energético y la variabilidad oceánica, para poder implementar un despliegue óptimo de estas boyas por todo el océano.

Estudio de la relación entre las condiciones medioambientales y las comunidades de los fondos marinos. Científicos de la Universidad de Vigo y el IEO descubren una nueva especie de crustáceo en Mauritania.

El IEO participa en la implementación de la nueva red de observación del océano profundo.

La Sociedad Geográfica Española nombra miembro de honor al Instituto Español de Oceanografía

CIENTÍFICOS DE LA UNIVERSIDAD DE VIGO Y DEL IEO DESCUBREN UNA NUEVA ESPECIE DE CRUSTÁCEO EN MAURITANIA

La nueva especie ha recibido el nombre de *Paguristes candelae*, en honor de Candela, la hija de Susana S. de Matos-Pita, la investigadora que la ha descrito y depositó personalmente su holotipo en el Museo Nacional de Ciencias Naturales de Madrid. Tres ejemplares, consistentes en un macho y dos hembras, fueron recogidos en tres estaciones diferentes a lo largo del talud continental de Mauritania, en un rango de profundidad comprendido entre 376 y 574 metros. Los inexplorados fondos del talud de Mauritania están constituyendo una fuente de especies nuevas para la ciencia. A principios de marzo se publicó un trabajo sobre los crustáceos de aguas profundas de Mauritania en la revista *Zootaxa*. En concreto sobre los cangrejos ermitaños. En el estudio se exponen los resultados faunísticos obtenidos tras muchos meses de estudio de las colecciones de decápodos recogidas en las

cuatro campañas *Maurit*, que el IEO desarrolló en la zona entre 2007 y 2010.

Los cangrejos ermitaños son bien conocidos por todos, ya que deben su nombre a su hábito de utilizar como vivienda el interior de las conchas vacías de diversos caracoles marinos, a las que normalmente se asocian las diferentes especies.

Se describen 13 especies de cangrejos ermitaños, una de ellas recién descubierta para la ciencia, pertenecientes a las familias Diogenidae, Paguridae y Parapaguridae. Todas fueron recogidas en 83 de las 316 estaciones de arrastre realizadas en la plataforma profunda y talud continental de Mauritania durante las citadas campañas. Se trata de una amplia publicación de 40 páginas, provista de una abundante y bien cuidada iconografía, realizada en gran parte mediante un estereomicroscopio y técnicas de tratamiento de imagen.



LA SOCIEDAD GEOGRÁFICA ESPAÑOLA NOMBRA MIEMBRO DE HONOR AL INSTITUTO ESPAÑOL DE OCEANOGRAFÍA

El Instituto Español de Oceanografía (IEO) recogió el pasado 10 de marzo, en manos de su director Eduardo Balguerías, un premio de la Sociedad Geográfica Española que le convertía en Miembro de Honor de esta institución por “la labor de investigación desarrollada en sus cien años de existencia como paso fundamental para conocer, amar y salvar los océanos”.

Se trata de la XVII edición consecutiva de estos galardones que premian el papel que desempeñan los viajeros, investigadores, empresas e instituciones en la ampliación y divulgación de los conocimientos geográficos y su apoyo a proyectos viajeros que sirven a la investigación, la ciencia, el periodismo, el arte y la cultura.

Los premios se otorgan en siete categorías: Internacional, Nacional, Iniciativa/Empresa, Viaje del Año, Imagen, Comunicación e Investigación. Y se complementan cada año con el nombramiento de un Miembro de Honor.

El escritor británico Colin Thubron, la aventurera holandesa Arita Baaijens, la geógrafa Josefina Gómez Mendoza, el fotógrafo y documentalista Chema Elósegui, el ornitólogo Josep del Hoyo, el programa de TV El Escarabajo Verde, la aseguradora DKV por su apoyo al Fondo Kati, y el movimiento del Guadarramismo

compartieron los premios de esta edición. La SGE nombró Miembro de Honor, además de al IEO, al viajero Lorenzo del Amo.



FALLECE GUILLEM MATEU MATEU A LOS 84 AÑOS

El pasado 21 de marzo de 2015 falleció en Palma de Mallorca el biólogo, micropaleontólogo y oceanógrafo Guillem Mateu Mateu a la edad de 84 años. Guillem Mateu nació en Caimari (Mallorca) y fue uno de los primeros licenciados en Biología por la Universitat de Barcelona. En 1966 se doctoró en Ciencias Biológicas por esta misma Universidad, con la tesis Estudio sistemático y bioecológico de los Foraminíferos vivientes de los litorales de Cataluña y Baleares. En 1976, fue uno de los impulsores de que estos estudios se implantaran en la Universitat de les Illes Balears.

Investigador del Instituto Español de Oceanografía y profesor de la Universitat de les Illes Balears, fue miembro de la *Reial Acadèmia de Ciències i Arts* de Barcelona, de la *Reial Acadèmia de Medicina i Cirurgia de Balears* y de la Real Academia Nacional de Medicina. Fue miembro de la *Societat Catalana de Biologia*, de la Sociedad Española de Paleontología y de la *New York Academy of Science* y socio de honor del *Museu Balear de Ciències Naturals de Sóller*. Guillem Mateu fue pionero en su campo y un investigador prolífico. Entre 1969 y 1995 trabajó como investigador en el Centro Oceanográfico de Baleares del Instituto Español de Oceanografía,



compaginándolo con su puesto de profesor en la UIB, que ocupó hasta 1996 y de la que posteriormente fue también profesor emérito. Publicó nueve libros, más de 80 trabajos de investigación micropaleontológica y participó en congresos científicos, en los que presentó numerosas comunicaciones, fruto de sus campañas de investigación oceanográfica por el Mediterráneo, el Atlántico y la Antártida. Entre 1968 y 1981 fue presidente de la *Societat d'Història Natural de Balears*, cofundada con Guillem Colom Casanovas, a quien, desde joven, le unió una gran amistad y una creciente admiración por su obra científica, siendo el responsable de su legado científico.

El Dr. Mateu, considerado el precursor en España de la aplicación de los foraminíferos como indicadores biológicos de la contaminación marina, fue autor de numerosos trabajos sobre la sistemática, ecología y geocronología de los foraminíferos. Una vez jubilado, emprendió su última gran obra, publicada en forma de tres volúmenes editados por el Instituto Español de Oceanografía con el título *La obra Científica de Guillermo Colom Casanovas (1900-1993)*. Volúmenes I, II y III, que recogen la aportación sobre la vastísima labor micropaleontológica y naturalista de uno de los mayores científicos que han tenido las Islas Baleares.

Fruto de su amistad con el limnólogo, oceanógrafo y ecólogo Ramón Margalef, y con el antes mencionado Guillem Colom, publicó el libro *Ramón Margalef i Guillem Colom: Diàleg epistolar entre dos savis, mestres i pioners de la ciència* que recoge un centenar de cartas que intercambiaron estos dos ilustres científicos.

En 2006, con motivo del 30 aniversario de la creación del título de Ciencias Biológicas, la Universitat de les Illes Balears le rindió homenaje. En 2003 fue distinguido por el Govern de les Illes Balears con el Premi Ramon Llull de les Ciències, en reconocimiento a su trayectoria científica y académica.

EL IEO, LA UIB Y EL GOBIERNO BALEAR COLABORAN EN LA FORMACIÓN DE FUTUROS OCEANÓGRAFOS

Por quinto año consecutivo 14 alumnos de las asignaturas Biología Marina y Ecología Acuática del Máster oficial en Ecología Marina de la UIB realizaron prácticas

intensivas y combinadas de oceanografía multidisciplinar en instalaciones del IEO. Lo anterior es fruto de la colaboración entre la UIB y el IEO. Como novedad, y gracias a un

convenio de colaboración entre el IEO, la UIB y la *Conselleria d'Educació, Cultura i Universitats del Govern de les Illes Balears*, los estudiantes efectuaron durante cuatro días unas prácticas en la Estación de Investigación Jaume Ferrer (La Mola, Menorca) y a bordo del buque *Francisco de Paula Navarro*.

Fallece Guillem Mateu a los 84 años.

El IEO, la UIB y el Gobierno Balear colaboran en la formación de futuros oceanógrafos.

El IEO desarrolla un nuevo método para evaluar los efectos de la pesca de arrastre en la biodiversidad marina.

EL IEO DESARROLLA UN NUEVO MÉTODO PARA EVALUAR LOS EFECTOS DE LA PESCA DE ARRASTRE EN LA BIODIVERSIDAD MARINA

Investigadores del Centro Oceanográfico de Baleares del Instituto Español de Oceanografía (IEO) han desarrollado un índice de diversidad más sensible que los tradicionalmente utilizados para evaluar el impacto de la pesca en las comunidades de recursos vivos explotados.

El nuevo índice estadístico, llamado N90, podría ser una alternativa eficaz a los índices tradicionales que miden la diversidad para detectar y monitorear los impactos de la pesca y los efectos de cambios ambientales. Además, su sencilla interpretación podría mejorar la transferencia de conocimientos científicos y el asesoramiento a gestores y usuarios del medio marino

El índice se basa en un análisis estadístico de similitudes entre diferentes muestras, que permite estimar las especies más representativas en términos de abundancias. El N90 representa la biodiversidad de una comunidad o ecosistema a través del cálculo del número de especies que contribuyen en un 90% a la semejanza entre las muestras.

Se basa en la hipótesis de que las comunidades afectadas por el impacto de la pesca pueden ver reducida la frecuencia de aparición y la uniformidad de distribución de la abundancia de las especies que las forman debido al repliegue de los individuos hacia las áreas en las que se dan las condiciones ecológicas más favorables. El cálculo de la contribución a la similaridad de cada especie es sensible tanto a variaciones



en la frecuencia de aparición como de abundancia entre muestras. Además de la descripción del índice, en el trabajo se incluye su aplicación a muestras de comunidades de peces demersales sometidas a distintos niveles de impacto de pesca de arrastre. Para ello se usaron series temporales de datos procedentes de campañas de investigación con arte de arrastre de fondo en las Islas Baleares (programa MEDITS). Los resultados, obtenidos a través de un tipo de análisis llamado SIMPER, de porcentaje de similitudes, han sido comparados a los obtenidos mediante la aplicación de índices tradicionales de diversidad, como Shannon–Wiener, Simpson, Pielou y Margalef, al mismo conjunto de datos. El índice N90 mostró una clara respuesta a la presión pesquera, con valores significativamente inferiores en las comunidades de peces demersales impactadas. Además, el N90 también detectó los efectos indirectos de la pesca

en comunidades impactadas, producidos por la pérdida de resiliencia de las poblaciones que las componen y su menor capacidad de resistencia ante condiciones medioambientales adversas. Con ello, se demostró la sensibilidad del índice a los efectos sinérgicos del clima y el impacto de la pesca.

"Los resultados del trabajo muestran que el nuevo índice N90 puede ser una alternativa a los índices tradicionales de diversidad, a la hora de detectar y monitorear los impactos de la pesca y los efectos de cambios ambientales. Sus unidades, presentadas en número de especies, y la tabla de especies asociada al índice, que muestra las especies que más contribuyen a los valores estimados de N90, facilitan la interpretación de los resultados, lo que puede mejorar la transferencia de conocimientos científicos y el asesoramiento a gestores y usuarios del medio marino", concluye María Teresa Farriols, primera autora del estudio.

LA PLANTA DE CULTIVOS MARINOS DEL CENTRO OCEANOGRÁFICO DE MURCIA CUMPLE 25 AÑOS

El 1 de marzo de 1990 se puso en funcionamiento en Mazarrón la Planta Experimental de Cultivos de Peces Marinos del Centro Oceanográfico de Murcia. Su construcción –junto a las de Vigo, Santander y Tenerife– había sido encomendada al Instituto Español de Oceanografía por la Secretaría General de Pesca Marítima para potenciar y dar soporte científico-técnico al desarrollo de la piscicultura marina en España. Estas plantas experimentales se dedicarían a la producción y a servir de modelo para el sector, todavía muy incipiente en aquél entonces, animándolo y ayudándolo a apostar por esta actividad. Posteriormente, el enfoque fue cambiando con el desarrollo de la acuicultura y se modificaron para dedicarse a la investigación aplicada.

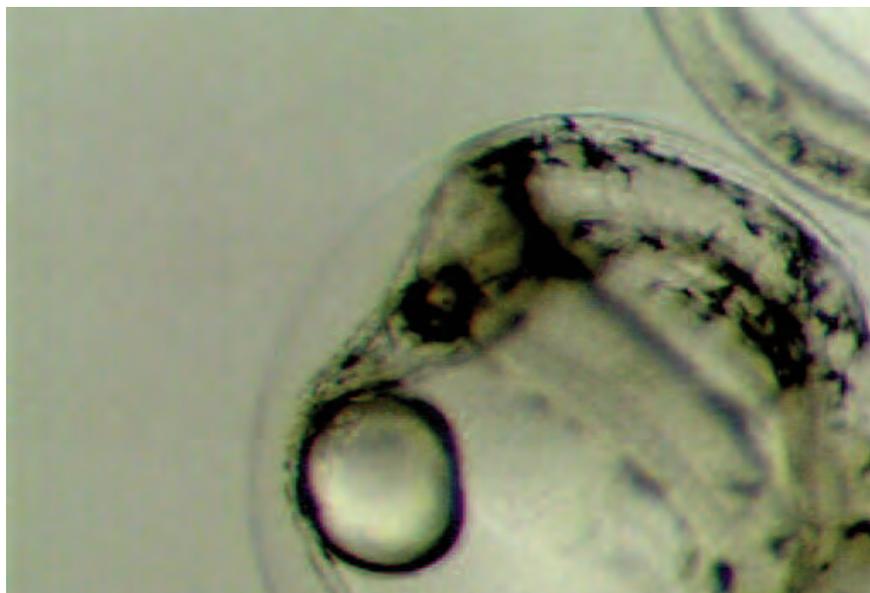
Los investigadores en acuicultura, que desde 1972 trabajaban en el Mar Menor, se trasladaron a las nuevas instalaciones para continuar sus trabajos centrados en dos líneas prioritarias recomendadas por el Programa Nacional de Ciencia y Tecnologías Marinas (CYTMAR) y el Programa Europeo FAIR: mejorar las técnicas de cultivo de especies ya cultivadas industrialmente (dorada y lubina) y estudiar la biología y técnicas de cultivo de nuevas especies susceptibles de ser cultivadas (dentón, aligote, lenguado senegalés, pargo, sargo, breca, seriola, atún, etc.). La planta, que fue construida

inicialmente con una superficie de 2300 m² en una parcela de unos 8000 m² cedida por el Ayuntamiento de Mazarrón, se dotó de personal investigador, técnico, auxiliar y de mantenimiento, y del equipamiento científico necesario. La instalación ha trabajado a través de convenios de cooperación con importantes empresas del sector como Ewos, Culmarex, GESA, Skretting, Taxon, Ricardo Fuentes e Hijos, Grup Balfegó, Fortuna Mare, Probelte Biotecnología, AlgaEnergy, etc. y otros organismos públicos, obteniendo financiación para las actividades de I+D+i orientadas a la transferencia de tecnología en el campo de la acuicultura. En cuanto a actividades formativas cabe destacar la organización del curso internacional Mediterranean Aquaculture: new techniques for marine

hatcheries, el Máster de Gestión de Recursos Pesqueros y Acuicultura (Universidad de Murcia), la formación de becarios FPI y las prácticas de alumnos universitarios y de Formación Profesional.

Principales logros

En estos 25 años la investigación realizada en la Planta de Cultivos ha conseguido importantes logros, algunos de ellos destacables a nivel mundial. Se ha cerrado el ciclo de cultivo de nuevas especies prometedoras para la acuicultura como el dentón, el bonito y el verrugato. A partir de reproductores silvestres capturados en el mar se obtuvieron puestas en condiciones controladas y se han establecido las condiciones de cultivo y las necesidades nutricionales, llegando los ejemplares obtenidos a





reproducirse en cautividad.

La investigación con la seriola, que ya se había iniciado en el Mar Menor, se retomó con estudios de crecimiento y comportamiento alimentario continuándose con el proyecto europeo Neuroendocrine regulation of reproduction and induced breeding in Mediterranean yellowtail (*Seriola dumerili*, Risso 1810) (AIR) en colaboración con la Universidad de Murcia y la Universidad de Utrecht. Se aislaron las gonadotropinas de esta especie y se realizó un seguimiento de su

ciclo sexual en la naturaleza y en cautividad.

El atún rojo ha sido el protagonista de dos proyectos europeos destacados: REPRODOTT (V Programa Marco) y SELFDOTT (VII PM), ambos liderados por el equipo de investigación en túnidos del centro. Desde 2003 se han conseguido puestas viables de los reproductores mantenidos en las jaulas y se ha desarrollado el cultivo larvario estudiando los protocolos de alimentación, el diseño de dietas de destete, el transporte y manejo de

juveniles y la tecnología del preengorde y engorde. Se contempla la posibilidad de cerrar el ciclo de esta especie en 2016 con ejemplares nacidos en la planta de cultivos de Mazarrón en 2011 y 2012 que se mantienen actualmente en jaulas y tienen un peso aproximado de 30 kilos. En la línea de investigación sobre mejora del cultivo de especies ya producidas a nivel industrial –dorada y lubina– las investigaciones se han centrado fundamentalmente en el desarrollo de protocolos de vacunación frente a vibriosis mediante el uso de

inmunoestimulantes/adyuvantes de nueva generación y de vacunas frente a nodavirus. Con el fin de determinar el momento idóneo de administración de las vacunas, se han desarrollado estudios sobre el sistema inmunitario a lo largo del desarrollo ontogénico y de la respuesta inmunitaria en el seno de los órganos reproductores. El objetivo de estos trabajos es reducir las pérdidas ocasionadas en el sector por infecciones de tipo viral, bacteriano o parasitario, así como determinar el efecto de contaminantes ambientales de carácter estrogénico sobre los sistemas inmune y reproductor de las poblaciones silvestres y cultivadas. En ésta línea, el Centro ha ido incorporando herramientas biotecnológicas de biología celular y molecular –de uso creciente en el campo de la acuicultura– que se aplican en la diagnosis de enfermedades, diseño de vacunas e inmunoestimulantes, control de la reproducción, estudio de resistencia a enfermedades y de los mecanismos de defensa, y efecto de los contaminantes acuáticos.

Infraestructuras

Durante la vida de la planta se han ido modernizando sus infraestructuras y construyendo nuevas instalaciones, que incluyen un mesocosmos de 600 m² para cultivo semi-intensivo de nuevas especies y un sistema de monitorización y automatización de parámetros físico-químicos de la planta. Con objeto de estudiar y controlar la reproducción del atún rojo en cautividad acaba de finalizar la construcción y puesta en marcha de una gran instalación en tierra (ICRA), formada por dos grandes tanques de 3500 y 2500 m³ de capacidad

que, servirán para acoger a reproductores de atún rojo de hasta 150 kg de peso, y dos tanques más, de 900 y 150 m³, destinados al mantenimiento de juveniles.

Futuro

Actualmente el Centro Oceanográfico de Murcia trabaja en las siguientes líneas de investigación en acuicultura: desarrollo de técnicas de cultivo de nuevas especies mediterráneas; cultivo de túnidos (atún rojo y bonito); reproducción y cultivo larvario, nutrición y alimentación de especies de cultivo y estudio del sistema inmune y desarrollo de vacunas. Mediante estos estudios se pretende contribuir a mejorar el rendimiento de los cultivos industriales, al tiempo que se consolidan líneas centradas en el estudio de nuevas especies con interés potencial para la acuicultura y se promueve la transferencia tecnológica al sector productivo.

La información detallada sobre los proyectos de investigación y las

infraestructuras se encuentra en la página web del Centro Oceanográfico de Murcia: <http://www.mu.ieo.es/> A lo largo de estos años la acuicultura en España se ha consolidado como un sector estratégico y sostenible, que ofrece productos de calidad reconocida y sanidad garantizada a los consumidores. La investigación aplicada realizada en la Planta de Cultivos de Mazarrón ha contribuido a este desarrollo y seguirá haciéndolo en el futuro en sintonía con los retos definidos por la Estrategia Española de Ciencia y Tecnología y de Innovación 2020 y el Plan Estatal de Investigación Científica, Tecnológica y de Innovación 2013-2016, que contemplan como prioridad mejorar la competitividad y sostenibilidad en el sector pesquero y la acuicultura, a través de medidas destinadas a promover la I+D+i en eficiencia en la alimentación, la capacidad reproductiva y manejo de especies acuícolas, y el desarrollo y producción de nuevas especies en acuicultura.



FALLECE DEMETRIO DE ARMAS PÉREZ

El pasado 28 de mayo falleció en Madrid Demetrio de Armas Pérez, científico del Instituto Español de Oceanografía (IEO) quien, hasta pocos meses antes de su muerte, desempeñó el cargo de Subdirector General de Investigación de esta institución.

Demetrio de Armas Pérez nació en Santa Cruz de Tenerife el 24 de diciembre de 1949 y era doctor en Ciencias Químicas por la Universidad de La Laguna.

Ingresó, como alumno libre, en el IEO en 1974, integrándose en el grupo de Química del Centro Oceanográfico de Canarias, que estudiaba las condiciones oceanográficas de las aguas de las islas Canarias. Ya en 1986 inicia una nueva línea de investigación sobre hidrocarburos que seguiría posteriormente.

En marzo de 1989 obtuvo por oposición la plaza de oceanógrafo.

Formó parte del grupo de expertos del Área de Contaminación Marina del IEO, primero analizando el contenido en mercurio de distintas especies marinas y posteriormente especializándose en la determinación y seguimiento de hidrocarburos en los ecosistemas, participando activamente en los trabajos que se llevaron a cabo con motivo de los accidentes de los petroleros Urquiola, Khark 5, Aragón, Aegean Sea y Prestige. En este último, el IEO desarrolló una línea de investigación para evaluar la dimensión y consecuencias del vertido. Demetrio se implicó a fondo en el proyecto, dirigió varias campañas oceanográficas, a bordo del BO Cornide de Saavedra, en diciembre de 2002 y enero de 2003, en unas condiciones muy duras, para analizar las



cantidades de hidrocarburos en la columna de agua y en los sedimentos.

Siempre interesado en el tratamiento de los datos, entre 1993 y 2002 fue Coordinador Nacional para la Gestión de Datos e Información Marina en el Programa de Intercambio Internacional de Datos (IODE), participando activamente tanto en las sesiones bianuales del mismo, como en la gestión de datos de los proyectos EDMED (European Directory of Marine Environmental Data), y de CANIGO (Canary Islands Azores Gibraltar Observations), ambos incluidos en el programa MAST. Además, fue socio del programa SEA-SEARCH que abarca una compleja red de datos oceanográficos de 33 centros oceanográficos.

Como responsable de las relaciones internacionales del IEO, representó al organismo en la Comisión Oceanográfica Intergubernamental (COI) de la UNESCO, en el Comité EUROCEAN de la UE, y en el Marine Board de la European Science Foundation.

Fue director del Centro Oceanográfico de Canarias del 2 de junio de 2009 al 6 de julio de 2010.

A lo largo de su carrera investigadora se embarcó en 62 campañas oceanográficas

nacionales y 15 internacionales, siendo jefe de misión en 41 de ellas.

Autor de más de 60 trabajos publicados en libros y revistas de prestigio y más de 200 informes técnicos relacionados con su especialidad.

En noviembre de 2010 fue nombrado Subdirector General de Investigación del IEO, en Madrid.

Al inicio de su etapa como Subdirector General, fue responsable del IEO, por encomienda ministerial, de la aplicación científica y técnica de la Directiva Marco de Estrategias Marinas de la Unión Europea, traspuesta a la ley nacional como Ley de Protección del Medio Marino. Se comprometió de lleno en este ambicioso reto del IEO, convencido de que se trata de un proyecto de futuro para la investigación del organismo. Sin duda alguna, su empeño y aportación a las Estrategias Marinas será un referente en el bagaje intelectual y científico del IEO. Incansable, valiente para afrontar decisiones difíciles, se encontró con la soledad de quien tiene que decidir. Quienes le tratamos en esos momentos duros le guardamos nuestro reconocimiento y respeto.

El adiós de Demetrio, tan joven, nos ha dejado consternados. En esta hora triste de su pérdida queremos recordar la generosa y ejemplar entereza con los suyos, cuánto amaba al IEO y su entrega apasionada a él.

Demetrio de Armas Pérez falleció en Madrid el 28 de mayo de 2015. Nunca se borrará el recuerdo entrañable de su persona, que pervivirá entre nosotros. Descanse en paz nuestro querido amigo.

ESPECIAL INDEMNARIES



EL IEO EN INDEMARES: SEIS NUEVOS ESPACIOS MARINOS PROTEGIDOS

El Instituto Español de Oceanografía ha estudiado seis de las áreas marinas propuestas en INDEMARES para su posible declaración como zonas protegidas dentro de la Red Natura 2000. En ellas se encuentran algunos de los lugares más remotos que se han explorado en nuestro país, lo que ha supuesto un despliegue tecnológico sin precedentes. Se han estudiado al detalle zonas próximas a los 2000 metros de profundidad y a distancias de la costa de hasta 180 kilómetros. En tres años, se han llevado a cabo 20 campañas oceanográficas a bordo de ocho buques diferentes. Se han explorado llanuras, cañones, montañas y volcanes y se ha descubierto una enorme biodiversidad que ha servido de argumento para que hoy el 8% de nuestras aguas se encuentren protegidas.

Las especies inventariadas en estas zonas se cuentan por miles, y, entre ellas, se calcula que al menos 50 son nuevas para la ciencia. Y no solo se ha estudiado la fauna: en INDEMARES han trabajado más de 200 científicos, que abarcan un enorme abanico de disciplinas, y que han permitido conocer la dinámica marina, la geomorfología, la distribución de los hábitats o los impactos de la pesca en los ecosistemas, entre otras cosas.

Los resultados científicos son importantísimos: cerca de 80 artículos y más de 10 tesis doctorales. Y esto es solo el principio, ya que la información obtenida es ingente y su análisis aún tiene que darnos muchas sorpresas.

Este despliegue científico sin precedentes ha permitido que hoy en día las seis zonas de estudio en las que ha trabajado el IEO estén protegidas bajo la figura de Lugares de Interés Comunitario en la Red Natura 2000.

Salvo los artículos firmados y la entrevistas, los textos de este especial son resúmenes de los informes finales que se presentaron para lograr la declaración de seis nuevos Lugares de Interés Comunitario en nuestra red de espacios protegidos. Dichos textos y las entrevistas han sido realizadas por **Pablo Lozano** y revisados, en cada caso, por el científico responsable del área. Quienes deseen más información pueden acceder a los citados informes finales, que se detallan más abajo.

BANCO DE GALICIA: El reportaje se elaboró a partir del informe final del proyecto INDEMARES-Banco de Galicia, cuyo texto completo puede descargarse en: <http://hdl.handle.net/10508/2090>

SISTEMA DE CAÑONES DE AVILÉS: El reportaje se elaboró a partir del informe final del proyecto INDEMARES-Avilés. El texto completo puede descargarse en: <http://hdl.handle.net/10508/2706>

CANAL DE MENORCA: El reportaje se elaboró a partir del informe final del proyecto INDEMARES-Canal. El texto completo puede descargarse en: <http://hdl.handle.net/10508/1698>

VOLCANES DE FANGO: El reportaje se elaboró a partir del informe final del proyecto INDEMARES-CHICA. El texto completo puede descargarse en: <http://hdl.handle.net/10508/1756>

BANCO DE LA CONCEPCIÓN: El reportaje se elaboró a partir del informe final del proyecto INDEMARES-Concepción. El texto completo puede descargarse en: <http://hdl.handle.net/10508/1757>

ESPACIO MARINO DEL ORIENTE Y SUR DE LANZAROTE – El reportaje se elaboró a partir del informe final del proyecto INDEMARES-Fuerteventura. El texto completo puede descargarse en: <http://hdl.handle.net/10508/1758>

SISTEMA DE CAÑONES SUBMARINOS DE AVILÉS

El cañón de Avilés junto con los cañones de El Corviro y el de La Gavieta conforman un sistema de cañones submarinos situados al norte de la costa asturiana. Este sistema parte de la plataforma continental a una profundidad de 140 metros en forma de tres grandes cañones y más de 12 cañones tributarios que se unen para desembocar en la llanura abisal del golfo de Vizcaya a más de 4.700 metros de profundidad. La biodiversidad en estos cañones submarinos es muy elevada y se han inventariado hasta la fecha más de 1.300 especies sobre el fondo (sin incluir las pelágicas), algunas de ellas muy vulnerables, como son los corales, las esponjas y los tiburones de profundidad, y que se encuentran incluidas en diversas normativas de protección, si bien ocupan generalmente aguas muy profundas.



Fotografía del género *Leptogorgia* (LSP) en un gran *Acropora* (LSP) en Avilés. © D. F. SÁNCHEZ

ESPECIES REPRESENTATIVAS



BANCO DE GALICIA

A 180 kilómetros de las costas gallegas se eleva esta montaña cuya cima se sitúa entre los 650 y los 1500 metros bajo la superficie del mar, y está rodeada por plataformas abisales de más de 4.000 m. El relieve de esta montaña submarina modifica las corrientes de fondo, haciendo que las aguas profundas asciendan cargadas de nutrientes. Este enriquecimiento de las aguas sobre el banco permite una elevada productividad, que junto a la cantidad de ambientes presentes en las laderas del banco crean un verdadero oasis de biodiversidad en medio del mar, lo que a su vez favorece la presencia de diferentes especies de cetáceos, de tortugas y de aves marinas.



Áreas cercanas de aguas frías. © D. F. SÁNCHEZ

ESPECIES REPRESENTATIVAS



BANCO DE LA CONCEPCIÓN

El banco de la Concepción es una montaña submarina situada a 75 kilómetros al norte de la isla de Lanzarote. Esta elevación parte de una profundidad de 2.000 metros hasta los 150 metros de profundidad en su cima. Su relieve junto a las corrientes marinas crean un fenómeno de afloramiento, en el que las aguas profundas cargadas de nutrientes ascienden. Estos nutrientes elevan la productividad de la zona, atrayendo a numerosas especies como cetáceos, tortugas marinas, tiburones o aves marinas en busca de alimento.



FOTOGRAFÍA DE AGUAS FRÍAS. © D. F. SÁNCHEZ

ESPECIES REPRESENTATIVAS



ESPACIO MARINO DEL ORIENTE Y SUR DE LANZAROTE-FUERTEVENTURA

Las costas orientales de Fuerteventura y Lanzarote constituyen un auténtico santuario marino para los cetáceos donde podemos encontrar hasta 28 especies diferentes de zifios, rorcales, cachalotes, orcas, delfines y calderones. Un tercio de todas las especies de cetáceos del mundo se pueden avistar en este espacio marino protegido. Además, al sur de Fuerteventura se sitúan los bancos de Amanay y El Banquete, dos montañas submarinas de origen volcánico que poseen una gran variedad de comunidades debido principalmente al amplio rango de profundidad que abarcan y a su complejidad orográfica.



© INEAT

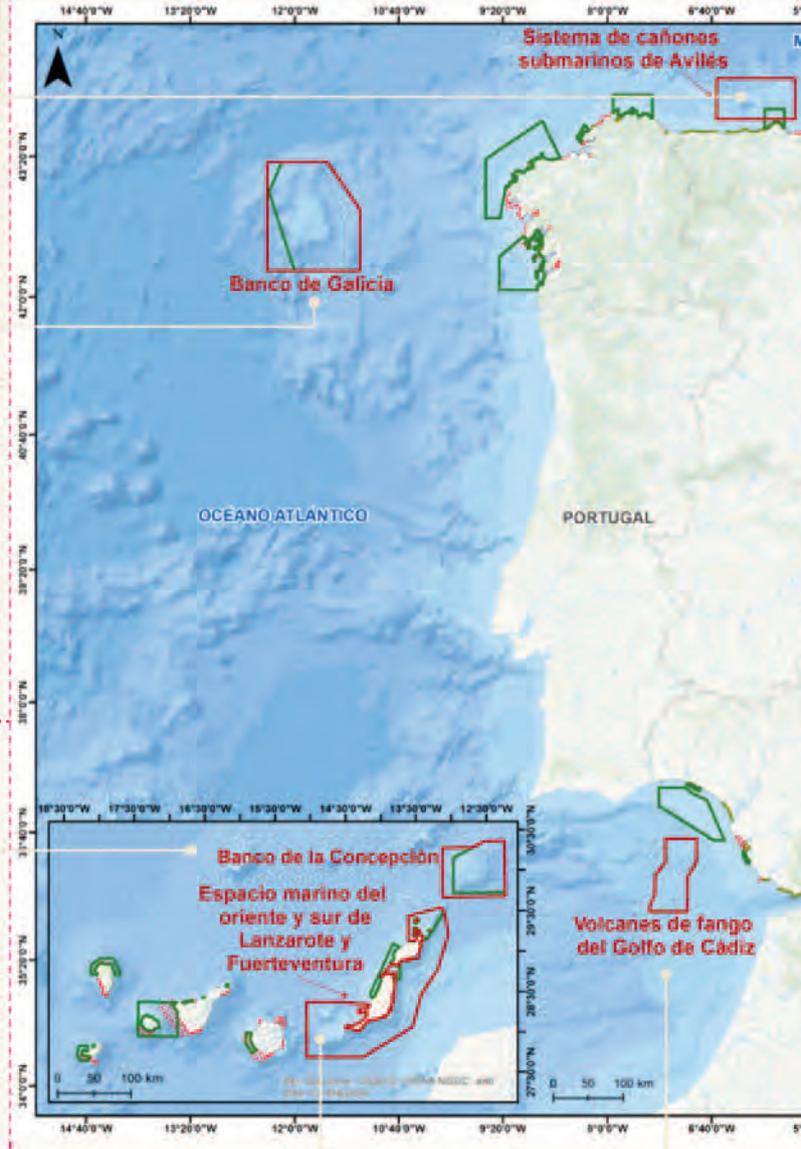
ESPECIES REPRESENTATIVAS



ZONAS DE ESPECIAL PROTECCIÓN PARA AVES

En julio de 2014 se declararon 39 Zonas de Especial Protección para las Aves (ZEPA) en aguas de todas las regiones biogeográficas marinas españolas, lo que supuso un importante paso para la protección de las colonias de cría, las zonas de

alimentación y las áreas migratorias clave, de las más de 27 especies de aves marinas que usan estos espacios, poniendo especial atención a las 16 especies, con poblaciones reproductoras en España, listadas en el Anexo I de la Directiva



LOS VOLCANES DE FANGO DEL GOLFO DE CÁDIZ

En los fondos profundos del golfo de Cádiz, entre los 800 y los 1200 m, se producen emanaciones de fluidos a bajas temperaturas saturados en metano, que construyen los llamados volcanes de fango. Una vez que el metano asciende hacia la superficie del fondo, se ve sometido a la actividad microbiana que lo transforma liberando iones bicarbonato. Estas reacciones facilitan la precipitación de carbonatos autígenos que forman sustratos rocosos, como son las chimeneas, las costas y enlosados, constituyendo así una gran diversidad de relieves y hábitats de extraordinario interés ecológico.



Fotografía de MAREANO SUBMARINO. © D. F. SÁNCHEZ

El golfo de Cádiz se encuentra en el corredor migratorio entre el Atlántico y el Mediterráneo, constituyendo una zona de paso casi obligada para muchas especies y siendo un área relevante para distintos grupos faunísticos como son las cetáceos, tortugas y aves marinas.

ESPECIES REPRESENTATIVAS



ESPECIES REPRESENTATIVAS



Aves (2009/147/CE). Gracias a INDEMARES, estas aves y sus hábitats gozarán de una protección más efectiva tanto en tierra firme como en el mar.



SISTEMA DE CAÑONES SUBMARINOS OCCIDENTALES DEL GOLFO DE LEÓN

El LIC presenta una gran variedad de ecosistemas en un área relativamente reducida: ecosistemas litorales, ecosistemas de plataforma y de talud y comunidades de cañones submarinos, por lo que cuenta con una elevada biodiversidad. El principal cañón de este sistema es el cañón de Creus, que alcanza los 2150 metros de profundidad. En los estudios realizados para el proyecto se han censado unas 1740 especies, lo que representa una cuarta parte de todas las conocidas en el Mediterráneo. Esta gran riqueza específica es debida en parte a la abundancia de plancton, con fases larvales de peces de interés comercial (como la merluza) y de krill y es la fuente de alimentación preferencial de muchos peces y cetáceos.



Arrecife de coral (*Madrepora oculata*)
© E. López-Ibanez / IEB-CM2008

BIODIVERSIDAD



ESPACIO MARINO DE ILLES COLUMBRETES

Las Islas Columbretes constituyen la parte emergida de un extenso campo volcánico submarino situado cerca del extremo de la extensa plataforma localizada al sur de la desembocadura del Ebro. El origen volcánico de las islas Columbretes es especialmente raro en la plataforma continental Mediterránea dando lugar a la singularidad y riqueza de su flora y fauna tanto terrestre como marina. En los fondos marinos encontramos hábitats singulares del mediterráneo en buen estado de conservación. Estos valores, junto a la importancia de la zona para los cetáceos y las aves marinas, demuestran la necesidad de ampliar el LIC ya existente.



Fuente: Autor (Puffinus mauretanicus)
© IEB-CM2008 / I. M. Arce

BIODIVERSIDAD



CANAL DE MENORCA

En el Canal de Menorca podemos encontrar una amplia distribución de hábitats, desde los bancos de arena y praderas de *Posidonia* propias de las zonas cercanas a la costa a comunidades de fondos de plataforma (de 50 a 100 metros de profundidad) y talud (100 a 400 metros de profundidad) con elevado valor ecológico y diversidad de especies.



Comunidad de corales
© IEB-CM2008

Destacar que esta zona presenta poblaciones de diferentes especies de cetáceos, tortugas marinas. En cuanto a las aves marinas, el LIC es especialmente importante para las pardas balear (*Puffinus mauretanicus*) y cenicienta (*Catanebris diomedea*), que vienen a la zona tanto desde colonias cercanas como desde otras más distantes (sur de Mallorca, Ibiza, Columbretes).

BIODIVERSIDAD



ESPACIO MARINO DE ALBORÁN

El mar de Alborán es una zona de transición entre el Atlántico y el Mediterráneo. La mezcla de aguas de ambas cuencas oceanográficas crea unas condiciones únicas que contribuyen a la riqueza y singularidad de la vida marina. Además, el mar de Alborán constituye una zona de alimentación y de paso migratorio para numerosas especies, destacando los cetáceos, las tortugas y las aves marinas.



Comunidad de corales
© Inventario de Alborán / INDEMARES Alborán

Aproximadamente en el centro del mar que le da nombre, se sitúa la isla de Alborán, de origen volcánico, rodeada por una meseta submarina con una gran diversidad de hábitats, donde se han inventariado hasta 1.645 especies de las cuales 10 son nuevas para la ciencia.

BIODIVERSIDAD



SUR DE ALMERÍA-SECO DE LOS OLIVOS

El sur de Almería-Seco de los Olivos es un área marina con una extensión de 2.829 kilómetros cuadrados, localizada al sur de la península ibérica, y caracterizada por la gran productividad de sus aguas y por contener una gran diversidad de especies y hábitats marinos. Zonas costeras poco profundas, fondos abisales, montañas y cañones submarinos forman parte de su lecho marino, proporcionando tal variedad de ambientes que permiten el asentamiento de una gran diversidad de organismos.



Flor de mar (*Dendrocyphus vanigi*)
© IEB-CM2008

El Seco de los Olivos es una montaña submarina, también de origen volcánico, en la que se han encontrado más de 600 especies, 45 de ellas protegidas y/o amenazadas, lo que pone de manifiesto la necesidad de conservar esta zona.

BIODIVERSIDAD



INDEMARES, UN HITO EN LA CONSERVACIÓN MARINA

INVESTIGAR y proteger el patrimonio marino han sido dos de los objetivos principales del proyecto LIFE+ INDEMARES, en el que la Fundación Biodiversidad del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente y el Instituto Español de Oceanografía, junto con otras entidades, han tenido una participación activa como ya ha sido contado en esta revista.

Hoy podemos decir, con satisfacción justificada, que ha supuesto un hito para la conservación de nuestra biodiversidad marina, proporcionando las bases científicas para la ampliación de la Red Natura 2000, la red ecológica de áreas de conservación de la biodiversidad más importante de la Tierra, a través de la declaración de 10 Lugares de Importancia Comunitaria y 39 Zonas de Especial Protección para la Aves.

En los 6 años de duración de INDEMARES, hemos realizado más de 50 acciones, 147 campañas oceanográficas, estudiado en detalle más de 5 millones de hectáreas (una superficie similar a Aragón), inventariado 112 hábitats, censado 250000 aves y, lo que no es menos significativo, gestionado a 7000 proveedores y tramitado más de 17000 facturas. Además, hemos enviado a la Comisión Europea una nueva propuesta de tres hábitats marinos para ser incluidos en el Anexo I de la Directiva Hábitats, realizado 9 talleres de participación pública con más de 350 involucrados, escrito 12 monografías divulgativas, e intervenido en más de 200 conferencias y congresos explicando los avances del proyecto. Contamos hoy con un Sistema de Información Geográfico de 374 capas, con más de 500 planos generados. Se han descubierto al menos 50 nuevas especies para la ciencia, y lo que es más importante y principal fin del proyecto, se han declarado los 49 nuevos sitios de la Red Natura 2000, incluyendo unas directrices iniciales para su gestión. Todo

ello para incrementar la protección de nuestros mares desde menos del 1% hasta más del 8%, en dirección al cumplimiento del compromiso internacional del Convenio de Diversidad Biológica de las Naciones Unidas de proteger al menos el 10% de las regiones marinas del mundo.

Los resultados, de los que hoy podemos sentirnos tan orgullosos, no hubiesen sido posibles sin el trabajo de las más de 300 personas implicadas en el proyecto y sin las declaraciones finales aprobadas por el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, pero tampoco sin el intenso compromiso de entidades como el Instituto Español de Oceanografía, el Consejo Superior de Investigaciones Científicas, ALNITAK, la Coordinadora para el Estudio de los Mamíferos Marinos, OCEANA, la Sociedad para el Estudio de los Cetáceos en el Archipiélago Canario, SEO/BirdLife y WWF-España.

Muchas de estas personas provienen de los distintos centros del Instituto en toda España. Han sido motor imprescindible del proyecto, aportando siempre rigurosidad científica, eficacia en la gestión y cordialidad para el trabajo en grupo. Joan, Pablo, Víctor, Alberto y Paco como investigadores principales en el campo, Eladio y Jose Luis en la coordinación desde Madrid y Carmen en la difícil gestión económica han sido, entre muchos otros a los que es imposible mencionar, unos compañeros de viaje ideales para lograr los resultados mencionados.

Todos ellos son parte de este histórico proyecto, que quedará sin duda en el recuerdo de todos como ejemplo de un gran trabajo en equipo con resultados tangibles en tiempo y forma. A todos ellos, como responsable del proyecto, deseo reiterar aquí mi enhorabuena, admiración y agradecimiento.

Pero si importante es lo que hemos hecho hasta ahora, no es menos lo que queda por delante. La gestión de es-



tas zonas es el nuevo reto que abordamos. Con este objetivo hemos presentado a la Comisión Europea el proyecto Gestión integrada, innovadora y participativa de la Red Natura 2000 en el medio marino (LIFE IP - INDEMARES)", un proyecto que aborda la ejecución de más de 80 acciones en el medio marino de competencia estatal que pretenden conseguir que, a su finalización en el año 2021, el Estado Español cuente con una Red consolidada de espacios marinos Natura 2000 gestionada de una manera eficaz e integrada, con la participación activa de los sectores implicados, con la investigación como herramienta básica para la toma de decisiones y bajo la oportunidad de contribuir a un modelo de desarrollo asentado en la sostenibilidad y en la innovación.

Las acciones planteadas en el proyecto abordan diversos aspectos de la gestión del medio marino, como la elaboración de los planes de gestión de los espacios designados, la monitorización y vigilancia a través de nuevas tecnologías, la gobernanza en el medio marino, la conservación y restauración de hábitats y especies, la capacitación y la divulgación y sensibilización pública. Estas acciones se complementarán con otras financia-

das por diversos fondos europeos (Fondo Social Europeo y Fondo Europeo Marítimo de Pesca), como la formación a usuarios del mar, el fomento del emprendimiento en el medio marino, la diversificación de ingresos de los diferentes sectores empresariales o la adecuación de las actividades pesqueras al cumplimiento de los objetivos de la Red Natura 2000.

En definitiva, un nuevo reto de colaboración entre el Instituto, el Ministerio y la Fundación Biodiversidad, para lograr que además de ser la Red Natura 2000 marina mejor investigada y más amplia de toda Europa, sea la mejor gestionada, involucrando a los sectores que desarrollan su labor en el mar, que al final deben ser uno de los principales interesados en que la gestión de esos espacios se haga de manera eficaz y sostenible.

Ignacio Torres Ruiz-Huerta

Director del Proyecto LIFE+ INDEMARES

Subdirector de la Fundación Biodiversidad

Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente

INDEMARES, UN RETO CIENTÍFICO SIN PRECEDENTES EN LA INVESTIGACIÓN DEL IEO

EL PROYECTO INDEMARES, encuadrado en la convocatoria LIFE+ de la Comisión Europea, se inició en el año 2009 y ha sido una de las mayores iniciativas a nivel mundial para el conocimiento del medio marino. Su principal objetivo fue proporcionar la información necesaria para poder incluir en la Red Natura 2000 una adecuada representación de los principales ecosistemas marinos vulnerables de España y con ello garantizar la conservación de su biodiversidad. Coordinado por la Fundación Biodiversidad, participaron en este proyecto numerosas instituciones científicas y ONGs conservacionistas. El Instituto Español de Oceanografía (IEO) tuvo un papel relevante en este proyecto, en donde fue responsable del estudio de los hábitats y comunidades de fondo de seis de las diez zonas elegidas como candidatas para su estudio.

Uno de los mayores desafíos a los que tuvo que enfrentarse el IEO fue a que la mayor parte de las zonas asignadas se encuadraban como ecosistemas de la zona batial, es decir, localizadas a más de 200 m de profundidad y en los complejos fondos del borde continental. Acceder a ellos para obtener la información necesaria sobre las características de estos ecosistemas profundos, cartografiar la distribución de sus hábitats e inventariar las especies que los ocupan supuso un reto de enorme trascendencia en donde se vieron implicados numerosos investigadores de distintas disciplinas. Científicos de las especialidades de la geología fueron los encargados de caracterizar los tipos de fondo mediante estudios de geomorfología y sedimentología y que condicionan en primera instancia la identificación de los hábitats. Los estudios de dinámica oceanográfica tuvieron también un

importante protagonismo como fuente de información para poder explicar los procesos de producción que gobiernan estos ecosistemas. Por último, un equipo de biólogos de diferentes especialidades fue el responsable tanto del estudio de las comunidades bentónicas y demersales, como de las diferentes actividades pesqueras que se desarrollaban en cada una de las zonas asignadas.

Para llevar a buen término estos estudios fue necesario operar con modernas tecnologías, utilizando entre otros, los mejores buques de la flota oceanográfica del IEO, el *Ramón Margalef* y *Ángeles Alvariño*, dotados de las últimas tecnologías acústicas para el cartografiado de los fondos marinos y diseñados para poder operar sofisticados vehículos submarinos capaces de descender hasta 2000 m, como el *Liropus* o el *Politolana*. La necesidad de disponer de resultados homogéneos y comparables de todas las zonas en un tiempo récord, para cumplir los estrictos plazos establecidos, ha sido también un ejercicio de coordinación científica considerable, involucrando en gran medida, mediante grupos de trabajo específicos, a los mejores investigadores del mar profundo con los que cuenta el IEO, y recurriendo a especialistas de otras instituciones para el estudio de determinados grupos taxonómicos. En este último aspecto, el IEO ha proporcionado a diferentes universidades un material biológico considerable que les ha permitido disponer de colecciones de organismos de difícil obtención por las extremas características de los hábitats en donde se encuentran.

El fuerte operativo de investigación puesto por el IEO al servicio de este proyecto permitió llegar a tiempo para proporcionar el tipo de información exigida para que



Francisco Sánchez.

el organismo gestor, el MAGRAMA, pudiera realizar la propuesta de los nuevos lugares de importancia comunitaria (LICs) e iniciar todo el proceso de su futura declaración como Zonas de Especial Conservación, una vez redactados sus planes de gestión. En este sentido, se proporcionaron inventarios y cartografías detalladas de los tipos de hábitats y sus comunidades biológicas, con especial énfasis en los contemplados en las Directivas Europeas de protección. Una de las mayores aportaciones científicas en INDEMARES ha sido la localización y descripción de arrecifes de corales de aguas frías en algunas de las zonas de estudio. Estos hábitats, que se desarrollan únicamente bajo estrictas condiciones medioambientales, son muy escasos, están en regresión y existe gran desconocimiento sobre su distribución y dinámica. Las especies de corales que los caracterizan generan una compleja estructura tridimensional que facilita el asentamiento de otros muchos organismos, los cuales se benefician de la alta productividad existente, dando lugar a valores de biodiversidad muy elevados, algo que resulta bastante sorprendente dada la profundidad en la que se desarrollan. Los resultados de estos estudios van a proporcionar un avance importante sobre la función ecológica de los arrecifes en nuestras aguas. Tampoco podemos olvidar los descubrimientos de las comunidades de especies quimiosintéticas encontradas en estructuras producidas por escapes de fluidos en los volcanes de fango del golfo de Cádiz.

El conocimiento de las características de los ecosistemas estudiados por el IEO durante el proyecto INDEMARES

es un primer paso imprescindible para poder identificar sus valores y redactar las propuestas de gestión dirigidas a la conservación de los mismos. Los resultados de estos estudios para describir con gran resolución la distribución espacial de los hábitats vulnerables permitirán identificar las posibles amenazas que pueden alterar su supervivencia y definir zonas con medidas específicas de protección. El conocimiento científico de la dinámica que gobierna estos ecosistemas permitirá estimar las interrelaciones entre las especies y sus dependencias medioambientales, lo cual es imprescindible para poder interpretar que consecuencias pueden tener determinadas medidas de gestión. También posibilitará conocer su importancia como hábitats esenciales para especies de interés comercial y los efectos reserva, que se traducen en la exportación de recursos hacia las zonas de actividad pesquera. Garantizar la salud de estos ecosistemas es una prioridad actual, no solo para preservar su biodiversidad sino también para garantizar la sostenibilidad de muchas pesquerías. En este sentido, y dado la gran experiencia del IEO con el sector pesquero, es muy importante que los científicos trabajemos en estrecha colaboración con estos sectores afectados por posibles medidas de gestión para encontrar soluciones que permitan la coexistencia de las actividades extractivas y la conservación de la biodiversidad.

Francisco Sánchez

Coordinador científico de INDEMARES

UN GRAN PROYECTO QUE HA MARCADO UN ANTES Y UN DESPUÉS EN LA PROTECCIÓN DE ÁREAS MARINAS EN ESPAÑA

EL PROYECTO LIFE+ INDEMARES (Inventario y designación de la Red Natura 2000 en áreas marinas del Estado español) surgió a raíz de una necesidad, la de la ampliación de la superficie marina de la Red Natura 2000 en España y de una oportunidad: la de poder presentar dicho proyecto a la convocatoria de proyectos LIFE+ 2007-2013 y, en concreto, al área prioritaria de Naturaleza y Biodiversidad que, dentro del Subprograma de Medio Ambiente, busca la mejora del estado de conservación de especies y hábitats amenazados. España presentó el proyecto en 2007 a través de la Fundación Biodiversidad, adscrita al Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (entonces Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino), y tuvo la fortuna de pasar todos los filtros hasta su defi-

nitiva concesión, consiguiendo formar parte de los 58 proyectos que fueron seleccionados de un total de 264 propuestas del área de Naturaleza y Biodiversidad o, dicho de otro modo, de conseguir prácticamente ocho millones de euros de un total de más de 94 millones, correspondientes a la financiación de la Comisión Europea. Antes del comienzo de este proyecto, la Red Natura 2000 se encontraba representada en España por una superficie terrestre muy significativa (prácticamente una cuarta parte de la superficie terrestre del país se encontraba protegida por pertenecer a dicha Red), mientras que solo disponía de una superficie marina testimonial, que, además, estaba conformada únicamente por la parte litoral de diversos espacios protegidos marítimo-terrestres.

La situación de nuestro país no era muy diferente a la de otros países europeos, algo debido a que los estudios en el mar siempre son más costosos y complejos que en tierra. La dificultad es mayor aún cuando se trata de disponer de información sobre hábitats y especies de zonas a grandes profundidades, algo que en España es frecuente debido a la escasa extensión de nuestra plataforma continental.

No sería hasta el año 2008 cuando se adoptarían medidas para la protección de una zona exclusivamente marina, en concreto en la denominada El Cachucho (Orden Pre/969/2008, de 3 de abril, por la que se publica el Acuerdo de Consejo de Ministros, por el que se adoptan medidas para la protección de la zona marina "El Cachucho") y el año 2011 se declararía dicho espacio protegido como la primera Área Marina Protegida (AMP) de España y como Zona de Especial Conservación (ZEC) de la Red Natura 2000 (Real Decreto 1629/2011, de 14



Mapa de la Red Natura 2000 en el año 2011, previo al proyecto INDEMARES / EEA.



Inauguración en junio de 2009 del proyecto INDEMARES / MAGRAMA

por parte de las nuevas zonas a estudiar (5 del total de las 10 zonas, más una sexta en colaboración con el CSIC).

Los motivos expuestos, más la trayectoria histórica del IEO en estudios de oceanografía, pesca, geología marina, etc., así como el desarrollo tecnológico de los últimos años o la participación de sus investigadores en reuniones y grupos de trabajo de numerosos Convenios y Programas de protección del Medio Marino (OSPAR; MAP; ICES; etc.) en relación con la investigación y la transferencia de la misma a la gestión de las AMPs, situaba al Instituto en una posición privilegiada a la hora de acometer este proyecto.

El proyecto INDEMARES se presentó finalmente en el año 2007 bajo la coordinación de la Fundación Biodiversidad. Fue construido con un enfoque participativo que integrara el trabajo de instituciones de referencia no solo en el ámbito de la investigación (como sería el caso del IEO y del CSIC), sino también en el de la gestión (con la participación del entonces Ministerio de Medio Ambiente) y en el de la conservación (con la participación de ONGs como OCEANA, WWF/Adena, SEO/BirdLife, ALNITAK, la Coordinadora para el Estudio de los Mamíferos Marinos y la Sociedad para el Estudio de los Cetáceos en el Archipiélago Canario). A través de colaboraciones también diversas universidades jugaron un papel relevante en el estudio de algunas de las zonas, principalmente las de Málaga y la Autónoma de Madrid, pero también las universidades canarias y la de Barcelona, entre otras.

Con un presupuesto total de 15,4 millones de euros, de los que un 50% corresponde a la cofinanciación europea, se previó que el proyecto tuviera una duración de cinco años (del 1 de enero del 2008 al 31 de diciembre 2013), si bien fue prorrogado un año más, hasta el 31 de diciembre de 2014. Una prueba más del peso del IEO en la iniciativa, fue que más del 40% del presupuesto del proyecto correspondiera a su trabajo, por un total de 6.625.607 € (3.989.218 € financiados por la Comisión Europea y 2.636.389 € cofinanciados por el IEO).

Diseño y puesta en marcha

En noviembre de 2008 tuvo lugar una primera reunión de los socios, que fue coordinada por la Fundación Biodiversidad (FB) e, inmediatamente después, se realizaron sendas reuniones, en diciembre de 2008 y enero de 2009. A todo esto, en el IEO ya nos estábamos organizando internamente para dar respuesta a un proyecto de tanta magnitud, con una participación muy activa, entre otros, de Eladio Santaella, quien luego siguió muy implicado en multitud de tareas de gestión de este proyecto.

Quedaba por delante un importante trabajo de constitución de los equipos de investigación, empezando por el propio investigador principal, que se responsabilizaría de cada una de las zonas a estudiar: Paco Sánchez; Alberto Serrano; Joan Moranta; Víctor Díaz del Río y Pablo Martín-Sosa. El primero de ellos actuaría además de coordinador científico y en la iniciativa se implicarían muchos otros científicos y especialistas del IEO en distintas ramas, dado el carácter multidisciplinar de este tipo de estudios, que incluyen geología y geomorfología; oceanografía; hábitats y comunidades; dinámica trófica de los ecosistemas; medida de la presión pesquera, etc. En el IEO no había precedentes de ningún proyecto de similares características y, dado el nivel de exigencia de los proyectos LIFE en cuanto al control y la justificación de todas las acciones; de su control financiero; de la información a la Comisión Europea; etc., algo que en este caso revestía mayor relevancia aún por la magnitud de INDEMARES, se decidió dedicar dos personas a su gestión: una que actuaría de coordinador general y otra responsable de la gestión financiera. La primera responsabilidad recayó en el autor de este texto, José Luis Vargas, y la segunda en Carmen Peñas.

Como en otros proyectos LIFE, se exigió a todos los socios llevar una contabilidad específica, de modo que todas las facturas y apuntes incluyeran una referencia clara al proyecto. Conscientes de la trascendencia del asunto, la Secretaría General del IEO preparó unas instrucciones para todos los centros oceanográficos, de modo que los gastos del proyecto INDEMARES se trataran de una manera específica y separada. Así, cualquier ticket o factura no solo debía llevar estampado un sello que se fabricó expresamente para la identificación del proyecto, sino que debía ser tratado de manera separada y enviado a los Servicios Centrales para que allí fueran escaneados y enviados a la FB, previo registro en una tabla Excel específica, que fue proporcionada por dicha fundación.

Estas acciones, que podrían parecer sencillas, realmente no fueron nada fáciles, si bien podría decirse perfectamente que se acercaron, como en ningún otro caso en el IEO, a la manera de trabajar con una contabilidad analítica a la que otros organismos públicos de investigación (como es el caso del CSIC) están más acostumbra-

dos y que nos situaría en las mejores condiciones para concurrir a la obtención competitiva de proyectos de investigación de la Unión Europea.

Desarrollo

Los objetivos del proyecto INDEMARES básicamente fueron los siguientes: proponer a la Comisión Europea nuevos Lugares de Interés Comunitario (LICs) marinos, de modo que se aumentara sustancialmente la superficie marina protegida de la Red Natura 2000 en España; promover la participación de todas las partes implicadas en la investigación, conservación y gestión del mar y sus recursos (de ahí la distribución de socios); disponer de unas directrices de gestión para los lugares propuestos; contribuir al reforzamiento de los convenios internacionales sobre el mar suscritos por España (OSPAR y Barcelona) y sensibilizar a la sociedad sobre la importancia de la conservación y uso sostenible de la biodiversidad marina.

Para cumplir con dichos objetivos se decidió acometer principalmente las siguientes acciones: localización y valoración preliminar de lugares de interés (si bien se partía ya de unas determinadas zonas a estudiar); realización de estudios científicos, en cada una de las 10 zonas identificadas para hábitats, cetáceos, reptiles y aves; monitorización de actividades humanas y sus tendencias, con especial atención a la valoración del impacto de pesquerías en LIC y ZEPA propuestos; campaña de información, participación y sensibilización, con una considerable creación de material audiovisual para ello, así como de publicaciones técnicas, científicas y divulgativas; creación de un GIS que englobara todas las zonas de estudio; preparación de los formularios oficia-



Foto de grupo del equipo científico y la tripulación durante una campaña en los bancos de Canarias a bordo del *Ángeles Alvariño*.

les Natura 2000 y envió a la Comisión Europea y elaboración de directrices de gestión para los lugares red Natura 2000 marinos propuestos y realización de la propuesta española de ampliación de anexos de la Directiva Hábitat (incluye especies y hábitats OSPAR y Barcelona).

En prácticamente todas estas acciones participó o colaboró el IEO, si bien se centró especialmente en la realización de los estudios científicos de las seis zonas que se le encargaron, todas de tanta magnitud que bien podrían ser consideradas un proyecto cada una por sí sola: Banco de Galicia; Cañón de Avilés (posteriormente denominada "Sistema de cañones submarinos de Avilés"); Canal de Menorca (en colaboración con CSIC); Chimeneas de Cádiz (posteriormente denominada "Volcanes de fango del golfo de Cádiz"); Banco de la Concepción y Fuerteventura (posteriormente denominada "Sur de



Localización de las áreas de estudio de INDEMARES.



Flota de buques utilizados durante el proyecto INDEMARES.

Fuerteventura”) y por último -nombre que recibe el actual LIC- Espacio marino del oriente y sur de Lanzarote-Fuerteventura).

Las otras zonas de estudio fueron: Cañón de Creus (a cargo del CSIC); Delta del Ebro-Columbretes (Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino); Seco de los Olivos (OCEANA); Isla de Alborán y conos volcánicos de Alborán (Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino).

Además de trabajar sus zonas, el IEO colaboró con OCEANA en las últimas fases del estudio de la zona del Seco de los Olivos, dada su experiencia y que ya existía un buen clima de colaboración anterior.

Como el lector podrá ver más en detalle en páginas siguientes de este especial de la Revista del IEO dedicado a INDEMARES, en las que los investigadores principales hablarán de cada zona de estudio, fueron muchos los retos y dificultades superadas a lo largo del proyecto. A continuación mencionamos solo algunos de ellos.

Trabajar en estas zonas exigió contar con un equipamiento muy exigente, empezando porque se necesitaba contar en todas ellas con barcos oceanográficos adecuados, ya que en muchos casos se iba a trabajar en zonas de gran profundidad y a veces muy alejadas de la costa. Contar con barcos que tuviesen una adecuada autonomía, tanto por su eslora como por su habitabilidad, era imprescindible. Ya antes del inicio del proyecto estaba preparándose la construcción de los dos nuevos buques regionales del IEO, los cuales se pensaba que serían utilizados en este proyecto. Problemas con el primer astillero que comenzó su construcción hizo que éstos no llegaran a tiempo para trabajar en las primeras campañas y esa fue la primera gran dificultad y el gran reto, ya que hubo que buscar buques que les sustituyeran.

Esto se consiguió con un gran esfuerzo negociador y, todo sea dicho, presupuestario, aunque se logró trabajar con barcos de la Secretaría General del Mar (SGM) del Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino con unos costes muy beneficiosos (para ello se firmó en 2011 un convenio entre la SGM y el IEO, mediante el cual ambos departamentos compartían los gastos). Se trabajó también con el buque *Thalassa* del IFREMER francés, lo que significó poder disponer de una plata-



El ROV Liropus a bordo del *Ángeles Alvariño*.
Autor: Sebastián Jiménez



Reunión del Comité de Gestión de INDEMARES el 16 de septiembre de 2009.



Reunión del Comité Científico de INDEMARES el 21 de abril de 2009.

forma de trabajo excelente, pero con el que 45 días de campaña supusieron un coste de 850.000 €.

Los barcos de la SGM fueron imprescindibles para poder llevar a cabo las acciones de este proyecto. El *Miguel Oliver* y el *Vizconde de Eza*, por ser los más grandes, resultaron tener también una muy buena operatividad. El *Emma Bardan* resultó menos práctico, debido a su pequeña eslora y habitabilidad. Aún así, fue aprovechado en una campaña en Cádiz y otra en Canarias, donde también se utilizó en alguna ocasión otro barco de pequeña eslora, pero que cumplió su labor. Es el caso del buque *Profesor Ignacio Lozano* (PIL) y para su utilización se firmó también un convenio con el Instituto Canario de Ciencias Marinas (ICCM).

Afortunadamente, a lo largo del proyecto se terminaron de construir los dos barcos regionales del IEO, que también se pudieron utilizar en algunas de las últimas campañas. Hablamos del *Ramón Margalef* y el *Ángeles Alvariño*.

Así como los barcos supusieron una plataforma tecnológica de primer orden, para el desarrollo de los trabajos se requirió también de la utilización de infraestructuras tecnológicas que en muchos casos se desarrollaron

o adquirieron específicamente para INDEMARES. Entre ellas cabe destacar el vehículo submarino de operación remota (ROV) que el IEO adquirió para su utilización en INDEMARES y en trabajos similares, el cual, con el nombre de *Liropus* podía trabajar a profundidades de hasta 2000 m y tomar imágenes de video y fotografía, además de recoger muestras y tomar determinados datos oceanográficos con las sondas y sensores de los que disponía. También lo fueron los trineos fotogramétricos, los landers, etc.

Otra actividad que desempeñó el IEO de manera significativa en este proyecto fue un desarrollo metodológico para el análisis de los datos registrados en los VMS (*Vessel Monitoring System*) o *cajas azules*, y, a partir del mismo, determinar la *huella pesquera* en las distintas zonas de estudio. Gracias a este proyecto, y a los contactos mantenidos por el IEO y la FB con la SGM, se logró obtener toda la información de VMS necesaria, correspondiente al esfuerzo pesquero de los últimos años en estas zonas. De hecho, la FB y el Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, actual Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA), fueron en todo momento conscientes de la importancia de este desarrollo y por ello solicitaron al IEO que la pusiera a disposición del proyecto para otros socios y, también, para ofrecerla como un resultado destacable de INDEMARES, resultando de todo ello un documento de directrices.

Dada su experiencia, el IEO también jugó un papel importante en la estandarización del tratamiento de datos SIG de todo el proyecto, elaborándose tanto un protocolo interno de homogenización de la información entre los distintos datos de las zonas estudiadas por el IEO, como unas directrices que sirvieron para estandarizar la información con otros socios.

Otro aspecto importante fueron las facilidades que el IEO prestó a otros socios para que pudieran aprovechar la estancia en los barcos durante las campañas para realizar, por ejemplo, los muestreos de aves marinas (en el caso de SEO) y de cetáceos (en el caso de SECAC y CEMMA). Para ello se estandarizó también el embarque de observadores de estas organizaciones.

Todo el desarrollo del trabajo de todos los socios del proyecto se coordinó por la Fundación Biodiversidad a través, entre otros, de tres comités principales, el de Comité de Gestión; el Científico y el de Comunicación. En todos ellos participó activamente el IEO.

Conclusiones

Se puede afirmar con claridad que el proyecto INDEMARES fue un éxito, no solo para el IEO sino para nuestro país. Así lo han manifestado no solo el Ministerio que impulsó este trabajo (el MAGRAMA), el propio Ministerio del que depende el IEO (el MINECO), sino también la Comisión Europea. Todos han visto en el



Mapa de la Red Natura 2000 después de INDEMARES / MAGRAMA

mismo un ejemplo claro de trabajo multidisciplinar y de cooperación entre distintas instituciones públicas y organizaciones no gubernamentales, mediante el cual se ha conseguido aumentar significativamente la superficie marina protegida. Así, como consecuencia de este proyecto se han declarado 10 nuevos LICs (Lugares de Importancia Comunitaria) y 39 ZEPAs (Zonas de Especial Protección para las Aves).

Otras cifras confirman su importancia. INDEMARES ha supuesto la realización de más de 100 campañas oceanográficas; la participación de más de 300 personas (200 de ellas investigadores) y la publicación de artículos en 50 revistas científicas. Como se verá a continuación, el IEO ha sido el protagonista en muchas de estas cifras. Además, gracias a INDEMARES se han descubierto varios hábitats y especies nuevas para la ciencia así como primeras citas en las zonas de estudio. A continuación se especifican algunas de esas cifras para el caso concreto de las zonas estudiadas por el IEO. La información se ha obtenido directamente de los investigadores responsables de cada una de dichas zonas, si bien una información con mucho más detalle se podría obtener de la consulta de los informes finales elaborados por ellos, los cuales están disponibles en el repositorio (www.repositorio.ieo.es/e-ieo/) del IEO:

- En la zona de **Volcanes de fango del Golfo de Cá-**

diz (IP: Víctor Díaz del Río) trabajaron, con diferente grado de implicación, más de cincuenta personas. De dicho número, 14 fueron trabajadores de plantilla del IEO y de otras instituciones públicas como CSIC y universidades; 6 fueron personal especializado contratado (4 contratados por el propio proyecto y 2 financiados por proyectos relacionados) y 34 correspondieron a doctorandos, alumnos de máster, becarios (Erasmus, estancias, etc.).

Para cumplir con los objetivos de estudio en esta zona se realizaron 4 campañas oceanográficas, que sumaron un total de 80 días de trabajos en el mar.

La producción científica (me refiero sobre todo a publicaciones pero no exclusivamente) fue, como en el resto de las zonas estudiadas por el IEO, muy cuantiosa. Así, el resultado fue de 3 artículos en libros; 14 publicaciones evaluadas; 42 comunicaciones a congresos; 5 tesis doctorales; 11 tesis de máster y 16 conferencias.

- En la zona de **Canal de Menorca** (IP: Joan Moranta) trabajaron 18 trabajadores de plantilla del IEO y otras instituciones públicas; 8 personas contratadas (3 asignados al proyecto y 5 financiados por otros proyectos relacionados) y 8 personas entre doctorandos, alumnos de máster y otros colaboradores.

Se realizaron 3 campañas oceanográficas, que sumaron un total de 56 días de mar.

Se escribieron 3 publicaciones evaluadas, se realizaron 3 tesis de máster y se llevaron 5 comunicaciones a congresos.

- Respecto a las dos zonas de estudio de **Canarias** (IP: Pablo Martín-Sosa), trabajaron en las mismas 15 trabajadores de plantilla, tanto del IEO como de universidades y otros centros públicos; 11 contratados (4 asignados al proyecto y 7 más financiados por proyectos relacionados) y 3 colaboradores (doctorandos; alumnos de máster o becarios).

En cuanto a las campañas oceanográficas que se realizaron, en la zona de estudio del **Banco de La Concepción** se hicieron 5 campañas, con un total de 90 días, mientras que en la del **Sur de Fuerteventura** se realizaron 6 campañas, que sumaron 71 días de campaña. Como resultado de los trabajos en Concepción se generaron 5 artículos en libros; 3 publicaciones evaluadas, 2 tesis doctorales; 1 tesis de máster; 14 comunicaciones a congresos y 10 conferencias.

Y, en la zona de Fuerteventura, 5 artículos en libros; 3 publicaciones evaluadas; 1 tesis doctoral; 1 tesis de máster; 14 comunicaciones a congresos y 10 conferencias.

- En la zona del **Sistema de cañones submarinos de Avilés** (IP: Paco Sánchez) trabajaron 18 personas de plantilla del IEO; 5 personas contratadas con cargo al proyecto y 10 personas de otras instituciones públicas (CSIC y universidades).

Se realizaron 5 campañas oceanográficas, con un total de 78 días de campaña.

La producción científica en cuanto a publicaciones se tradujo en 31 publicaciones científicas en revistas evaluadas; 17 comunicaciones orales en congresos; 20 pós-

ter en congresos y 11 conferencias públicas.

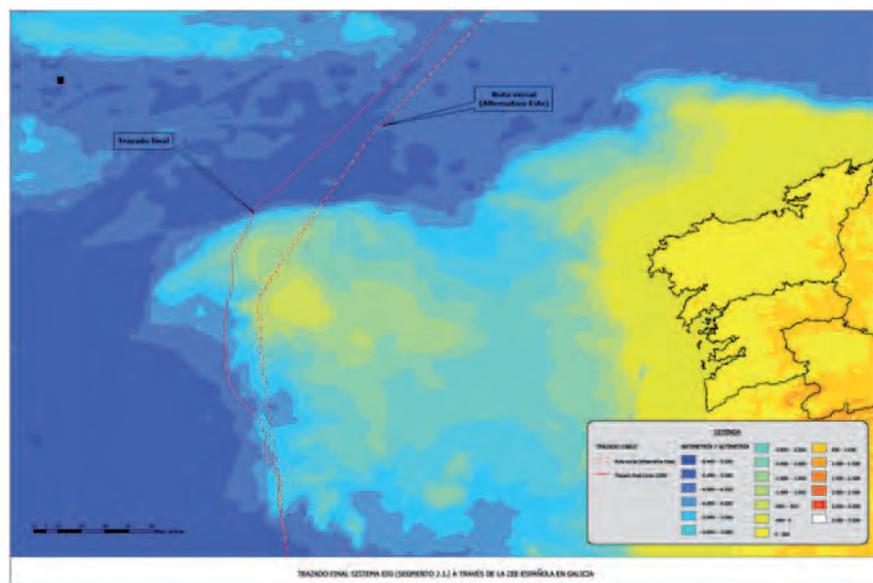
- En la zona del **Banco de Galicia**, (IP: Alberto Serrano) trabajaron 22 personas de plantilla del IEO; 5 contratados asignados al proyecto INDEMARES y colaboraron otras 15 personas de otras instituciones (CSIC, Universidades).

Se realizaron 3 campañas oceanográficas, con un total de 47 días.

Finalmente, se publicaron 21 artículos en revistas evaluadas; se presentaron, en congresos, 10 comunicaciones orales y 15 posters y se realizaron 6 conferencias públicas. También se realizaron 3 tesis doctorales.

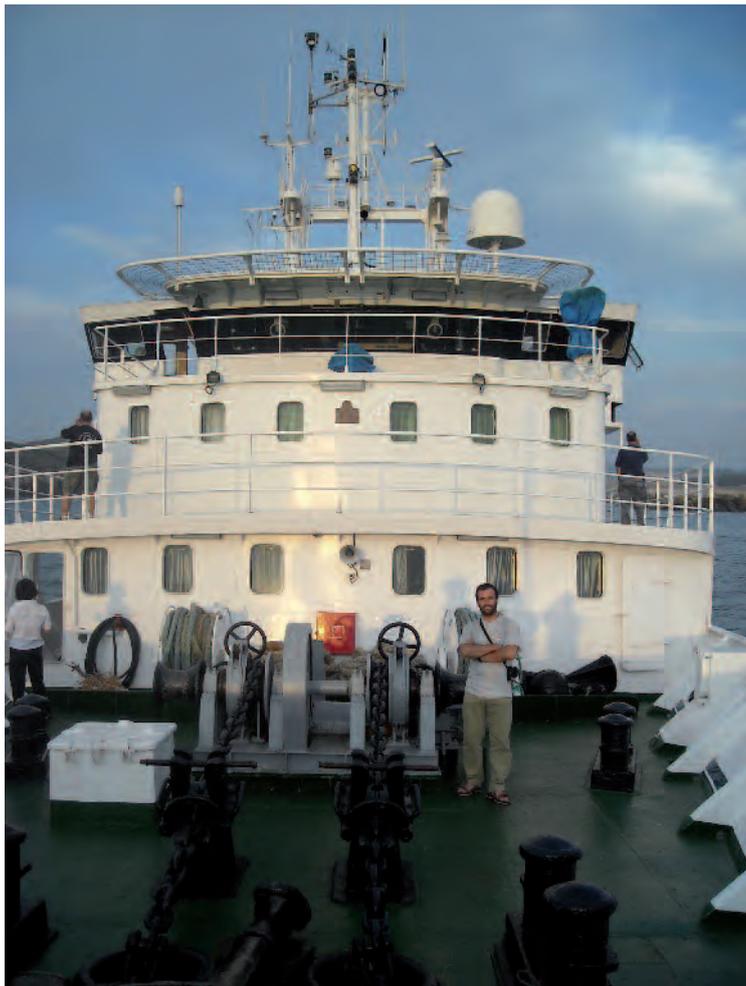
A modo de ejemplo de una buena transferencia de la información científica del IEO durante los estudios de INDEMARES a la conservación de los ecosistemas, se puede citar la participación del Instituto en la evaluación ambiental del proyecto de tendido del cable de comunicaciones "Europe India Gateway" (EIG). A raíz de varias consultas por parte del MAGRAMA, el IEO elaboró un informe mediante el cual, aplicando el principio de precaución, aconsejaba desplazar el trazado previsto de dicho cable a su paso por las cercanías de la zona de estudio del banco de Galicia. Entonces dicha zona aún se encontraba en las fases iniciales de estudio, pero se preveía la existencia de comunidades de profundidad frágiles en el lugar de paso del cable. ¡Y lo conseguimos! Un informe técnico enviado oportunamente consiguió que una gran multinacional de telecomunicaciones realizara la modificación del trazado propuesto inicialmente.

Para el IEO este proyecto de carácter multidisciplinar ha supuesto un antes y un después por muchos motivos, pero el principal me atrevería a decir que ha sido la demostración de las capacidades de la Institución para



Cable EIG. Variación trazado para evitar afectación a zona INDEMARES "banco de Galicia".

Trazado inicial y final del cable EIG que afectaba al banco de Galicia.



José Luis Vargas Porcini.

afrontar retos de esta envergadura en el estudio de los ecosistemas marinos.

De hecho, la constatación del buen trabajo realizado por el IEO en INDEMARES se ha visto reflejada en el “proyecto integrado” INTEMARES, diseñado para dar, en cierto modo, continuidad a INDEMARES. Dicha iniciativa ya ha pasado el primer filtro de evaluación de la Comisión Europea y se espera que sea aprobado definitivamente durante 2016. El IEO es uno de los únicos cuatro socios con los que se ha contado, siendo además el único organismo público de investigación de entre esos cuatro. Dicho proyecto se trata también de un proyecto LIFE, si bien se denomina “integrado” porque se contempla en un marco de financiación mucho más compleja, con actividades que captarán presupuestos de otros fondos de financiación europea, como son por ejemplo el Fondo Europeo Marítimo y de Pesca (FEMP) y el Fondo Social Europeo (FSE). Los socios de dicho proyecto son: Fundación Biodiversidad; MAGRAMA; IEO y TRAGSA.

Pero si bien es cierto que el proyecto INDEMARES ha reportado mucho prestigio añadido al IEO, la oportunidad de la experiencia debe ser aprovechada como un punto de partida, nunca como el fin de un camino. No creo que debamos conformarnos con lo conseguido y mucho menos no hacer esfuerzos para asentar lo mucho conseguido. Mirando con humildad hacia el intenso trabajo que supuso la gestión de este proyecto, en contacto transversal con muchos compañeros investigadores; técnicos; preparadores; administrativos; con la misma

FUENTES CONSULTADAS:

INDEMARES y antecedentes (WWF):

www.indemares.es

<http://europa.eu>

http://www.wwf.es/que_hacemos/mares_y_costas/nuestras_soluciones/areas_marinas_protegidas/propuesta_amp/

<http://www.elmundo.es/elmundo/2006/03/13/ciencia/1142267371.html>

El Cachucho. El Cachucho y el proyecto ECOMARG:

(2008): <http://www.boe.es/boe/dias/2008/04/09/pdfs/A19331-19333.pdf>

(2011): <http://www.boe.es/boe/dias/2011/12/08/pdfs/BOE-A-2011-19246.pdf>

<http://www.ecomarg.net>

<http://www.ecomarg.net/publicaciones/ECOMARG%20ICES%20CM%20P11.pdf>

http://www.ecomarg.net/publicaciones/Cachucho_Ambienta.pdf

http://www.magrama.gob.es/es/pesca/participacion-publica/Ficha_OSPAR_El_Cachucho_cast_12-9-08_tcm7-14757.pdf

Informes finales de INDEMARES (en repositorio del IEO: <http://www.repositorio.ieo.es/e-ieo/>).

Visor Europeo de Red Natura 2000:

<http://natura2000.eea.europa.eu/#>



dirección de la institución y con su secretaría general; así como con los compañeros de los otros socios participantes, creo sinceramente que la experiencia adquirida en la gestión de un proyecto como INDEMARES debe ser analizada internamente y aprovechada para contribuir en la mejora de la propia institución, dado que es previsible que se tengan que seguir afrontando retos similares (como esperemos sea el caso del proyecto integrado "INTEMARES").

Me refiero no solo a la oportunidad para consolidar muchos de los magníficos equipos de trabajo que se llegaron a formar, sino también para mejorar en los procesos internos de gestión, algo que cada vez será más necesario para satisfacer la exigente demanda de control que se exige sobre los proyectos, especialmente cuando los mismos disfrutaban de financiación europea. Otra de los retos en los que el IEO está cada vez más inmerso es el del desarrollo tecnológico en muchos campos de las ciencias marinas y en INDEMARES se realizaron avances interesantes, por ejemplo, en el desarrollo de instrumentos y equipos para la toma de imágenes submarinas de muchos de los hábitats que fueron estudiados. La herencia de este proyecto no se puede tampoco desaprovechar y en cambio se debe continuar con ese desarrollo en proyectos futuros, pues también se mira al IEO como un posible referente en estas cuestiones.

En este artículo creo haber reflejado la importancia y trascendencia del proyecto INDEMARES, tanto para el IEO como para la sociedad en general. Pero, en caso de no haberlo logrado, baste mirar las muchas referencias que se pueden encontrar de su repercusión tanto a nivel científico, reflejado en los cientos de productos generados, como general, en multitud de citas en los medios de comunicación. Y a medida que pase el tiempo la repercusión del proyecto irá aumentando, pues son aún muchos los resultados científicos que se esperan, no solo por ejemplo como consecuencia del análisis de muchas muestras que aún no se han podido mirar, sino también porque la ingente documentación generada y la fabulosa experiencia de su ejecución, seguirán sirviendo de referencia para muchos otros proyectos e iniciativas.

José Luis Vargas Porcini

Coordinador de la Gestión del Proyecto
INDEMARES en el IEO

AGRADECIMIENTOS:

A mi compañera Carmen Peñas, por su buen hacer en la densa gestión financiera de todas las acciones del IEO en este proyecto; a Eladio Santaella, por su visión estratégica a la hora de la gran ayuda que nos prestó durante todo el proyecto; a la Dirección del IEO por el apoyo facilitado, representada principalmente por Eduardo Balguerías, a Santiago Graño y sus colaboradores de comunicación y, por supuesto, a todos los demás compañeros de plantilla y contratados del IEO que participaron en INDEMARES, especialmente a los investigadores responsables de cada una de las zonas de estudio, que tuvieron que soportar una labor de coordinación y mediación con la Fundación Biodiversidad (FB) que no se libró de momentos difíciles y de tensión. Finalmente, también al resto de participantes del proyecto ajenos al IEO, especialmente a los de la FB, con quien hubo mucha interacción en un marco de gran colaboración.

EL BANCO DE LA CONCEPCIÓN

UN OASIS DE BIODIVERSIDAD AL NORTE DE LANZAROTE

AL NORTE DE Lanzarote un edificio circular se alza desde un fondo de 2000 metros de profundidad hasta los 150. En otro tiempo fue refugio de sirénidos como el manatí y un lugar privilegiado para que el tiburón más grande que jamás ha existido –el famoso megalodón– encontrase alimento. Hoy por hoy, su ubicación y morfología convierten a esta montaña submarina en un oasis de biodiversidad, repletas sus aguas de cetáceos, tortugas, aves o túnidos y sus fondos de corales, gorgonias o esponjas. Las cinco campañas oceanográficas llevadas a cabo en el marco de INDEMARES por investigadores del Centro Oceanográfico de Canarias del IEO conforman el estudio más detallado hasta la fecha de los ecosistemas profundos del archipiélago y han permitido encontrar nuevas especies para la ciencia, nuevas citas para la zona, nuevos rangos de distribución y registros fósiles sin precedentes.

El banco de La Concepción es una montaña submarina situada a 75 km al norte de la isla de Lanzarote, la isla canaria más nororiental. Se trata de un edificio con forma circular que emerge desde una profundidad máxima de 2000 m hasta 150 m bajo el nivel del mar. El área de estudio del proyecto INDEMARES supone una superficie total de 280000 ha, delimitada por la isobata de 1500 m, profundidad límite sobre la que se ha establecido la operatividad para las investigaciones.

La importancia del banco de La Concepción como punto caliente de biodiversidad se acrecienta por las especiales características de las montañas submarinas. Éstas modifican las condiciones de producción de las áreas circundantes que se convierten en auténticos oasis en el mar profundo. Además de una mayor disponibilidad de alimento, las corrientes y las pendientes abruptas exponen la roca y favorecen la presencia de suspensívoros sésiles como gorgonias, corales, esponjas, etc, que conforman hábitats vulnerables.

El incremento de alimento y el aumento de la complejidad ambiental que aportan estas comunidades bentónicas sésiles favorecen las agregaciones de peces demersales y bentopelágicos y, por consiguiente, el aumento de la presencia de especies visitantes como tiburones

pelágicos, túnidos, cetáceos, tortugas y aves marinas. Hasta la fecha no se habían realizado estudios de los ecosistemas profundos de Canarias con el nivel de detalle que se ha hecho en INDEMARES. Su lejanía de la costa y profundidad han hecho que la información científica disponible anterior al proyecto sea casi nula y que únicamente los pescadores españoles y portugueses que faenan aquí desde hace décadas conociesen algunos de los misterios que esconde esta isla sumergida.

Solo existía algún estudio sobre la geología del banco y algunos datos sobre rendimientos pesqueros de campañas que realizó el IEO en los 80.

Estas circunstancias han hecho que los investigadores del Centro Oceanográfico de Canarias del IEO que han liderado el proyecto INDEMARES en la zona partiesen casi de cero en su estudio, con todas las dificultades y satisfacciones que esto tiene.

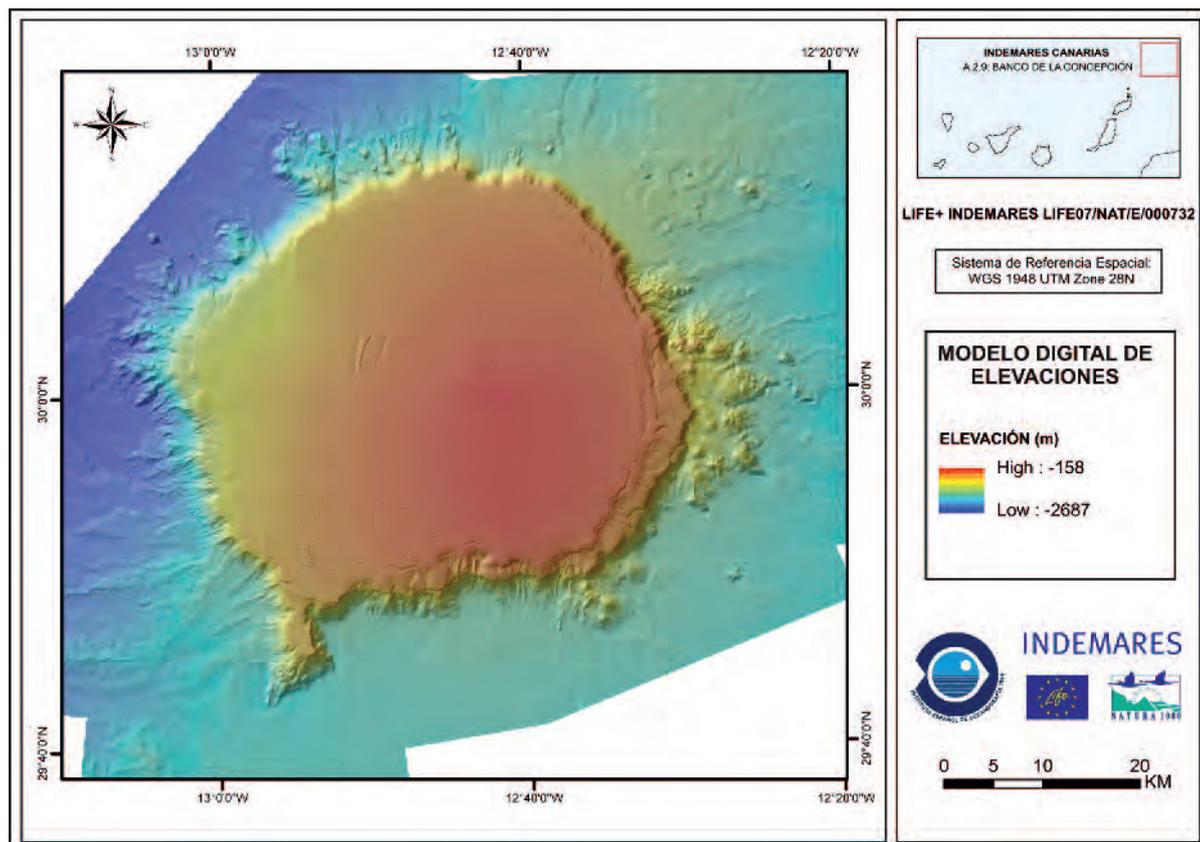
Las campañas INDEMARES

Para cubrir estas carencias de información han sido necesarias cinco campañas oceanográficas llevadas a cabo entre 2010 y 2012 que han supuesto un enorme despliegue tecnológico y científico.

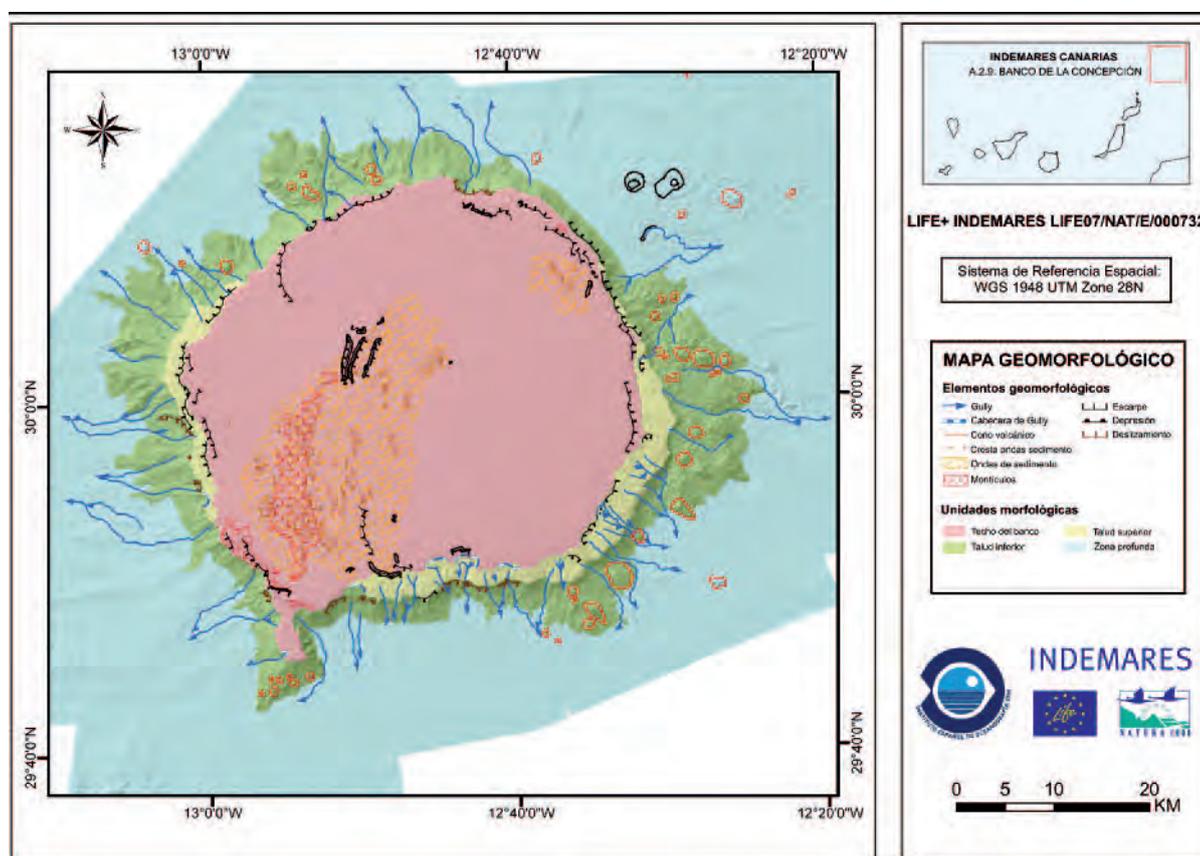
La primera campaña oceanográfica fue INCOGEO 0310 y sirvió para adquirir información básica sobre la geomorfología de la zona y poder así identificar las zonas donde se realizarían los muestreos directos sobre el fondo en las siguientes expediciones. Se obtuvo así por primera vez el levantamiento batimétrico multihaz y el reconocimiento sísmico de alta resolución del escasamente estudiado banco de la Concepción a bordo del buque *Vizconde de Eza*.

Pocos meses después, en julio de 2010, a bordo del *Emma Bardán*, se muestrearían con bou de vara, draga de roca y box-corer los fondos hasta 400 metros de profundidad. Esta campaña se denominó INCOECO 0710. En octubre del mismo año se llevaría a cabo la tercera campaña –INCOECO 1010–, a bordo del buque *Profesor Ignacio Lozano*, con el objetivo de estudiar la distribución, abundancia y biomasa de la fauna demersal y bentopelágica.

Ya en 2011, gracias a la disponibilidad del buque ocea-



Mapa batimétrico que muestra la elevación del terreno. El banco de La Concepción se eleva hasta los 150 metros de profundidad desde un fondo en torno a 2000.



Interpretación de la geomorfología del banco. Lo que parecía plano muestra visto al detalle escarpes, depresiones, montículos, deslizamientos, etc.



Chano Jiménez, lavando el sedimento de la draga Box Corer.

nográfico *Miguel Oliver*, pudieron muestrearse los fondos más profundos: desde los 400 hasta los 1500 metros. Fue durante la campaña INCOECO 0611.

En 2012 se realizaría la última campaña (INCOECO1012) en la que, principalmente, se realizarían muestreos visuales gracias a diferentes sistemas de grabación de última generación, en octubre de 2012, a bordo del recién estrenado *Ángeles Alvario*.

Oceanografía

El banco de La Concepción se encuentra entre el giro subtropical del Atlántico Norte y el afloramiento del noroeste de África. Esta situación hace que el banco se encuentre bajo la influencia de la Corriente de Canarias y, eventualmente, de los filamentos provenientes del afloramiento del noroeste de África.

La influencia del giro subtropical y los filamentos de afloramientos hacen que el ciclo estacional de temperatura superficial en el banco de La Concepción tenga su máximo a finales de septiembre. El rango promedio de variación de la temperatura superficial del mar oscila entre los 17.5°C de principio de marzo y los 23°C de finales de septiembre, si bien se registran eventos puntuales con temperaturas en el rango 15.5°C - 25°C.

Por debajo de estas aguas superficiales y hasta los 1000 m, se localizan Aguas Antárticas intermedias que presentan valores mínimos de temperatura de 4 grados.

Por debajo de las aguas antárticas pero compartiendo

parte del mismo estrato, se encuentran las aguas mediterráneas hasta los 1500 m de profundidad. Esta masa de agua está caracterizada por presentar valores relativos máximos de salinidad y de temperatura.

Inmediatamente por debajo de las aguas intermedias, a partir de los 1600 m de profundidad, aparecen aguas profundas del atlántico norte, cuyo origen está en el Mar del Labrador y en los Mares Nórdicos y fluye lentamente hacia el sur.

El banco de La Concepción modifica la corriente incidente, creándose una estructura de células ciclónicas y anticiclónicas sobre su cima cuya ubicación exacta varía con el tiempo. Esta estructura difiere de la versión simplificada conocida como columnas de Taylor donde aparece una única zona de retención sobre la cima de la montaña submarina. Para entender el papel del banco de La Concepción sobre el ecosistema local estimando los tiempos de retención asociados, y dada la complejidad de los fenómenos que allí ocurren, es necesario realizar modelaciones numéricas que permitan explorar los forzamientos que afectan al banco, como una corriente incidente poco intensa y variable, ondas atrapadas, o el régimen de mareas.

Este complejo sistema hidrodinámico provoca un afloramiento de aguas profundas ricas en nutrientes que son aprovechadas por una amplia variedad de fauna que habita en banco.

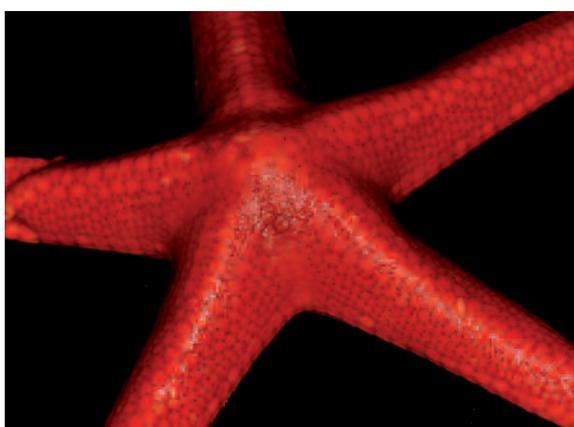
Geología y morfología

El archipiélago de Canarias es un complejo volcánico intraplaca que se extiende a lo largo de más de 500 km en el margen noroccidental de la placa africana. Está constituido por siete islas mayores, seis islotes y numerosos montes submarinos.

Cada isla tiene una historia diferente e independiente, iniciando su actividad en momentos distintos y con una duración y evolución particular para cada una de ellas. El banco de la Concepción tiene una edad miocena de aproximadamente 17 millones de años.

Existen diversas teorías sobre el origen de las Islas Canarias y aunque actualmente no se dispone de un modelo aceptado de forma unánime, se puede afirmar que las erupciones que dieron lugar al archipiélago se deben a anomalías térmicas que se producen al ascender el flujo de magma en un punto determinado debido a diversos procesos.

El banco de la Concepción ha pasado por varias fases y actualmente estarían en la fase de guyot, lo que explica su morfología de monte submarino de techo aplanado debido a la erosión y posterior hundimiento de la isla. Se han encontrado cantos redondeados en el techo del banco, cuya erosión, producida por el oleaje indicaría la existencia de periodos de nivel del mar más bajo que el actual, llegando incluso a quedar emergido en determinadas épocas.



Algunos de los habitantes de los fondos del banco de La Concepción. De izquierda a derecha y de arriba a abajo: *Coelopleurus floridanus*, *Alcyonacea* indet., *Dardanus arrosor* y *Narcissia canariensis*.

En la zona de estudio se han distinguido cuatro unidades morfológicas principales:

el techo del banco, que presenta una morfología ligeramente circular con relieve aplanado; el talud superior, que presenta profundidades comprendidas entre 400 y 800 m; el talud inferior, que corresponde a la zona de ruptura de pendiente más fuerte y alcanza los 2400 m de profundidad en la parte occidental del Banco; y la zona profunda, que comprende el área circundante al Banco donde se alcanzan las mayores profundidades del área de estudio, cuyo relieve está originado principalmente por la superposición de coladas, existencia de edificios volcánicos aislados de pequeñas dimensiones y por la incisión de la red de drenaje.

Fauna de fondos duros

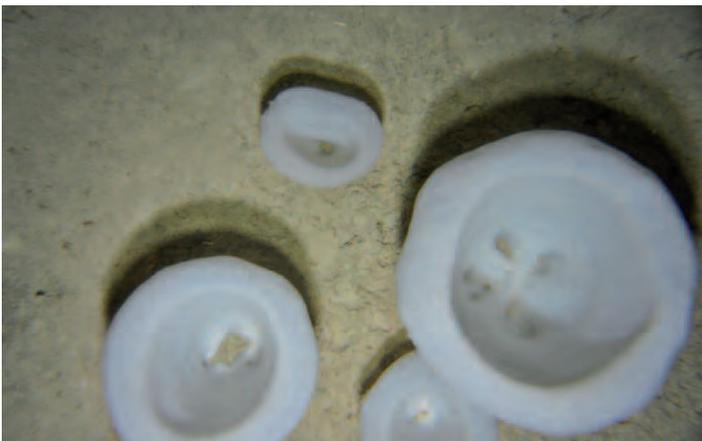
Las fuertes pendientes hacen que gran parte del sustrato rocoso del banco esté enfrentado claramente a la corriente de agua con nutrientes y libre de colmatación sedimentaria, lo que ofrece un excelente sustrato para la fijación a buen número de especies de fauna epibentónica entre los que destaca la comunidad de corales blancos de *Madrepora oculata* y *Lophelia pertusa*, y la comunidad de *Asconema setubalensis*.

En este tipo de fondos y en el rango de profundidad es-

tablecido como 0-200 m, destaca la presencia de *Callogorgia verticillata* con una abundancia media de un individuo por lance.

En el siguiente estrato de profundidad que va de los 201 a los 500 metros, *Callogorgia verticillata* aparece de nuevo entre las especies frecuentes, acompañada de otros organismos como erizos cidaroideos, las esponjas *Spongosorithes topsenti* y otras de la familia Phakellidae, antipatarios del género *Stichopathes* o el poliqueto *Hyalinoecia tubicola*, normalmente asociado a zonas de sustrato blando, por lo que su abundancia en este caso podría deberse a la presencia de parches de sedimento localizados en medio de los fondos predominantemente rocosos. Sin embargo, la especie que domina en cuanto a abundancia para este fondo y profundidad es la gorgonia *Bebryce mollis*. Esta especie suele aparecer asociada a comunidades de gorgonias, antipatarios, esponjas litístidas o a aquellas caracterizadas por la presencia de *Dendrophyllia cornigera* y *Phakellia ventilabrum*, todas ellas presentes en este rango batimétrico, lo que explica la elevada abundancia de esta especie.

En las zonas más profundas diferenciamos otros dos estratos, que van de los 501 a los 1000 y de 1001 en adelante. En el primero de ellos, destaca la presencia de *Phakellia ventilabrum* y otras especies del género *Pha-*



Algunos habitantes de los fondos del banco de La Concepción. De izquierda a derecha y de arriba a abajo: Fondo de *Pheronema*, *Chondrocladia* sp, Fondo de *Pheronema* y *Candidella imbricata*.

kellia, otras esponjas como *Regadrella phoenix* y la gorgonia *Placogorgia coronata*. Especies también remarquables, y que acompañan a las anteriores en este estrato, son las esponjas litistidas *Neophryxospongia nolitangere* y *Leiodermatium lynceus*, la hexactinélida *Pheronema carpenteri* y la gorgonia *Swiftia pallida*. En el rango que se extiende por debajo de los mil metros, *Placogorgia coronata* y *Swiftia pallida* dominan en cuanto a abundancia, junto con la también gorgonia *Paramuricea biscaya*. Destaca la presencia de otras especies que, aunque menos abundantes, presentan un alto valor ecológico como son *Metallogorgia melanotrichos*, *Corallium niobe* y *Aphrocallistes beatrix*, así como los antipatarios que, aun siendo más frecuentes en estratos superiores, siguen teniendo aquí una presencia importante, lo que da una idea del amplio rango batimétrico que cubren las diferentes especies identificadas en la zona.

Fondos sedimentarios

El techo del banco está dominado claramente por la presencia de los erizos *Centrostephanus longispinus*, *Coelopleurus floridanus* y *Stylocidaris affinis*, acompañados por el asteroideo *Astropecten irregularis*.

Según descendemos en profundidad, la composición faunística no varía significativamente, aunque sí lo hace la abundancia media de las especies anteriormente men-

cionadas, que se vuelven más escasas en detrimento de otras que empiezan a tomar su lugar, como son *Cidaris cidaris* y *Thenea muricata*. Esta tendencia se confirma en el siguiente estrato batimétrico (501-1000 m) donde es *Cidaris cidaris* la especie dominante junto con la esponja hexactinellida *Pheronema carpenteri*, que aparece aquí a menudo sobre fondos sedimentarios compactados.

Comunidades demersales

En los fondos duros de la parte superior del talud son frecuentes las morenas, principalmente la morena pintada (*Muraena helena*) y el congrio (*Conger conger*). Las cabrillas (*Serranus* spp.) se encuentran entre las especies más apreciadas, no tanto por su volumen de captura como por su precio; también la brota (*Phycis phycis*). Con nulo valor comercial, pero muy abundantes, encontramos a la fula amarilla o tres colas (*Anthias anthias*), los caproideos *Capros aper* y *Antigonia capros* y, cada vez más frecuentemente, al tamboril del alto (*Sphoeroides pachygaster*), que normalmente se descarta en las pescas, pero que en algunos puntos de Canarias se vende sin cabeza ni piel como *colitas de rape*. En esta zona abundan también algunos espáridos, principalmente los antoñitos (*Dentex macrophthalmus* y *D. maroccanus*) y el goraz (*Pagellus bogaraveo*), hasta pro-

La biodiversidad en una púa de erizo

Los erizos son uno de los grupos de invertebrados más abundantes en los fondos del banco de La Concepción. Aparecen tanto en fondos blandos como en fondos duros y la aparente monotonía en cuanto a diversidad que representan se desvanece al observarlos en una lupa. Y es que cada uno de estos erizos porta en sus espinas una riqueza de especies epibiontes que hace aumentar considerablemente la biodiversidad.

Se analizaron dos especies de erizo cidarioideo: *Cidaris cidaris* y *Stylocidaris affinis*. 20 ejemplares del primero y 143 del segundo para identificar su fauna epibionte. Las especies colonizadoras se extrajeron y conservaron en alcohol, siendo identificadas en laboratorio hasta el nivel taxonómico más bajo posible.

Se identificaron 12 especies diferentes pertenecientes a cuatro Phyla en las espinas de *C. Cidaris* mientras que en *S. affinis* se encontraron cinco especies también de cuatro Phyla.

fundidades que superan los 500 m. Es posible encontrar otros como el bocinegro (*Pagrus pagrus*) y la sama (*Dentex gibbosus*), comunes en la plataforma y parte superior del talud de otros puntos de Canarias, pero que aquí no son tan abundantes. Son frecuentes también los escorpénidos, entre los que existen tres especies muy apreciadas, las cuales se van sustituyendo a lo largo del talud aunque sus rangos batimétricos se solapan: el cantarero (*Scorpaena scrofa*), habitante de la parte superior del veril y la plataforma, el obispo (*Pontinus kuhlii*), con la mayor abundancia concentrada en fondos comprendidos entre 200 y 350 m, y, por último, el bocanegra (*Helicolenus dactylopterus*), más abundante entre 350 y 500 aunque llega cerca de los 1000 m. El cherne (*Polyprión americanus*), que habita desde el borde del talud hasta los 800 m, es seguramente la especie más apreciada de este tipo de fondos. Los alfonsiños y tabletas (*Beryx* spp.) también son comunes en algunos puntos de los fondos rocosos del talud superior y medio. Además de las citadas, son interesantes desde el punto de vista pesquero el salmón de hondura (*Polymixia nobilis*), pescado hasta los 700 m de profundidad, y el jediondo (*Mora moro*), el cual llega hasta la parte más profunda del veril (más de 1300 m). En los fondos sedimentarios y rocosos próximos, se pueden encontrar merluzas (*Merluccius merluccius*).

En los fondos sedimentarios y en los mixtos de la parte superior del talud (hasta unos 500-600 m, la ictiofauna también es variada. Además de numerosas especies típicas de fondos más duros que acuden a los blandos a alimentarse, encontramos algunas características de este tipo de ambientes, como: algunos peces planos (*Arnoglossus* spp. y *Symphurus* sp.), la araña (*Trachinus draco*), rubios (*Chelidonichthys lucerna* y *Lepidotrigla diuzeidei*), el caballito de mar (*Hippocampus hippocampus*),

Synchiropus phaeton y *Chlorophthalmus agassizi*, entre otros. Sobre un fondo sedimentario, a 389 m de profundidad, se encontró por primera vez para el entorno de Canarias, el blénido *Blennius ocellaris*.

En la parte media y baja del talud, empiezan a ser comunes numerosas especies bentopelágicas. Son especies que viven tanto cerca del fondo como a media agua, y algunas de ellas realizan migraciones nocturnas hasta cerca de la superficie y, por tanto, están menos ligadas al sustrato. Así, podemos encontrar algunas como: el conejo (*Promethichthys prometheus*) y los conejos diablo (*Aphanopus* spp.), de las que cabe resaltar la presencia de *A. intermedius*, muy poco conocida para Canarias y que, sin embargo, no resultó rara en las pescas con palangre de deriva, alrededor de los 1000 m, junto con su congénere *A. carbo*.

Ya en la parte inferior del talud y en las llanuras adya-



Ejemplar de la morena *Muraena helena*.



Tiburón de profundidad de la especie *Centroscymnus cryptacanthus* -o pailona ñata, por su nombre común- capturado en el borde del talud del banco

centes dominan las especies adaptadas a los ambientes más profundos, como las pertenecientes, entre los peces óseos, a las familias Alepocephalidae, Macrouridae o Synphobranchidae, entre otras. En la toda la zona batial, además de los peces óseos, son comunes los condriictios. Desde el mismo borde del talud se encuentran algunas especies de rayas, como *Raja maderensis* y *Rostoraja alba* o los galludos (*Squalus spp.*). También otras como el cazón dientuso (*Galeorhinus galeus*), la tintorera (*Galeus melastomus*), la alcatrña (*Heptranchias perlo*), el albajar (*Hexanchus griseus*), la gata (*Dalatias licha*), los quelmes y remudos (*Centrophorus spp.*), los pejepatos (*Deania spp.*), las rasquetas y afines (*Centroscymnus spp.*) y los pequeños tiburones del género *Etmopterus*.

Fauna de otra época

Durante una de las campañas, mientras se tomaba una muestra con draga de roca en una zona periférica del banco cerca de un gran escarpe a más de 1000 metros de profundidad, apareció uno de los descubrimientos más inesperados del proyecto. Se extrajo del fondo marino una colección de fósiles sin precedente, entre los que había dientes del tiburón más grande que jamás ha existido –el famoso megalodón–, el cráneo de un sirénido y restos de cetáceos y otros tiburones.

Por la naturaleza, tipología y diversidad de todo el material fósil hallado se podría clasificar como fósiles típicos de depósitos de flujos de detritos. Estos depósitos se suelen producir o concentrar al pie de pendientes o montañas submarinas en zonas de bajo hidrodinamismo. Existe muy poca información sobre fósiles de vertebrados marinos en Canarias y este hallazgo aporta información muy novedosa y constituye la primera cita para Canarias de las especies: *Paratodus benedeni*, *Hemipristis serra* y del sirénido *Metaxytherium spp.*

En total se recuperaron 15 piezas dentarias fósiles del tiburón *Otodus megalodon*, tiburón gigante de hasta 20 metros de largo y el mayor depredador marino que jamás haya existido en la Tierra; una pieza de diente fósil de la especie *Paratodus benedeni*, especie de tiburón considerada como un gran depredador de aguas abiertas u oceánicas; una pieza de diente fósil de la especie *Cosmopolitodus hastalis*, considerado el tiburón antecesor del gran tiburón blanco actual; dos piezas de dientes fósiles de la especie *Hemipristis serra*, tiburón parecido al cazón dientuso actual aunque algo más grande y especializado en cazar sirénidos; dos piezas de dientes fósiles de la especie *Isurus sp.*, especie de tiburón extinta de la familia de los Lámnidos, considerados grandes cazadores oceánicos como sus primos actuales los marrajos; un fragmento de cráneo fósil y fragmento de



Dientes de varias especies de tiburones extintos encontradas en un escarpe del banco.

costilla de un sirénido que podría pertenecer a una especie del género *Metaxytherium*, especie que había sido citada para el período del Mioceno en el Mediterráneo; una pieza fósil de un periótico (complejo timpánico) de odontoceto; tres fragmentos fósiles de huesos de ballenas; dos piezas de vértebras fósiles de mamífero marino; y extraños fragmentos fósiles aún sin identificar. La presencia fósil de estos superdepredadores en la zona del banco de La Concepción, así como de las otras especies de tiburones, representantes genuinos de los niveles superiores en las redes tróficas marinas, demuestra la existencia de poblaciones de mamíferos marinos como ballenas y sirénidos, o también de grandes bancos de peces en las aguas canarias en aquel momento de la historia de la Tierra.

En cuanto a la existencia de sirénidos (manatí o vaca marina), nunca había sido antes registrada su existencia o presencia en Canarias. Estas especies de mamíferos marinos se alimentan casi exclusivamente de fanerógamas marinas que crecen en fondos arenosos desde 0 m hasta 45 m, ocupando grandes extensiones con aspecto de bosques como los denominados sebadales en Canarias. Por otra parte, estas especies son propias de climas muy cálidos o ecuatoriales, por lo que su hallazgo aporta una información muy valiosa sobre el ecosistema y tipo de clima existente cuando vivieron en las aguas canarias, y que posiblemente, fue durante el inicio de la formación del archipiélago.

Amenazas

El banco de La Concepción es una zona de baja acumulación de presiones que provocan ruido subacuático. En cuanto a basuras, es un área con un grado bajo de afectación derivado del bajo índice de navegación.

La principal amenaza por el grado de intensidad de la actividad es aquella proveniente de los usos pesqueros.



Diente de Megalodón, el tiburón más grande que ha existido.



Franco Cigala de la Universidad de Parma y Pedro J. Pascual del Centro Oceanográfico de Canarias fueron los expertos que describieron los fósiles.

Actualmente no existe ninguna medida de regulación o limitación de los usos. Los pescadores canarios lo consideran una zona de pesca tradicional de pelágicos oceánicos, y también muy buena para la captura de peces demersales, a la vez que fue muy frecuentado por arrastreros y palangreros gallegos y portugueses que faenaban en Mauritania, así como por los marrajeros andaluces.

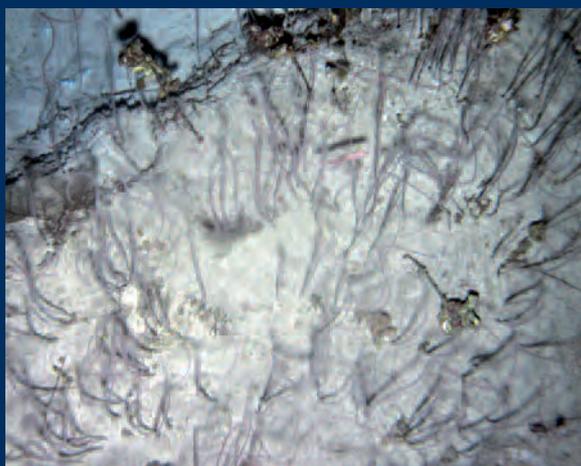
Todos los hábitats identificados tienen un grado de conservación alto (al menos razonablemente alto), a excepción de las arenas batiales con erizos y los determinados fondos fangosos batiales del noroeste del Banco. Los científicos sospechan que la razón de que estos últimos hábitats no estén bien conservados se debe a la pesca de arrastre ejercida históricamente (a pesar de que no parece que esta actividad se continúe en la actualidad). De hecho, probablemente la abundancia de erizos se debe a la desestructuración del ecosistema en favor de una o de pocas especies, debido a la sobrepesca, lo mismo que ocurre en el caso de los blanquiales.

El establecimiento de un Área Marina Protegida en la zona de estudio sería un reto más para la sociedad local y los sectores afectados para amoldarse a las medidas de restricción y sacar partido de ellas para mantener perdurables sus actividades económicas como la pesca artesanal y que estas sean compatibles con la conservación de la biodiversidad de la zona.

Hábitats

Roca batial con antipatarios

Diversas especies de estos corales negros se entremezclan en substratos rocosos colmatados de sedimento en el batial superior, entre los 250 y los 500 m de profundidad. Son especies de los géneros *Stylochopathes*, *Antipathes*, *Parantipathes*, *Leiopathes* y *Bathypathes*. Otras especies sésiles acompañantes pueden ser escleractinias de géneros como *Dendrophyllia*, *Caryophyllia* o *Anomocora*, géneros de gorgonáceos como *Bebryce* o *Viminella*, pennatuláceos o grandes esponjas. Además de la abundante fauna epibionte, que encuentra en estos corales negros el substrato para fijarse, estos bosques suelen estar muy frecuentados por crinoideos y algunas especies de crustáceos (géneros como *Cancer* o *Plesionika*), peces óseos (de géneros como *Chlorophthalmus*, *Hoplostethus* o *Helicolenus*) y tiburones de profundidad.



Roca batial con grandes esponjas hexactinélidas (Asconema)

Hábitats dominados por la presencia de grandes esponjas hexactinélidas, en escarpes y afloramientos rocosos batiales (entre unos 250 y 1300 m de profundidad) cubiertos parcialmente por sedimentos fangosos y sometidos a un hidrodinamismo moderado. Estas comunidades se asocian normalmente a los fondos fangosos batiales, pero suelen aparecer donde existen enclaves rocosos parcialmente enterrados por los sedimentos fangosos. Se caracterizan por la elevada biomasa que presentan las especies estructurantes (del género *Asconema*). La

fauna vágil acompañante está constituida mayoritariamente por peces, equinodermos y crustáceos decápodos, además de tiburones de profundidad. Otras especies sésiles bentónicas acompañantes son la escleractinia *Dendrophyllia cornígera* o algunos antipatarios.



Roca batial con *Callogorgia verticillata*

Entre las comunidades que se entremezclan en substratos rocosos (limpios o colmatados de sedimento) en el batial superior, entre los 250 y los 500 m de profundidad, está la comunidad de roca limpia con la gorgonia *Callogorgia verticillata*. La forma más característica es la mezcla de esta gorgonia con el alcionáceo *Narella bellissima* y con la también gorgonia *Eunicella verrucosa*. Otras especies sésiles acompañantes pueden ser escleractinias de géneros como *Dendrophyllia*, *Caryophyllia* o *Anomocora*, géneros de gorgonáceos, pennatuláceos o grandes esponjas. Además de la abundante fauna epibionte que encuentra en estas especies el substrato para fijarse (como por ejemplo multitud de ofiuras e hidrozoos), estos bosques suelen estar muy frecuentados por erizos, braquiópodos y algunas especies de crustáceos (géneros como *Cancer* o *Ple-*

sionika), moluscos como *Eledone cirrhosa* y peces (de géneros como *Acantholabrus*, *Antigonia*, *Pontinus* o *Helicolenus*).



Coral muerto compacto

A profundidades de entre los 600 y los 2000 metros se encuentran hábitats que se conforman alrededor de estructuras inertes de origen biogénico, antiguos arrecifes de corales de aguas frías (scleractinias) cuyas colonias murieron por razones como cambios climáticos, de corrientes o sedimentación, entre otras. Su estructura tridimensional conforma un lugar idóneo como sustrato, refugio o puesta de muchos organismos. En este hábitat podemos encontrar gran variedad de esponjas incrustantes, algunos antozoos como pueden ser gorgonias, antipatharios, actiniarios o stylasteridos, pequeños organismos vágiles como ophiuras, decapodos galateidos o poliquetos, además de infinidad de bryozoos.

Roca batial con *Dendrophyllia cornigera* y *Phakelliaven tilabrum*

Esta comunidad suele aparecer en los enclaves rocosos de la parte inferior de la plataforma continental y zona superior del talud. Aunque puede extenderse a menores o mayores cotas batimétricas, su máximo desarrollo se concentra entre unos 200 y unos 400 m de profundidad. Puede estar presente también en elevaciones submarinas y afloramientos rocosos batiales. Por lo general se desarrolla en zonas de fuertes corrientes. Las especies estructurantes son el coral *Dendrophyllia cornigera* y la demosponja *Phakellia ventilabrum*, y están acompañadas por un buen número de especies sésiles filtradoras, entre las que destacan esponjas, hidroideos y briozoos, o gorgonáceos como *Bebrycemollis* y *Viminella flagellum*. También podemos encontrar variedad de equinodermos, moluscos, crustáceos, peces y tiburones de profundidad.

Roca batial con isídidos

Hábitat en el que las especies estructurantes son *Acanella arbuscula* (en roca batial colmatada de sedimento) y especies del género *Lepidisis*. Presentes en bordes rocosos del fondo del talud de montañas submarinas, con rangos de profundidad de entre 1000 y 2000 m, no conforman, como otros hábitats dominados por corales, verdaderos bosques, al tratarse de especies, como las de *Lepidisis*, de colonias sin ramificación. Especies acompañantes y características de estos hábitats son antozoos de la familia Hormathiidae, así como otras especies de gorgonias; artrópodos de los grupos Crustacea y Pycnogonida; anélidos Polychaeta y especies de peces óseos y tiburones de profundidad.

Roca batial con esponjas litístidas y *Viminella flagellum*

Diversas especies de esponjas silíceas se entremezclan en sustratos rocosos colmatados de sedimento en el batial superior, entre los 250 y los 500 m de profundidad. Son especies de los géneros *Leiodermatium* o *Neophryssospongia*. La comu-



nidad más característica es la mezcla de estas esponjas con el antozoo *Viminella flagellum*. Además de estas especies, podemos encontrar acompañándolas, otras grandes esponjas (*Pachymatisma* o *Pocillastra*), especies de escleractinias, coloniales (*Dendrophyllia*) osolitarias (*Caryophyllia*), gorgonias (*Bebryce* o *Placogorgia*). Sobre estas, y en las rugosidades que forman estas esponjas Litístidas, se cobijan crinoideos, poliquetos (*Glyceridae* o *Eunicidae*), algunas especies de crustáceos (como el género *Alpheus*), siendo además un sustrato ideal para la fijación y desarrollo de otras especies de esponjas incrustantes o hidrozoos.

Arrecife de corales profundos de *Lophelia pertusa* y/o *Madrepora oculata*

Arrecifes de corales ahermatípicos (sinzooxantelas) de aguas frías (4° a 12°C). Se sitúan en escarpes rocosos, sobre todo en bordes de cañones submarinos y en promontorios batiales con fuerte hidrodinamismo. Al depender de la temperatura, la profundidad a la que se encuentran varía con la latitud, encontrando arrecifes a solo decenas de metros en mares fríos, y estando prácticamente desaparecidos en el Mediterráneo. Constituyen una estructura tridimensional muy compleja que sirve de hábitat para una gran diversidad de especies. No existe vegetación y son muy abundantes epibiontes o endobiontes, entre los que destacan diversos cnidarios de pequeño o mediano tamaño. Estos arrecifes están formados, mayoritariamente, por los corales coloniales *Lophelia pertusa* y *Madrepora*

oculata, acompañados de diversos corales solitarios, como *Desmophyllum dianthus*, *Stenocyathus vermiformis*, *Caryophyllia (Caryophyllia) calverio*, *Caryophyllia (Caryophyllia) ambrosia*.



Arrecife de corales profundos de *Corallium niobe* y *Corallium tricolor*

Las especies conformadoras de este tipo de hábitat pertenecen al género *Corallium*, gorgonario que, a diferencia de otras especies de corales de aguas frías como los scleractínidos, no se agregan conformando arrecifes típicos, apareciendo en densidad relativamente baja y con las colonias separadas, sobre fondos de roca limpia, escarpados y a grandes profundidades, requiriendo una temperatura inferior a 13°C, acompañados de epibiontes, entre los que destacan cnidarios como los hormátidos. Acompañando a *C. Niobe* y *C. tricolor* encontramos antipatharios, corales solitarios y grandes esponjas hexactinellidas y demosponjas. Este hábitat se puede encontrar en las montañas submarinas y taludes del Atlántico Central (Islas Macaronésicas, Portugal, España y Marruecos).

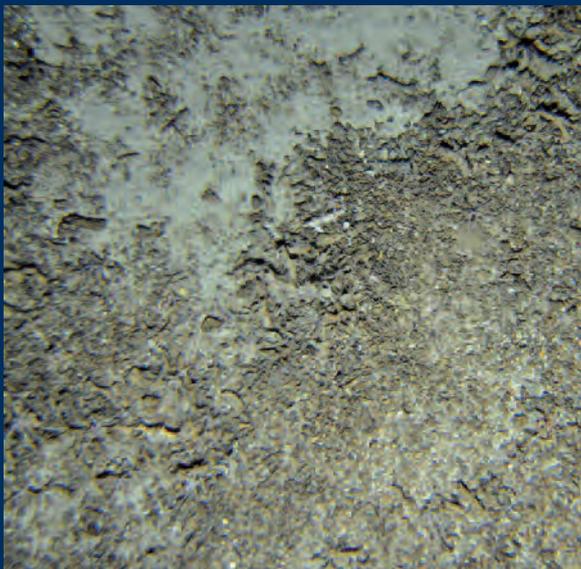
Roca batial con *Pheronema carpenteri* y *Paramuricea biscaya*

En las rocas batiales no colmatadas por sedimentos son muy comunes las agregaciones de esponjas,

normalmente entre 250 y 1300 m. *Pheronema carpenteri* junto a la gorgonia *Paramuricea biscaya* conforman un hábitat típico de estos fondos, en el que la esponja hexactinélida aprovecha huecos de la roca para fijarse, ayudada de acumulaciones residuales de fango y la gorgonia se fija en la roca limpia. Entre las especies acompañantes destacar la presencia de pequeños poliquetos (de las familias Glyceridae y Eunicidae principalmente) y ofiuras (del género *Amphiura* o las familias Ophiacanthidae y Ophiomixidae, entre otras) entre las espículas de *Pheronema*, o pequeños actiniarios y zoanthideos sobre las colonias de *Paramuricea*.

Acúmulos batiales de coral muerto

En las proximidades de hábitats como el de *Dendrophyllia cornígera* o los de corales profundos de aguas frías como *Lophelia pertusa*, *Madrepora oculata* y *Solenosmilia variabilis*, puede existir una acumulación importante de restos de corales scleractinidos que van a dar lugar a este hábitat con características morfológicas y taxonómicas propias. Su composición y disposición en el fondo hacen de este un lugar idóneo para el refugio de pequeñas especies de invertebrados como poliquetos, ofiuras o esponjas incrustantes. Así mismo podemos encontrar colonias de gorgonias de pequeño porte como es el caso de *Swiftia* o *Candidella* o de stylasteridos y briozoos.



Arenas batiales con erizos

En fondos de arena batiales podemos encontrar este hábitat caracterizado por la dominancia de una serie de Equinodermos, entre los que destaca la presencia del erizo Diadematoideo *Centrostephanus longispinus*, del Arbacioideo *Coelopleurus floridanus* y el erizo lápiz *Stylocidaris affinis*. Estos se encuentran acompañados de otros equinodermos como las estrellas *Astropecten irregularis*, poliquetos tubícolas, esponjas de pequeño tamaño o crustáceos decápodos como *Calappa granulata*. Es de destacar la presencia de peces planos en este hábitat.

Fangos batiales con Flabellum

Hábitats dominados por el coral escleractinario solitario *Flabellum chunii*, presente en depresiones del terreno, y acompañado de otras especies filtradoras del grupo de los antozoos como el también escleractinario solitario de pequeño tamaño *Deltocyathus moseleyi*, o la esponja del grupo de las demosponjas *Thenea muricata*. Encontramos comunidades de crustáceos suprabentónicos que se acumulan en elevadas concentraciones, como es el caso de *Aristeus antennatus*, *Aristaeomorpha foliacea*, *Plesionika martia*, y *Geryon longipes* o peces como *Phycis blennoides*. Los pennatuláceos pueden estar presentes en una densidad moderada o baja.

Fangos batiales

Hábitats anóxicos en los que la biodiversidad es pobre y en la que, a falta de las características comunidades de pennatuláceos, esponjas hexactinélidas como *Pheronema carpenteri*, o demosponjas como *Thenea muricata*, scleractinias solitarias como *Flabellum chunii* o gorgonias como *Acanella arbuscula* o *Isidella elongata*, que puedan dar refugio a especies que se acumulan en elevadas concentraciones de crustáceos suprabentónicos como *Aristeus antennatus*, *Aristaeomorpha foliacea*, *Plesionika martia*, *Geryon longipes* o peces como *Phycis blennoides*, nos encontramos con fangos compactos con presencia de algunos sipuncúlidos, decápodos o poliquetos principalmente de la familia de los Chaetoptéridos, pero con baja densidad.

ESPACIO MARINO DEL ORIENTE Y SUR DE LANZAROTE – FUERTEVENTURA

Esta amplia zona de Canarias engloba una biodiversidad extraordinaria. Comprende, por una parte, los montes submarinos de Amanay y El Banquete, cuyos fondos, tapizados de corales, gorgonias o esponjas, se ha encargado de explorar el Instituto Español de Oceanografía; por otra parte, la influencia del afloramiento africano y de surgencias locales convierten esta zona en uno de los enclaves con mayor biodiversidad de cetáceos del mundo.

El área de estudio se llamó en un primer momento Sur de Fuerteventura y englobaba el entorno de la baja de Amanay y El Banquete. El último es en realidad la prolongación hacia el suroeste de la plataforma continental de Fuerteventura mientras que la baja de Amanay sí que es una montaña submarina que se encuentra a 25 km de la punta sur de Fuerteventura y a 55 km de Gran Canaria.

Esta ha sido la zona que el Instituto Español de Oceanografía se ha encargado de investigar, sin embargo, una vez comenzó el proyecto, la Sociedad para el Estudio de los Cetáceos en el Archipiélago Canario (SECAC) propuso la ampliación de espacio marino al este de Lanzarote y Fuerteventura y, tras su aprobación por parte del Ministerio, se aceptó y ha terminado formando parte del nuevo LIC denominado Espacio marino del Oriente y Sur de Lanzarote – Fuerteventura.

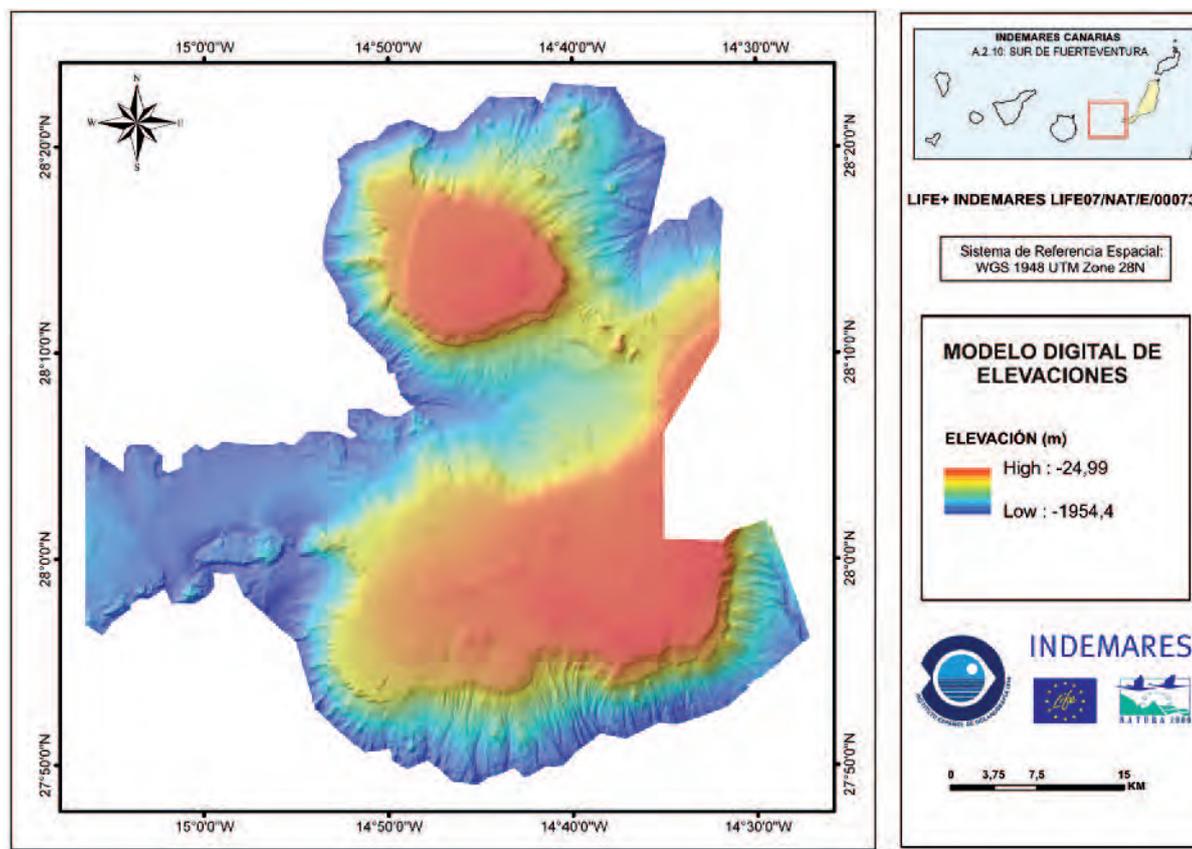
La zona de Amanay y El Banquete suponen una superficie total de 220000 ha, delimitada por la isóbata de 1500 m, profundidad límite sobre la que se estableció la operatividad para su estudio en INDEMARES. Ambos emergen desde una profundidad máxima de 2000 m hasta los 25-30 m bajo el nivel del mar y están separados por un canal que alcanza los 1500 m.

La influencia del afloramiento africano y de surgencias locales hacen de esta región la más productiva de Canarias. La extensión de la plataforma insular y la gran complejidad y heterogeneidad del sustrato facilitan la exis-

tencia de una extraordinaria diversidad de ambientes, donde una amplia amalgama de comunidades biológicas hallan un hábitat idóneo.

Impactos

El área delimitada comprende uno de los lugares de mayor interés turístico y pesquero de Canarias. La proliferación indiscriminada de infraestructuras turísticas y urbanísticas en la franja costera, ha provocado graves modificaciones (y en algunos casos, la destrucción irreparable) de hábitats importantes para multitud de especies que integran singulares comunidades marinas, así como importantes alteraciones en la dinámica de transporte sedimentario. La presión extractiva descontrolada de recursos pesqueros y marisqueros por parte de pescadores deportivos y profesionales, ha llevado a algunas especies a una situación de sobreexplotación alarmante. Se suma la circunstancia en Canarias de un importante vacío legal respecto a la regulación de las actividades marisqueras de especies eulitorales, algo que sin lugar a dudas ha contribuido a la drástica reducción de las poblaciones de lapas en Fuerteventura. Otros problemas importantes son los derivados de la contaminación por vertidos de depuradoras y limpieza de tanques petroleros en alta mar; las basuras flotantes que acaban en las costas; el impacto del tráfico marítimo sobre la fauna; y la realización de maniobras mili-



Mapa batimétrico en el que se aprecia arriba la baja de Amanay y abajo el Banquete, que realmente es la prolongación de la plataforma de Fuerteventura y no una montaña submarina.

tares en aguas al sur de Fuerteventura, que en diversas ocasiones han podido ser causantes de varamientos en masa de cetáceos.

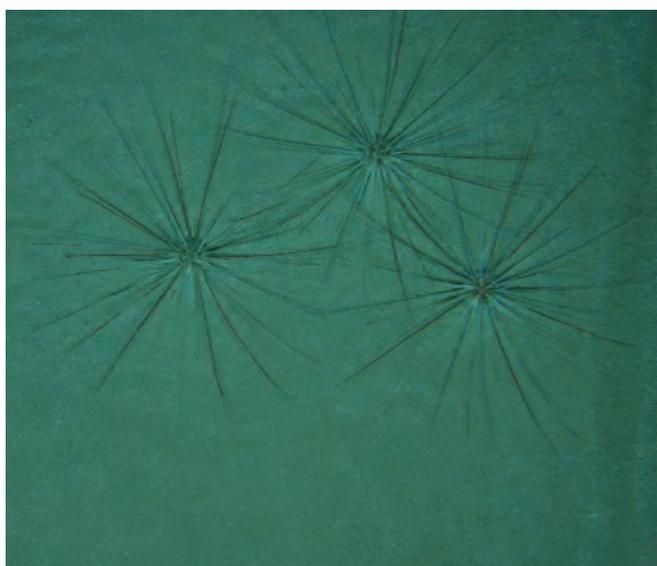
Antecedentes

La información previa al proyecto INDEMARES en esta zona es muy escasa. Existe algún trabajo sobre la geología del banco dentro de un estudio general de todo el archipiélago. En cuanto al estado de conservación de los hábitats o a su distribución espacial no se conocía nada ya que los escasos datos disponibles son muestras puntuales de carácter cualitativo. Existe documentación audiovisual, dado que gracias a la poca profundidad de parte del techo de Amanay, se ha realizado algún documental sobre la zona.

En el marco del proyecto se ha recabado la información pesquera de los últimos años (cuadernos de pesca y datos de cajas azules), suministrada por la Secretaría General de Pesca del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Tampoco existen estudios hidrográficos anteriores centrados exclusivamente en la zona de estudio, aunque son numerosos los trabajos a nivel mesoescalar en la zona de Canarias.

Campañas

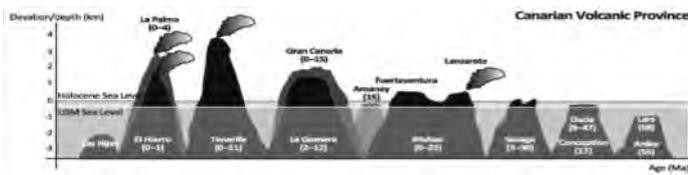
El diseño inicial del trabajo de campo para la adquisición de información tuvo que irse amoldando a los con-



Fondos de arenas batiales dominados por erizos.

tratiempos que limitaron la disponibilidad de recursos. Los diferentes muestreadores se fueron incorporando al trabajo según se pudo disponer de ellos y según la capacidad de cada barco.

Cada una de las seis campañas oceanográficas realizadas se diseñó dando prioridad a los muestreos de macrofauna epibentónica, a la que pertenecen todas las es-



Esquema que muestra las diferentes islas y montes submarinos y el nivel del mar actual y en el holoceno.



Maniobra de recuperación del cajetín de la Box Corer.

pecies conformadoras o estructurantes de los diferentes hábitats sensibles que el proyecto pretendía inventariar y cartografiar.

En cada nueva campaña oceanográfica se ha diseñado el muestreo teniendo en cuenta la cobertura de los muestreos de campañas anteriores. Por ejemplo, en 2010 se barrió la zona con muestreos de bou de vara, draga de roca y box-corer, pero a bordo de un barco, el *Emma Bardán*, cuya operatividad se restringía a los 400 m de profundidad. En 2011, dado que el *Miguel Oliver* sí permitía el muestreo de fondos más profundos, se centró el esfuerzo en profundidades mayores de 400 m. Las últimas campañas, en especial en 2012 y 2013, se aprovecharon para realizar muestreos visuales, tanto con ROV como con vehículo remolcados.

Oceanografía

En octubre de 2010 y junio de 2011 se realizaron dos campañas oceanográficas con denominación INFUECO. Se caracterizó la región, describiendo sus principales ma-

sas de agua y la hidrodinámica de la corriente de Canarias durante el paso por estas estructuras submarinas. Las campañas se llevaron a cabo gracias a la toma de datos mediante CTD (Conductividad-Temperatura-Profundidad) a bordo de los buques *Profesor Ignacio Lozano* y *Miguel Oliver*. Se realizaron un total de 36 estaciones hidrográficas con profundidades que oscilaron entre los 2000 m y los 35 m, distribuidas en seis transectos paralelos al ecuador.

Además, durante la campaña RAPROCAN 1010, se anclaron tres fondeos en la zona de estudio. El primero era un correntímetro ADCP que se ancló a 150 m de profundidad al norte del techo de Amanay. Los otros dos eran anclajes con correntímetros anclados a 945 m de profundidad, al norte de Amanay, y a 620 m de profundidad en el canal entre Amanay y El Banquete. En la campaña RAPROCAN 1211 se intentaron recuperar los tres anclajes y solo se recuperó uno de ellos.

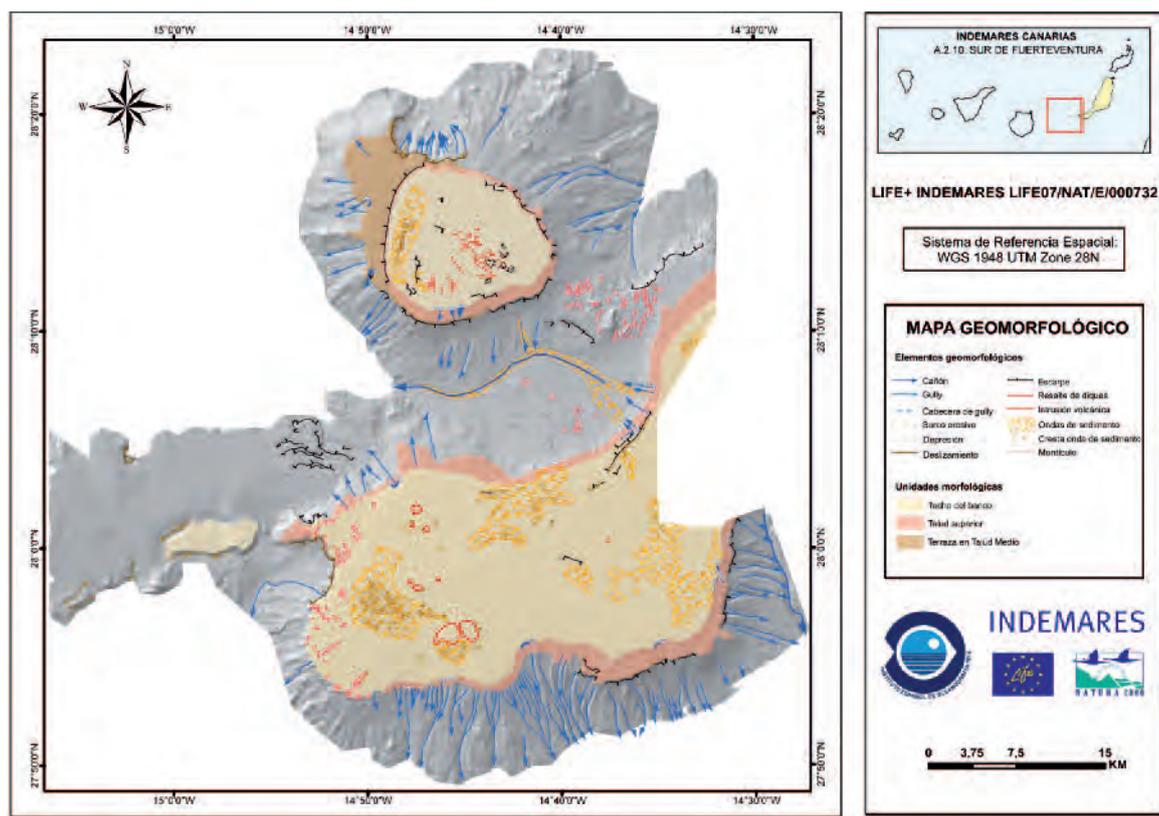
Los bancos de Amanay y el Banquete se encuentran en la región de paso de la Corriente de Canarias y de la influencia de los vientos Alisios. Debido a la localización de ambos bancos, el afloramiento costero en la costa Noroeste africana también interactúa con la región en forma de filamentos o plumas.

Especialmente el flanco sureste del Banquete, se ve afectado por un filamento intermitente procedente de Cabo Juby. Otros fenómenos meso-escalares se producen en la región de estudio, los denominados "eddies", debido al tropiezo de la Corriente de Canarias con la topografía de la zona. Numerosos estudios señalan la presencia de formaciones de eddies anticiclónicos al sureste de Fuerteventura. Los eddies anticiclónicos, a pesar de sus características divergentes, forman pequeños movimientos ascendentes en los alrededores de su núcleo. Este proceso puede afectar a los bancos de la zona, produciéndose pequeñas inyecciones de agua profunda hacia la superficie.

El rango de temperaturas y salinidades encontradas en la zona de estudio varía según la época del año. Los primeros 150 metros de la columna de agua son significativamente más cálidos y salinos para la campaña de otoño que para la de principios de verano.

Geología

El primer levantamiento batimétrico realizado en este área fue llevado a cabo por el Instituto Español de Oceanografía y el Instituto Hidrográfico de la Marina en el contexto del Plan Oceanográfico-Hidrográfico de la Zona Económica Exclusiva Española (Proyecto ZEE). Se realizó en el año 2000 a bordo del *Hespérides* utilizando una ecosonda multihaz Simrad EM12 para aguas profundas y una Simrad EM 1002 para aguas someras. Dicho levantamiento fue completado en el año 2001 durante la campaña ZEE-2001-EZA 2001, a bordo del *Vizconde de Eza*, utilizando la sonda multihaz EM 300. Posteriormente, ya en el contexto del proyecto INDE-



Interpretación geomorfológica de la zona en la que se señala la gran diversidad de morfologías como gullies, cañones, escarpes, intrusiones volcánicas, etc.

MARES, se realizó la campaña INFUECO 0611, a bordo del *Miguel Oliver*, donde se adquirieron datos batimétricos para elaborar una cartografía de mayor precisión, cubriendo hasta una profundidad aproximada de 1000 m en el Banco de Amanay y ciertos sectores de El Banquete, utilizando para ello una ecosonda multihaz EM302.

Y por último, durante el periodo comprendido entre el 14 y 30 de noviembre de 2011 se llevó a cabo la campaña denominada INFUECO 1112, a bordo del *Ángeles Alvariño*, con el fin de adquirir información geofísica para completar la batimetría de la zona de estudio a una resolución de mayor detalle. Los datos se obtuvieron con la ecosonda multihaz EM710.

Por otra parte, durante las campañas de la ZEE y en la campaña INFUECO 0611, se obtuvieron perfiles sísmicos de alta resolución mediante la sonda paramétrica Topas PS 018. En todas las campañas en las que se obtuvieron datos batimétricos también se adquirieron muestras de roca mediante draga de roca y muestras de sedimentos mediante draga Box Corer. Se realizó un estudio con sonar de barrido lateral en la campaña INFUECO 0611, en zonas de especial interés del techo de los bancos. Además, durante la campaña INFUECO 1012 se obtuvo información directa del fondo marino, tomando fotografías y video en diferentes puntos mediante un trineo fotogramétrico.

Amanay y El Banquete son montes submarinos consti-

tuidos por dos edificios volcánicos independientes, aunque en el caso del Banquete, este constituye la prolongación submarina de la isla de Fuerteventura por su parte meridional. Entre la isla de Gran Canaria y el oeste del Banquete se encuentra otro monte submarino de pequeñas dimensiones, denominado Canary Ridge.

Estructuralmente los bancos de Amanay y El Banquete constituyen la prolongación hacia el suroeste del eje Fuerteventura-Lanzarote, que compone la provincia fisiográfica conocida como dorsal canaria, que discurre paralela a la costa africana y cuyo límite noreste es el Banco de la Concepción, otra de las zonas estudiadas en el proyecto INDEMARES.

Los bancos presentan gran variedad de morfologías como gullies (incisiones o canales producidos por la acción erosiva del agua), cañones (incisiones de mayor tamaño), escarpes, resaltes de diques, intrusiones volcánicas, depresiones, deslizamientos, ondas de sedimento, etc. Una diversidad de formas que favorece también la diversidad de hábitats que aquí se encuentra.

Fauna de fondos duros

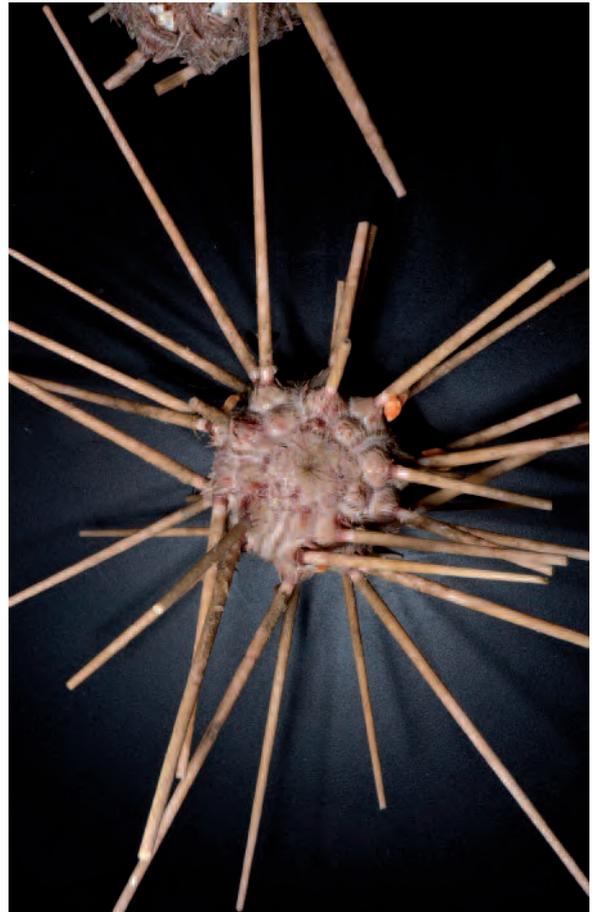
En el techo de los bancos predominan los fondos duros, bien sean puros o con cobertera sedimentaria. Hasta los 200m de profundidad se puede observar una dominancia clara de dos especies, asociadas cada una de ellas con un hábitat diferente aunque muy relacionados entre sí. Se trata del erizo *Diadema africanum* y el briozoo *Schi-*



Leiodermatium lynceus.



Pheronema carpenteri.



Cidaris cidaris.

zoporella longirostris. La primera de ellas es conocida por ser la causante de la formación de blanquiales, zonas rocosas de las que ha desaparecido toda cobertura algal y gran parte de la fauna sésil debido a la actividad ramongadora de estos erizos. Esta especie presenta una densidad bastante elevada que, según algunos autores, se debe a la drástica reducción en las poblaciones de predadores naturales causada por la sobrepesca.

Schizoporella longirostris por otra parte, es un briozoo colonial de tipo incrustante que puede aparecer sobre cualquier tipo de fondo duro aunque aquí se observan principalmente asociados con rodolitos.

Dado que ambas especies comparten en ocasiones el mismo tipo de hábitat, cabe pensar en la posibilidad de expansión de *D. africanum* en detrimento de las áreas ocupadas por rodolitos en un futuro. Otras especies presentes en este estrato y que comienzan a sugerir una transición hacia comunidades un poco más profundas, son *Stichopathes sp*, *Ircinia sp* y *Antipathes furcata*.

En el siguiente estrato de profundidad que va de los 201 a los 500 metros, *Stichopathes sp* y *Antipathes furcata* incrementan su presencia y empiezan a hacerse importantes especies como *Narella bellissima*, *Viminella flagellum*, esponjas del género *Phakellia* o algunos corales solitarios como *Caryophyllia* o *Ecguchipsamnia gaditana*. En las zonas más profundas diferenciamos otros dos es-

tratos que van de los 501 a los 1000, y de 1001 en adelante. En el primero de ellos, destaca la presencia de la gorgonia *Narella bellissima* y del erizo cidaroideo *Cidaris cidaris*, y comienzan a aparecer esponjas de gran porte como *Leiodermatium lynceus* o *Asconema setubalense*, a pesar de no ser este el tipo de sustrato más habitual para esta última.

En la zona más profunda (más de 1000 m) las gorgonias y las esponjas son mayoritarias, siendo las especies más representativas en cuanto a abundancia se refiere *Aphrocallistes beatrix*, *Regadrella phoenix* y *Pheronema carpenteri*, en el grupo de las esponjas, y *Candidella sp* y *Placogorgia coronata* en cuanto a los gorgonáceos.

Fauna de fondos mixtos

Empezamos a encontrar este tipo de fondo compuesto de roca y arena a partir de los 200 m. Hasta los 500 m la presencia de los erizos cidaroideos *Stylocidaris affinis* y *Cidaris cidaris*, siendo también resaltable la aparición de *Bebryce mollis*, gorgonáceo que aparece frecuentemente como especie acompañante asociada a comunidades de antipatarios, esponjas litistidas y de *Callogorgia*, entre otras. *Swiftia pallida* también aparece en esta zona, al igual que *Bebryce*, asociados a las zonas más duras. Por el contrario, la esponja *Thenia muricata* busca las zonas más blandas para asentarse, al igual que *Flabellum*

Un paraíso para los cetáceos

El Espacio marino del Oriente y Sur de Lanzarote – Fuerteventura incluye, además de la baja de Amanay y El Banquete, el espacio marino al Este de Lanzarote debido al extraordinario valor para los cetáceos.

Esta zona, incorporada a la propuesta de LIC gracias a la solicitud de la Sociedad para el Estudio de los Cetáceos en el Archipiélago Canario (SECAC), es uno de los enclaves más importantes del mundo para los cetáceos, donde podemos encontrar una tercera parte de todas las especies que se conocen.

En las aguas de Fuerteventura y Lanzarote se han registrado en el marco de INDEMARES 28 especies. La parte oriental de ambas islas representa un hábitat singular y diferenciado del resto de Canarias debido a su situación geográfica, cercana a la vecina costa africana, a su profundidad y a las especiales condiciones oceanográficas. Dichos factores explican la presencia de una comunidad de cetáceos ictiófagos que se alimentan cerca de la superficie junto a aquellos teutofagos y de buceo profundo. En relación a los buceadores profundos encontramos al cachalote (*Physeter macrocephalus*), el cachalote pigmeo (*Kogia breviceps*), el cachalote enano (*Kogia sima*), el zifio de Cuvier (*Ziphius cavirostris*), el zifio de Blainville (*Mesoplodon densirostris*), el zifio de Gervais (*Mesoplodon europaeus*), el zifio de True (*Mesoplodon mirus*), el calderón gris (*Grampus griseus*) y el calderón tropical (*Globicephala macrorhynchus*).

Los cachalotes son animales extremadamente móviles que exhiben una segregación en su distribución, trasladable a su organización social. Es una especie relativamente frecuente en las Islas Canarias a lo largo de todo el año, que mantiene una presencia continua en el área. Los avistamientos y los varamientos de cachalotes pigmeos y enanos sugieren también una presencia continua en el área a lo largo de todo el año de estas especies crípticas y poco conocidas. En el caso de los zifios esta diversidad sorprende. Los estudios realizados reflejan una fidelidad al área a lo largo de varios años para los zifios de Cuvier, Gervais y Blainville, con un patrón de movimientos

aparentemente reducidos al menos en una parte de la población. La importancia del área para estas especies se sustenta en torno a la frecuencia, a la diversidad de especies encontradas, a la existencia de animales residentes en el área a través de varios años así como el papel de este sector de mar para la reproducción, la alimentación y la conservación de los zifios en el archipiélago canario. Así, las tasas de avistamiento del zifio de Cuvier han sido excepcionalmente elevadas, superiores a la de muchos estudios publicados hasta la fecha para otras regiones del planeta. Además, estas aguas son un área clave para el zifio de Gervais y la región con mayor número de avistamientos junto con Bahamas. El delfín mular (*Tursiops truncatus*) se halla presente durante todo el año estrechamente ligado a determinados sectores costeros de las zonas de alimentación y reproducción. Se distribuye a lo largo del oriente de Lanzarote y Fuerteventura, especialmente en el Norte y el Sur de estas islas respectivamente. También se ha comprobado la presencia del delfín común (*Delphinus delphis*), el delfín listado (*Stenella coeruleoalba*), el delfín moteado atlántico (*Stenella frontalis*) y el delfín de dientes rugosos (*Steno bredanensis*). La orca (*Orcinus orca*) es esporádica y se han efectuado tres avistamientos de orca pigmea (*Feresa attenuata*).

En relación a las grandes ballenas, se ha observado cinco especies de rorcuales: el rorcual común (*Balaenoptera physalus*), el rorcual norteño (*Balaenoptera borealis*), el rorcual aliblanco (*Balaenoptera acutorostrata*), el rorcual tropical (*Balaenoptera edeni*) y la yubarta (*Megaptera novaeangliae*). Las observaciones realizadas apoyan la importancia que este sector marino parece tener para la alimentación de varios misticetos como el rorcual tropical, el rorcual norteño y el rorcual común. El pasillo formado entre las islas y la costa africana probablemente es un importante corredor para los movimientos migratorios de especies como el rorcual común, el rorcual norteño y la yubarta en todo el Atlántico nororiental.



Flabellum chunii.

chunii, también presente en este estrato aunque de forma menos importante.

En el estrato siguiente (501-1000), parece existir una separación más clara en la composición faunística, en base a la dureza del sustrato dentro de esta categoría general. Las partes más duras, están ocupadas por esponjas como *Aphrocallistes beatrix* o *Leiodermatium lynceus*, los gorgonarios *Placogorgia coronata* y *Narella bellissima* o antipatarios del género *Stichopathes*. Cabe destacar aquí la presencia del coral blanco *Lophelia pertusa*.

En la parte más sedimentaria de estos fondos complejos, domina la esponja hexactinélida *Pheronema carpenteri*, organismo que alcanza en esta zona los 20 individuos por lance. *Stylocidaris affinis* alcanza también altas densidades y aparece también de forma abundante *Thenea muricata*.

Por debajo de los 1000 metros, *Pheronema carpenteri* sigue teniendo presencia, aunque mucho menor, siendo en este caso los fondos más duros los que parecen ser predominantes. En ellos aparecen especies como las esponjas hexactinélidas *Aphrocallistes beatrix* y *Regadrella phoenix* o las gorgonias *Placogorgia coronata*, *Acanthogorgia armata*, *Swiftia pallida*, *Metallogorgia melanotrichos* u otros ejemplares de la familia Chrysogorgiidae. Los antipatarios aparecen también en estas profundidades, aunque con densidades menores que en

otros estratos. A pesar de los valores relativamente bajos de abundancia, cabe destacar aquí la presencia de las dos especies del género *Corallium*: *C. niobe* y *C. tricolor*.

Fondos sedimentarios

Entre los 0 y los 200 m este tipo de fondo parece no estar muy extendido, salvo por manchas localizadas de acúmulos sedimentarios y que propician la aparición de pennatuláceos como *Pennatula aculeata* y *Pteroeides spinosum* en esta zona, aunque con unas abundancias relativamente bajas. Las especies que dominan en este estrato presentan cierta similitud con aquellas de fondos más duros, lo que podría derivar de la dificultad de identificar los parches sedimentarios y separarlos de las zonas más duras.

El siguiente rango de profundidad (201-500 m) viene caracterizado por el significativo incremento en la presencia de *Pennatula aculeata* y la aparición de la escleractinia solitaria *Flabellum chunii*, característica de fondos predominantemente fangosos y que pueden llegar a ocupar grandes extensiones aunque de manera disgregada. Asociada a este tipo de comunidad, aparece también la esponja *Thenea muricata*.

Entre los 501 y los 1000 metros la presencia de *Thenea muricata* aumenta y aparecen otras especies de pennatuláceos como *Funiculina quadrangularis* y esponjas como *Spongia virgultosa* que aparece en un amplio rango batimétrico, aunque siempre de forma disgregada y discreta.

Thenea muricata sigue estando presente a partir de los 1000 metros aunque su abundancia desciende significativamente, dejando paso a organismos como *Umbellula* sp o la esponja carnívora *Chondrocladia* sp. Aparece también la escleractinia solitaria *Stephanocyatus moseleyanus* aunque de forma muy escasa. Las mayores densidades en este estrato corresponden a especies asociadas a sustratos duros, lo cual refleja de nuevo la dificultad que supone el separar los diferentes tipos en aquellos lugares donde se encuentran solapados, en forma de parches. Entre ellas, podemos citar las gorgonias *Acanthogorgia armata*, *Candidella imbricata*, *Metallogorgia melanotrichos* o *Crhysogorgia quadruplex*, la esponja hexactinélida *Aphrocallistes beatrix* y el coral blanco *Solenosmilia variabilis*.

Comunidades demersales

Para el estudio de las comunidades de peces de los fondos de la zona se contó con la colaboración de la Universidad de La Laguna, que lideró esta parte del trabajo. Tanto en Amanay como en El Banquete, los fondos duros infralitorales están ocupados principalmente por blanquiales del erizo *Diadema africanum*. El límite suele venir marcado por la aparición de la comunidad dominada por el falso coral negro *Anthipatella wollastoni*, más característico de la zona circalitoral, a partir de unos



Helicolenus dactylopterus.



Conger conger.

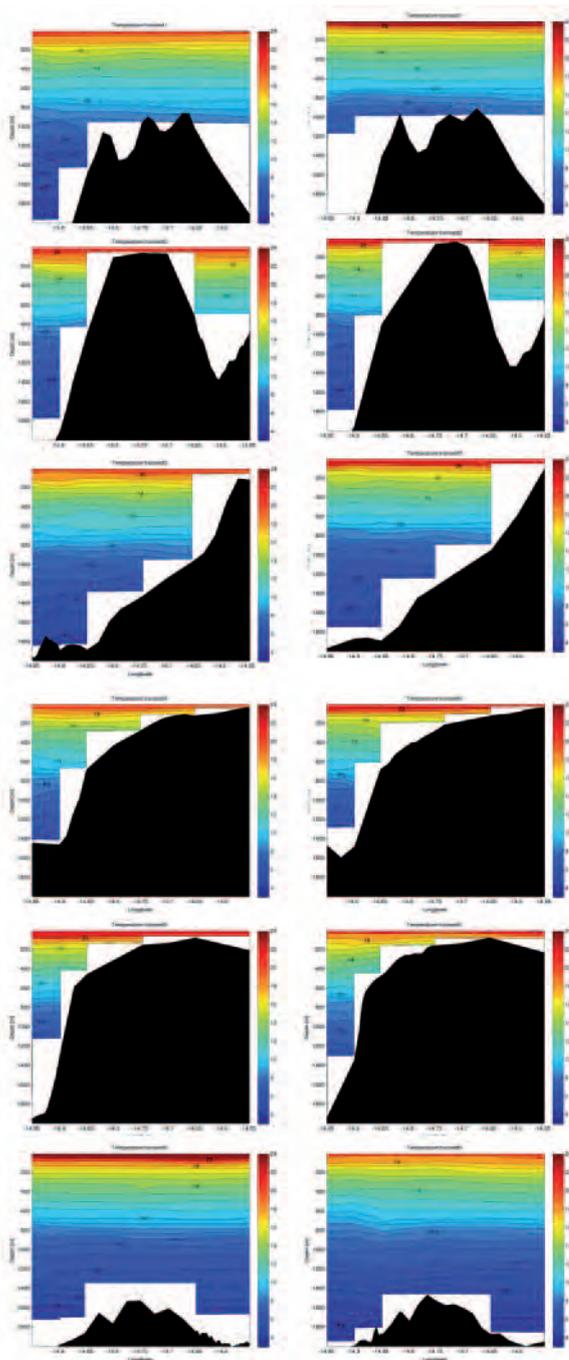


Pagrus pagrus.

50 metros. En los blanquiales de estas profundidades se encuentran aún especies de peces típicas de los primeros metros de la zona infralitoral, aunque muchas de ellas se hacen menos abundantes a medida que ganamos en profundidad. El herbívoro más característico en los blanquiales, además de los mencionados erizos, es la barriguda de hondura o barriguda mora (*Ophioblennius atlanticus*), que se alimenta raspando la película de algas microscópicas y nuevos propágulos que se asientan en el sustrato. Los peces comedores de microinvertebrados y los planctófagos, como el el pejeverde (*Thalassoma pavo*), la fula negra (*Abudefduf luridus*), la fula blanca o canela (*Chromis limbata*) y el tamboril azul o gallinita (*Canthigaster capistrata*), aumentan sus poblaciones con respecto a los fondos someros con algas, al escasear sus predadores. De las especies de interés pesquero, quizás las más abundantes son los sargos y afines (*Diplodus* spp.), que suelen formar grupos multiespecíficos. La cadena trófica se ve alterada y en su cima, aunque están presentes, escasean los carnívoros de gran tamaño, como abaes (*Mycteroperca fusca*), meros (*Epinephelus marginatus*) y pejeperros (*Bodianus scrofa*). Aparecen sin embargo cabrillas y algunos cazadores al acecho como el lagarto (*Synodus synodus*) y varias especies icitiófagas como rascancios (*Scorpaena* spp.). No son raras otras especies como el jurel (*Pseudocaranx dentex*), el roncador (*Pomadasy incisus*), el gallo (*Balistes capriscus*) o el bocinegro (*Pagrus pagrus*), capturadas todas ellas en las pescas experimentales con nasas. Las anfractuosidades y oquedades sirven de hábitat a numerosas especies, principalmente a aquellas de hábitos nocturnos, como las morenas (sobre todo la morena negra, *Muraena augusti*, la morena pintada, *Muraena helena*, y el murión, *Gymnothorax unicolor*), la funfurri-

ña (*Apogon imberbis*) o el ya mencionado mero. Como en el resto de Fuerteventura no es raro ver en las cuevas de la zona infralitoral otras especies más típicas de profundidades mayores, como son la briota (*Phycis phycis*) o el congrio (*Conger conger*).

En el ámbito del presente estudio, los fondos blandos estrictamente infralitorales son escasos –son muy abundantes en El Banquete pero a menor profundidad–, ciñéndose casi exclusivamente a pequeñas extensiones de arena entre las rocas o, como mucho, a algunos fondos mixtos de roca y arena. La ictiofauna es mucho más pobre que en la zona rocosa, pero también que en los fondos arenosos de menor profundidad, donde pueden existir *sebadales* o *manchones* (nombre que se le da en Fuerteventura a las praderas de fanerógamas marinas). Las pocas especies que se suelen encontrar son las típicas de este tipo de fondos en toda Canarias, como por ejemplo: el tapaculo (*Bothus podas*), las arañas (*Trachinus* spp.), los lagartos (*Synodus* spp.) y algunos lenguados (*Solea* spp. y afines). Aunque normalmente son solitarios, se pueden encontrar algunos condriictios, como el cazón (*Mustelus mustelus*), la tembladera (*Torpedo marmorata*), los chuchos (*Dasyatis pastinaca* y *Taeniura grabata*) o los ratones (*Myliobatis aquila* y *Pteromyiaeus bovinus*). La proximidad de la roca hace que éstos la visiten o se encuentren muy próximos a ella. Igualmente, hay algunas especies de fondos rocosos que de noche acuden a los fondos de arena para ocultarse ente-



Esquema que muestra las masas de agua en diferentes puntos del área de estudio.

rándose en ella, como ocurre con el pejeverde. Otros, como la chopo (*Spondylisoma cantharus*) o el gallo moruno, hacen nidos en la arena. Y muchas especies de fondos rocosos pueden acudir a alimentarse de los invertebrados presentes en los fondos arenosos. Por todo ello, los fondos arenosos próximos a la roca, pese a no albergar una gran biodiversidad de peces, se convierten en un hábitat esencial para muchas especies.

La zona circalitoral abarca desde unos 40-50 m de profundidad hasta el borde del talud. Entre los fondos duros, los dos ambientes más interesantes que encontramos aquí son los fondos dominados por el falso coral negro (*Ant-*

hipathella wollastoni) y los de rodolitos (fondos de *anises* o *confites* como se les conoce en la isla), los cuales proporcionan sustrato para asentarse a numerosas macroalgas foliosas que aumentan la productividad y se traducen, finalmente, en una mayor biodiversidad. En algunos puntos, también es posible encontrar fondos de *cascabullo* o *cascajo*, que ya se adentran más en el talud. Muchas especies ya señaladas para el infralitoral son aquí más abundantes y alcanzan tallas mayores, habida cuenta la sobreexplotación a la que han sido sometidas en los fondos rocosos más someros, como es el caso de abaes, meros, cabrillas o pejeperros. La morena pintada es abundante, pero no tanto como en zonas de afloramiento de aguas frías de la Mar del Norte (nombre que dan los pescadores a la zona oeste y noroeste de la isla). Sin embargo, en el resto del litoral la más común es la morena negra que, según los pescadores, en zonas como el Banquete es la dominante hasta los 200 m de profundidad. Otras especies, como la fula amarilla (*Anthias anthias*) y el caproideo *Capros aper*, sin interés comercial, junto con las briotas, congrios, verrugatos, cantareros y numerosos espáridos son características de esta zona de la plataforma. Los espáridos merecen una mención aparte. Están muy bien representados en todo tipo de fondos y la mayoría es objeto de una intensa pesquería en Fuerteventura. Entre las especies demersales o de fondo, el bocinegro (*Pagrus pagrus*) es una de las especies más capturadas en la Isla. Los juveniles de bocinegro son abundantes en los fondos someros, sobre todo en los arenosos con *manchones*, pero los adultos prefieren los fondos circalitorales de *tableros* y *marisco*, lo mismo que la sama (*Dentex gibbosus*) y la sama dorada (*Dentex dentex*), esta última menos común. Sin embargo, los espáridos del género *Pagellus*, como la breca (*P. erytrinus*), el besugo (*P. acarne*) y el garapello (*P. bellottii*), prefieren los fondos de arena con conchuela, los *placeros de anises* y los *tableros*, y rara vez se adentran en fondos más abruptos.

En los fondos más blandos abundan los rubios, sobre todo el rubio de hondura (*Chelidonichthys lucerna*), y las arañas (*Trachinus araneus* y *Trachinus radiatus*). Entre estas última, hay que señalar también la presencia de *Trachinus pellegrini*, registrada por primera vez para Canarias en esta zona. Además, son comunes numerosos condricios como los ya mencionados para la zona infralitoral (chuchos, ratones, mantas o mariposas, rayas, cazones, etc.), pero ninguno llega a ser tan abundante como los galludos, de los cuales se pescan dos especies: *Squalus megalops* y *Squalus acanthias*, menos abundante que la primera.

La fauna que habita los fondos del talud es menos conocida que la de la plataforma y aún lo es más a medida que ganamos en profundidad. Pese a ello, se sabe que la ictiofauna del talud es variada y con numerosas especies de gran interés comercial.

En casi todo el talud abundan las morenas y los grandes congrios. Entre los espáridos, además de algunos ya

mencionados para la zona circalitoral, en el borde del talud también se capturan los antoñitos (*Dentex macrophthalmus* y *D. maroccanus*) y el goraz (*Pagellus bogaraveo*), hasta profundidades que superan los 500 m. Son frecuentes también los escorpénidos, entre los que existen tres especies muy apreciadas, las cuales se van sustituyendo a lo largo del talud aunque sus rangos batimétricos se solapan: el cantarero (*Scorpaena scrofa*), habitante de la parte superior del veril y la plataforma, el obispo (*Pontinus kuhlii*), con la mayor abundancia concentrada en fondos comprendidos entre 200 y 350 m, y, por último, la bocanegra (*Helicolenus dactylopterus*), más abundante entre 350 y 500 aunque llega cerca de los 1000 m. En los fondos rocosos de la parte superior y media del talud, también se pueden encontrar las fulas coloradas (*Beryx decadactylus* y *Beryx splendens*) y el cherne (*Polyprion americanus*), y en unas profundidades similares, pero con mayor apetencia por fondos batiales fangosos o rocoso-fangosos, la merluza (*Merluccius merluccius*), pero ninguna de esta especie son tan abundantes en Amanay y en El Banquete como en otros puntos de la isla. Además de las citadas, son interesantes desde el punto de vista pesquero el salmón de hondura (*Polymixia nobilis*), pescado hasta los 700 m de profundidad, y el jediondo (*Mora moro*), el cual llega hasta la parte más profunda del veril (más de 1300 m). Conviene señalar que en los fondos sedimentarios de la zona batial superior hemos encontrado por primera vez para Canarias el macrúrido *Hymenocephalus gracilis*.

Las pescas experimentales realizadas dentro del presente proyecto con nasas y con palangres de fondo y de deriva, confirman lo ya descrito en relación a las especies bentopelágicas (aquellas que viven tanto cerca del fondo como a media agua), numerosas a lo largo de todo el talud, como es el caso de las ya mencionadas fulas coloradas. Así, podemos encontrar algunas como: los conejos (*Promethichthys prometheus* y *Aphanopus carbo*), escolares (*Ruvettus pretiosus* y *Lepidocybium flavobrunneum*), sables (*Lepidopus caudatus* y *Benthodesmus simonyi*), pámpanos (nombre con que se denomina genéricamente a tres especies diferentes de la familia de los centrolófididos) y el candil (*Epigonus telescopus*), entre otras.

Ya en la parte inferior del talud y en las llanuras adyacentes dominan las especies adaptadas a los ambientes más profundos, como las pertenecientes, entre los peces óseos, a las familias Alepocephalidae, Macrouridae o Synaphobranchidae, entre otras.

Pero en toda la zona batial, además de los peces óseos, son comunes los condriictios. Desde el mismo borde del talud se encuentran algunas especies ya mencionadas para la zona circalitoral, como son los chuchos, algunas rayas -la raya picuda (*Rostroraja alba*) puede llegar hasta 600 m de profundidad-, los cazones y los galludos. También otras como: el cazón dientuzo (*Galeorhinus galeus*), la tintorera (*Galeus melastomus*), la alcatrña (*Hep-*



Polyprion americanus.



Sphoerides pachygaster.



Spondyliosoma cantharus.

tranchias perlo), el albajar (*Hexanchus griseus*), la gata (*Dalatias licha*), los quelmes y remudos (*Centrophorus* spp.), los pejepatos (*Deania* spp.) y las rasquetas y afines (*Centroscymnus* spp.).

En general, las especies que habitan los fondos más profundos no muestran una afinidad por un tipo de sustrato tan marcada como las de los ambientes más someros, y muchas de ellas pueden ser encontradas tanto en fondos duros como en blandos o mixtos, donde acuden habitualmente a alimentarse.

Fósiles en El Banquete y Amanay

Al igual que en el banco de la Concepción, en esta zona también aparecieron fósiles de grandes de predadores. Apareció una pieza dentaria del tiburón: *Otodus (Megaselachus)*, otra vez el famoso megalodon. También dos piezas de diente fósil de *Paratodus benedeni*, una de *Cosmopolitodus hastalis*, y otra de *Isurus retroflexus*. El material fósil se recolectó mediante draga de roca en un solo lance realizado al oeste de El Banquete a una profundidad aproximada de 500 m en una zona periférica del banco, salvo una pieza fósil aislada encontrada en otro lance al pie del banco de Amanay.

PABLO MARTÍN-SOSA, INVESTIGADOR PRINCIPAL DE LOS SUBPROYECTOS BANCO DE LA CONCEPCIÓN Y SUR DE FUERTEVENTURA

LA PESCA ARTESANAL NO TIENE POR QUÉ SUPONER UN RIESGO PARA LA CONSERVACIÓN DE LOS HÁBITATS

¿Cuál es la importancia de esta zona y los valores más destacables?

En el contexto de Canarias, un archipiélago que se caracteriza por su escasa plataforma y sus aguas oligotróficas, características estas que hacen que la zona tenga poco potencial pesquero, los accidentes orográficos que suponen los montes submarinos, en medio de un lecho oceánico abisal poco productivo, provocan fenómenos hidrográficos y geomorfológicos que convierten a estas zonas en grandes atrayentes de vida. Por otro lado es altamente destacable la alta biodiversidad existente, característica, esta sí, típica de un archipiélago como el Canario, que por su situación latitudinal y por su condición insular, alberga un gran número de especies de aptencias diferentes.

¿Cuál es la principal amenaza?

Las dos principales amenazas provienen de una potencial excesiva actividad pesquera, y de la contaminación marina. En el Banco de La Concepción se ha realizado históricamente una actividad de pesca de arrastre, practicada por barcos de fuera de Canarias, que en la actualidad no se realiza y no debiera volver a realizar. La actividad pesquera en el Sur y Oriente de Lanzarote y Fuerteventura es más fácilmente controlable pero también más intensa debido a la cercanía a costa. La contaminación marina puede ser debida al tráfico marítimo, a posibles derramamientos de crudo, y en el caso de la zo-

na cercana a costa, de origen terrestre (emisarios, lixiviados...).

¿Qué espera que recoja el plan de gestión de este LIC?

Espero que restrinja al máximo los posibles focos de contaminación en las zonas y en su inmediato entorno, y en cuanto al resto de usos, en especial la pesca, que establezca restricciones de manera que solo se realicen aquellos usos compatibles con la protección de la biodiversidad encontrada. La pesca artesanal realizada con aparejos por los pescadores locales de Fuerteventura y Lanzarote no tiene por qué suponer un riesgo para la conservación de los hábitats sensibles encontrados en las zonas y protegidos por la Unión Europea en su Directiva Hábitats.

¿Qué futuro le augura a esta zona?

Depende de los recursos que la administración decida desviar para hacer cumplir los Planes de Gestión que se establezcan. A nadie se le escapa que las grandes zonas marinas protegidas en alta mar son muy complicadas de controlar, y por tanto, de vigilar para que se cumpla la normativa.

¿Cuál ha sido su mayor sorpresa durante la exploración de esta zona?

Constatar que estos montes son verdaderos focos de atracción de vida. En el caso de Concepción, monte al



que se llega después de navegar durante millas sobre el lecho marino abisal y batial inferior, incluso sin explorar el fondo, la presencia de aves marinas, bancos de especies migratorias de peces y cetáceos, en la superficie marina, dan clara señal de que estás llegando a una zona donde ocurre algo. Entonces miras la sonda y ves como el relieve del fondo empieza a subir y a subir, hasta llegar a la cima del monte, que en el caso de Amanay, está a escasos 30 metros de profundidad, a una distancia de más de 15 millas de la costa más cercana, la punta de Jandía en Fuerteventura.

¿Qué se ha quedado con ganas de estudiar?

Nos quedamos con ganas de haber podido usar más el ROV Liropus 2000 del IEO, que desgraciadamente tuvo un accidente durante uno de los primeros muestreos en el Banco de La Concepción y lo perdimos y nunca llegó a aparecer. Por otro lado, también nos queda el ansia de volver a tener los recursos necesarios para seguir estudiando el material recopilado durante INDEMARES que no dio tiempo a trabajar durante el proyecto. En campañas como las de INDEMARES, el material, tanto de muestras de fauna y flora como de imágenes, es ingente, y para el informe final se priorizó el estudio del material de las especies conformadoras de comunidades que forman hábitats sensibles y la macrofauna acompañante de estas especies.

¿Volverán pronto a investigar la zona?

Eso solo depende del dinero que haya para hacerlo. Nuestra intención es, al menos, poder conseguir trabajar el material de INDEMARES que no se pudo trabajar durante el proyecto.

En cuanto a trabajo de campo, ahora estamos centrados en conseguir recursos para estudiar las comunidades rocosas sensibles de toda la Red Natura 2000 marina en Canarias, la que ya había establecida antes de INDEMARES.

¿Qué ha significado INDEMARES para usted?

INDEMARES ha sido un regalo, a la vez que un trauma. Representa lo bueno y lo malo de un reto, de algo nuevo. Ha supuesto mil quebraderos de cabeza, y probablemente es el causante de la mayor parte de las arrugas y las canas que me han salido en estos últimos seis años.

Sin embargo, es un regalo porque me ha dado la oportunidad de hacer cosas nuevas en mi trabajo, de aprender sobre temáticas nuevas, de poner en marcha metodologías nuevas, de adquirir y mantener en mi Centro un equipo de fotografía submarina profunda de última generación, pero sobre todo, de aprender a coordinar a un equipo multidisciplinar de científicos de diferentes campos de sabiduría, todos enfrascados en la misma tarea, sacar adelante un proyecto del calibre y la importancia de INDEMARES.

VOLCANES DE FANGO DEL GOLFO DE CÁDIZ

La expulsión de fluidos cargados de gas metano ha dado lugar a multitud de estructuras en los fondos marinos del golfo de Cádiz en torno a las cuales se desarrolla una biodiversidad única. Volcanes de fango, chimeneas carbonatadas o costras que tapizan los fondos entre 400 y más de 1000 metros de profundidad. Poco se sabía hasta la fecha sobre la formación de estas estructuras y menos aún de la particular fauna que allí habita: desde especies quimiosintéticas que viven en las fuentes de emisión, hasta especies como corales y gorgonias que aprovechan la transformación del sustrato que llevan a cabo las bacterias que viven del metano. Investigadores del equipo de Geociencias Marinas (GEMAR), perteneciente a los centros oceanográficos de Málaga y Cádiz del Instituto Español de Oceanografía, lideraron cuatro campañas oceanográficas en el marco de INDEMRES que han servido para identificar hasta la fecha 850 especies, algunas de ellas nuevas para la ciencia y algunas endémicas del golfo de Cádiz.

EL GOLFO DE

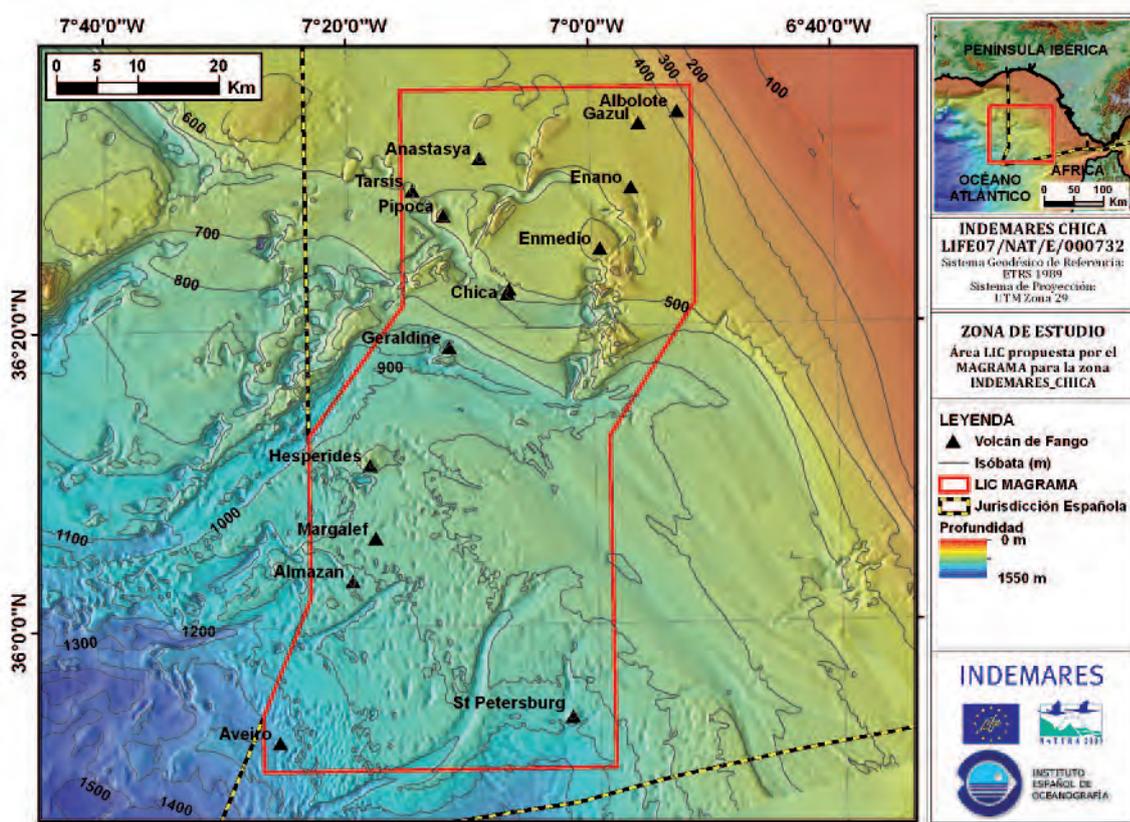
Cádiz es uno de los casos paradigmáticos en los que el fenómeno de expulsión de fluidos cargados en gas metano ha traído como resultado la formación de una gran diversidad de relieves y hábitats de extraordinario interés ecológico. Los fenómenos de expulsión de fluidos enriquecidos en metano, producen cambios sustanciales en la superficie del fondo marino, así como en el interior de los depósitos sedimentarios que lo constituyen. Estos flujos expulsados desde el fondo hacia la columna de agua modifican notablemente los relieves preexistentes, generando morfologías de neoformación, que pueden adquirir una naturaleza carbonatada y que evolucionan en función de la intensidad y frecuencia de la expulsión. La alteración natural de los fondos marinos es pues un proceso continuo mientras permanece activo el fenómeno de expulsión, y es precisamente éste el rasgo más característico de la superficie del fondo marino en el golfo de Cádiz.

El área de estudio de este proyecto denominado "Chimeneas de Cádiz" abarca una superficie del fondo marino de unas 210.106 hectáreas. El rango de profundidades cubierto se extiende desde los 40 m hasta los 1200 m, intensificándose la prospección en el talud continental, entre las profundidades de 300 y 1200 m, lugar en el que se con-

centra la mayor parte de los rasgos característicos de los fenómenos de expulsión de fluidos.

Los escapes de fluidos –principalmente metano– que ocurren en estos fondos son producto de la tectónica salina relacionada con la convergencia de las placas litosféricas africana y europea. Estos flujos son aprovechados por microorganismos que transforman los fondos sedimentarios disgregados en estructuras carbonatadas consolidadas. A este particular hecho se suma la singular diversidad y productividad biológica fruto de la convergencia de aguas atlánticas y mediterráneas.

Se han identificado dos amplias zonas principales de expulsión de fluidos. Una se ha denominado el Campo Somero, que se corresponde con la zona conocida como el caladero del Laberinto. Este importante caladero –principalmente de gamba y cigala– se ubica en el centro de lo que sería el Campo Somero de expulsión de fluidos. Rodeando el área de pesca aparecen varias estructuras como son los volcanes de fango Anastasya, Tarsis, Pipoca o Gazul y el diapiro de Albolote. Al sur de esta zona y a mayor profundidad se encuentra el denominado Campo Profundo donde aparecen concentraciones de volcanes de fango como Hespérides, Almazán o Aveiro y numerosas estructuras de colapso.



Área del del LIC Volcanes de Fango, declarado en julio de 2014. Al norte está el campo somero de volcanes y al sur el campo profundo.

Estudios previos y fuentes de información

El golfo de Cádiz ha sido objeto de estudio por parte de grupos de investigación nacionales y extranjeros, con enfoques muy diversos y desde perspectivas uni o pluridisciplinarias. La mayoría de trabajos realizados en la zona se pueden categorizar en tres disciplinas principales: recursos vivos marinos, hidrología y contaminación y geología marina.

Los estudios consultados indican una mayor concentración de datos en la plataforma continental y en el talud superior, siendo de menor cantidad los que atañen al talud medio e inferior y menores aún los relativos a la cuenca profunda. Sin embargo puede considerarse el golfo de Cádiz como un lugar privilegiado por la atención que ha recibido por parte de los científicos. Estos trabajos previos han servido de soporte para poder completar un estudio de proporciones colosales que hubiera sido imposible de afrontar si no hubiera existido aquella información antecedente. Una parte sustantiva de dicha información ha sido reutilizada y reinterpretada para dar mayor solidez a las conclusiones alcanzadas en este proyecto.

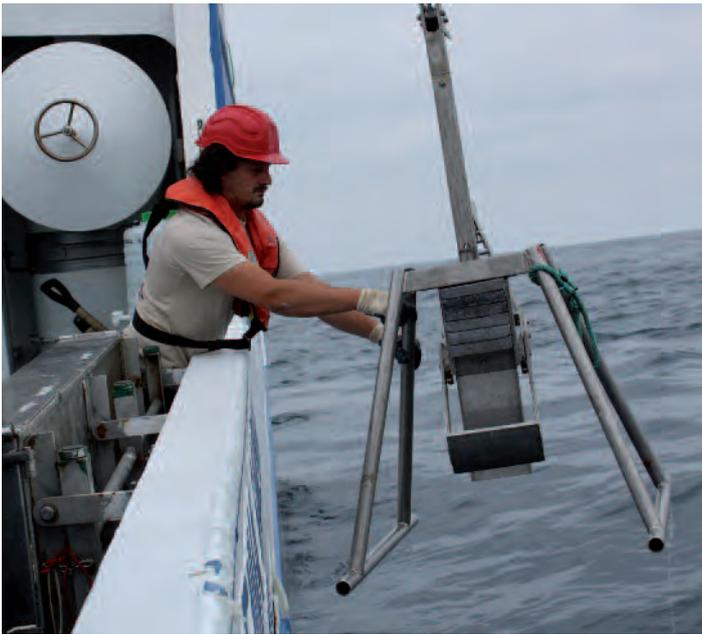
Metodologías de estudio

Se han desarrollado cuatro campañas oceanográficas



El ROV Liropus 2000 apunto de iniciar una inmersión en un volcán de fango / Foto: GEMAR.

que han permitido adquirir datos de la columna de agua, de la biota y del sustrato geológico. El volumen de información es ingente y han de transcurrir algunos años hasta que se pueda dar por finalizado el aprovechamiento de todos estos datos. Los resultados presentados hasta la fecha son aquellos que atañen con mayor importancia a los objetivos especificados en la pro-



Recuperando la draga box-corer que sirve para muestrear fondos blandos manteniendo la estructura del sedimento. / Foto: GEMAR.



Poniendo a punto el Vehículo de Observación Remolcado (VOR) Aphia, desarrollado por el grupo GEMAR, antes de filmar los volcanes Albolote y Gazul / Foto: GEMAR.

puesta del proyecto, pero la sorpresa de los científicos ha sido inmensa al darse cuenta del potencial que tiene la información recopilada para el mejor conocimiento del golfo de Cádiz y de la biodiversidad, así como de las relaciones entre las especies y los sustratos que las sostienen y sobre los cuales construyen sus colonias.

La primera campaña oceanográfica INDEMARES/CHICA se llevó a cabo en junio de 2010 a bordo del buque oceanográfico *Emma Bardán*. Con esta primera iniciativa se consiguió documentar una de las cuestiones más intrigantes que, desde la perspectiva geoambiental, había planteada en la zona, y que no era otra que tratar de desentrañar la incógnita de la existencia de ecosistemas quimiosintéticos en superficie que pudieran facilitar la creación de hábitats relacionados con la expulsión de metano en zonas de aguas someras. El asunto no era de importancia menor, pues los sedimentos aportados por

el río Guadalquivir han generado unos depósitos en el dominio infralitoral y en la plataforma que están enriquecidos en gas metano. Las posibilidades de que hubieran propiciado la formación de un hábitat 1180 era pues muy elevada, con la singularidad de que podría tratarse de una de las zonas más someras en las que se hubiera detectado su presencia. La campaña se realizó, y centró su atención en la identificación y estudio de las comunidades bentónicas que habitan en la zona de acumulación de fluidos cargados en metano de las áreas más someras.

La segunda campaña se realizó a bordo del *Cornide de Saavedra* y se centró en la prospección de dos zonas prioritarias: el caladero de pesca del Laberinto, donde se encuentra el Campo Somero de volcanes, y el Campo Profundo. Esta campaña proporcionó información suficiente para poder analizar con detalle los hábitats relacionados con las estructuras generadas por los escapes de fluidos.

A bordo del buque *Vizconde de Eza* se llevó a cabo la tercera campaña del proyecto: INDEMARES/CHICA 1011. Llegado a este punto del proyecto, se hizo necesario documentar los sectores del borde de la plataforma y talud superior, lugares en los que los científicos no disponían de suficiente información batimétrica multihaz y sísmica de muy alta resolución, que resulta indispensable para detectar los puntos de emisión en los que se pueden dar las condiciones adecuadas para que se desarrolle un hábitat 1180.

La prospección se complementó con unos barridos con el prototipo de Vehículo de Observación Remolcado (VOR APHIA 2012), desarrollado en el seno del Grupo GEMAR, y que está equipado con una cámara fotográfica digital y otra de video submarino de muy alta resolución, con el fin de reconocer la superficie de los volcanes más someros (Albolote y Gazul) y los del talud medio (Anastasya y Pipoca), en los que ya se habían recogido muestras bentónicas en campañas anteriores. Con ello se pretendió realizar un análisis espacial de las comunidades que ocupan los focos de emisión de gas.

La última campaña se desarrolló a bordo del buque *Ramón Margalef* en marzo de 2012 y su principal objetivo fue el estudio visual de las zonas más singulares del área: estructuras de colapso y pockmarks, volcanes de fango o montículos fangosos saturados de gas metano o los montículos carbonatados y dorsales arrecifales.

La metodología planteada inicialmente se fue modificando a medida que el proyecto progresaba, ante la necesidad de mejorar algunos métodos de prospección y de utilizar otros que fueran más novedosos o de última generación. Se desarrolló una metodología de observación del fondo marino, de carácter no intrusivo, que ha dado unos resultados extraordinarios y que ha permitido grabar imágenes de fondos muy profundos (hasta 1200 metros) en los que se han podido identificar las especies que ocupan determinadas superficies del fondo

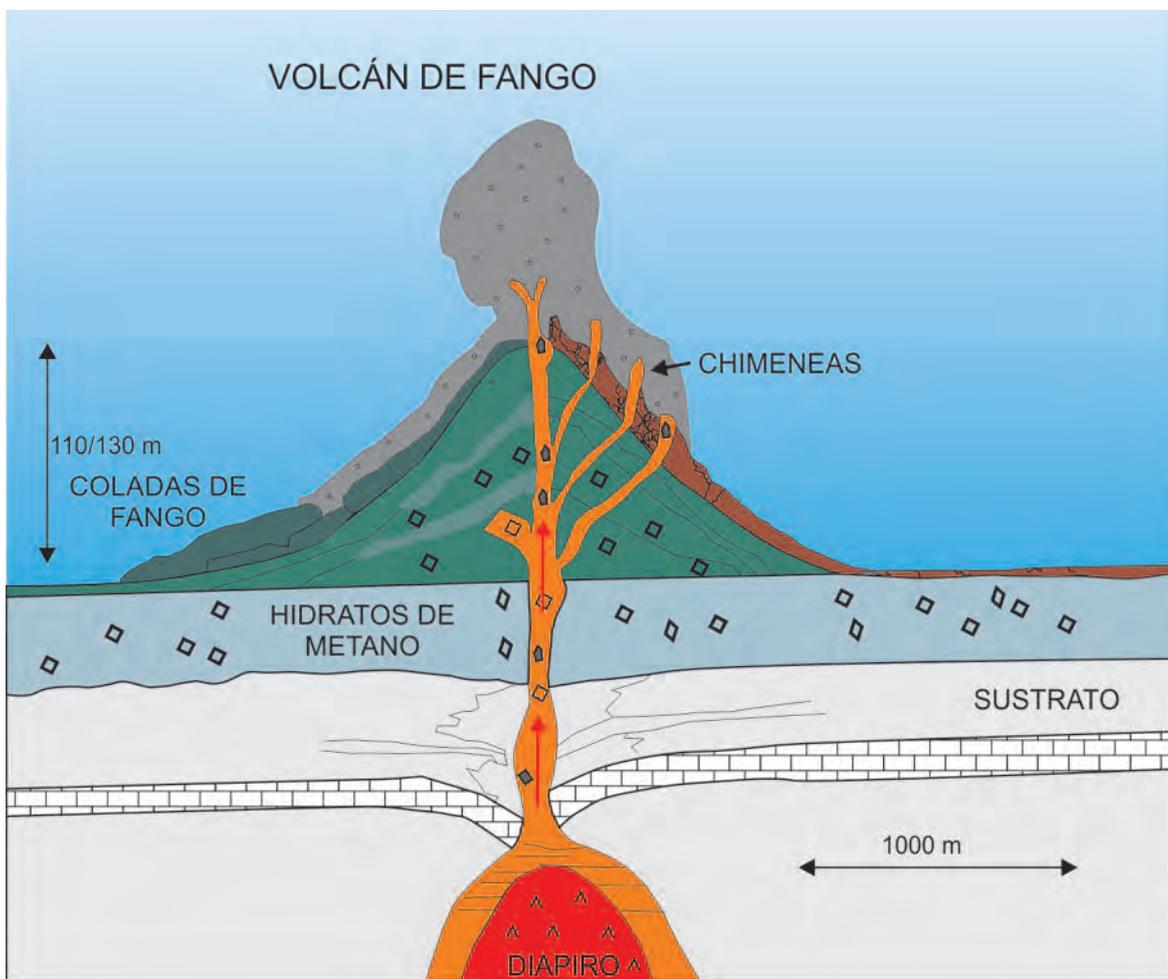


Gráfico que muestra una sección de un volcán de fango. Se trata de emanaciones frías, de metano principalmente, que al ser consumido por las bacterias hace precipitar el carbonato formando chimeneas y enlosados que servirán de sustrato para fauna bentónica.

en las que dominan los fenómenos de expulsión de fluidos, pudiéndose hacer aproximaciones a los valores de las superficies de ocupación de diversas comunidades bentónicas.

Por otra parte, la disponibilidad de tecnologías de última generación para la prospección geoacústica instaladas a bordo de los buques oceanográficos, ha permitido realizar levantamientos batimétricos de gran precisión, que facilitan la labor de interpretación geomorfológica del fondo marino.

Estas extraordinarias herramientas se complementaron con los muestreos directos sobre el fondo marino. El empleo de box corer ha resultado de gran eficiencia al permitir obtener muestras de los sustratos saturados en metano y poblados con especies vinculadas a la emisión, pruebas determinantes de la existencia del hábitat 1180 y de la vitalidad del proceso que continúa en la actualidad.

Oceanografía

El fondo marino del golfo de Cádiz está fuertemente influenciado por el intercambio de masas de agua que se produce en el estrecho de Gibraltar. Sin embargo, las características oceanográficas que infunden en esta zona su carácter peculiar como ecosistema regional, están determinadas, en gran medida, por el cuadro oceanográfico y climático que gobierna el sistema marino. Los flujos dominantes son los de carácter atlántico, en su

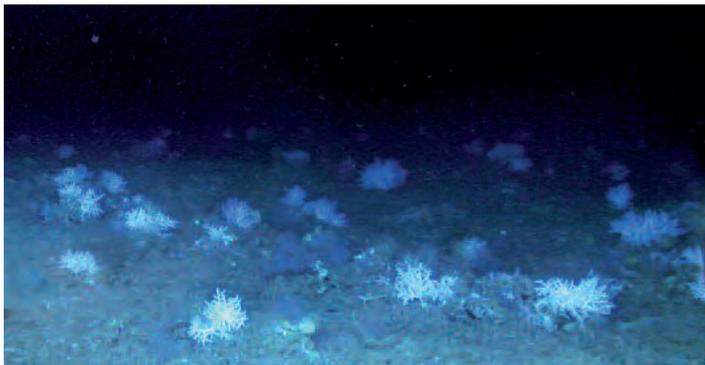
camino de entrada hacia el Estrecho de Gibraltar, y los mediterráneos en su retorno hacia el Océano Atlántico después de residir en el Mar Mediterráneo cerca de cien años.

La masa de agua mediterránea circula bajo la masa de agua atlántica y se desplaza como una capa de fricción sobre el fondo marino del golfo de Cádiz, lo que la convierte en uno de los principales factores que determinan la sedimentación de la zona.

Geomorfología

El golfo de Cádiz se ha visto afectado, desde el Mioceno terminal, por diferentes regímenes tectónicos. El emplazamiento de un gran olistostroma (enorme depósito sedimentario constituido por una masa de bloques de roca, gravas y arenas inmersos en una matriz arcillosa, que es típico formado a partir de un deslizamiento gravitatorio submarino y que es típico de zonas de subducción) durante el Tortonense indujo altas tasas de subsidencia y una fuerte actividad diapírica. En la actualidad, la existencia de volcanes de fango, dorsales diapíricos y reactivación de fallas indican una actividad tectónica reciente. Por otra parte, destaca en la fisiografía actual el sistema sedimentario contornítico que lo constituyen grandes acúmulos de arena que deposita el agua profunda mediterránea al topar con los diferentes relieves del golfo de Cádiz.

El desarrollo del sistema sedimentario contornítico y de



Densas agregaciones de corales de aguas frías -*Lopheia pertusa* y *Madrepora oculata*- en las inmediaciones del volcán Gazul, uno de los más someros / Foto: Víctor Díaz del Río IEO.



Fragmentos de chimeneas carbonatadas fruto de la actividad de las bacterias consumidoras de metano / Foto: GEMAR.

todas las morfologías acompañantes, se ha generado con posterioridad a la apertura del estrecho de Gibraltar, fenómeno que sucedió al final del Messiniense y su evolución ha estado controlada por el intercambio de masas de aguas entre las dos cuencas.

Por otro lado, existe una fuerte relación entre las comunidades bentónicas de aguas profundas, el flujo de agua en el fondo, el tipo de sustrato y los procesos geológicos regionales. El estudio de las corrientes de fondo y su interacción con la morfología es un asunto clave para conocer y comprender la influencia de estos factores oceanográficos en el desarrollo y mantenimiento de las comunidades bentónicas de aguas profundas.

Descripción de la biodiversidad

Se han identificado más de 850 especies pertenecientes a los filos Chordata, Arthropoda, Mollusca, Annelida, Cnidaria, Porifera, Echinodermata, Bryozoa, Brachiopoda, Echiurida, Sipunculida, Nemertina y Pogonófora, encontrándose muchas de ellas amenazadas a nivel nacional e internacional por lo que son objeto de protección estricta.

Esta alta biodiversidad encontrada, la cual va incre-

mentándose a medida que se profundiza el estudio taxonómico de determinados componentes faunísticos que no han podido ser estudiados con detalle hasta la fecha (ej. briozoos, crustáceos peracáridos, etc.), estaría ligada fundamentalmente a la localización geográfica del campo somero de volcanes, el amplio rango batimétrico estudiado (de 300 a 1100 m), la heterogeneidad sedimentológica (fango, arenas gruesas, gravas, fondos duros), geomorfológica (cimas de volcanes, depresión, canales, fondos aplacerados) e hidrológica y la actividad de los volcanes estudiados, con volcanes que presentan sedimentos cargados en metano y otros que no lo presentan.

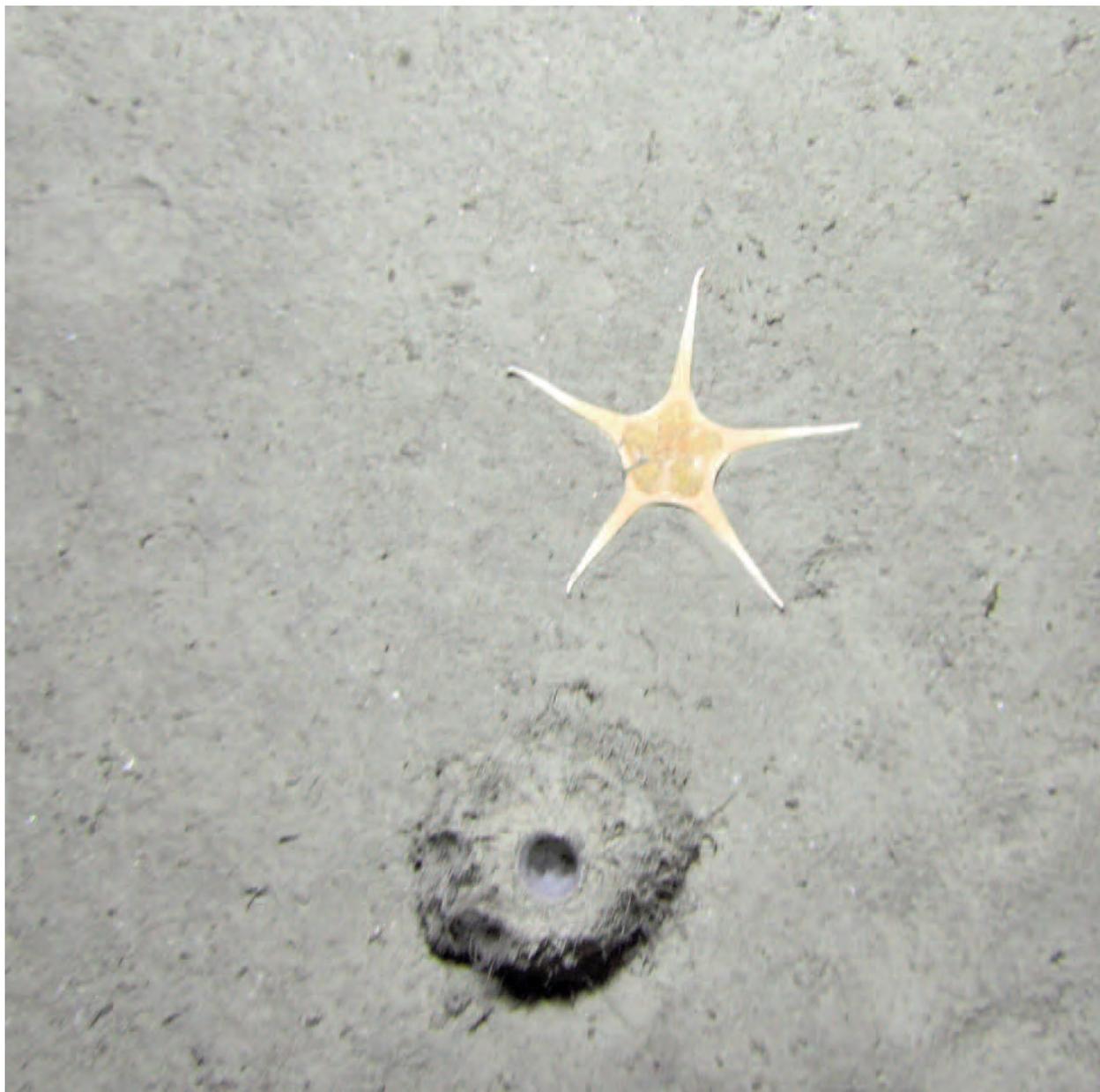
Hábitats de interés para su conservación

En la zona de estudio del campo de expulsión de fluidos, se han encontrado un total de 26 tipos de hábitats, todos ellos correspondientes al nivel batial y de los cuales cinco están ligados al hábitat 1180 "Estructuras submarinas producidas por el escape de gases" de la Directiva Hábitat, ocho lo están al "1170 Arrecifes" de la misma directiva y seis están ligados a la propuesta realizada a Bruselas para incluir "Hábitats biogénicos sobre fondos sedimentarios". Otros hábitats presentes en la zona, aunque no estén incluidos en estas listas, albergan una importante biodiversidad y son muy sensibles a las actividades antropogénicas como son los fangos batiales con *Flabellum*, los cuales están dominados por corales solitarios como *Flabellum chunii*, *Flabellum macandrewi* y, en determinadas ocasiones, mezclados con el actinario *Actinauge richardi*; los fangos batiales compactos con *Isidella elongata* o corales bambú; los fangos batiales con *Radicipes*, que son octocorales de gran porte y fragilidad; etc.

En relación a los hábitats esenciales para las poblaciones de peces, los campos de corales de aguas frías, agregaciones de grandes invertebrados sésiles similares a las biocenosis de coralígeno, las facies con *Leptometra phalangium* o los fangos batiales con pennatuláceos han sido considerados como hábitats esenciales para muchas especies de peces, tanto teleósteos como elasmobranchios. También son hábitat esenciales para las principales especies de interés comercial del golfo de Cádiz, como los fondos de fango con o sin pennatuláceos para la gamba blanca (*Parapenaeus longirostris*) y la cigala (*Nephrops norvegicus*).

Criterios para la designación del área marina protegida

A nivel global, existen una gran variedad de criterios ecológicos que apoyan la necesidad de conservar la biodiversidad de esta zona de estudio. La mayoría se basan en la singularidad, rareza y representatividad de los principales ecosistemas, hábitats o especies; de la presencia de hábitats vulnerables o sensibles a las actividades antropogénicas; de especies que están incluidas en



Estrella y esponja en los fondos fangosos del golfo de Cádiz.

listas de conservación; de la importancia de la zona sobre los ciclos de vida de determinadas especies; o de los singulares procesos ecológicos, geológicos y biológicos presentes en la zona.

Se ha constatado en la zona la presencia de especies endémicas y raras, que solo están presentes en el golfo de Cádiz, como son los moluscos y poliquetos de hábitos quimiosintéticos ligados a las emisiones de fluidos. También merece una especial mención la presencia de hábitats formados por corales de aguas frías, como los presentes en Gazul. Además, un gran número de especie comerciales presentan poblaciones importantes y reclutamiento en diferentes zonas del campo de volcanes de fango, como son la cigala y la merluza. A nivel pelágico, esta zona del sur de Europa es de importancia para nue-

ve especies de cetáceos y 25 de aves marinas, así como para los flujos migratorios de tortugas marinas (*Caretta caretta*) y grandes peces pelágicos como el atún rojo. La zona contiene hábitats y especies incluidas en la Directiva Hábitat, el Convenio de OSPAR y el Catálogo Español de Especies Amenazadas.

Muchas de estas especies, como son los corales de aguas frías, los corales negros o los corales bambú, presentan un lento crecimiento, lo que las hace muy vulnerables.

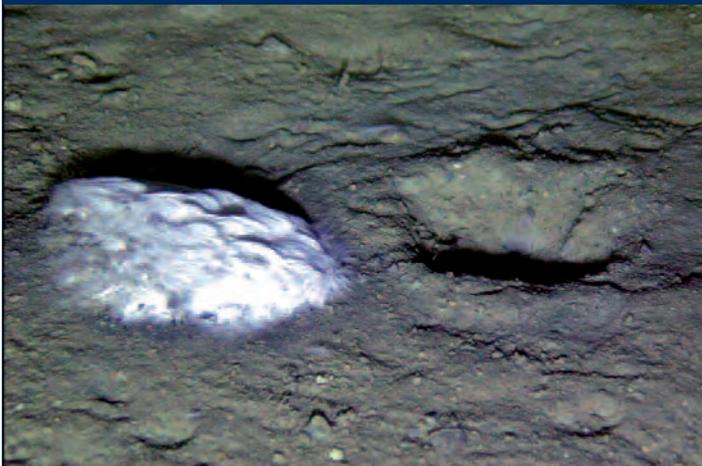
Los focos de emisión presentan un estado de conservación aceptable, si bien hay diferencias entre unos y otros que están en función del impacto de los artes de pesca de arrastre. Todos ellos tienen hábitats y especies de interés para su conservación.

Hábitats

Estructuras producidas por escape de gases con sustratos carbonatados de origen quimiosintético

Los sustratos carbonatados son superficies consolidadas formadas por la precipitación de carbonatos derivados de la oxidación del metano en un ambiente gobernado por microorganismos. Se encuentran dispersas por el fondo marino en aquellos lugares donde existe, o ha existido, expulsión o percolación de fluidos saturados en metano.

La comunidad asociada se caracteriza por la presencia de tapetes de bacterias filamentosas (*Beggiatoa*, *Thioploca*, *Thiothrix*), carbonatos autigénicos (chimeneas, enlosados costras) que son colonizados por diferentes especies de invertebrados de hábitos quimiosintéticos, fundamentalmente de poliquetos frenulados, o heterotróficos, incluyendo los corales de aguas frías (*Madrepora oculata*), los antipatarios (*Leiopathes glaberrima*), esponjas de gran porte (*Asconema setubalense*) o simplemente pequeños organismos sésiles (Braquiópodos de los géneros *Novocrania* o *Terebratula*).



Estructuras producidas por escape de gases con especies quimiosintéticas

La presencia de sedimentos anóxicos cargados en gas puede localizarse en diferentes zonas del volcán, generalmente en la cima, lo cual promueve el establecimiento de poblaciones de

organismos con un metabolismo de tipo quimiosintético, fundamentalmente bacterias e invertebrados, que suelen convivir con especies comunes de fondos blandos batiales

Estos fondos tienen una alta productividad en comparación con fondos blandos batiales sin emisiones, presencia de especies endémicas y alta biodiversidad, debido a la coexistencia de especies quimiosintéticas a otras típicas de fondos batiales. Estas comunidades se restringen a los volcanes de fango de aguas del Golfo de Cádiz, teniendo un área de distribución muy restringida dentro del contexto europeo.

Fondos batiales con pennatuláceos

Los pennatuláceos son un grupo de antozoos conocidos como plumas o látigos de mar que se asientan sobre zonas de alta productividad y aumentan la complejidad del fondo marino, ofreciendo sustrato y alimento a otras especies. Además de los pennatuláceos, los cuales pueden alcanzar densidades de 20 colonias m⁻² en el Golfo de Cádiz, aparecen otras especies estructurantes como son el coral bambú *Isidella elongata* o el porífero *Thenea muricata*. Este tipo de esponja tiene un importante papel en la biodeposición de partículas de pequeño tamaño que sirven de alimento a invertebrados depositívoros. Por otra parte, la megafauna excavadora incluye crustáceos que crean madrigueras donde se establecen otros organismos, y entre los más comunes se incluiría la cigala *Nephrops norvegicus*, *Goneplax rhomboides* y decápodos talasínicos. Otros crustáceos comunes en este tipo de fondos son *Bathynectes maravigna* o *Munida intermedia* que también suelen construir galerías. Entre los moluscos, algunos viven sobre los pennatuláceos como el solenogastro *Dorymenia sarsii* o el ovúlido *Pseudosimnia flava*. Muchas de las especies de moluscos típicas de este hábitat no están ligadas a los pennatuláceos pero si a los sedimentos fangosos batiales como el escafópodo *Cadulus jeffreysi*, los bivalvos *Abra longicallus*, *Thyasira succisa*, *Ledella messanensis*, *Ennucula aegeensis*, *Kelliella miliaris* o los gasterópodos *Alvania electa*, *Bittium watsoni*, *Galeodea rugosa*, *Ranella olearium*, *Gibberula turgidula* o *Ampulla priamus*, entre otros.

Fondos detríticos batiales con campos de *Leptometra phalangium*

Se trata de fondos detríticos batiales, formados por un sustrato sedimentario resultante de una mezcla entre elementos de origen terrígeno y de origen biogénico, dominados por crinoideos del género *Leptometra*. Se localizan en las zonas del talud con un alto hidrodinamismo y aportes elevados de materia orgánica y plancton, todo ello favorece elevadas concentraciones de organismos suspensívoros epibentónicos. Las mayores densidades encontradas de este equinodermo se dan en el volcán Pipoca y en los fondos adyacentes al volcán Gazul. En estos campos de crinoideos se han encontrado en torno a 130 especies, lo que representa una riqueza comparable a la de los campos de esponjas, gorgonias e incluso a la de corales de aguas frías.



Fangos batiales con Radicipes

El octocoral alcyonáceo *Radicipes* es una gorgonia que pertenece a la familia *Chrysogorgiidae* caracterizándose por formar colonias no ramificadas y flagiformes, en aguas frías y profundas, fácilmente reconocible por su tallo en espiral y el brillo metálico de su esqueleto, cuyos pólipos se disponen a lo largo del tallo de manera uniserial. Se encuentran en fondos marinos blandos, en un rango de profundidades entre los 196 y los 3580 m, pero la mayoría de las especies se ven restringidas a aguas profundas y se componen de un gran número de especies muy diferentes. Representan hábitats muy sensibles puesto que son organismos de crecimiento muy lento. En el

golfo de Cádiz ha sido localizada en varias ocasiones junto a otras gorgonias del género *Isidella*.

Arrecifes de corales profundos de *Lophelia pertusa* y/o *Madrepora oculata*

Estos arrecifes de corales profundos constituyen un hábitat singular con una gran variedad de especies tanto de vertebrados como de invertebrados debido a la intrincada estructura tridimensional que adquieren y que sirve de refugio y/o alimento a multitud de especies aumentando así la complejidad del hábitat. Gracias a esta característica de generar microhábitats se pueden considerar a los corales de aguas frías como puntos calientes de la biodiversidad. Estas formaciones coralígenas muestran una alta biodiversidad y está dominada por las especies *M. oculata* seguida de *L. pertusa* a las que le acompañan diversas especies de escleractinias solitarias de menor tamaño como *Dendrophyllia cornigera*, *Flabellum chunii*, *Caryophyllia smithii* o *Eguchipsammia gaditana*.

Entre los numerosos volcanes de fango estudiados en aguas españolas del golfo de Cádiz se ha localizado los arrecifes de corales profundos de *L. pertusa* y/o *M. oculata*, en la ladera norte del volcán Gazul y a una profundidad de unos 400 metros. Su hallazgo en este volcán puede deberse a que pertenece al grupo de volcanes de fango en estado latente, además se trata de una zona donde existe un alto hidrodinamismo y la actividad pesquera de arrastre de fondo es mínima.



Fangos batiales compactos con *Isidella elongata*

Isidella elongata es un octocoral presente en las zonas batiales de sustratos fangosos compactos entre los 500 y 1200m de profundidad en fondos relativamente planos. Esta gorgonia conocida como coral bambú se distribuye por el Atlántico nordeste y el Mediterráneo y presenta un crecimiento lento y de larga vida llegando a vivir de 150 a 300 años. Los tipos de hábitats que conforman presentan una gran diversidad gracias a que estos corales ofrecen refugio y zona de alimentación a otras especies de peces o invertebrados.



Fangos batiales con *Flabellum*

El coral de aguas frías *Flabellum* es un escleractinio solitario que pertenece a la familia Flabellidae, y está representado por 42 especies que muestran una amplia distribución. Casi el 50% de las especies son azooxanteladas y más del 41% viven en profundidades mayores de 50 m. Este coral solitario presenta numerosas setas muy finas, las columelas están ausentes y sus grandes pólipos se encuentran extendidos tanto de día como de noche.

Estos corales no han recibido tanta atención como aquellos formadores de grandes arrecifes, pero se ha documentado que pueden formar arrecifes biogénicos, reteniendo sedimentos blandos y ofreciendo una amplia variedad de microhábitats y nichos para la fauna de aguas profundas.

En el campo de volcanes de fango del golfo de Cádiz, se han encontrado las especies *Flabellum macandrewi* y *Flabellum chunii*. La primera es

mucho más rara y ha sido tan solo hallada en el volcán Hespérides. La segunda es mucho más común y puede llegar a ser una de las especies dominantes en los fondos adyacentes a Gazul y su depresión asociada.

Roca batial con agregaciones de gorgonias

Especies de gorgonias como *Bebryce mollis*, *Callogorgia verticillata*, o *Acanthogorgia hirsuta* suelen conformar diferentes tipos de hábitat 1170, ya que colonizan sustratos duros y pueden constituir un hábitat singular constituido por una gran variedad de especies. Los conocidos como jardines de gorgonias -gracias al importante porte arborescente que pueden adquirir muchas de sus especies- pueden presentar gran cantidad de especies asociadas, tanto vertebrados como invertebrados, que utilizan su estructura como refugio, aumentando de este modo la complejidad de la comunidad.

El asentamiento de estas poblaciones de gorgonias se ve favorecido por un fuerte hidrodinamismo en la zona por el cual se transportan las aguas ricas en nutrientes así como por el tipo de fondo rocoso (sustratos duros). En el golfo de Cádiz, gracias a la presencia de fuertes corrientes de fondo, existen numerosas zonas con afloramiento rocoso de carbonatos autigénicos tales como chimeneas, costras o enlosados que propician el asentamiento de este tipo de comunidades sésiles y de modo de vida

suspensívoro que, a su vez, proporciona un hábitat idóneo para otras especies de invertebrados y peces.



Roca batial con corales negros

Se conocen alrededor de 250 especies de corales

negros y, en su mayoría, están fuertemente ligados a la presencia de sustratos duros, aunque algunos se han adaptado a vivir sobre fondos sedimentarios. Generalmente presentan una estructura arborescente constituyendo un hábitat ideal para muchas especies, tanto vertebrados como invertebrados, que les proporciona tanto refugio como alimentación así como un área para la reproducción o cría. Esta característica hace que este tipo de comunidad conforme un ecosistema con una alta biodiversidad, similar a lo observado para las agregaciones de gorgonias.

En el golfo de Cádiz se ha constatado la presencia de los antipatarios *Antipathella subpinnata*, *Stichopathes setacea*, *Stichopathes gravieri*, *Parantipathes cf. larix* y *Leiopathes glaberrima*, siendo esta última especie la única que puede llegar a conformar hábitats dominados por corales negros.

Se tratan de corales de aguas profundas ya que se han registrado ejemplares a una profundidad de más de 2000 metros, aunque su presencia también ha sido documentada a profundidades menores de 40 metros.



Roca batial con grandes esponjas hexactinélidas

Teniendo en cuenta que estas especies suelen ser de crecimiento muy lento la regeneración tras una perturbación física provocada, por ejemplo, por la pesca de arrastre de fondo puede durar décadas. Si a esto se le añade que sobre estos hábitats se concentran una gran variedad de especies que utilizan las esponjas como sustrato, refugio o como fuente de alimento tanto directa como indirectamente, es comprensible

que las agregaciones de esponjas de aguas profundas sean uno de los hábitats incluidos por OSPAR en el listado de hábitats amenazados y/o en declive.

Las agregaciones de esponjas sobre sustratos duros suelen combinarse con otros tipos de hábitats presentes en el golfo de Cádiz como los constituidos por los corales de aguas frías, gorgonias o corales negros.

Fangos batiales con *Pheronema carpenteri* y con *Thenea muricata*

Los fangos batiales con *Pheronema carpenteri* y/o con *Thenea muricata* son uno de los hábitats incluidos en OSPAR y presentan una amplia distribución localizándose sobre fondos fangosos o arenoso-fangoso y en áreas con un moderado hidrodinamismo. *Pheronema carpenteri* es una esponja hexactinélida que posee largas espículas basales que le permiten anclarse al sustrato fangoso formando grandes agregaciones con alta densidad de individuos, presentando una alimentación que se basa en el aprovechamiento del aporte de materia orgánica en suspensión de las corrientes marinas.

Las agregaciones de esponjas de fondos blandos pueden coexistir con otros hábitats como las comunidades de pennatuláceos o con campos de alcyonáceos como el coral bambú (*Isidella elongata*) o *Radicipes fragilis*, aumentando, de este modo, la

complejidad de la comunidad bentónica del área. Las comunidades dominadas por agregaciones de esponjas sobre fondos blandos deberían de representar uno de los hábitats más dominantes en el golfo de Cádiz debido al carácter fangoso del sedimento de esta zona del Sur peninsular. A pesar de todo, estos hábitats muestran una presencia limitada debido a la importante actividad pesquera presente en esta área.



VÍCTOR DÍAZ-DEL-RÍO ESPAÑOL, CENTRO OCEANOGRÁFICO DE MÁLAGA
INSTITUTO ESPAÑOL DE OCEANOGRAFÍA

“AÚN QUEDA MUCHO POR DESMENUZAR Y ESTUDIAR CON MAYOR DETALLE”

¿Cuál es la importancia de esta zona y los valores más destacables?

El golfo de Cádiz, por su proximidad al Estrecho de Gibraltar, se beneficia del intercambio de aguas establecido entre el mar Mediterráneo y el Océano Atlántico, de aquí que adquiera una importancia capital, con transcendencia global, como zona biogeográfica marina de primer orden. El fondo marino descansa sobre un sustrato que acoge la convergencia de las placas litosféricas europea y africana, razón por la cual también son de importancia capital los fenómenos relacionados con los procesos geológicos submarinos. Esta confluencia de circunstancias incrementan la singularidad del golfo de Cádiz, por lo que hay que contemplarlo como una encrucijada de fenómenos que interactúan unos con otros para formar uno de los hábitats submarinos más particulares de los que podamos encontrar en el fondo del mar: las estructuras submarinas producidas por el escape de gases (hábitat 1180 de la Red Natura 2000).

La concatenación de procesos desarrollados en el interior de los sedimentos marinos, y en la misma superficie del fondo, impulsada por la emisión de fluidos sobresaturados en gases, determina la formación de un hábitat caracterizado por la presencia de bacterias y arqueobacterias quimiosimbiontes. Estos microorganismos descomponen el gas metano (liberando iones bicarbonato que capturan el calcio y el magnesio) facilitando así la precipitación de carbonatos en muy diversas morfologías: chimeneas, costras y enlosados, principalmente. Es un proceso de carácter geobiológico en el que existe una total interdependencia entre la actividad geológica, generadora de la emisión de gases, y la biológica, consumiendo y transformando el metano. De esta

suerte, los fondos marinos compuestos por sedimentos disgregados se van transformando en sustratos rocosos endurecidos. Estos nuevos sustratos representan una oportunidad para que los organismos sésiles, que necesitan una superficie rocosa para fijar sus colonias, se establezcan en lugares que han estado dominados por los fangos y las arenas finas. Así se produce una de las explosiones de diversidad biológica más espectacular de las que podemos contemplar en el medio marino, propiciada por un fenómeno que, aparentemente, no daría oportunidades de vivir a ninguno de los organismos (gorgonias, corales, esponjas, etc.) que hemos catalogado en la zona.

No hay que olvidar que el metano es el tercer gas invernadero, por lo que supone una amenaza para la estabilidad del clima en la Tierra. Así pues, descubrimos en estos hábitats que la propia Naturaleza ha ideado un sistema geobiológico que atrapa la mayor parte del metano en el interior de los sedimentos, sin dejar que ascienda hasta alcanzar la atmósfera, y lo transforma en rocas carbonatadas. En consecuencia, el hábitat 1180 no solamente hay que valorarlo por las propias estructuras carbonatadas que sostienen una gran diversidad biológica en su superficie, sino que, además, constituyen un auténtico almacén de metano transformado. Por todo ello, su protección y conservación resulta muy recomendable a los efectos ambientales.

¿Cuál es la principal amenaza?

Dos son las amenazas principales. Una de carácter natural y la otra de origen antrópico. De ellas, solamente somos capaces de controlar la segunda, puesto que la primera depende, única y exclusivamente, de la evolu-

ción de la corteza terrestre. Por otra parte, hemos de tener en cuenta que el LIC marino incluye uno de los campos de volcanes de fango más importantes de los detectados en aguas españolas, y que precisamente en él faena una de las flotas más productivas, e importantes socioeconómicamente, de la zona. Es el caladero del Laberinto donde se extraen crustáceos decápodos (cigala y gamba blanca), principalmente, así como otras especies ícticas muy cotizadas en el mercado. Así pues, tenemos expuestas las dos amenazas: (1) la persistencia e intensidad del fenómeno natural de la emisión de gases procedentes del subsuelo marino, y (2) las actividades humanas, principalmente la pesca de arrastre, que alteran la superficie del fondo marino en el lugar en el que se producen las emisiones.

La primera amenaza se relaciona con el hecho comprobado de que los fenómenos de emisión de fluidos saturados en gases no son continuos, ni tampoco sostenidos en el tiempo. Tienen una génesis vinculada a la propia evolución de los depósitos sedimentarios que constituyen la parte superior de la corteza terrestre -lo que podríamos denominar la epidermis de la Tierra-, de forma que cuando desaparece el gas o se agota la fuente de emisión que lo produce, el sistema biológico no dispone de metano para ser transformado y así facilitar la precipitación de carbonatos autigénicos. Este fenómeno no determina la desaparición del hábitat 1180, sino que lo que ocasiona es la ausencia de formación de nuevo sustrato consolidado pero, en ningún caso, la desaparición de las estructuras que se hubieran generado. Los materiales rocosos de neoformación (chimeneas, costras y enlosados) se generan, principalmente, en los sedimentos subsuperficiales de la zona de emisión y en el interior de los volcanes de fango donde los microorganismos transformadores (bacterias y arqueobacterias) son más activos.

Los volcanes de fango son construcciones edificadas con sedimentos finos, levantadas sobre los focos de expulsión de fluidos. Las pautas de emisión determinan su geometría cónica, circundada en la base por una depresión. El cono volcánico va creciendo a medida que el fondo marino inyecta en la columna de agua un fluido sometido a sobrepresión que está compuesto por sedimentos finos, gases y agua intersticial. El ascenso del fluido a través del interior del volcán y la actividad microbiana, actúan simultáneamente para ir precipitando las rocas carbonatadas que quedan atrapadas en su interior. La erosión submarina, propiciada por las intensas corrientes de fondo, socava posteriormente la débil edificación fangosa y va exhumando el entramado de conducciones tubulares que canalizan el gas en su ascenso hacia la superficie del fondo marino. Esta red de conducción de gas interna al volcán de fango, va des-



moronándose a medida que el edificio volcánico pierde el sedimento con el que se ha edificado. Una vez exhumadas, se van fracturando en fragmentos de diversos tamaños y se dispersan sobre el fondo marino. Así se forma el sustrato consolidado que utilizan los organismos sésiles para fijar sus colonias.

La segunda amenaza, la pesca de arrastre, tiene fácil solución en el marco de una concertación apropiada entre el sector pesquero y los responsables públicos de la explotación de recursos vivos. La primera aproximación ya se ha llevado a cabo con el sector en un encuentro que tuvo lugar en la ciudad de Huelva durante el año 2013. En tal ocasión, científicos y pescadores, pudimos comprobar que el acuerdo era factible puesto que los lugares más sensibles a la práctica del arrastre era evitados, mayoritariamente, por los buques pesqueros durante los arrastres. Las principales amenazas se ciernen sobre los volcanes de fango, que los pescadores denominan "enfangués", que están sobresaturados de gas metano y dominados por sedimentos muy finos de carácter fangoso. Estos materiales se deslizan muy fácilmente cuando se disturban, cosa que hacen las artes de arrastre cuando se deslizan sobre el fondo, incrementando la liberación de gas metano que asciende a lo largo de la columna de agua hasta alcanzar la atmósfera. Estas alteraciones del fondo marino no solo facilitan la emisión del gas que estaba atrapado en el depósito sino que, además, produce un colapso de las comunidades que habitan en el fango al quedar soterradas por el desplazamiento, pendiente abajo, de los depósitos que



constituyen su hábitat. Existen otros problemas de menor entidad, pero de importancia destacable, como es la desaparición, prácticamente absoluta, de especies sésiles que habitan en sedimentos blandos, como pueden ser los Pennatuláceos.

Otros problemas derivados de otras actividades, como puede ser el tendido de cables submarinos, se puede controlar mediante el estudio de las propuestas de tendido que realizan los operadores de comunicación o electricidad. Es factible proponer trazados alternativos que no supongan riesgo alguno a las comunidades protegidas.

¿Qué espera que recoja el plan de gestión de este LIC?

Los científicos que han participado en el estudio manifiestan su principal preocupación por la selección de los lugares de seguimiento del LIC y las acciones que se contemplen en dicho seguimiento. No hay que olvidar que el estudio que hemos realizado ha contemplado un número de expediciones marinas que ha resultado insuficiente para documentar en profundidad, con el nivel de detalle que la Ciencia recomienda, la inmensa superficie que hemos barrido (equivalente a la superficie que ocupan las tres provincias andaluzas occidentales). Es cierto que hemos podido identificar los principales valores de la zona, pero no es menos cierto que aún queda mucho por desmenuzar y estudiar con mayor detalle. Hay lugares que demandan mayor atención, al no haber dispuesto de tiempo suficiente para realizar un muestreo pormenorizado que, por ejemplo, no nos ha permitido obtener las imágenes de video y fotografía en cantidad y calidad deseada, o el número de muestras conveniente.

Es importante recordar que la migración del gas no se produce, única y exclusivamente, con una trayectoria ascendente, sino que también se puede desplazar horizontalmente (siguiendo los planos de los estratos) u oblicuamente (en las direcciones de ciertas fracturas). Por esta razón, una vez que sabemos dónde se encuentran las principales fuentes del metano, tendremos que hacer una inspección meticulosa del fondo marino tratando de detectar aquellas estructuras a través de las cuales el gas pueda migrar y los lugares por los que pueda escapar. Hasta ahora hemos priorizado la identificación de las principales estructuras relacionadas con los escapes de gases, pero quedan por identificar algunos otros rasgos de emisión que están siendo estudiados en una línea de investigación de gran actualidad, en la que se producen avances científicos casi todos los días.

Desde luego es un lógico anhelo de todos los científicos participantes en esta investigación, poder comprobar que las conclusiones científicas alcanzadas en nuestro estudio son, en realidad, el punto de partida para realizar un trabajo sistematizado de mayor intensidad. Dicho estudio debería de permitir valorar la fragilidad de algunas comunidades biológicas ante los cambios ambientales provocados por el hombre, y promover las medidas apropiadas que garanticen la sostenibilidad de los hábitats de interés comunitario detallados en la memoria final del proyecto o en los manuales de la Red Natura 2000.

¿Qué futuro le augura a esta zona?

Hay que tener en cuenta que, hasta la fecha, no han existido figuras de protección para el medio marino desvinculado de la costa en este lugar de la geografía marítima española. Así que, en cierto modo, podemos decir

que partimos de cero, por lo que hemos de ser cautos a la hora de valorar los efectos que traerá la gestión integral de la zona. Por ello, el seguimiento científico contemplado en el Plan de Gestión será determinante para hacer la atinada valoración de las medidas que ahora se toman.

Por otra parte, cualquier medida de protección tiende a dar buenos resultados en términos de conservación de hábitats y especies, salvaguardando la biodiversidad marina y asegurando una calidad del medio ambiente marino que permita racionalizar su uso a las generaciones venideras. Es nuestra obligación moral entregar a los que nos suceden en el uso del espacio natural, un Planeta con mejor calidad ambiental de la que nosotros hemos recibido. Los conocimientos que ahora tenemos son muy superiores a los que tenían los que nos han precedido, por ello, no podemos sustraernos a esta obligación. Sabemos muy bien cómo y porqué se deterioran los ecosistemas marinos y, en consecuencia, tenemos que proponer las medidas paliativas que eviten su colapso y garanticen su supervivencia. Hacer oídos sordos o ignorar esta realidad, irá en detrimento de la calidad de vida de quienes heredemos el Planeta.

El golfo de Cádiz está sometido a muchas presiones, algunas de ellas verdaderamente estresantes. Tiene, por otra parte, una enorme ventaja, que no disfrutaban otras zonas del Planeta, que es la activa dinámica de las aguas que bañan la zona. Esta particularidad facilita la reducción de algunos impactos antropogénicos, pero no los contrarresta. Así pues, si logramos minimizar los impactos y protegemos algunos espacios vitales para la mejora de la calidad del medio marino en el golfo de Cádiz, habremos sentado los pilares de una sostenibilidad necesaria para continuar explotando los recursos vivos y no vivos que ocupan esta zona marina. La adecuada gestión ambiental del área, permitirá el desarrollo de nuevas actividades económicas que contemplen el mejor uso y disfrute de las maravillas que encierra el fondo del mar para los ciudadanos que quieran adentrarse en su conocimiento.

Los científicos y la Administración del Estado tenemos ahora la obligación de transmitir a la Sociedad todos aquellos valores naturales que hemos encontrado y han constituido la base de la declaración de la zona marina protegida. Este es uno de los principales retos que tenemos planteado en materia de retorno social de la investigación. El asunto reviste particular complejidad cuando, como es el caso, se trata de zonas marinas muy alejadas de la costa y de elevada profundidad. Por ello, no son accesibles al ciudadano medio, de tal manera que su percepción de la importancia que tienen para sostener nuestra propia existencia en el Planeta resulta de difícil asimilación. Realizamos esfuerzos en la edición de textos, fotografías, videos e imágenes insertadas en las webs relacionadas con el asunto, así como la

divulgación a través de las Redes Sociales. También nos esforzamos en disertar en diversos foros públicos, no especializados, explicando la importancia que tienen las zonas marinas protegidas. Pero no es menos cierto que tal asimilación requiere de una educación ambiental marina que todavía no ha alcanzado la escuela primaria y secundaria, por lo que la temática resulta, en ocasiones, abstrusa.

¿Cuál ha sido su mayor sorpresa explorando esta zona?

Constatar la explosión de vida que genera la emisión de gases procedentes del subsuelo marino. La visualización de un cosmos extremófilo basado en la quimiosíntesis es un espectáculo ante el cual cualquier científico queda ensimismado. Pensar que el principio que rige estos ecosistemas profundos, dominados por la saturación en gases letales para la mayor parte de las especies vivas, que se sintetiza en el paradigma "Si es tóxico para ti, es bueno para mí", es descubrir un mundo en el que el desarrollo de la vida no está vinculado a la energía solar sino que se vincula completamente a la energía geotérmica.

Hay que tener en cuenta que un proyecto de estas características, en el que hemos acumulado millones de datos científicos, requerirá de posteriores esfuerzos e inversiones para culminar el estudio e incrementar nuestro conocimiento sobre las peculiaridades de una zona tan singular como es el golfo de Cádiz. Quiero citar un ejemplo de este aspecto que acabo de mencionar y que se refiere al catálogo de especies presentes en el LIC. Cuando finalizamos el periodo de estudio habíamos catalogado más de 800 especies. A día de hoy podemos decir que rondamos ya las 1000, fruto del interés de especialistas taxónomos que se han ido incorporando al estudio a medida que éste avanzaba y cuyo trabajo se ha de prolongar todavía un tiempo. Así pues, desde la perspectiva de la Biodiversidad, puedo decir sin lugar a duda que la principal sorpresa que todos nos hemos llevado ha sido la gran diversidad de especies que hemos encontrado en estos ambientes profundos, existiendo algunas, como los corales de aguas frías, que han sido un auténtico descubrimiento y una sorpresa de gran trascendencia científica.

¿Qué se ha quedado con ganas de estudiar?

Cuando se inicia un estudio de tanto detalle como el que se ha emprendido en el Proyecto INDEMARES, se produce un fenómeno bien conocido por los científicos, caracterizado por la apertura de un mayor número de incógnitas de las que se van cerrando a lo largo de dicho estudio. Así pues, sabemos que hemos resuelto un cierto número de cuestiones en relación con las particularidades que deberían de constituir la sustancia de la declaración del LIC en la zona, pero han quedado muchas otras sin resolver que deberán de ser contempladas en el marco de otros proyectos de investigación.

Me gustaría destacar la gran importancia que dan a los procesos relacionados con el fenómeno del escape de fluidos, algunos países más avanzados científicamente que España, y que forman parte de nuestro entorno. Más aún, alguno de ellos ha elegido el golfo de Cádiz para realizar sus experimentos pues la intensidad del flujo de expulsión es un factor de gran importancia para valorar su impacto sobre el efecto invernadero. Las inversiones en esta materia son muy elevadas, pues resulta costoso el material de prospección que ha de emplearse para su estudio. Tengamos en cuenta que la observación directa es crucial para comprender el mecanismo que rige el ecosistema profundo, pero más importante aún resulta la experimentación in situ y la toma de datos continuada mediante cámaras de incubación instaladas sobre el fondo del mar. Este material es muy sofisticado y permitiría registrar la actividad de la expulsión y la de los microorganismos que transforman el metano facilitando la precipitación de carbonatos.

¿Volverán pronto a investigar la zona?

El Instituto Español de Oceanografía, desde que inició su actividad científica, jamás ha dejado de estudiar el golfo de Cádiz. Las investigaciones se realizan desde diversas perspectivas, teniendo una mayor relevancia el seguimiento de las poblaciones de interés pesquero. Pero no son de menor importancia las que se realizan en relación con su ecología y dinámica de masas de agua. El inicio de los años 70 del siglo pasado, comenzamos un ambicioso programa de estudio geológico del golfo de Cádiz y del Estrecho de Gibraltar. Dicho programa de actuación ha tenido diversos proyectos de investigación en los que se han venido estudiando los variados procesos geológicos que han determinado la existencia de fenómenos de expulsión de fluidos saturados en metano que han determinado el desarrollo de uno de los hábitats con mayor presencia en las aguas españolas, como es el 1180 "Estructuras producidas por el escape de gases". Han sido, precisamente, estos estudios los que han alertado de la existencia de tales estructuras que demandaban una mayor atención desde la perspectiva bentónica.

Actualmente estamos preparando nuevas iniciativas científicas, fundamentalmente interdisciplinares, que profundicen en el conocimiento de fenómenos y procesos en la superficie del fondo marino. Estos planteamientos científicos demandan presupuestos extremadamente elevados por lo que hemos de ser moderados en las solicitudes de financiación pública, tanto en el marco nacional como en el europeo. Es necesario y conveniente concienciar a la población de que tales estudios son importantes para gestionar de manera más apropiada nuestro medio ambiente y sus recursos naturales. Esta concienciación tiene sustanciales retornos para la investigación científica al generar una demanda de

conocimiento por parte de la Sociedad que racionalice la gestión de los espacios públicos y de su aprovechamiento ambiental.

¿Qué ha significado INDEMARES para usted?

La oportunidad de coordinar las actividades de investigación científica de más de cuarenta investigadores de muy diversas especialidades de la Ciencia, todos ellos españoles y de muy elevada talla científica y humana. El trabajo ha sido inmensamente enriquecedor y no me equivoco cuando digo que he sido yo el principal beneficiado de esta iniciativa, puesto que me ha dado la oportunidad de comprobar el impresionante salto cualitativo que ha dado la investigación científica marina en España para posicionarse con decisión entre los países más avanzados de nuestro entorno. He podido comprobar que España tiene una infraestructura moderna y operativa de primer orden, con medios materiales de última generación apropiados para realizar las expediciones científicas que se proponga. Este ingente capital de conocimientos, aptitudes y capacitaciones que ha adquirido la comunidad científica española, no puede dejarse sin gobierno y abandonarlo a su suerte, navegando sin rumbo en aguas turbulentas en las que se verá abocado a zozobrar irremediamente. La crisis económica que hemos sufrido estos últimos años me ha permitido comprobar las consecuencias de este desgraciado hecho, teniendo que contemplar como muchos magníficos colaboradores del Proyecto INDEMARES se han visto obligados a abandonar el sistema I+D para encontrar acomodo en las filas del desempleo o han buscado otro nicho ecológico para sobrevivir a este terremoto económico con graves consecuencias sociales.

Por otra parte, creo que nos cabe a todos la satisfacción de haber sabido trasladar a los órganos de gestión del Estado, los resultados científicos de un proyecto de envergadura que facilitarán la mejor gestión del medio marino y garantizarán la explotación sostenible de los recursos naturales y del ecosistema que los sostiene.

Por último, y no de menor importancia de lo dicho anteriormente, es un orgullo como Científico Titular del Instituto Español de Oceanografía (IEO) haber podido asumir la responsabilidad institucional que ha conllevado la ejecución del Proyecto INDEMARES. El prestigio y la solvencia que acumula el IEO como organismo de investigación científica marina, fruto de la decidida entrega de numerosas personas que han dedicado toda su vida al conocimiento de los mares y océanos, ha sido un acicate que nos ha impulsado a cuantos hemos participado en este estudio para alcanzar los objetivos propuestos, con la satisfacción de haber contribuido al mayor crédito de la Institución científica, haciendo así nuestra pequeña aportación a la consolidación de una investigación científica de calidad representativa de la que se realiza en España.

CANAL DE MENORCA

UN CORREDOR DE BIODIVERSIDAD

Entre las islas de Mallorca y Menorca encontramos una planicie de no más de 100 metros de profundidad tapizada de corales, maërl, rodolitos y fondos detríticos que dan lugar a zonas de enorme biodiversidad y que además sirve de área de reclutamiento de importantes especies comerciales como el salmonete o la langosta. El IEO ha liderado aquí tres campañas oceanográficas en el marco del proyecto INDEMARES que, junto a la información de proyectos previos, ha servido para identificar más de 1.300 especies, de las cuales 58 están amparadas bajo alguna figura de protección, desde algas hasta mamíferos marinos y tortugas.

EL CANAL de Menorca se encuentra en la región del archipiélago Balear, entre las islas de Mallorca y Menorca, y representa un umbral batimétrico entre estas dos islas, caracterizado por tener un fondo relativamente regular y sometido a un régimen hidrodinámico intenso. Esta zona presenta una plataforma de relativa poca profundidad (entre los 50 y 100 metros de profundidad), con una pendiente suave, estando limitada al norte y al sur por taludes pronunciados. Los fondos de esta plataforma están formados por material sedimentario biogénico calcáreo, constituido principalmente por arena y gravas. Las corrientes predominantes generan acumulaciones diferenciadas de este material, dando lugar a fondos sedimentarios dinámicos, con morfologías características como son los megaripples y las dunas. La plataforma del canal de Menorca se extiende a lo largo de 1274 km², representando alrededor del 19% de la plataforma de Mallorca y Menorca.

La zona litoral -hasta los 40 m de profundidad- se encuentra parcialmente protegida por la declaración de tres LIC cuya demarcación se obtuvo a partir del proyecto LIFE Posidonia. Estos LIC se localizan en las bahías de Alcúdia y Pollença y la costa de Artà en la isla de Mallorca; y en el sur de la isla de Menorca. Además, en la zona del canal, existe una Reserva Marina situada en el

litoral nordeste de Mallorca que abarca 59 km² (un 5% del área que abarca INDEMARES). De ellos 19 con protección especial, donde está prohibida cualquier tipo de pesca marítima, extracción de flora y fauna, fondeo de embarcaciones y buceo. En el resto de la reserva se permite la pesca profesional con artes menores, con limitaciones relativas a los artes y aparejos, y la pesca recreativa en determinados días de la semana. El arrastre, cerco, palangre de superficie, marisqueo y la pesca de coral están prohibidos, además de las competiciones de pesca deportiva. La pesca de arrastre y el fondeo de embarcaciones también está prohibido en la zona de cables eléctricos submarinos que unen las islas de Mallorca y Menorca. En el resto del canal, así como su área de influencia, se desarrollan actividades de pesca profesional y recreativa, reguladas por la normativa pesquera autonómica, estatal y europea.

Los estudios previos y los realizados en el contexto del proyecto INDEMARES han identificado una amplia distribución de biocenosis propias del detrítico costero y de comunidades del coralígeno, con elevado valor ecológico y diversidad de especies.

Existe información previa de la plataforma continental entre 50 y 100 metros del canal de Menorca. Esta se ha generado a partir de diferentes proyectos y campañas desarrollados por el Instituto Español de Oceanografía



Fondos de coralígeno con una biodiversidad espectacular / COB-INDEMARES.



El equipo de INDEMARES-CANAL procesa a bordo las muestras recuperadas / COB-INDEMARES.

durante los años 2001-2012 y del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medioambiente en los años 2007-2008. Los datos batimétricos utilizados para elaborar el modelo digital del terreno del canal de Menorca proceden de ocho campañas geofísicas y oceanográficas realizadas por la Secretaría General del Mar, el Instituto Español de Oceanografía y el Consejo Superior de Investigaciones Científicas. También existe valiosa información de la parte más somera del canal de Menorca, entre 0 y 50 m, como las cartografías bionómicas realizadas en el proyecto LIFE Posidonia y las Ecocartografías del litoral.

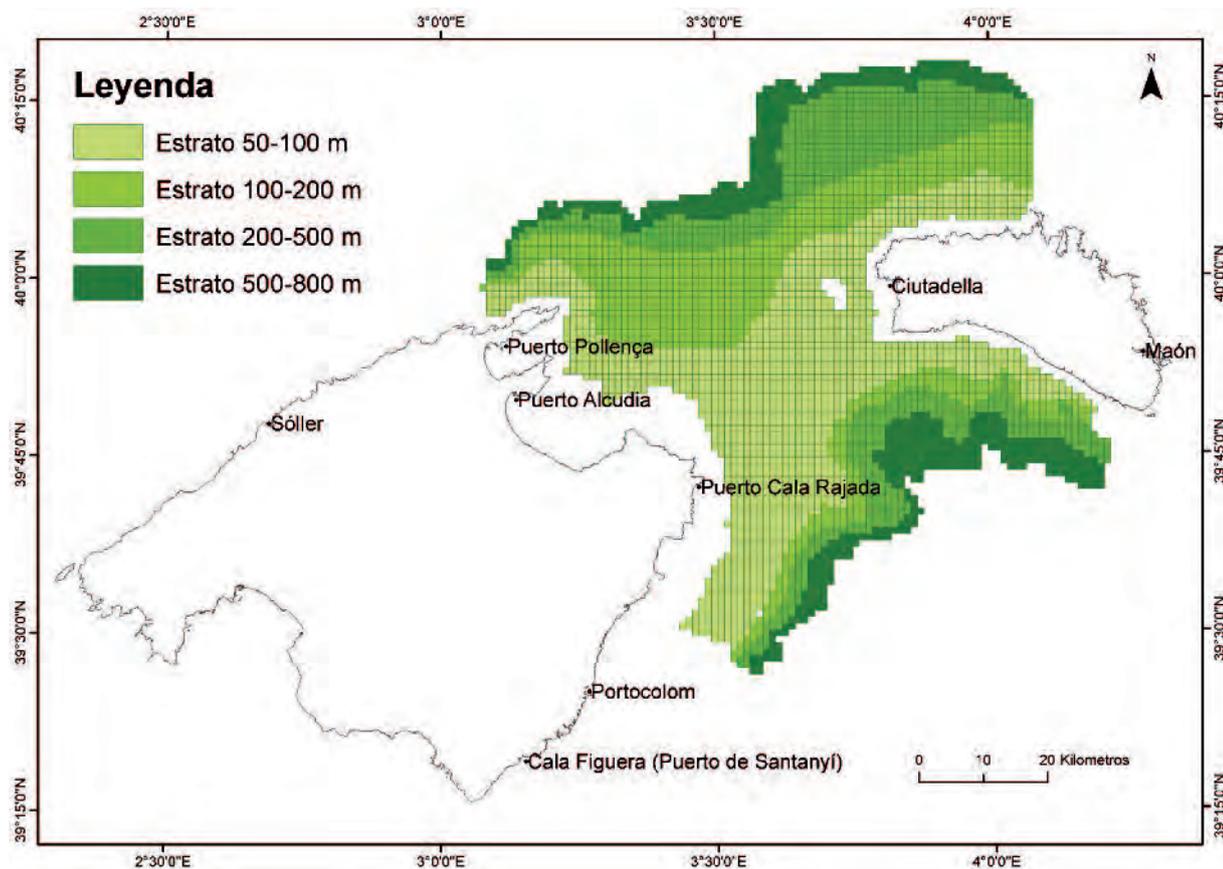
Las campañas INDEMARES

En el marco del proyecto INDEMARES se han desarrollado tres campañas de investigación oceanográfica cen-

tradas en el estudio de los fondos entre 50 y 100 metros del canal. La primera campaña **CANAL0209** se realizó del 26 de febrero al 18 de marzo de 2009 gracias a la colaboración entre el Instituto Español de Oceanografía (IEO), la Conselleria de Agricultura i Pesca de Govern de les Illes Balears y la Fundación MarViva, organización privada que promueve la protección y el establecimiento de Áreas Marinas Protegidas (AMPs) en zonas oceánicas y costeras y que era propietaria del buque MarVivaMed que sirvió de soporte para el desarrollo de la campaña. En ella participó un equipo multidisciplinar compuesto por 16 científicos especialistas en diferentes campos de la geología, biología y ecología marina, pertenecientes al IEO, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Universidad de Girona, Universidad de Alcalá de Henares y las empresas TRAGSA, Tecmarin 1990 S.L. y Praesentis S.L. Los objetivos fueron completar el cartografiado geológico-geofísico con sonar de barrido lateral, realizar la bionomía bentónica de los fondos de plataforma en la zona de estudio, realizar su inventario faunístico, lo más detallado posible, y determinar la biodiversidad bentónica, entre otros.

La segunda campaña **EQUIPAR0410** se realizó del 18 al 27 de marzo de 2010 gracias a la Acción Especial "Adquisición de equipamiento tecnológico para el estudio de los hábitats sensibles de la plataforma de las Islas Baleares" (EQUIPAR,) financiada por la *Direcció General d'Investigació, Desenvolupament Tecnològic i Innovació del Govern de les Illes Balears*. La campaña se realizó a bordo del buque Francisco de Paula Navarro, propiedad del IEO. En esta campaña participaron siete investigadores: seis del IEO y uno de la School of Ocean Sciences de la Universidad de Bangor. La importancia ecológica de los hábitats presentes en el canal de Menorca, el interés para su conservación y la necesidad de innovar en las metodologías a aplicar en los estudios dirigidos a este tipo de comunidades, marcaron los objetivos de la campaña EQUIPAR. Se pusieron a punto los equipos adquiridos gracias a la Acción Especial EQUIPAR para el estudio de los hábitats bentónicos vulnerables y se analizó el impacto de la pesca de arrastre sobre los fondos de maèrl y su fauna asociada.

La tercera campaña **INDEMARES_CANAL0811** se realizó del 22 de agosto al 14 de septiembre del 2011 a bordo del Miguel Oliver, propiedad de la Secretaría General de Pesca. Participaron 26 científicos y técnicos pertenecientes al IEO, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, universidades de las Islas Baleares, Girona, Santiago de Compostela y Complutense de Madrid; las empresas ROV NEMO y TRAGSA y la *Direcció General d'Universitats, Recerca i Transferència del Co-neixement del Govern de les Illes Balears*. Los objetivos de esta campaña fueron completar la cartografía y bionomía bentónica del área de estudio, centrándose en la parte del coralígeno y fondos duros de la plataforma continental entre 50 y 100 m; completar el listado de di-



Mapa del área de estudio del canal de Menorca. El estrato de 50 a 100 metros fue la zona estudiada por el IEO mientras que la zona más profunda la cubrió el CSIC.

versidad biológica en hábitats de los que existía poca información; determinar la diversidad funcional del canal de Menorca; y valorar el estado de conservación de áreas con diferente grado de impacto de pesca, entre otros.

En estas campañas se tomaron datos hidrográficos con sonda multiparamétrica; datos acústicos registrados con ecosonda multihaz, sonda paramétrica TOPAS y sónar de barrido lateral; datos granulométricos, de materia orgánica y endofauna, obtenidos con dragas de sedimento; y otros datos biológicos obtenidos con trineo suprabentónico, patín epibentónico, trineo de fotografía-vídeo, cámara de exploración submarina y vehículo remoto operado desde superficie. El cartografiado de las comunidades bentónicas se realizó a partir de la interpretación espacial de diferente información, basada en técnicas acústicas, muestreos biológicos y observaciones directas con cámaras submarinas.

Por otro lado, para el estudio de la actividad pesquera se utilizaron datos de distintas fuentes: ventas diarias efectuadas por la flota y registradas en las lonjas, información obtenida en proyectos realizados en el Centro Oceanográfico de Baleares, entrevistas realizadas a patrones de embarcaciones de pesca artesanal; registros de localización de la actividad de las embarcaciones de pesca de arrastre obtenidos a partir de los datos VMS (del inglés Vessel Monitoring System) y embarques a bordo de la flota comercial de arrastre.

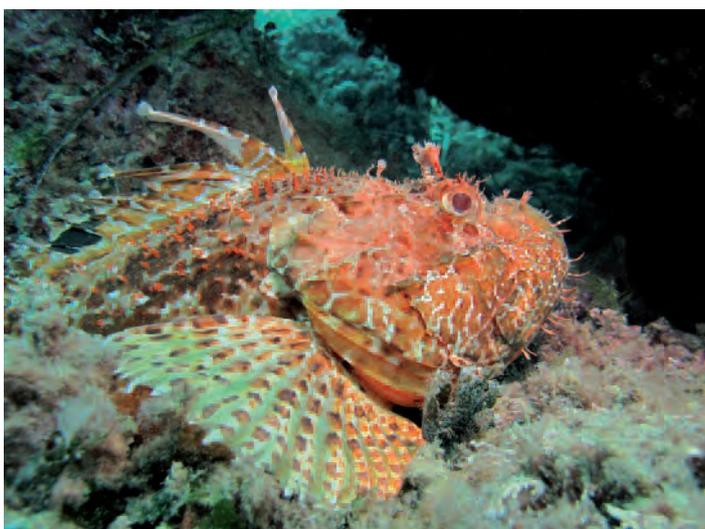
Oceanografía e hidrodinámica

Las Islas Baleares son el límite natural entre dos subcuencas del Mediterráneo Occidental. La subcuenca argelina al sur, receptora de aguas de origen atlántico cálidas y menos salinas, está sujeta principalmente a forzamientos debidos a gradientes de densidad. La subcuenca balear al norte, con esas mismas aguas más frías y más salinas debido a un mayor tiempo de permanencia en el Mediterráneo, está afectada por un forzamiento atmosférico fundamentalmente de viento. Los canales entre islas y de estas con la península juegan un papel importante en la circulación regional de la zona y condicionan los intercambios de masas de agua entre ambas subcuencas.

En la zona central del canal de Menorca se ha detectado la presencia de dos masas de aguas superficiales de origen atlántico que pueden ocupar los 150 primeros metros de la columna de agua. Ambas masas de agua pueden cruzar los canales y su mezcla da lugar a la aparición de frentes oceánicos al norte o al sur de las islas que pueden afectar a la circulación regional de toda la zona. Los perfiles verticales de temperatura registrados durante la campaña INDEMARRES_CANAL0811 muestran claramente la estratificación térmica típica del verano y los efectos de esta sobre las diferentes variables. Al norte y al sur de la zona del canal, los valores de temperatura, salinidad y oxígeno son más amplios. La distribución espacial de los datos muestra una capa de mezcla



Ejemplar de ascidia del género *Ciona* / Foto: COB-INDEMARES.



Un cabracho se camufla a la perfección en los fondos del canal / Maite Vázquez-IEO.

superficial en donde la temperatura y salinidad se mantienen casi homogéneas. Los valores de corrientes geostroóficas asociados a los de la anomalía de geopotencial indican la presencia de una intrusión de aguas del sur en el canal, entrando por su parte suroeste y recirculando en el interior del canal con salida por el sureste contorneando el sur de la isla de Menorca.

Batimetría, geomorfología y sedimentología

Casi la totalidad del área de trabajo analizada se encuentra en el dominio de la plataforma continental, habiéndose cubierto solo una mínima fracción de talud continental hacia la vertiente sureste del canal. Se han identificado diversos rasgos morfológicos que se han agrupado en: rasgos de origen erosivo (gullies, escarpes erosivos y dorsales de arena), rasgos tectónicos (escarpes tectónicos), rasgos biogénicos (montículos de coralígeno, crestas de coralígeno y barras relictas) y otros rasgos morfológicos (depresiones circulares).

Se han diferenciado cuatro tipos fundamentales de fondos: fondo rocoso, fondo sedimentario de reflectividad alta, sedimento de reflectividad media, y sedimento de baja reflectividad. En cuanto a la sedimentología, en general, los valores de abundancia de gravas son muy ba-

jos en el centro del canal de Menorca y hacia la vertiente noroeste del mismo, mientras que son mayores en las zonas suroeste y noreste, coincidiendo con extensos poblamientos de maërl/rodolitos. La mayor abundancia de arena se encuentra en el centro del canal de Menorca, sobre la zona de menor batimetría. La mayor abundancia de fango se encuentra hacia la vertiente noroeste del canal de Menorca, donde la abundancia relativa de las fracciones más gruesas es menor.

Especies y hábitats

A partir de toda la información disponible en el canal de Menorca, obtenida en las diferentes campañas y proyectos previos y durante el proyecto INDEMARES, se han inventariado un total de 1329 especies en fondos de la plataforma y del talud. Se han identificado 137 especies de algas que pertenecen al Filum Rhodophyta (86 especies), la Clase Phaeophyta (32 especies) y Filum Chlorophyta (18 especies). Se han identificado 301 especies de crustáceos, 242 especies de peces y 227 especies de moluscos. Además se han identificado 126 especies de esponjas, 73 de ascidias, 55 de equinodermos, 49 de briozoos, 46 de cnidarios y 35 de anélidos.

Los hábitats presentes en la plataforma del canal de Menorca entre 50 y 100 m de profundidad pertenecen al denominado piso circalitoral, como son los fondos de coralígeno, fondos de maërl/rodolitos y fondos detríticos biogénicos. Además, estos hábitats coexisten con diversas biocenosis ligadas al detrítico costero con algas blandas (*Laminaria rodriguezii*, *Osmundaria volubilis*, *Phyllophora crispa*, *Peyssonnelia* spp. y *Halopteris filicina*).

Comunidades endobentónicas

La endofauna, o conjunto de individuos que viven en el interior del substrato, es un recurso natural importante en los ecosistemas de fondos blandos ligados a lechos de maërl, fundamentalmente por su contribución a las redes tróficas. Además, numerosos trabajos han evidenciado que pueden ser un indicador de la alteración por el impacto de la pesca de arrastre, que afecta a la comunidad a través de la alteración de las características sedimentarias, tanto físico-químicas como biológicas, reduciéndose así la riqueza específica y la productividad. Se han identificaron 34 grupos taxonómicos de endofauna asociados a fondos de maërl y *Osmundaria*. Los grupos con una mayor contribución en la abundancia han sido poliquetos, anfípodos, nemátodos, isópodos, gasterópodos, poríferos y larvas de peces. Otros grupos frecuentes han sido: decápodos, ofiuras, tanaidáceos, ostrácodos, moluscos, cumáceos, copépodos harpacticoides y erizos. La composición taxonómica no ha variado entre los diferentes niveles de esfuerzo de pesca, pero sí entre tipos de hábitat y localidades. Los poliquetos, crustáceos y moluscos son los grupos más abun-

Las praderas de Posidonia

En la parte más somera del canal de Menorca, entre 0 y 50 m de profundidad, existe otro hábitat endémico del Mediterráneo y fundamental para la biodiversidad marina: las praderas de Posidonia. Esta zona, gracias al trabajo realizado en el proyecto LIFE Posidonia, hoy en día forma parte del LIC marino de las Islas Baleares. En el marco de este proyecto se realizó una cartografía de los fondos durante el periodo 2001-2006 por parte la Conselleria de Medio Ambiente del Govern Balear en respuesta a la necesidad de adoptar medidas de conservación y garantizar la viabilidad y la riqueza biológica de este hábitat en las Islas Baleares. Entre los objetivos estaba proteger una importante representación de Posidonia oceanica evitando las principales amenazas (sobreexplotación, uso público incontrolado, colonización por parte de especies exóticas, etc.), garantizar la conservación de las especies del anexo II de la



El bivalvo *Pinna nobilis* entre posidonias / Maite Vázquez-IEO.

Directiva Hábitat y de las especies prioritarias de la Directiva Aves, así como adquirir y difundir nuevos conocimientos sobre su hábitat, ecología y su influencia en la dinámica litoral. En base a los buenos resultados obtenidos con las medidas reguladoras de fondeos en el Parque Nacional Marítimo Terrestre de Cabrera, Portocolom y Cala d'Or, este proyecto propuso, entre otras acciones, la instalación de unos 1.125 puntos de amarre y la gestión de zonas de fondeo.

dantes en la macroinfauna de los fondos de maërl. En general existe una tendencia al aumento de la abundancia de endofauna en las localidades con mayor actividad de arrastre en algunos grupos como ofiuras, poliquetos, ofiuras y nematodos, que son considerados grupos oportunistas tolerantes a cambios ambientales. En cambio isópodos, tanaidáceos, erizos y huevos de peces son menos abundantes en comparación con zonas sin actividad de arrastre. La macroinfauna refleja perturbaciones debidas a los efectos inmediatos del efecto del arrastre sobre el sedimento o en los niveles de sedimentación y turbidez que, si son crónicos, pueden tener graves consecuencias en el funcionamiento de los ecosistemas, ya que afecta a las cadenas tróficas.

Comunidades suprabentónicas

El suprabentos es la fauna que ocupa la capa de agua inmediatamente adyacente al fondo del mar, constituida básicamente por crustáceos nadadores de pequeño tamaño. Es uno de los elementos más importantes que conectan el dominio pelágico y bentónico y además constituye un recurso trófico elemental para especies de interés pesquero como el salmonete y la merluza. La ecología y la influencia de la variabilidad ambiental en la dinámica del suprabentos sigue siendo poco conocida, pero guarda una fuerte relación con la profundidad y las características del hábitat, además de las variaciones en la columna de agua y la propia dinámica del grupo,

con importantes migraciones estacionales y/o diarias. La composición taxonómica del suprabentos está dominada por copépodos y otros grupos que, aunque se definen como planctónicos, como es el caso de las larvas de decápodos y larvas de peces, pueden estar formados por individuos en un estadio larvario que se encuentra más ligado al bentos. Aunque existe poca variabilidad espacial, la composición taxonómica y la densidad en las muestras de detrítico costero sin cobertura de algas es diferentes al resto de hábitats. En general, se observa que la mayoría de grupos son más abundantes en los fondos de maërl, Osmundaria y Peyssonnelia, que estructuralmente son más complejos y presentan mayor variedad de microhábitats y recursos tróficos. Las diferencias se deben principalmente a la densidad de decápodos, quetognatos y copépodos, que han sido inferiores en los fondos sin vegetación. Este estudio muestra los primeros resultados referentes al suprabentos de fondos detríticos en Baleares, del que han surgido interesantes trabajos que están actualmente en ejecución sobre el análisis mediante isótopos estables del papel trófico del misidáceo *Leptomysis fragilis* y un estudio de larvas y reclutamiento de especies de góbidos.

Comunidades epibentónicas

El estudio de las comunidades epibentónicas, que incluyen la flora y la macrofauna, son especialmente útiles en estudios de caracterización de hábitats, proporcio-



Esponja del género *Haliciona* / COB-INDEMARES.



Una anémona sobre un fondo arenoso en el canal de Menorca / COB-INDEMARES.

nando información sobre la complejidad estructural del bentos y la biodiversidad. La distribución de hábitats y especies indicadores

o claves para el ecosistema ayuda a establecer las prioridades de conservación y facilita la gestión del medio marino. Estudios previos han identificado una serie de elementos de las comunidades epibentónicas como indicadores, que incluyen tanto variables relacionados con el hábitat, como las especies o grupos funcionales. De las 137 especies de algas identificadas, las pertenecientes al grupo de Corallinaceas *Spongites fruticulosus*, *Phymatholithum calcareum*, *Lithothamnium corallioides* y *L. valens*, el alga parda *Laminaria rodriguezii* y el alga roja *Osmundaria volubilis* han sido las principales especies en términos de biomasa. En relación a la composición de fauna, se han identificado 643 especies. En todas las muestras dominan los poliquetos *Ditropa eritrina* y *Hyalinoecia tubicola* y los decápodos *Inachus dorsettensis*, *I. thoracicus*, *Galathera intermedia* y *Pagurus prideaux*. Algunas especies que se distribuyen ampliamente y de forma abundante no están presentes en maërl, como el poliqueto *Ditropa arietina*, la ofiura *Ophiocomina nigra* y *Ophiura texturata*, y algunos decápodos del género *Liocarcinus*. Otras especies presentan una mayor correlación con la biomasa

de rodolitos, como la estrella de mar *Echinaster sepositus*, la ascidia *Aplidium nordmani* y el decápodo *Inachus thoracicus*, que es más abundante en fondos con rodolitos/maërl. Los valores de riqueza de especies y grupos funcionales más elevados coinciden con áreas de elevada cobertura algal, tanto de maërl/rodolitos como fondos de *Osmundaria volubilis* y fondos de *Peyssonnelia*. La biomasa y cobertura de rodolitos, la profundidad, la longitud, la velocidad de corriente, el porcentaje de fango y el esfuerzo de pesca son los factores más importantes que determinan la composición específica y funcional de las comunidades epibentónicas. En áreas no afectadas por el arrastre se encontraron rodolitos de hasta 210 mm de la especie *Spongites fruticulosa*, estructuras que podrían tardar más de 500 años en formarse.

Criterios para la designación del área marina protegida

El canal presenta un estado de conservación excelente con una amplia distribución de hábitats y especies de interés para su conservación. Los principales hábitats presentes en la plataforma (fondos de coralígeno, fondos de maërl/rodolitos y fondos detríticos biogénicos asociados a *Laminaria rodriguezii*, *Osmundaria volubilis*, *Phyllophora crispera*, *Peyssonnelia* spp. y *Halopteris filicina*) son fondos de elevada biomasa y diversidad. También se consideran hábitats esenciales, ya que actúan como áreas de reclutamiento y puesta de especies comerciales nectobentónicas. A partir del trabajo de INDEMARES y proyectos previos se han identificado 58 especies con alguna figura de protección. El listado incluye nueve especies de aves y nueve de mamíferos, ocho moluscos, siete algas, seis crustáceos, seis peces, cuatro poríferos, tres equinodermos, tres reptiles, dos cnidarios y una fanerógama.

A partir de la información obtenida respecto a la biocenosis y especies de interés se han considerado los siguientes elementos clave para la conservación del canal de Menorca: hábitats y biocenosis de interés comunitario (coralígeno, maërl y detrítico costero con rodolitos); hábitats de elevada representatividad y biodiversidad en la zona de estudio (detrítico costero con *Osmundaria volubilis* y detrítico costero con *Peyssonnelia* spp.); y especies de interés comunitario, protegidas y/o vulnerables.

Prácticamente toda la plataforma superficial comprendida entre 50 y 100 m de profundidad presenta elementos clave para su conservación ya sea por presencia de hábitats de maërl, rodolitos o coralígeno, o por especies de especial interés para su conservación. Desde el punto de vista de la presión pesquera se han localizado varias zonas de mayor vulnerabilidad: zona norte del Cabo de Formentor, diferentes franjas frente a la costa de Menorca, la zona central del canal y la zona frente a la costa de Cala Rajada.

Hàbitats

Coralígeno

El coralígeno es un tipo de comunidad propia del Mediterráneo, perteneciente al circalitoral rocoso. Se trata de una estructura orgánica dura, donde los principales organismos estructuradores son las algas calcáreas o coralináceas, mientras que los organismos dominantes, en términos de número de especies y biomasa, son los animales suspensívoros (esponjas, gorgonias, briozoos, ascidias, etc.).

El resultado final es una estructura compleja con numerosos microhábitats (superficies, grietas, cavidades, etc.), con variaciones en las condiciones ambientales a muy pequeña escala, lo cual determina la coexistencia de gran variedad de organismos con diferentes estrategias ecológicas. En la superficie expuesta (mayor iluminación y exposición a las corrientes) de los afloramientos coralígenos dominan las algas coralináceas, asociadas a una gran cantidad de algas erectas y organismos suspensívoros. Los orificios, grietas, cavidades y extraplomos (con menor iluminación) albergan comunidades complejas sin algas que son refugio de numerosas especies vágiles.



Fondos detríticos biogénicos (baja cobertura algal)

Esta biocenosis se encuentra en fondos blandos resultantes de una mezcla de elementos de origen terrígeno y biogénico (restos de caparzones, conchas y esqueletos animales y algas calcáreas). Su composición granulométrica incluye



una fracción fina inferior al 15%, y una fracción de arenas y gravas que constituye entre un 50 y un 80%. Normalmente aparece a continuación de comunidades como la pradera de Posidonia, el precoralígeno, o el coralígeno (a partir de 35 m), y puede extenderse hasta profundidades de 100 m. Por definición incluye una gran variedad de asociaciones y facies de algas.

En el canal de Menorca esta biocenosis está caracterizada por la acumulación de algas de diversa naturaleza, con un promedio de 100 g/m², pero sin entidad para hablar de un fondo con vegetación. La facies que caracteriza este tipo de fondos es la dominada por el erizo *Spatangus purpureus*, que presenta una abundancia considerable en todos los fondos del canal de Menorca, sobre todo donde la composición detrítica es mayor. La presencia de esta facies es indicadora de un cierto hidrodinamismo. A excepción de esta especie, el poblamiento



bentónico en el detrítico costero sin vegetación es muy escaso. En términos de abundancia, entre la fauna dominante se encuentran los poliquetos *Hyalinoecia tubicola* y *Ditrupa arietina*, varios crustáceos (*Inachus* sp., *Galathea* sp. etc.) y diversos bivalvos de pequeño tamaño.



Fondos de maërl/rodolitos

Es una variedad del detrítico costero caracterizada por la presencia de “confites” de coralináceas, estructuras ramificadas esféricas formadas por el desarrollo de algas calcáreas libres fijadas alrededor de un soporte mineral u orgánico, que crecen por la fijación de capas sucesivas. El resultado es la formación de nódulos calcáreos de algas vivas y muertas de tamaño variable (rodolitos).

Para la estabilidad de su estructura, el maërl necesita la instalación de una epiflora abundante. Las especies que constituyen los fondos de maërl suelen tener ciclos de vida muy largos (entre 3 y 30 años). Con el tiempo los lechos de maërl van aumentando en espesor, ya que las nuevas generaciones se asientan sobre las muer-



tas. Además es importante resaltar que las facies de maërl muertas tiene una elevada importancia ecológica, ya que mantienen una comunidad bastante diversa sin llegar a los niveles del maërl activo. Las formaciones activas y las muertas suponen una fuente importante de sedimento calcáreo que contribuye a la formación de las playas. A pesar de que no existe mucha información sobre la ecología y distribución de los fondos de maërl en el Mediterráneo, en la costa peninsular ibérica han sido asociados a zonas de corrientes moderadas y fondos de menos de 60 m. En las aguas oligotróficas y más transparentes del archipiélago balear, se distribuyen hasta 80-90 m de profundidad.

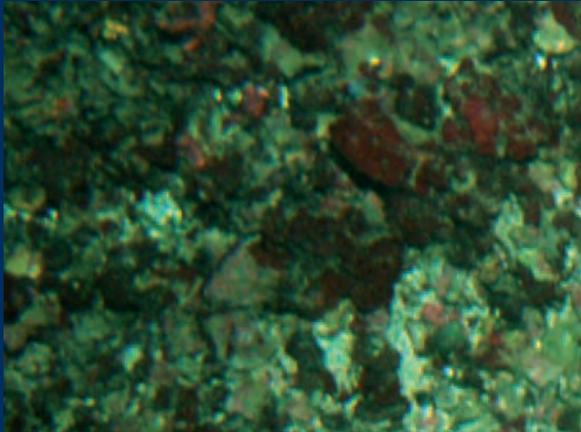


Fondos de maërl con dominancia de *Peyssonnelia*

Es una variedad del detrítico costero caracterizada por la dominancia de grandes biomásas de algas calcáreas libres (no están fijadas en el substrato) del género *Peyssonnelia*, que se acumulan en el fondo creando un lecho algal con unas características muy particulares. La base es el detrítico costero por definición, una mezcla de elementos de origen terrígeno y de origen biogénico (restos de caparazones de equinodermos, conchas, algas calcáreas, briozoos, etc.) con una composición granulométrica de arenas y gravas superior al 50 %.

Ocupa grandes extensiones del litoral Mediterráneo. Presenta una alta diversidad específica y es una zona muy importante para la pesca. Los fondos de *Peyssonnelia* están incluidos como una facies reseñable en el Convenio de Barcelona y son considerados como hábitats esenciales para peces, debido a su alta riqueza específica y biomásas, que en algunos casos pue-

den tener valores más elevados que los fondos de maërl.



Fondos detríticos biogénicos infralitorales y circalitorales con *Phyllophora crista-Osmundaria volubilis*

Variedad del detrítico costero, caracterizada por la dominancia del alga roja blanda *Osmundaria volubilis*. Se desarrolla entre 30 y 50 m de profundidad sobre un substrato rocoso recubierto con sedimento, formando una pradera laxa junto a especies del género *Phyllophora*. *O. volubilis* es un alga rodofícea con una distribución geográfica reducida, que incluye el Mediterráneo y parte del Atlántico oriental, desde el sur de Portugal hasta las islas Canarias. Su reducida distribución le otorga su importancia como hábitat, siendo representativo de la biodiversidad de una región biogeográfica. En el Mediterráneo es muy común, aunque su abundancia varía según las áreas, siendo muy abundante en las Islas Baleares (denominada herba torta) pero rara en la costa catalana. También se encuentra en la biocenosis de algas esciáfilas de modo calmo del infralitoral rocoso.

Fondos detríticos biogénicos con *Laminaria rodriguezii*

Esta asociación se corresponde con el desarrollo de la especie *Laminaria rodriguezii* en fondos de detrítico costero y rodolitos, aunque también puede darse sobre coralígeno. Generalmente se localiza en profundidades comprendidas entre 30 y 100 m, pero su óptimo está en profundidades entre 60 y 120 m en zonas en las que existen corrientes unidireccionales y temperaturas bajas y constantes de entre 13 y 15 °C. *L. rodriguezii* es un alga parda de porte erecto, endémi-



ca del Mediterráneo, que en elevadas densidades puede formar un hábitat catalogado como bosque de laminariales, de kelp o de quelpos. En sentido genérico, los bosques de kelp son una de las comunidades más productivas y dinámicas de las aguas europeas, siendo más abundantes y características de aguas frías y templadas del Atlántico

Fondos detríticos biogénicos con *Halopteris filicina*

Halopteris filicina es una especie de alga feofícea con distribución mundial que está descrita en toda el área del Mediterráneo, aunque existe escasa información sobre la distribución y ecología como hábitat.

La biocenosis de detrítico costero con *Halopteris filicina* tiene una gran importancia ecológica y estructural. Su porte erecto incrementa la heterogeneidad ambiental en este tipo de fondos y ofrece un microhábitat especial, recurso alimenticio y refugio para muchas especies. En los fondos de Mallorca y Menorca presentan una elevada diversidad, donde se ha detectado la presencia de un total de 53 especies de flora y 232 de fauna.



JOAN MORANTA, INVESTIGADOR DEL CENTRO OCEANOGRÁFICO DE BALEARES Y RESPONSABLE DEL PROYECTO INDEMARES-CANAL

DEBERÍA CONSIDERARSE LA REDUCCIÓN DEL ESFUERZO DE LA PESCA DE ARRASTRE EN ZONAS VULNERABLES

¿Cuál es la importancia de esta zona y los valores más destacables?

El canal de Menorca, debido a su situación geográfica, la morfología del terreno submarino y sus peculiares características oceanográficas es un enclave importante para la biodiversidad marina con gran variedad de hábitats representativos de los fondos mediterráneos, que se encuentran en un buen estado de conservación y que albergan gran diversidad de especies. Además es una zona importante de alimentación de aves y cetáceos

¿Cuál es la principal amenaza?

La influencia antrópica es patente en todo el litoral del canal de Menorca, donde existen poblaciones y puertos pesqueros significativos. En general, se desarrolla una intensa actividad de ocio y tráfico marítimo durante todo el año, así como actividades reguladas de pesca profesional y recreativa. La amenaza más importante se centra en algunas actividades de pesca profesionales, principalmente la pesquería de trasmallo de langosta y la de palangre de fondo y la de arrastre, que es la actividad pesquera que supone un mayor riesgo ambiental.

¿Qué espera que recoja el plan de gestión de este LIC?

En el marco de la gestión del LIC "Canal de Menorca"

deberían considerarse recomendaciones tales como: la reducción del esfuerzo de la pesca de arrastre en zonas especialmente vulnerables, como los fondos de maërl/rodolitos y coralígeno; el establecimiento de un plan de explotación ambientalmente más respetuoso para modalidades de pesca artesanal como el palangre de fondo y trasmallo, y medidas para evitar el impacto de actividades como el fondeo de embarcaciones recreativas.

¿Qué futuro le augura a esta zona?

Ahora todo depende de las medidas de gestión que se apliquen. El objetivo tendría que ser claramente promover la conservación de la biodiversidad, mantener los usos tradicionales como la pesca artesanal, convertir esta zona en un ejemplo del uso responsable y fomentar la conciliación entre actividad económica y conservación.

¿Cuál ha sido su mayor sorpresa explorando esta zona?

Sin lugar a dudas el buen estado de conservación de los hábitats presentes en la zona y la convicción de que vale la pena aplicar medidas de conservación adecuadas antes de que se pierdan sus valores naturales.

¿Qué se ha quedado con ganas de estudiar?

El proyecto INDEMARES se ha centrado básicamente en el cartografiado y descripción de los hábitats presentes en la zona para apoyar su declaración como LIC.



Joan Moranta.

Ahora, a partir de los datos que hemos recogido tenemos la oportunidad de profundizar en el conocimiento de estos hábitats y sus especies. La mejor conservación se basa en el mejor conocimiento posible. No sólo de lo que tenemos, sino también de cómo se organiza y funciona el sistema.

¿Volverán pronto a investigar la zona?

Sí. De hecho no hemos dejado de investigar en la zona. El verano pasado, el grupo de investigación de *Ecología Marina y Conservación* del Centro Oceanográfico de Baleares, estuvimos trabajando en la Reserva Marina del Norte de Menorca, situada en el canal, en el marco del proyecto Marie Curie LinkFish con el que pretendemos entender cómo se produce la transferencia de energía en los sistemas litorales des-

de los productores primarios (principalmente algas fotófilas) a los niveles tróficos superiores (principalmente peces).

¿Qué ha significado INDEMARES para usted?

Para mí ha sido un privilegio poder participar en este proyecto que ha permitido ampliar significativamente el porcentaje de área marina incluida en la Red Natura 2000. Además, el proyecto INDEMARES me ha permitido trabajar en colaboración con otros oceanógrafos, geólogos marinos y ONGs. Realmente creo que el enfoque interdisciplinar es la manera de entender mejor el funcionamiento de los ecosistemas y promover la conservación de la diversidad biológica. Sinceramente espero que mi investigación puede ser útil para lograr estos objetivos.

EL SISTEMA DE CAÑONES SUBMARINOS DE AVILÉS

Frente a la costa occidental asturiana una serie de cañones horadan el fondo marino y conectan la plataforma continental a escasos 100 metros de profundidad con la llanura abisal que se aproxima a los 5000. La compleja geomorfología que estos cañones generan, junto a la particular hidrodinámica reinante, una biodiversidad extraordinaria que hasta la fecha apenas se había estudiado. Gracias al proyecto INDEMARES y a las cinco campañas que se han desarrollado en la zona, se han podido inventariar más de 1300 especies relacionadas con el fondo, algunas de ellas muy vulnerables, como son los corales, las esponjas y los tiburones de profundidad. Se han descubierto auténticos arrecifes de coral de profundidad y los científicos estiman que más de 20 de las especies recolectadas puedan ser nuevas para la ciencia.

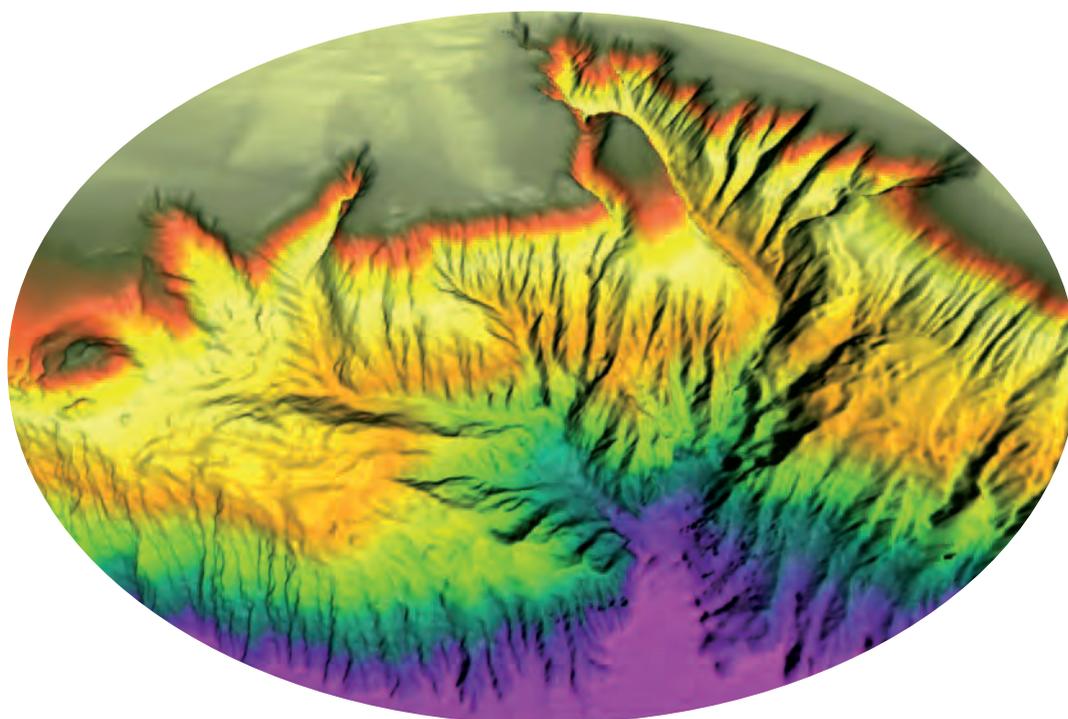
EL SISTEMA de cañones de Avilés se localiza en el margen continental del norte de la península Ibérica, frente a la costa occidental de Asturias. Es una zona estructuralmente muy compleja en donde la plataforma continental del mar Cantábrico se encuentra profundamente modificada por la acción de la tectónica compresiva, presentando importantes elementos geomorfológicos, entre los que destacan tres grandes cañones submarinos: Avilés, El Corbiro y La Gaviera.

El cañón de Avilés comienza a 128 m de profundidad y tiene aproximadamente 75 km de longitud, con un perfil en forma de V y un fondo fundamentalmente sedimentario. En su cabecera presenta tres cambios bruscos de dirección y su desembocadura, a 4700 m, es común para los tres cañones. El cañón de El Corbiro tiene 23 km de longitud y perfil en V, con fondo sedimentario, mientras que el cañón de La Gaviera es de perfil en forma de U con uno de los flancos sedimentario y otro más rocoso, actuando como un cañón colgado.

Estos cañones submarinos juegan un importante papel como sistemas de alta producción biológica, debido a que actúan como mecanismos de transporte de sedimentos y materia orgánica desde la plataforma continental hasta las áreas profundas de la cuenca abisal del Golfo de Viz-

caya. Existen en la zona procesos de afloramiento que inyectan aguas profundas ricas en nutrientes en la superficie favoreciendo la producción biológica. Al mismo tiempo la existencia de una topografía compleja interacciona con las corrientes incrementando localmente los procesos de producción y con ello la respuesta biológica. Las corrientes de mareas se intensifican particularmente en los cañones dando lugar a procesos de resuspensión de sedimentos que tienen importancia capital sobre la existencia de comunidades biológicas sésiles vulnerables, ya que facilitan su crecimiento contribuyendo a una mayor disponibilidad de alimento.

Las comunidades biológicas presentes en el sistema de cañones de Avilés responden a las características de un ecosistema de aguas templadas con elevada producción biológica, debido a la presencia del afloramiento costero estival y la dinámica oceanográfica asociada al talud continental y los cañones. Al mismo tiempo, la existencia de una compleja geomorfología condiciona una amplia y variada representación de hábitats y especies. La biodiversidad es muy elevada. Hasta la fecha se han inventariado más de 1300 especies solo sobre el fondo, algunas de ellas muy vulnerables, como son los corales, las esponjas y los tiburones de profundidad, y que se encuentran incluidas en diversas normativas de protección.



Perspectiva 3D del Sistema de Cañones Submarinos de Avilés / Francisco Sánchez-IEO.

El único hábitat de la Directiva Hábitats presente en la zona es el "1170 Arrecifes". Se han identificado y cartografiado arrecifes bien estructurados por los corales *Lophelia pertusa* y *Madrepora oculata* en zonas concretas de la cabecera del cañón de Avilés y particularmente en el cañón de La Gaviera. Su presencia está relacionada con procesos de producción basados en la dinámica oceanográfica en combinación con resaltes rocosos y/o fuertes pendientes en sus flancos que limitan la sedimentación sobre las colonias y facilitan el asentamiento de las mismas. En algunas localizaciones del cañón de La Gaviera han generado montículos carbonatados de hasta 30 m de altura, con un arrecife más desarrollado en sus cimas. El rango de profundidades de su distribución suele estar entre 700 y 1200 m, que se corresponde con la presencia del agua mediterránea. En estos arrecifes se ha descrito una gran diversidad de organismos, entre los que destacan corales negros (*Leiopathes* spp., *Stichopathes* spp.), esponjas de cristal (*Regradella phoenix* y *Aphrocallistes beatrix*), erizos (*Araeosoma fenestratum* y *Cidaris cidaris*), crustáceos (*Bathynectes maravigna* y *Chaceon affinis*), cerialtarios y anémonas (*Cerianthus lloidi* y *Phelliactis hertwigi*) y peces como *Neocyttus helgae*, *Lepidion eques*, *Phycis blennoides*, *Trachyscorpia cristulata echinata* entre otras muchas especies típicas de los arrecifes de corales de aguas frías del Atlántico. Es el hábitat con mayor biodiversidad identificado en la zona. Estos arrecifes de corales de aguas frías son hasta ahora los únicos descritos en la plataforma y talud de la península Ibérica y se en-



Equipo científico de una de las primeras campañas en julio de 2011 a bordo del Thalassa / INDEMARES.

cuentran en un relativo buen estado de conservación. La alta productividad biológica asociada al sistema de cañones de Avilés es responsable de la existencia de una abundante y variada flota pesquera en la zona. En la plataforma continental y comienzo del talud habitan multitud de especies de interés comercial que son objetivo de la flota, como la merluza, la bacaladilla, los rapés, los gallos, la cigala, el jurel, la caballa y la locha, entre otras muchas. Existen actualmente unos 280 barcos asturianos que faenan con las diversas modalidades de arrastre, palangre, enmalle, cerco y otros artes menores. La zona está sometida a numerosas normativas de gestión espacial, por lo que la flota pesquera compite por un reducido espacio debido a que la plataforma continental es muy estrecha. La flota de arrastre opera principalmente en los



El buque *Ángeles Alvariño* protagonizó en septiembre de 2012 la última campaña de INDEMARES-Avilés / IEO



Antipatario del género *Leiopathes* en los cañones de Avilés / Francisco Sánchez-IEO.

fondos sedimentarios de la plataforma externa mientras que la flota artesanal, más selectiva, se concentra sobre afloramientos rocosos de la plataforma y en los fondos de gran pendiente del talud continental.

Fuentes de información previa

El Instituto Español de Oceanografía (IEO) inició su serie anual de campañas de estimación de recursos pesqueros demersales en el Mar Cantábrico en 1983, permaneciendo hasta nuestros días. Debido a que en estas campañas estandarizadas se cuantifica toda la fauna que se captura con arte de arrastre, esto supone disponer de una serie histórica no interrumpida de 30 años de valiosa información sobre la abundancia y distribución espacial de las principales especies epibentónicas y demersales que habitan en los fondos sedimentarios de la plataforma continental. En estos estudios se incluyen los fondos sedimentarios del sistema de cañones de Avilés en un rango de profundidades entre 50 y 600 m, en donde se realizan todos los años unas 20 estaciones de muestreo biológico junto con estaciones hidrográficas y sedimentológicas para caracterizar las condiciones ambientales que pudieran influir sobre la distribución de las especies. En los años

2001 y 2002, en el contexto del proyecto ECODEM del IEO, se realizaron estudios más completos de comunidades bentónicas utilizando un sistema de muestreo específico (bou de vara) y que permitieron identificar las principales comunidades epibentónicas de los fondos sedimentarios de la zona.

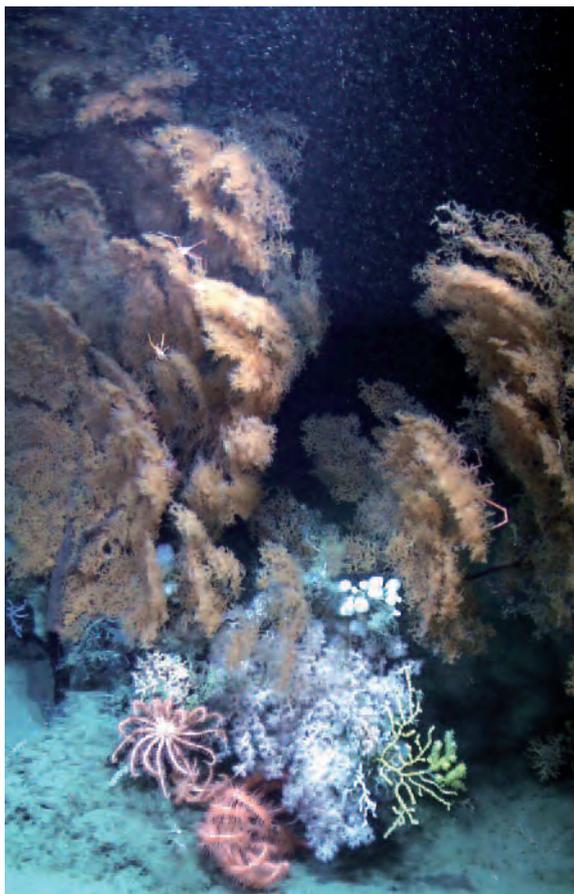
Durante los años 1987 y 1988, en el contexto del proyecto COCACE de la Universidad de Oviedo, se realizaron estudios con dragas del sistema de cañones de Avilés y zonas adyacentes. Recientemente se analizó la base de datos de este proyecto para realizar una descripción de las comunidades macrobentónicas de la zona e identificar la distribución espacial de las mismas. Basándose en la presencia de especies vulnerables, como los corales de aguas frías o las comunidades de pennatulas, en este estudio se propusieron determinados límites para definir un Área Marina Protegida.

El Centro de Experimentación Pesquera (C.E.P.) de Gijón realizó unas campañas exploratorias con nasas y palanques de fondo en el cañón de Avilés durante el año 1988 con el objetivo de estimar los recursos pesqueros de aguas profundas. Se realizaron muestreos a profundidades considerables (hasta 3400 m) que permitieron disponer de una valiosa información sobre las particularidades de la fauna batial que habita en la zona. Destacan en estos estudios la abundancia de elasmobranchios de profundidad (nueve especies) y la general disminución de la biomasa total del conjunto de especies con la profundidad.

Estudios de oceanografía durante el proyecto SEFOS del IEO describen las principales características de la circulación de las masas de agua y el impacto del cañón de Avilés sobre la circulación general del Mar Cantábrico.

Son de destacar igualmente estudios recientes que aportan una aproximación semi-cuantitativa a la distribución de las comunidades epibentónicas en determinados enclaves de la cabecera del cañón de Avilés (solo hasta 300 m de profundidad) y su composición específica a partir de imágenes analizadas procedentes de varios transectos de vídeo llevados a cabo por parte de la ONG OCEANA durante su campaña del Cantábrico realizada en el año 2008.

En términos generales, al comienzo del proyecto INDEMARES la información útil sobre la zona de los cañones submarinos de Avilés para los objetivos del mismo era muy escasa. Faltaba información detallada sobre batimetría y características morfosedimentarias de la zona, imprescindibles para iniciar el plan de muestreos y poder, posteriormente, cartografiar la distribución de los hábitats y las comunidades biológicas que los ocupan. Al mismo tiempo, los factores físicos que condicionan la producción del ecosistema bentónico eran desconocidos, ya que todos los estudios oceanográficos se referían al ecosistema pelágico. En consecuencia, el punto de partida para obtener la información necesaria de esta zona y conocer su idoneidad para establecer posibles medidas de gestión era relativamente muy bajo en comparación con



De arriba a abajo y de derecha a izquierda: Dos antipatarios (*Trissopathes* y *Parantipathes*) en fondos arenosos; un ejemplar de brótola de fango o locha (*Phycis blennoides*); y un impresionante "jardín" dominado por antipatarios que albergan una enorme biodiversidad / Francisco Sánchez-IEO.

las otras nueve zonas del proyecto. Por este motivo, gran parte de la abundante información obtenida durante los últimos tres años, mediante cinco campañas de investigación del proyecto INDEMARES, se encuentra todavía en proceso de análisis.

Campañas Oceanográficas

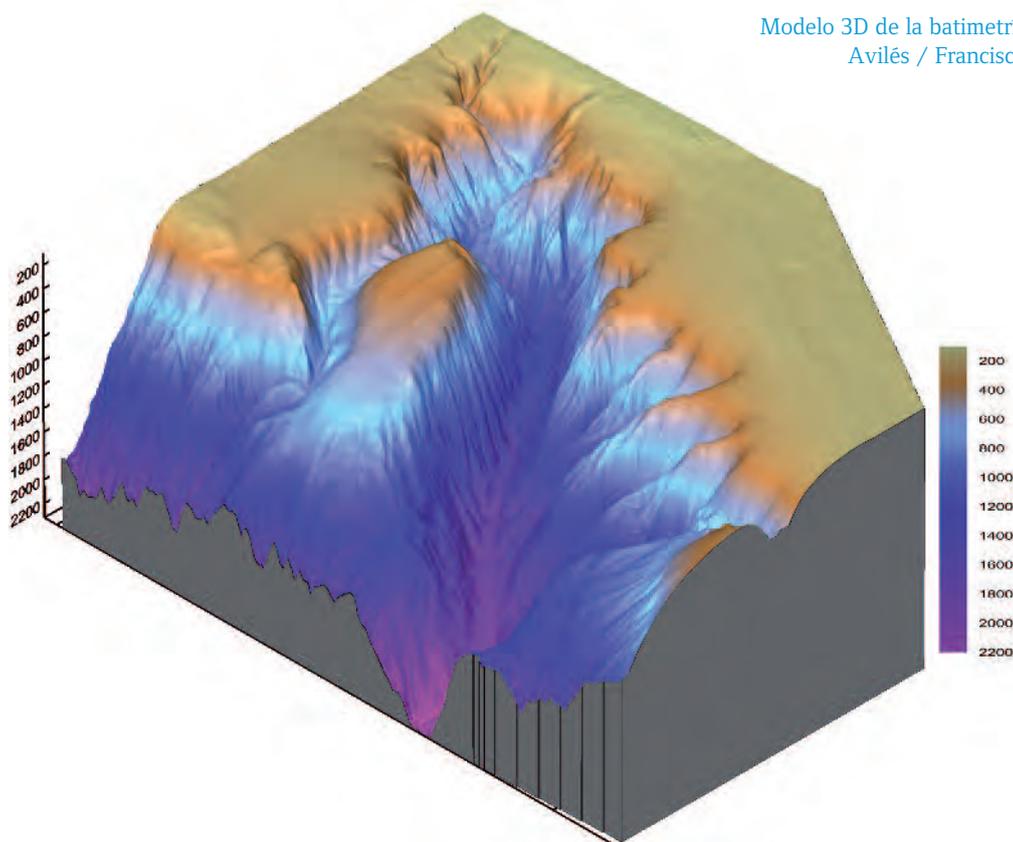
Al diseñar la metodología del proyecto se planificó una serie de campañas en la zona, dirigidas a dar respuesta a los principales objetivos propuestos. En principio se contaba con el nuevo buque regional del IEO *Ramón Margalef*, pero el retraso producido en su entrega por la quiebra del astillero alteró gravemente el plan original. Gracias a la valiosa participación de la Secretaría General del Mar (ahora Secretaría General de Pesca) con su buque *Vizconde de Eza* y al sobresfuerzo del IEO en contratar el buque *Thalassa* (IFREMER / IEO), se pudo solventar este problema. Finalmente, y ya durante el último año de actividades de muestreo, se pudo contar *in extremis* con los nuevos buques *Ramón Margalef* y *Ángeles Alvariño*, todavía en fase de puesta a punto, que permitieron acceder a los ecosistemas vulnerables con las más avanzadas metodologías de muestreo.

La necesidad de disponer de información sobre las características batimétricas y geomorfológicas de la zona pro-

puesta, para poder iniciar los estudios oceanográficos y biológicos adecuados, hizo imprescindible planificar una primera campaña dirigida principalmente a estudios geofísicos. Posteriormente se realizaron dos campañas multipropósito centradas en el estudio de las comunidades biológicas. Por último se abordó el estudio de los hábitats más vulnerables con metodologías no invasivas basadas en vehículos submarinos.

Del 19 de abril al 13 de mayo de 2010, se llevó a cabo la campaña INDEMARES-AVILÉS 0410, a bordo del *Vizconde de Eza*, con el objetivo de realizar los trabajos de toma de datos acústicos y de muestras que permitieron caracterizar con detalle el fondo marino del Sistema de Cañones de Avilés. Los objetivos fueron el levantamiento batimétrico multihaz y reconocimiento sísmico de alta resolución (TOPAS) de la zona de estudio, así como la obtención de muestras de sedimentos y rocas del fondo marino. Además se iniciaron los primeros muestreos de comunidades bentónicas sobre sustratos sedimentarios (endofauna) y rocosos (epifauna) y observaciones sobre la presencia de aves y cetáceos.

Del 16 de julio al 26 de agosto de 2010, se llevó a cabo la campaña INDEMARES 0710 a bordo del *Thalassa* (IFREMER-IEO), incluyendo los estudios en Avilés y en el banco de Galicia. La campaña tuvo cuatro partes y las dos



primeras se realizaron en la zona de los cañones, entre el 16 de julio y el 5 de agosto. El objetivo general fue el estudio de la estructura y dinámica de los ecosistemas profundos mediante una aproximación multidisciplinar. En este sentido, incluyeron actividades dirigidas al levantamiento de la línea de correntímetros y trampa de sedimentos fondeada en la cuenca interna de El Cachucho en julio de 2009 para su recolocación en la zona del cañón de La Gaviera; al fondeo de tres líneas de correntímetros y trampas de sedimentos en el cañón de La Gaviera para conocer la dinámica estacional de la zona; al estudio de la dinámica y características de las masas de agua; al estudio de la distribución de los hábitats y sus características mediante fotogrametría y vídeo HD; a estimar la abundancia y distribución espacial de las comunidades endobentónicas, epibentónicas, suprabentónicas y demersales de los hábitats sedimentarios y rocosos; a estudiar la ecología trófica de peces y crustáceos; etc.

Del 1 al 20 de mayo de 2011, se llevó a cabo la campaña INDEMARES-AVILÉS 0511, a bordo, de nuevo, del *Vizconde de Eza*. El objetivo general fue el estudio de la estructura y dinámica de los ecosistemas profundos del sistema de cañones submarinos de Avilés. En este sentido se incluyeron actividades dirigidas al estudio microfisiográfico y morfológico de zonas concretas del cañón; al estudio de la estratigrafía sísmica y estructura de los cañones; a estudios sedimentológicos; de distribución de los hábitats y de estimación de la abundancia y distribución espacial de las comunidades endobentónicas, epibentónicas, suprabentónicas y demersales, entre otros.

Durante 2012 se realizaron dos campañas, INDEMARES-AVILÉS 0412 e INDEMARES-AVILÉS 0912, a bordo de los nuevos buques regionales del IEO *Ramón Margalef* y *Angeles Alvariño*, respectivamente. Durante estas dos campañas se plantearon actividades dirigidas al estudio de los hábitats estructuralmente más complejos (paredes verticales, afloramientos rocosos y pináculos carbonatados) y vulnerables, mediante avanzados vehículos submarinos de observación directa (ROV *Liropus 2000* y trineos de fotogrametría *Politolana* y *TFS-2*). Se completó la información geomorfológica sobre los fondos de zonas concretas mediante sonda multihaz y TOPAS y se continuaron los estudios de las variables ambientales más relacionadas con la caracterización de hábitats y comunidades biológicas.

Hidrografía y dinámica oceanográfica

Las condiciones ambientales son un factor determinante sobre las características de los hábitats bentónicos, permitiendo o no la existencia de ecosistemas específicos. Por ello, el estudio de la dinámica oceanográfica de las zonas objetivo se consideró desde un primer momento como una parte fundamental de los proyectos en curso. En todas las campañas anteriormente referidas se realizaron actividades encaminadas a investigar tanto las propiedades de las masas de agua como la circulación y la dinámica en la zona de interés.

Desde el punto de vista de la oceanografía física, el objetivo fijado al comienzo de los programas de muestreo fue obtener una descripción lo más precisa y detallada posible

Nuevas especies para la ciencia

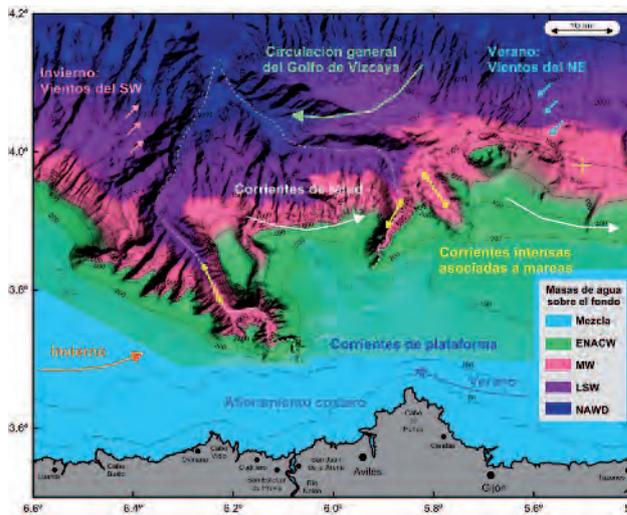
Teniendo en cuenta el desconocimiento que se tiene de las especies profundas, lo costoso de los métodos de muestreo y la dificultad tecnológica para conseguir información a medida que la orografía del terreno es complicada y se aumenta la profundidad, todas las especies que forman parte de este estudio tienen un extraordinario valor científico y por lo tanto serán objeto de publicaciones de referencia tanto en lo que se refiere a las descripciones taxonómicas de cada grupo, como al conocimiento general de esta zona del Cantábrico. Cuando se trata además de la descripción de nuevas especies para la ciencia, su descubrimiento lleva aparejado un intenso y laborioso trabajo. Una especie nueva para que sea reconocida como tal por la comunidad científica, debe publicarse en revistas de reconocido prestigio. Esto implica que un ejemplar recolectado tiene que ser descrito de la forma más exhaustiva y completa posible, lo que conlleva, en la mayoría de los casos, disecciones, estudios anatómicos precisos, análisis con microscopios ópticos o electrónicos y en definitiva, largas jornadas en el laboratorio. Adicionalmente, una vez preparado el manuscrito con las descripciones, dibujos, gráficos, fotografías y referencias bibliográficas en el que se detallan los métodos empleados, se define el área de estudio, el material recolectado con la ubicación exacta del hallazgo, se envía al editor de una publicación científica quien a su vez después de revisarlo, lo remite a dos o tres revisores anónimos que van a juzgar no solo la validez del hallazgo, sino su calidad para finalmente ser admitido, corregido o rechazado. El tiempo de publicación varía mucho en función de la agilidad de las revistas, pero en términos generales pueden pasar varios años desde que una especie es recolectada hasta que aparece publicada como especie nueva. Para comprobar que una especie no ha sido descrita anteriormente se debe además hacer una búsqueda y comprobación histórica de las especies similares del mismo género o la misma familia prácticamente desde los trabajos de Linneo y los primeros naturalistas en el siglo XVIII hasta las más recientes publicaciones, lo que conlleva un dominio de la bibliografía existente. Esta es la principal razón de que algunos de los hallazgos importantes del proyecto INDEMARES no se vean reflejados todavía.



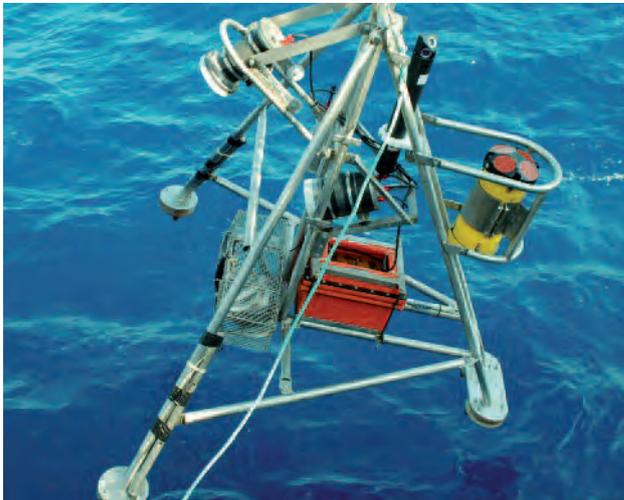
Los estudios taxonómicos de las diferentes especies cuyo trabajo se está realizando actualmente nos indican que probablemente aportarán un número de especies nuevas para la ciencia nada despreciable.

Hasta la fecha se ha constatado la presencia de tres especies de crustáceos que han sido descritos recientemente en aguas del mar Cantábrico: los isópodos *Politolana sanchezi* (Frutos y Sorbe, 2010) y *Cornuamesus longiramus* (Kavanagh y Sorbe, 2006) y el anfípodo *Liropus cachuchoensis* (Guerra-García et al., 2008). Estos ejemplares fueron encontrados por vez primera en los muestreos procedentes de las campañas del proyecto ECOMARG en la zona de El Cachucho.

Respecto a la zona del Sistema de Cañones se tienen indicios muy claros de que hay más de 20 especies que son probablemente nuevas para la ciencia. Nueve pertenecen al grupo de los crustáceos (los anfípodos de los géneros *Eusirus*, *Melphidippa*, *Stilipes*, *Syrrhoites*; el cumáceo del género *Leucon* y los isópodos de los géneros *Lipomera*, *Munnopsurus* y *Notoxenoides*). En el phylum Cnidaria hay un antipatario del género *Trissopathes* desconocido hasta la fecha así como un hidrozoo del género *Nemertesia* pendiente de su verificación y probablemente una nueva especie de *Corallium*. En el phylum Porifera hay varias posibles nuevas especies pertenecientes a los géneros *Chondrocladia*, *Asbestopluma* y *Cladorhiza* (conocidas comúnmente como esponjas carnívoras), así como otros ejemplares colonizadores de *Lophelia pertusa* y *Madrepora oculata* fundamentalmente pertenecientes a los géneros *Hymedesmia*, *Sceptrella*, *Agelas*, *Acanthopolymastia* y *Tedaniophorbis*. En el Phylum Bryozoa hay un nuevo género del Orden Cheilostomatida que está siendo descrito actualmente.



Mapa de corrientes del área de estudio / Francisco Sánchez-IEO.



Este instrumento denominado lander se instala en el fondo y permite estudiar durante largos periodos de tiempo las corrientes del fondo. Además está equipado con cámaras y una jaula con cebos para atraer depredadores y fotografiarlos / Francisco Sánchez-IEO.

de las condiciones ambientales en la región, especialmente en las áreas donde fuesen apareciendo comunidades biológicas relevantes.

Entre el 19 de julio y el 4 de agosto de 2010 se realizó el despliegue de tres líneas de fondeo y se hicieron perfiles hidrográficos y de corrientes. Además se hicieron las primeras medidas de dinámica con alta resolución temporal cerca de fondo gracias un correntómetro adosado a un lander. Las tres líneas de fondeos se situaron a lo largo del eje del cañón de La Gaviera justo al norte del Cabo Peñas. El muestreo hidrográfico durante la campaña A0710 se realizó por medio de una batisonda hidrográfica (CTD) dotada de sensores externos de oxígeno disuelto, fluorescencia de clorofila y transmitancia. Dicha roseta iba adosada a una roseta oceanográfica con 24 botellas Niskin para recoger muestras de agua y a una pareja de perfiladores de corriente Doppler (ADCP) de 300 kHz funcionando en modo LADCP.

En la campaña A0511 se estableció como objetivo la iden-

tificación de los procesos físicos que generan resuspensión de los sedimentos del fondo e incrementan la producción en el ecosistema bentónico. Estos procesos ocurren con violencia en intervalos de tiempo muy cortos y en relación con fases específicas de la propagación de la marea y con el campo de ondas internas, formando frentes o 'bores'. Con este objetivo se diseñó un sistema basado en fondeos de un lander dotado de los equipos necesarios para caracterizar estos procesos. En concreto, disponía de un correntómetro Doppler Aquadrop para la medición precisa de corrientes próximas al fondo, un ADCP destinado a medir la estructura del campo de velocidades decenas de metros sobre el fondo (incluyendo las velocidades verticales asociadas a eventos intensos violentos) así como el contenido de partículas en suspensión (a partir de la reflectividad). Por último incluyó una cadena de 12 sensores de temperatura de alta precisión para determinar la existencia de inversiones térmicas ligadas a tales procesos (que indican desestabilización de la columna de agua). Se realizó un muestreo en el cañón de Avilés y otro en La Gaviera con éxito. Un tercer fondeo en La Gaviera finalizó con la pérdida del lander por rotura del cabo principal, y que fue posteriormente recuperado al año siguiente con el ROV *Liropus 2000*. Al margen de los landers, en la campaña A0511 se replicó de forma reducida el muestreo hidrográfico de mesoescala con batisonda.

Geomorfología

Como parte del estudio geológico del área de trabajo, se analizó la geomorfología y el tipo de fondo a partir de los datos acústicos registrados con ecosonda multihaz (batimetría y reflectividad del fondo) y sonda paramétrica TOPAS. Para completar este estudio, se realizó el análisis sedimentológico de numerosas muestras adquiridas durante las campañas. El conocimiento de la morfología y la calidad del fondo fueron decisivos en la selección de puntos de muestreo biológico y para la realización de la cartografía bionómica.

El área estudiada comprende parte de la plataforma continental, que limita a través de un cambio de pendiente más o menos abrupto con el talud continental. En el talud continental se distinguen un talud superior y un talud inferior, este último caracterizado por pendientes más fuertes. Atravesando la zona de talud hasta incidir incluso en la plataforma, se ha identificado una zona de influencia de cañones seccionando el margen continental, y que se caracteriza por las pronunciadas pendientes de los flancos de los mismos. Los cursos de los cañones submarinos confluyen en el pie del cañón de Avilés, donde el paso a la llanura abisal se produce de forma suave. La conexión entre llanura abisal y el talud continental inferior es bastante neta.

Seccionando el margen continental en el área de estudio, desde la plataforma hasta la llanura abisal, se encuentra excavado el sistema de cañones submarinos de Avilés. El



Arrecife de corales y estrella de mar brisingida, fotografiados en el Cañón de Avilés a 800 metros de profundidad / Francisco Sánchez-IEO.

cañón principal es el que da nombre al grupo, pero además de éste se han cartografiado otros dos grandes cañones submarinos más al Este (El Corbiro y La Gaviera) que confluyen entre sí en un único cañón para unirse al de Avilés en su desembocadura. Además de estos tres grandes cañones, se han cartografiado otros doce cañones tributarios. El sistema de cañones submarinos de Avilés parece coleccionar y canalizar las contribuciones sedimentarias de los ríos que desembocan en esta parte del Cantábrico, fundamentalmente el Narcea y el Nalón, así como parte del material transportado a lo largo de la plataforma continental. Además del transporte de material y energía que se produce a través de la densa red de drenaje desarrollada en esta región del margen continental, se han observado otros fenómenos como son deslizamientos y movimientos en masa que contribuyen a este sistema de erosión y transporte de materia.

Características biológicas del área de estudio

Las comunidades biológicas presentes en el sistema de cañones de Avilés responden a las características de un ecosistema de aguas templadas con elevada producción biológica, debido a la presencia de afloramiento costero estival y la dinámica oceanográfica asociada al talud continental y los cañones, junto con la existencia de una compleja geomorfología y que en conjunto condicionan una amplia y variada representación de especies. Al mismo tiempo, los cañones submarinos juegan un importante papel como sistemas de alta producción biológica, debido a que actúan como mecanismos de transporte de sedimentos y materia orgánica particulada desde la plataforma continental hasta las áreas profundas de la zona abisal.

El sistema de cañones representa, en relación a las áreas adyacentes, una zona con importantes movimientos verticales de masas de agua, lo cual determina la química y

la biología, y provoca un enriquecimiento en nutrientes, plancton y pesquerías en su área de influencia. El plancton es más abundante allí donde hay aportes de nutrientes que alcanzan la capa iluminada y que permiten el desarrollo del fitoplancton, la base de la red trófica marina. La dinámica temporal en las zonas templadas suele estar determinada por la mezcla de invierno que aporta nutrientes a las capas superficiales que solo pueden ser aprovechados por el fitoplancton cuando la columna de agua deja de mezclarse y comienza a estratificarse. Este proceso se produce a finales de invierno - principios de primavera en estas latitudes y dan origen al *bloom* primaveral de fitoplancton. Los procesos de afloramiento que enriquecen las aguas costeras se producen en verano en toda la plataforma norte donde los vientos del este soplan con cierta intensidad. Sin embargo, otros procesos derivados de la estructura del Sistema de Cañones enriquecen la columna de agua de forma distintiva en esta zona. Las imágenes de satélite del Cantábrico Central indican que la zona más costera del Sistema de Cañones tiene más clorofila, más fitoplancton, que el resto de la plataforma durante épocas relativamente pobres.

Sin embargo, en el contexto del proyecto INDEMARES se ha hecho especial hincapié en estudiar las comunidades biológicas próximas al fondo presentes en la zona del Sistema de Cañones de Avilés, lo que ha supuesto un avance considerable para comprender la estructura y dinámica de este ecosistema.

Descripción de la biodiversidad

Partiendo de los resultados obtenidos de los muestreos biológicos realizados en los diferentes compartimentos próximos al fondo y objeto de estudio (endobentos, epibentos, suprabentos y comunidades demersales), se llevan inventariadas hasta el momento 1389 especies pertenecientes a 15 grupos zoológicos, aunque el proceso de



Dos lochas y un erizo de cuero en fondos batiales
/ Francisco Sánchez-IEO.



Un tiburón de profundidad en el Cañón de Avilés
/ Francisco Sánchez-IEO.

identificación no ha concluido aún. Los crustáceos son el grupo que aporta el mayor número de especies, seguido de los poliquetos, los moluscos y los cnidarios. Las diferentes características fisiográficas y geomorfológicas del área de estudio definen una gran variabilidad medioambiental capaz de dar cabida a este elevado número de especies. El mosaico que constituyen los diferentes ambientes definidos contribuye y condiciona esta biodiversidad.

Comunidades endobentónicas

Entendemos como comunidades endobentónicas aquel conjunto de especies que habitan enterradas en los sedimentos. Atendiendo a los valores de abundancia de individuos se ha observado que en el Sistema de Cañones de Avilés las estaciones de menor batimetría (inferiores a 500 metros) son las que presentan un mayor número de ejemplares. En las estaciones más profundas (> 1000 metros de profundidad), el grupo de los poliquetos resultó ser el grupo infaunal dominante. Las especies más abundantes fueron *Levinsenia flava* y *Aurospio dibranchiata*. Este grupo faunístico dominó en nueve de las once estaciones más profundas, siendo los crustáceos los dominantes en las dos estaciones restantes (de 1318 y 1470 metros de profundidad).

Los poliquetos vuelven a ser el grupo dominante a pro-

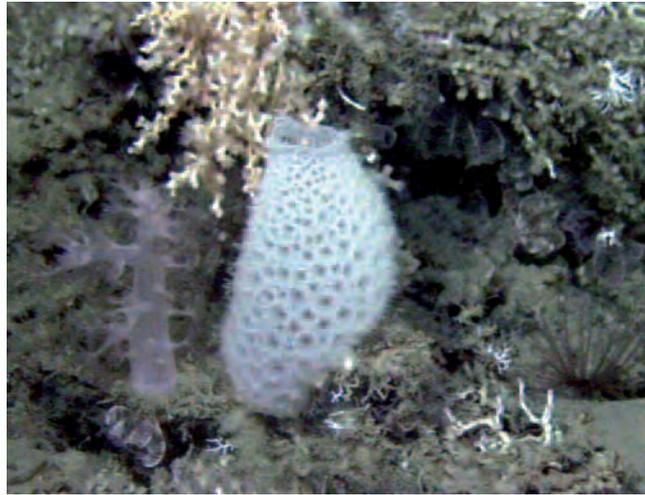
fundidades intermedias (entre 500 y 1000 metros de profundidad). Los bivalvos, el sipuncúlido *Onchnesoma stenstrupii*, y los poliquetos anfarétidos *Glycera lapidum* y *Levinsenia flava* fueron los organismos más abundantes. Finalmente, el patrón no varió en las estaciones más someras (menos de 500 metros de profundidad), donde los poliquetos siguen dominando en 15 de las 17 estaciones, principalmente debido a la gran abundancia de *Pterolysippe vanelli*.

Comunidades epibentónicas

Las comunidades epibentónicas están representadas por aquellas especies que viven sobre el sustrato que las soporta, bien unidas a él por diversos mecanismos (sésiles) o bien con diferentes capacidades para desplazarse sobre el mismo (vágiles). Es la naturaleza del sustrato la que ha condicionado la utilización de distintas técnicas apropiadas para su estudio y de este modo, se han empleado diferentes métodos de muestreo como la draga de roca, bou de vara, arte de arrastre GOC, trineos fotogramétricos (*TFS-2* y *Politolana*), ROV *Liropus 2000* y *Lander*, lo que ha permitido acceder a distintos tipos de hábitats y por lo tanto a las diferentes comunidades que los habitan.

Los fondos duros, sobre todo aquellos de roca que presentan una gran pendiente y que por otra parte son muy abundantes en el Sistema de Cañones, han sido los más complicados en cuanto a su acceso, ya que las posibilidades de enganchar el sistema de muestreo y por lo tanto perderlo, son muy elevadas y la dificultad de conseguir muestras de estas zonas es mayor ya que los muestreadores de actuación vertical no penetran en el sedimento y los de actuación horizontal como el bou de vara o la draga de roca, rompen la red al engancharse en las rocas o se ancla al fondo todo el sistema exigiendo maniobras muy dificultosas para su recuperación. En este sentido, fue fundamental el uso del ROV *Liropus 2000*, que ha venido a complementar los muestreos cualitativos previos realizados con los otros equipos y ha permitido completar las descripciones por medio de los videos y fotografías que se han realizado en dos campañas a bordo de los buques *Ramón Margalef* y *Ángeles Alvaríño*.

Se observaron esponjas incrustantes esciáfilas, que aparecen tapizando rocas con escasa o nula iluminación a profundidad variable (200-2000 m). Las esponjas incrustantes se caracterizan por ser finas, con un espesor habitualmente menor de 5 mm, revistiendo el sustrato duro y adaptándose a la forma del mismo, en ocasiones rocoso o de naturaleza biógena como conchas de moluscos, caparzones de crustáceos y más frecuentemente sobre ramas muertas de especies de escleractinias coloniales y solitarias. La biodiversidad de estas esponjas batiales es apenas conocida en nuestras costas pero presumiblemente está formada muy por encima de las 100 especies, la mayoría de ellas descritas en el Cantábrico por expediciones que muestrearon en esta zona desde principios del siglo XX pero muchas otras todavía por descubrir y que



Dos esponjas, muestra de la gran biodiversidad de estos organismos en los cañones de Avilés.. A la izquierda la esponja carnívora *Chondrocladia* y a la derecha *Regadrella phoenix* / Francisco Sánchez-IEO.

serán especies nuevas para la ciencia. Su estudio pormenorizado entraña una gran dificultad ya que el acceso a estos enclaves es difícil por la orografía propia del terreno en el Sistema de Cañones de Avilés y porque su pequeño tamaño hace que no sean fácilmente recolectadas por medio de ROVs.

Destacan también en los fondos del Sistema de Cañones de Avilés las esponjas carnívoras. Son en términos generales individuos de pequeño tamaño, erectos y provistos de un pedúnculo. En el cañón de Avilés a distintas profundidades se han encontrado individuos solitarios de tres de los más importantes géneros de la Familia: *Chondrocladia*, *Asbestopluma* y *Cladorhiza* que aunque son solitarios pueden formar parte de comunidades en sustratos rocosos y enclaves protegidos.

Además de estas especies, se ha localizado en zonas profundas del cañón de Avilés, entre 1200 y 1400 m, una comunidad de esponjas carnívoras caracterizada porque sus miembros son ejemplares de gran porte para este tipo de organismos, de entre 30 y 50 cm de longitud.

Las esponjas nido constituyen un grupo de poríferos con esqueleto silíceo que se encuentran generalmente en grandes profundidades. Algunas especies constituyen densas agregaciones por lo que están clasificadas como especies vulnerables y su conservación es de gran importancia. Las agregaciones de esponjas nido están caracterizada por la gran abundancia de ejemplares en un área determinada lo que propicia la creación de un hábitat en el que se alojan otras muchas especies. La especie que se encuentra en el Sistema de Cañones de Avilés se trata de *Pheronema carpenteri*; tiene una forma semiesférica con un amplio ósculo central y espículas de protección alrededor del mismo; se ancla al sustrato mediante haces de espículas largas que penetran en el sedimento y proporcionan estabilidad.

Las esponjas de cristal son especies bioconstructoras de arrecifes que proporcionan un hábitat vital para muchas otras especies de invertebrados y peces. Se conocen solo dos especies en el mundo *Aphrocallistes vastus* del Océano Pacífico y *A. beatrix* del Océano Atlántico. En la zona

se han encontrado muchos enclaves con la presencia de estas esponjas de la especie *Aphrocallistes beatrix* si bien no en todos ellos se han encontrado formando arrecifes ya que las densidades más altas están entre 814 y 1.199 m de profundidad.

En cuanto a equinodermos, se han identificado 65 especies de las 5 Clases existentes: 27 Asteroideos, 13 Equinoideos, 13 Ofiuroideos, 9 Holoturideos y 6 Crinoideos. El catálogo de equinodermos de las costas españolas es bastante incompleto y la mayoría de los estudios datan de los años 70-80. Derivados de estos estudios, aunque los listados siguen incompletos, se conocen aproximadamente 99 especies de equinodermos citados en el Mar Cantábrico, por lo que a día de hoy podemos decir que se han recogido más del 65% de las especies citadas, de las cuales habría que excluir todas aquellas que son exclusivas de la zona litoral, como las de la familia Asterinidae y similares.

Una primera aproximación a la comprensión de la taxocenosis de los Equinodermos del Sistema de Cañones de Avilés, revela que existen dos comunidades bien definidas, una más litoral, representada por las especies del género *Ophiothrix* spp, *Ophiura* sp, *Gracilechinus acutus*, *Marthasterias glacialis* y *Holoturia forskali*, de aguas más someras, y otra batial, representada fundamentalmente por *Nymphaster arenatus*, *Brisinga endecacnemus*, *Novodina pandina*, *Araeosoma fenestratum*, *Cidaris cidaris*, *Parastichopus regalis*, *Molpadia musculus*, *Goniastéridos* y *Leptometa celtica*.

Por otra parte, las comunidades de anélidos poliquetos del área de estudio se encuentran dominadas por algunas pocas especies de tamaño relativamente grande del género *Eunice* y el poliqueto *Leocrates atlanticus*. El eunícido, que en algunas ocasiones llegaba a alcanzar más de 10 cm de longitud, es probable que se encontrara asociado a los resquicios y cavidades de rocas muy frecuentes en la zona de estudio, donde probablemente viviera escondido para evitar ser depredado. Ambos organismos pertenecen a grupos de reconocidos depredadores que probablemente se alimenten de otros poliquetos de me-



En blanco se observan esponjas de la especie *Phakellia ventilabrum*. Francisco Sánchez.



Erizos de la especie *Araeosoma faneistratum*. Francisco Sánchez.

nor tamaño y crustáceos.

Otro de los organismos que ha sido encontrado de manera frecuente en el área de estudio es un serpúlido que probablemente pertenece al género *Vermiliopsis*. Estos organismos suspensívoros se encuentran también de manera frecuente asociados a sustratos duros donde construyen el tubo calcáreo en el que habitan. De manera menos frecuente se han detectado también terebélidos y sabélidos en las muestras de roca, organismos también suspensívoros que generalmente construyen tubos córneos que quedan adheridos a las rocas.

En cuanto a los cnidarios, se han identificado seis órdenes distintos de antozoos (Alcyonacea, Antipatharia, Corallimorpharia, Scleractinia, Zoanthidea, Actiniaria) y tres de medusozoos (Coronatae, Anthoathecata, Leptothecata), asociadas a sustratos duros.

Algunas zonas del cañón están dominadas macroscópicamente por colonias arborescentes de antipatarios, alcionarios o escleractinias de buen porte que pueden configurar el paisaje submarino, hasta el punto de ser los cnidarios el grupo taxonómico mayoritario en abundancia. También hay hidrozoos de tamaño significativo de las familias Sertulariidae (*Diphasia alata*), Aglaopheniidae (*Cladocarpus sigma folini*) y Plumulariidae (*Polyplumaria flabellata*). La presencia de estas especies formadoras de hábitat con notable crecimiento vertical, favorece el asentamiento de otras epibióticas de menor porte incrementándose la biodiversidad.

Una de las comunidades más características asentadas en gran parte del margen continental del Atlántico nordeste desde Escandinavia al Golfo Íbero-marroquí son los bancos de coral blanco, comúnmente llamados arrecifes de aguas frías. Su importancia biológica y económica, así como su fragilidad, son actualmente reconocidas y cada vez son objeto de más estudios. Se corresponden con la mayor representación del hábitat 1.170 de la Directiva Europea. Estas estructuras tridimensionales modifican el hábitat y su complejidad, contribuyendo sobremano al aumento de la biodiversidad al facilitar un sustrato hete-

rogéneo que aporta refugio y protección, multiplicando los nichos disponibles.

Mediante vehículos submarinos se han tomado imágenes que muestran arrecifes de coral bien conservados en el batial de los cañones de Avilés y de La Gaviera, con infinidad de colonias coralinas a las que se asocian multitud de otras especies y que corroboran las impresiones obtenidas mediante los muestreos indirectos. Como es habitual en el Atlántico nororiental, la proporción de ramas de coral muertas es elevada. En aguas europeas, las escleractinias *Lophelia pertusa* y *Madrepora oculata* son los principales organismos constructores y especies esenciales de la comunidad en su sentido bionómico, y aparecen con frecuencia mezclados como sucede en la zona de estudio. Es destacable, sin embargo, que en el Sistema de Cañones de Avilés aparece con frecuencia *Solenosmilia variabilis*, una especie igualmente constructora frecuentemente confundida con las anteriores y de la que se han obtenido colonias vivas en un amplio rango batimétrico que alcanza profundidades más de 2000 m. Una cuarta especie colonial de buen tamaño, *Enallopsammia rostrata*, es ocasional sobre sustrato duro en un intervalo batimétrico de 990-2291 m.

Los moluscos son un componente importante del macrobentos del sistema de cañones de Avilés, y están representados por 179 especies identificadas hasta la fecha. El número de especies es relativamente bajo, pero hay que tener en cuenta que se trata de ejemplares separados a bordo y que probablemente se incrementaría si se extendiera la separación a fracciones inferiores a 5 mm, ya que muchas especies de moluscos son diminutas y muy difíciles de separar del sedimento.

Se ha observado una clara separación entre las comunidades de moluscos de la plataforma más somera y las muestras de mayor profundidad pertenecientes a las comunidades batiales. En los fondos duros de la plataforma continental (55-143 m), la especie de molusco más característica es la ostra *Neopycnodonte cochlear*, a menudo acompañada por los braquiópodos *Neocrania anomala* y

Megerlia truncata. En donde existen los corales blancos se encuentran varias especies de moluscos más o menos estrictamente asociados a ellos, como los gasterópodos *Calliostoma obesulum*, *C. leptophyma*, *Emarginula christiaensi* y los bivalvos *Lima marioni* y *Spondylus gussonii*. En la campaña INDEMARES 0412, además se recolectó un ejemplar de *Coralliophila richardi*, especie que se alimenta directamente del coral aunque sin efecto perjudicial debido a su rareza.

En los sustratos duros situados entre 500 y 1000 metros, aunque sin vínculo directo con los corales blancos, se encontraron ejemplares de la ostra gigante *Neopycnodonte zibrowii*, una especie cuya longevidad se estima en unos 500 años y capaz de alcanzar un tamaño en torno a los 20 cm.

Los convenios internacionales y textos legales en los que figuran especies de moluscos protegidas están enfocados a los medios continental y costero. Por ello, no es de extrañar que no haya apenas especies batiales protegidas y que, si las hay, se trate de especies que también aparecen en la plataforma continental como por ejemplo *Charonia lampas*. La única especie recogida en el Sistema de Cañones de Avilés y que fuera mencionada en algún texto es el gasterópodo *Ranella olearium*, recogido en el anexo II de los convenios de Berna y de Barcelona. Esta escasa representación refleja la inadecuación de los textos para la gestión del mar profundo, más que la falta de especies de interés en la zona. Entre los moluscos presentes, una elección de especies representativas a proteger podría incluir la ostra *Neopycnodonte zibrowii* que es una especie estructurante de un hábitat recogido en el Inventario español: "Escarpes, paredes y laderas rocosas del mar profundo con *Neopycnodonte zibrowii*". El hábitat de esta especie, junto con *Acesta excavata*, ha sido recientemente señalado como hábitat sensible en un cañón submarino del oeste de Irlanda en un rango de profundidad comparable y probablemente se encuentre en otros escarpes del margen continental europeo.

Comunidades suprabentónicas

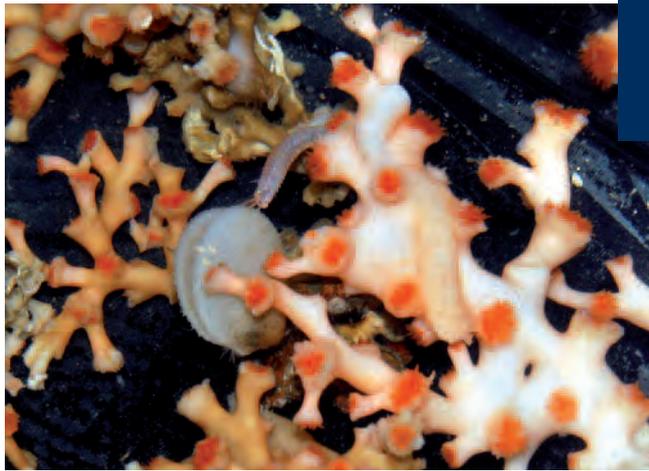
Solo en las siete estaciones del cañón de Avilés, se recolectaron un total de 12.374 individuos clasificados en once grupos zoológicos pertenecientes a 199 especies: 89 anfípodos, 33 cumáceos, 24 isópodos, 20 misidáceos, 15 decápodos, siete eufausiáceos, cinco tanaidáceos, dos lofogástridos, dos peces, un leptostrácodo y un picnogónido. Los grupos zoológicos más abundantes fueron los anfípodos (48.7% del total de individuos), seguidos por los eufausiáceos (17.1%), los isópodos (13.6%) y los cumáceos (12.3%).

Comunidades demersales

Se han capturado un total de 366 especies. Los mayores índices de biomasa se dan en el grupo de los peces (lirio, pintarroja y merluza principalmente) y ya en menor me-



Concentración de depredadores en el fondo del Cañón de Avilés atraídos por los cebos del lander / Francisco Sánchez-IEO.



El coral *Lophelia pertusa* y fauna asociada / Francisco Sánchez-IEO.

da en crustáceos, mientras que las mayores densidades pertenecen a los equinodermos (pequeñas ofiuras principalmente y el crinoideo *Leptometra celtica*).

Cabe destacar aquí los elasmobranquios. En términos generales, estos organismos se caracterizan por ser especies de crecimiento muy lento y que presentan una productividad biológica baja debido a su tardía madurez sexual, baja descendencia y distancia entre generaciones. Todo ello explica su baja capacidad biológica de recuperación y respuesta a la presión que se ejerce sobre muchas de estas especies principalmente debido a su pesca y a otras amenazas como la contaminación y la destrucción de su hábitat. Los elasmobranquios son cruciales para mantener la salud y equilibrio de las comunidades marinas. La desaparición de estos predadores puede desestabilizar la cadena trófica y provocar muchos impactos ecológicos negativos, en la estructura y funcionamiento de las comunidades.

En el Sistema de Cañones de Avilés se han contabilizado hasta la fecha un total de 25 especies de condriktios de fondo: dos quimeras, 10 rayas y 15 tiburones. No obstante en esta cifra no están incluidos los tiburones pelágicos ni otras especies que habitan en aguas próximas y/o más someras por lo que el número total de especies con toda seguridad supera las 40. Entre estas especies figuran algunas que dado su declive y situación actual, han sido incluidas en las listas de algunas organizaciones internacionales dedicadas a promover el desarrollo sostenible y la conservación de especies.

El Hábitat 1170

Uno de los hábitats más singulares del Sistema de Cañones de Avilés son sin duda los arrecifes de coral. Se trata del único hábitat de la zona que aparece definido en la Directiva Hábitats y que se denomina en esta normativa como Hábitat 1.170 Arrecifes.

Teniendo en cuenta los criterios de interpretación para este hábitat y los acuerdos de estandarización adoptados en el Comité Científico del proyecto INDEMARES, los hábitats identificados, y que pueden ser asignados a esta categoría, son aquellos situados sobre fondos rocosos y que presentan especies bentónicas de un cierto tamaño (corales, gorgonias y esponjas, principalmente) asentadas sobre el sustrato. Esto les configura como hábitats con una fuerte componente tridimensional de origen biógeno.

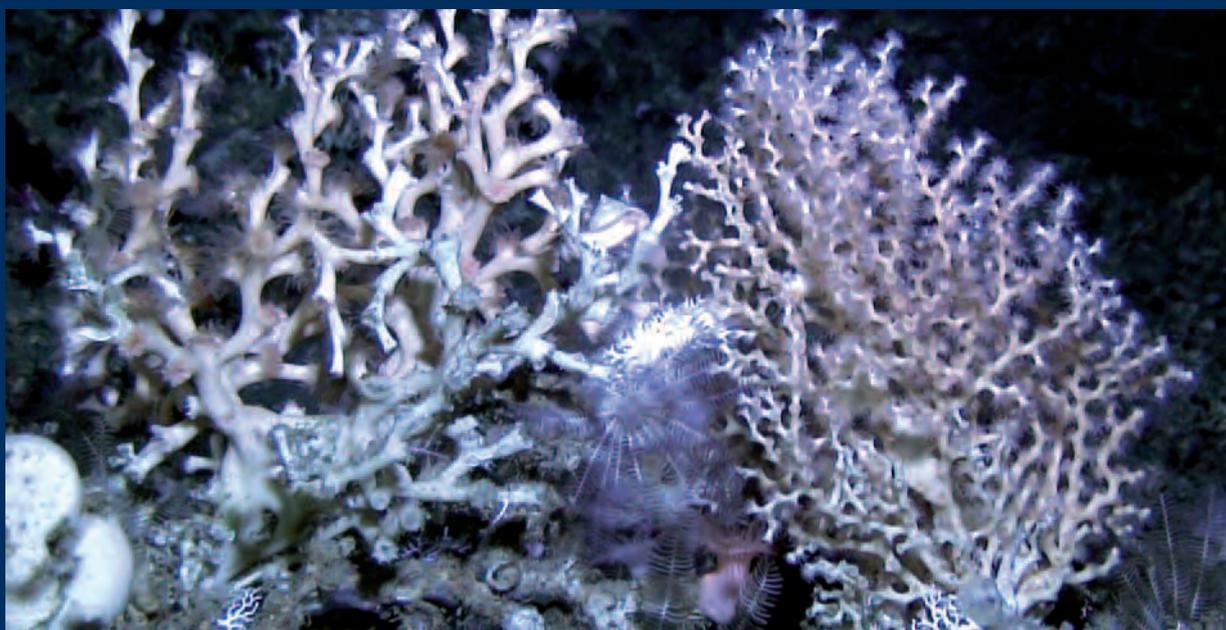
En esta categoría, encontramos las agregaciones de corales amarillos (*Dendrophyllia cornigera*), asociadas normalmente con las esponjas de copa (*Phakellia ventilabrum*), y que aparecen principalmente dispersos sobre un área extensa de fondos de roca en resalte, entre 80 y 200 metros de profundidad, sobre la plataforma continental situada frente al cabo de Peñas. En esta zona operan principalmente pesquerías artesanales de enmalle, con escaso poder abrasivo sobre estas comunidades vulnerables, si bien pueden afectarles con sus calamentos.

A algo más de profundidad, encontramos colonias discretas de corales blancos, principalmente de la especie *Madrepora oculata*, que suelen fijarse sobre resaltes y paredes inclinadas en las cabeceras rocosas de los cañones submarinos. Este hábitat puede ser

utilizado por los palangres de fondo dirigidos a la captura de especies de profundidad, como el congrio y la locha o brótola.

Un hábitat singular del Sistema de cañones submarinos de Avilés es el estructurado por las comunidades de estrellas brisíngidas que se fijan sobre fondos rocosos (con cierta cobertura de sedimentos), a partir de 600 metros de profundidad, o bien sobre el arrecife de coral cuando este se encuentra en estado de recesión, con un elevado porcentaje de corales muertos, como es el caso del localizado en la cabecera del cañón de Avilés. Estas estrellas, principalmente de las especies *Brisinga endecacnemos* y *Novodina pandina*, aunque no son especies sésiles propiamente dichas, se sujetan firmemente sobre los resaltes y aportan una fuerte cobertura biógena a este hábitat, por lo que se considera muy vulnerable y se decidió incluirlo en la denominación 1170 de la Directiva Hábitats por el Comité Científico de INDEMARES. Su máxima expresión se da en la pendiente norte del caladero conocido como El Calafriño, situado en la cabecera del cañón de Avilés. La peculiar flota del puerto asturiano de Cudillero que pesca merluza al pincho en este caladero opera a menor profundidad (200-300 metros) que en la que se encuentra este hábitat, por lo que la interacción con el mismo es prácticamente nula.

Sin embargo, la máxima representación de este tipo de hábitats la encontramos en los extraordinarios arrecifes de corales de aguas frías descubiertos en la cabecera del cañón de Avilés y, particularmente, en el cañón de La Gavieta. Estos arrecifes son hasta ahora los únicos descritos en la plataforma y talud norte de la península Ibérica y se encuentran en un relativo





buen estado de conservación. Debido a las estrictas condiciones ambientales requeridas para el desarrollo de las especies estructurantes, principalmente los corales blancos *Lophelia pertusa* y *Madrepora oculata*, la distribución espacial de estos arrecifes está muy dispersa y fragmentada, sobre todo en resaltes rocosos de los cañones submarinos, situados entre 700 y 1.200 metros de profundidad. Esta distribución en la zona les permite sobrevivir sin demasiados impactos derivados de las actividades pesqueras, salvo los producidos por pesquerías artesanales dirigidas a especies de profundidad (rape, brótola, congrio y alfonsinos, principalmente).

Las nuevas normativas europeas que prohíben el empleo de artes de enmalle a más de 600 metros de profundidad añaden una indudable protección a estos arrecifes, ya que se ha demostrado que estos aparejos resultan muy perjudiciales sobre los mismos. Las pesquerías de arrastre no operan en este tipo de fondos debido a que les producirían graves roturas en los artes, si bien cuando operan en los bordes de la plataforma cercana a los cañones, los deslizamientos de sedimentos que producen sí afectan a las colonias de corales situadas a más profundidad en el talud y ejes de los cañones.

Probablemente, los organismos más vulnerables de este tipo de hábitats son los corales negros (géneros *Leiopathes*, *Antipathes*, *Bathypathes*, etc.), que son de crecimiento extremadamente lento y muy longevos. Suelen encontrarse en aguas muy profundas (> 600 metros), por lo que son poco accesibles a las pesquerías. Sin embargo, la búsqueda de recursos pesqueros en grandes fondos, motivada por el empobrecimiento de las plataformas continentales y la cada

vez mayor tecnología aplicada a la pesca, hace que sea muy urgente su protección.

En fondos rocosos profundos relativamente aplacados se encuentran grandes gorgonias blancas de la especie *Callogorgia verticillata* que, en muchas zonas, suelen encontrarse junto a grandes esponjas hexactinélidas en forma de copa (*Asconema setubalense*), de crecimiento muy lento. Es probable que estas comunidades se encuentren muy reducidas en relación a su situación original debido a que pueden haber sido eliminadas por las pesquerías de arrastre, ya que los fondos en los que habitan suelen ser más accesibles a esta modalidad de pesca. Otras comunidades de esponjas que se asientan sobre fondos duros y, por lo tanto, se encuadran en la denominación del hábitat 1170 Arrecifes, son las grandes demosponjas (*Geodiidae* y *Pachastrellidae*) sobre fondos con escasa cobertura sedimentaria y las sorprendentes agregaciones de esponjas de cristal (*Aphrocallistes beatrix*) que se fijan sobre los arrecifes de corales de aguas frías en estado de recesión.

Otros hábitats protegidos

Además de los hábitats 1170, que protege la Directiva Hábitat, en el Sistema de Cañones de Avilés se han identificado otros protegidos por diferentes normativas. Entre ellos cabe destacar los cinco hábitats incluidos en las listas del Convenio OSPAR, considerados en declive o en peligro: montículos carbonatados (*Carbonate mounds*), arrecifes de *Lophelia pertusa* (*Lophelia pertusa reefs*), jardines de coral (*Coral gardens*), agregaciones de esponjas de profundidad, (*Deep-sea sponge aggregations*) comunidades de pennatuláceos y megafauna excavadora (*Sea-pen and burrowing megafauna communities*).



FRANCISCO SÁNCHEZ, INVESTIGADOR DEL CENTRO OCEANOGRÁFICO DE SANTANDER Y RESPONSABLE DEL PROYECTO INDEMARES-AVILÉS.

LOS CAÑONES SUBMARINOS DE AVILÉS SON ECOSISTEMA IRREPETIBLES

¿Cuál es la importancia de esta zona y los valores más destacables?

El ecosistema del Sistema de Cañones Submarinos de Avilés presenta una elevada producción biológica, debido a la presencia del afloramiento costero estival y una fuerte dinámica oceanográfica asociada al talud continental y los tres cañones submarinos. Al mismo tiempo, la existencia de una compleja geomorfología condiciona una amplia y variada representación de hábitats y especies. La biodiversidad es muy elevada y se llevan inventariadas hasta la fecha más de 1300 especies sobre el fondo (sin incluir las pelágicas, que ocupan la columna de agua), algunas de ellas muy vulnerables, como son los corales, las esponjas y los tiburones de profundidad, y que se encuentran incluidas en diversas normativas de protección, si bien ocupan en general aguas muy profundas.

¿Cuál es la principal amenaza?

Principalmente las pesquerías que actúan en aguas profundas. Por suerte, una gran parte de ellas ya se encuentran reguladas por normativas europeas que prohíben su empleo a más de 600 m debido a los graves daños colaterales que producen sobre los ecosistemas, tanto en lo que respecta a la captura accidental de especies vulnerables sin interés comercial así como a daños sobre los hábitats de origen biogénicos (arrecifes, agregaciones de esponjas, bosque de gorgonias, etc.). Tampoco podemos olvidar aquí los posibles efectos de concesiones para la extracción de hidrocarburos o inyección de dióxido de carbono. Cualquier accidente de estas actividades puede ser dramático para toda la zona con repercusiones tanto ambientales como socioeconómicas enormes.

¿Qué espera que recoja el plan de gestión de este LIC?

Es imprescindible que esta planificación contemple la implantación de unas medidas razonables de gestión en la zona que garanticen la necesaria conservación de sus valores ambientales y su enorme biodiversidad junto con una explotación sostenible de sus recursos pesqueros, permitiendo de esta manera elevar este LIC (Lugar de Importancia Comunitaria) a una nueva categoría de protección europea e integrándose de la mejor manera posible en la Red Natura 2000. Es necesario que en las fases de diseño de este plan de gestión puedan participar y aportar sus conocimientos los principales sectores afectados, particularmente las cofradías de pescadores. La información científica procedente de los estudios en INDEMARES ha permitido obtener una cartografía detallada de los hábitats protegidos por las normativas europeas. Ahora solo es necesario establecer las normativas que identifiquen claramente en donde pueden existir conflictos entre conservación y explotación para intentar eliminarlos.

¿Qué futuro le augura a esta zona?

Va a depender de la capacidad del organismo gestor, el MAGRAMA, de diseñar un adecuado plan de gestión que garantice la conservación de sus principales valores ambientales. No será fácil pero tampoco imposible. El Sistema de Cañones Submarinos de Avilés constituye un ecosistema irrepetible y que es una de las principales señas de identidad del Mar Cantábrico. Será un privilegio si se consigue este importante desafío y podemos tener en Red Natura 2000 un ecosistema adecuadamente gestionado en el cual coexistan las actividades extractivas sostenibles junto con los valores de elevada biodiversidad que caracterizan a esta zona.

¿Cuál ha sido su mayor sorpresa explorando esta zona?

Sin lugar a dudas la presencia de arrecifes de corales de aguas frías en un relativo buen estado de conservación y en un ecosistema con un fuerte impacto pesquero. La presencia de corales ya se encontraba previamente confirmada pero los arrecifes descubiertos en el cañón de La Gaviera y en la cabecera del cañón de Avilés han sido toda una sorpresa. Solamente al final del proyecto e *in extremis* tuvimos los equipos necesarios para acceder a ellos mediante vehículos submarinos, ya que se encuentran a gran profundidad. Gracias a ello se nos permitió contemplar criaturas extraordinarias como los corales negros, algunos de ellos de más de 5000 años de edad, o las sorprendentes y escasas esponjas carnívoras.

¿Qué se ha quedado con ganas de estudiar?

Principalmente las comunidades asociadas a los arrecifes de corales de aguas frías. Es cierto que hemos avanzado bastante en cuanto al conocimiento de la biodiversidad que acogen estos hábitats tridimensionalmente complejos pero todavía conocemos muy poco sobre las especies móviles, como los peces, crustáceos y cefalópodos, y su comportamiento. Hicimos algunas aproximaciones mediante el empleo de plataformas oceanográficas dotadas de cámaras, denominadas landers, pero todavía desconocemos el verdadero papel de estos hábitats como zonas de refugio y alimentación de especies que pueden ser muy dependientes de su estado de conservación. Particularmente necesario es conocer su papel como hábitats esenciales para las poblaciones de algunas especies que son posteriormente explotadas por las pesquerías en la plataforma continental.

¿Volverán pronto a investigar la zona?

Actualmente desconozco cuándo podremos volver a la zona. Los estudios de los cañones submarinos profundos son muy costosos debido a los equipos necesarios para acceder a ellos, tanto en lo que se refiere a modernos buques oceanográficos como a los sistemas de muestreo necesarios. Requieren proyectos de investigación con una financiación importante. Tenemos en marcha algunas solicitudes en convocatorias de proyectos europeos y nacionales pero dependiendo de la suerte que tengamos en conseguir esta financiación podremos seguir realizando interesantes descubrimientos en la zona.

¿Qué ha significado INDEMARES para usted?

Principalmente que toda la metodología multidisciplinar para el estudio de ecosistemas profundos y que pusimos a punto durante el proyecto ECOMARG ha sido



Francisco Sánchez.

muy útil para poder abordar los estudios comprometidos en las seis zonas de responsabilidad del IEO de una forma eficaz. INDEMARES ha sido un proyecto tremendamente ambicioso en cuanto a objetivos y estos se han conseguido en su mayor parte. La experiencia de los estudios previos en El Cachucho nos permitió enfocar correctamente el proyecto y mejorar todo aquello que nos fue imposible en su momento por falta de medios. Gracias a INDEMARES hemos podido trabajar en fondos muy profundos de hasta 2000 m y conocer las comunidades que allí habitan. Por otro lado, este proyecto nos ha permitido disfrutar de una buena coordinación con investigadores de otras instituciones lo cual ha sido muy positivo. Por último, no hay que olvidar todo el aspecto de divulgación pública asociado INDEMARES que ha permitido dar a conocer a la sociedad la necesidad de proteger nuestros ecosistemas más vulnerables.

EL BANCO DE GALICIA

UNA MONTAÑA SUBMARINA QUE ACTÚA DE OASIS DE VIDA A 180 KM DE LA COSTA GALLEGA

Una enorme montaña que se yergue más de 3.000 metros sobre los fondos abisales propicia una diversidad de especies y hábitat extraordinaria. A 180 km de la costa gallega y fruto de las fuerzas tectónicas que originaron el océano Atlántico, este relieve da cobijo a corales de profundidad, gorgonias o tiburones, en sus fondos, y a túnidos, tortugas, cetáceos o aves marinas, en su superficie. Gracias a tres campañas oceanográficas lideradas por el IEO en el marco de INDEMARES se han podido identificar ocho tipos de hábitat y casi 800 especies, de las cuales 20 son nuevas para la ciencia.

EL BANCO DE Galicia es un monte submarino profundo situado a 180 km de la costa gallega, con una cima situada entre los 650 y los 1500 m de profundidad y rodeado de zonas abisales de más de 4000 m.

El origen del banco de Galicia está relacionado con el proceso de rift continental que dio lugar a la apertura del océano Atlántico. Durante esta fase de tectónica extensiva, se generaron en el margen continental una serie de bloques de corteza fallados y basculados. El área del banco de Galicia quedaría configurada a partir de entonces como una región elevada respecto al resto, alineada con los bancos de Vasco da Gama, Vigo y Porto, formando parte de una barrera relativamente paralela a

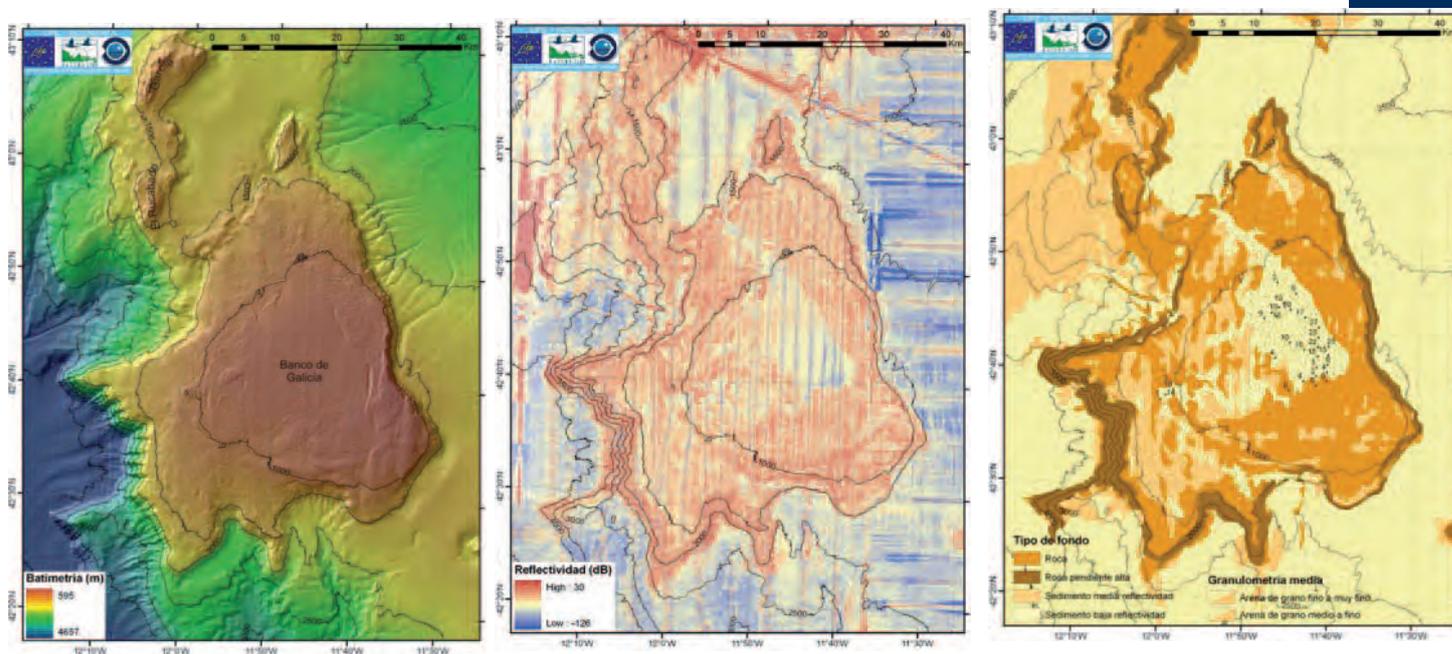
la costa. Esta región de bancos submarinos separa la Cuenca Interior de Galicia, también conocida como collado de Valle-Inclán, de la Llanura Abisal Ibérica.

El banco de Galicia está bañado por tres masas de agua diferentes: la masa de agua central del Atlántico Noreste europeo (*East North Atlantic Central Water: ENACW*), desde la superficie hasta los 500-600 m; la masa de agua mediterránea (*Mediterranean Outflow Water: MOW*), hasta los 1400 m aproximadamente; y la masa de agua del Labrador (*Labrador Sea Water: LSW*), que es la capa más profunda.

Los bancos submarinos interactúan con la circulación oceánica modificando las condiciones de baja productividad biológica circundantes. De esta interacción surgen



Muestreando el fondo con box-corer. Esta draga es capaz de recuperar varias decenas de centímetros de sedimento manteniendo su estructura, lo que permite conocer sus características y su fauna.



Mapas del área de estudio que muestran la batimetría, la reflectividad y el tipo de fondo.

las llamadas columnas de Taylor, que producen eddies en la cima del banco dando lugar a afloramientos que desencadenan blooms de fitoplancton e incrementos del zooplancton y suprabentos, que conducen a un aumento en la disponibilidad de alimento para la fauna. Además, las corrientes y las pendientes abruptas exponen la roca y favorecen, junto al incremento de producción, la presencia de suspensívoros sésiles: gorgonias, corales, esponjas, etc. El incremento de alimento y el aumento de la complejidad ambiental que aportan estas comunidades bentónicas sésiles favorecen las agregaciones de peces demersales y bentopelágicos y, continuando a lo largo de la cadena trófica, el aumento de la presencia de especies visitantes como tiburones pelágicos, túnidos, cetáceos, tortugas y aves marinas. Finalmente las condiciones de aislamiento y la diversidad de ambientes generan la presencia de gran número de endemismos.

Esta teoría se ha visto corroborada por los estudios realizados en el proyecto INDEMARES-Banco de Galicia, basados en tres campañas de investigación, donde se ha encontrado una elevada biodiversidad y la presencia de hábitats vulnerables.

Hasta que se iniciara el proyecto, la información sobre esta zona era escasa debido a su lejanía de la costa y profundidad. El hundimiento en noviembre de 2002 del petrolero *Prestige* en la parte suroeste del banco centró

el interés en esta zona y promovió la realización de estudios sobre la geología y la circulación oceánica. Sin embargo, el conocimiento sobre la biología y ecología de la zona es mucho más reducido.

Campañas realizadas

La mayor parte de los trabajos llevados a cabo en el área del banco de Galicia se han centrado en batimetrías inferiores a 2500 m, concretamente en los techos de los bancos de Galicia y El Rucabado y García. El techo del banco de Galicia tiene un contorno aproximadamente triangular, mide unos 75 km en dirección NNE-SSO y 58 km en dirección ONO-ESE, con una superficie de aproximadamente 1844 km², encontrándose a profundidades de entre de 595 m y poco más de 2000 m.

Dentro de INDEMARES se planificaron una serie de campañas dirigidas a dar respuesta a los objetivos propuestos. En principio se contaba con el nuevo buque regional del IEO, el *Ramón Margalef*, pero el retraso producido en su entrega por la quiebra del astillero alteró gravemente el plan original. Se pudo solventar el problema gracias a la valiosa participación de la Secretaría General de Pesca (SGP) con su buque *Miguel Oliver* y el sobreesfuerzo del IEO en contratar el buque *Thalassa* perteneciente a IFREMER, aunque por entonces el IEO tenía una participación.

En julio de 2009 se realizó una campaña preliminar, no



Una draga box-corer arriba que sirve para muestrear fondos blandos y una draga de roca abajo que sirve para fondos duros.

financiada por el proyecto INDEMARES si no por ECOMARG, proyecto orientado al estudio de El Cachucho pero que incluía estudios en otras zonas susceptibles de ser propuestas como Área Marina Protegida. Ya en el plan de trabajo del proyecto INDEMARES se realizaron dos campañas multipropósito centradas en el estudio de las comunidades biológicas del banco.

Del 1 al 29 de julio de 2009, se llevó a cabo la campaña Ecomarg 0709, a bordo del *Cornide de Saavedra*, que incluía actividades en dos zonas nuevas, como eran el cañón de Avilés y el banco de Galicia para poder identificar sus características como ecosistemas relevantes. Esta campaña se encuadra en el contexto del acuerdo de encomienda que tenía el IEO con la Dirección General de Biodiversidad del Ministerio de Medio Ambiente, que tenía como principales cometidos el asesoramiento científico en materia de protección de especies y hábitats marinos. Según el tiempo de buque disponible se decidió utilizar tres días de muestreo en los fondos sedimentarios y uno en los rocosos. Los objetivos fueron iniciar los estudios de las comunidades bentónicas y de-

mersales del banco de Galicia, la ecología trófica de peces y crustáceos, la dinámica y características de las masas de agua en la zona de estudio, estudios sedimentológicos, estudios de las comunidades endofaunales en sustratos blandos y epifaunales sobre sustrato rocoso, identificación visual directa de hábitats y comunidades bentónicas mediante fotogrametría y video y estudios de la comunidad de cetáceos y aves marinas.

Del 16 de julio al 26 de agosto de 2010, se llevó a cabo la campaña INDEMARES 0710, a bordo del *Thalassa*, incluyendo los estudios en el sistema de cañones de Avilés y en el banco de Galicia. Los objetivos fueron el estudio de la estructura y dinámica de los ecosistemas profundos mediante una aproximación multidisciplinar: distribución de los hábitats y sus características; estimación de la abundancia y distribución espacial de las comunidades endobentónicas, epibentónicas, suprabentónicas y demersales de los hábitats sedimentarios; estimación de la abundancia y distribución espacial de las comunidades epibentónicas de los hábitats rocosos; ecología trófica de peces y crustáceos; etc.

Del 18 de julio al 20 de agosto de 2011, se llevó a cabo la campaña INDEMARES BANGAL 0711 (BG0711), a bordo del *Miguel Oliver*. El objetivo general fue el estudio de la estructura y dinámica de los ecosistemas profundos del banco de Galicia. En este sentido se incluyeron actividades dirigidas a sedimentología; distribución de los hábitats y sus características ambientales; estimación de la abundancia y distribución espacial de las comunidades endobentónicas; etc.

Biodiversidad

La fauna del banco de Galicia está compuesta por especies de muy diferente afinidad biogeográfica. Esto es debido a su localización cercana y conectividad con la plataforma atlántica europea, las islas de la Macaronesia, los bancos del Atlántico Noreste, e incluso los bancos del Atlántico Noroeste como Flemish Cap y la costa atlántica africana. Como factor generador de diversidad se añade la disparidad de ambientes y la influencia de distintas masas de aguas, de origen meridional y septentrional, que bañan el banco a distinta profundidad. Entre la variedad de ambientes cabe destacar la presencia de comunidades de corales de aguas frías que elevan considerablemente la complejidad ambiental. Por todo ello, el banco de Galicia puede considerarse como un punto caliente de diversidad. En el banco se han identificado hasta el momento 793 especies, con taxones que superan las 100 especies como son moluscos, peces (con especial énfasis en los elasmobranquios), crustáceos y cnidarios. Este inventario incluye especies nuevas para la ciencia, primeras citas para aguas españolas y europeas y especies de gran interés científico y biogeográfico. La etapa de identificación taxonómica no ha terminado aún. Solo en el caso del grupo de peces se ha identificado el 100% de las muestras, pero en el resto de

grupos la labor de identificación está en etapas intermedias, por lo que se espera que estos números aumenten.

Infauna

El grupo infaunal dominante, aquellos que viven enterrados en el sedimento, son los poliquetos, tanto en profundidades bajas, intermedias y altas. Los poliquetos están seguidos en abundancia por los moluscos en estos tres rangos de profundidad, y tras ellos aparecen los equinodermos en las estaciones menos profundas y los crustáceos en las de mayor batimetría.

Más del 25% del total de la fauna recogida durante los muestreos de sedimento fueron los poliquetos *Aurospio dibranchiata*, *Poecilochaetus* sp., *Glycera lapidum* y *Palposyllis prosostoma*, junto con los bivalvos *Limopsis cristata* y *Thyasira succisa*. Concretamente, las estaciones más someras (menos de 1000 metros de profundidad) están dominadas por los poliquetos *Poecilochaetus* sp. y *Palposyllis prosostoma* junto con la ophiura *Ophiacantha* sp., y tanto en las estaciones intermedias (de 1000 a 1500 metros de profundidad) como en las más profundas (más de 1500 metros de profundidad) domina el poliqueto *Aurospio dibranchiata*.

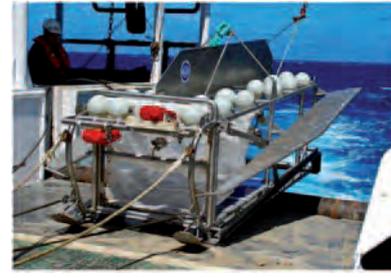
Demersales

Las especies dominantes en biomasa son todas peces, principalmente óseos. Son el reloj plateado *Hoplostethus mediterraneus*, los peces móridos *Mora moro* y *Lepidion eques*, el tomás *Epigonus telescopus*, el rape blanco *Lophius piscatorius* y el cabracho de profundidad *Trachyscorpia cristulata*, junto a los tiburones *Scymnodom ringens* y *Deania profundorum*. El único invertebrado entre las especies más dominantes en biomasa es el cangrejo *Cancer bellianus*. Respecto a la densidad, las dominancias se reparten entre varios grupos, destacando los corales coloniales *Lophelia pertusa* y *Madrepora oculata*.

Epibentos de fondos sedimentarios

La composición faunística de la totalidad de muestras de bou de vara refleja la dominancia de tres grupos: equinodermos, peces y cnidarios; por ese orden. La dominancia de los equinodermos se debe a la presencia en gran número de ofiuras Ophiacantidae en las arenas medias más someras de la cima y también por las poblaciones de erizos de cuero, de lápices y holoturias elaspódidas en los fondos más profundos. Los cnidarios deben su importancia en gran parte a las colonias de corales de aguas frías, pero también a los corales solitarios, tanto de arena (*Flabellum*, *Deltocyathus*) como epibiontes (*Demophyllum*, *Caryophyllia*, etc.) y a las gorgonias y corales negros y bambú. Con más diferencia, aparecen los crustáceos representados por muchas especies, entre las que hay que destacar los anomuros epibiontes del coral.

Trineo suprabentónico con el que se muestrea la columna de agua justo sobre el fondo



Draga de roca virando a cubierta a la derecha. Arriba, liberando la muestra.



La especie dominante tanto en biomasa como en número es la ofiura *Ophiotctis grandis*, que caracteriza los fondos más someros del banco. Le siguen en biomasa especies de peces como el reloj plateado (*Hoplostethus mediterraneus*), el tomás (*Epigonus telescopus*), el mórido *Lepidion eques* o la anguila de profundidad *Synbranchus kaupi*.

Epibentos de fondos rocosos

La obtención de miles de muestras con innumerables ejemplares obliga a años de trabajo taxonómico. Por ello, la mayoría de las muestras están aún en proceso en el laboratorio. Para cumplir con los objetivos del proyecto se ha priorizado la identificación y análisis de las especies vulnerables, estructurales y bioconstructoras. Como resultados preliminares los phyla más representativos son Porifera y Cnidaria. Una gran cantidad de estos ejemplares son epibiontes de los corales bioconstructores *Madrepora oculata* y *Lophelia pertusa*. Además los Phyla Echinodermata, Mollusca, Polychaeta y Arthropoda se han recolectado en un gran número de estaciones y, aunque su biodiversidad en algunos casos no sea demasiado elevada, si lo ha sido el número de individuos recolectados.

Los ejemplares del filo Porifera representan el 41% de los invertebrados recolectados. Domina la clase Demospongiae (95%). Entre las más abundantes se encuentran especies de recubrimiento y perforantes de diferentes especies de Octocorales. Además son muy frecuentes otras especies masivas incluidas dentro del orden Astrophorida. En algunas zonas se descubre la presencia de ejemplares de la clase Hexactinellida principalmen-



Diferentes especies de esponjas recogidas en el banco de Galicia.



Corales negros de varias especies muestreados en el banco de Galicia.

te del género *Aphrocallistes*. Es de señalar la presencia de algunos ejemplares de la clase Calcarea; individuos de escaso porte y cuya presencia en aguas profundas está escasamente documentado.

La presencia de individuos del filo Cnidaria (29%) es de gran importancia ya que algunas de estas especies se consideran organismos bioconstructores, sirviendo de sustrato para el asentamiento y zona protectora de una gran cantidad de especies pertenecientes a diferentes grupos zoológicos.

La mayor parte de los representantes del filo Echinodermata (15%) pertenecen a las clases Ophiuroidea, Echinoidea y Asteroidea. El filo Mollusca representa el 7% del total de los ejemplares recogidos, siendo los más abundantes bivalvos y gasterópodos. Los representantes más frecuentes pertenecen a los géneros *Limopsis* y *Arca*.

Especies nuevas

Hasta la fecha se han encontrado 20 especies nuevas para la ciencia. Cinco son crustáceos: un Galatheidae (*Uroptychus cartesi*), un misidáceo (*Petalophthalmus papilloculatus*), un anfípodo del género *Stilipes*, y dos isópodos del género *Heteromesus*. 11 son briozoos, algunos de los cuales pertenecen a cuatro nuevos géneros, y serán descritos en un artículo que se publicará pronto. El resto de especies nuevas para la ciencia son la esponja carnívora, *Chondrocladia robertballardi*; el molusco gasterópo-

do *Aforia serranoi*; y el antipatario *Trissopathes* sp.

Los resultados del proyecto muestran la importancia del banco respecto a la biogeografía. La fauna que lo habita está compuesta por especies de diferente origen incluyendo fauna del Atlántico NO, Atlántico NE, Macaronesia, Atlántico africano y Mediterráneo. Han aparecido numerosas nuevas citas para las aguas españolas de diferentes grupos taxonómicos. Los crustáceos *Hymenopenaeus affinis* y *Sergestes armatus* son primeras citas en aguas europeas. Ambas son especies de origen sureño: de Cabo Verde la primera y de Marruecos, Azores, Madeira y Canarias la segunda. La cita de *Hymenopenaeus debilis* es el nuevo límite norte de distribución, pues estaba citada en el sur de Portugal, sudoeste de España y Alborán. También son especies meridionales con nuevo límite norte las gambas *Oplophorus spinosus* y *Pasiphaea hoplocerca*. Otras especies, por el contrario, son de origen norteño y primeras citas en nuestras aguas. El caso más destacable, pues es una especie dominante, es el cangrejo litódido *Neolithodes grimaldii*. Otras especies del Atlántico Norte como los Hippolytidae *Caridion gordonii* y *Lebbeus microceros* y el Crangonidae *Sabinea hystrix* son nueva cita para Europa.

Particularmente destacable es el grupo de los Cnidarios. Una especie de *Calyptrophora* (Primnoidae) es nueva para la fauna europea y una de *Radicipes* (Chrysogorgiidae), quizás sea nueva para la ciencia. Hay otras calcaxonias dignas de mención en la familia Primnoidae, géneros

Un paraíso para las aves

Toda esta productividad y biodiversidad en el océano, hace que las aguas superficiales del banco representen una importante zona de alimentación para algunas especies de aves marinas, atraídas por su elevada productividad. Es por ello que estas se han declarado Zona de Especial Protección para las Aves (ZEPA). Su singularidad y distancia a costa hace que la comunidad de aves presente sea también muy singular, con varias especies regulares que son raras en otras zonas del territorio español. Destaca la presencia regular y en buen número (varios cientos) del paño de Madeira (*Oceanodroma castro*), siendo la única zona de España, fuera del entorno de Canarias, donde se puede encontrar esta especie. Otras varias especies se alimentan en la zona, frecuentemente en época de migración, entre las que destacan el fulmar boreal (*Fulmarus glacialis*), la pardela capirotada (*Puffinus gravis*), el paño boreal (*Oceanodroma leucorhoa*), el falaropo picogruoso (*Phalaropus fulicarius*), los págalos rabero (*Stercorarius longicaudus*) y pomarino (*Stercorarius pomarinus*), y el charrán ártico (*Sterna paradisaea*).



Págalo pomarino / Foto: Beneharo Rodríguez/SEO BirdLife.

La zona cobra mayor relevancia a partir de julio, con máximos de paño de Madeira (*Oceanodroma castro*) y otras especies en paso durante el mes de septiembre, aunque no hay datos para los meses de otoño, cuando la zona también podría ser importante

Muchas de las especies atraídas a la zona se alimentan de organismos planctónicos, y las amenazas potenciales son pocas a no ser que se desarrollaran actividades industriales que puedan poner en peligro el ecosistema pelágico. La pesca, aunque con una baja incidencia por su escaso desarrollo, y especialmente palangre, podría afectar a algunas de las especies regulares como el fulmar y pardela capirotada.

Thouarella y *Candidella* nuevos para la fauna española y, el primero de ellos, para la fauna ibérica. Asimismo, destacables son varios ejemplares del infrecuente género *Dendrobrachia* (Dendrobrachiidae) y de *Paragorgia* (Paragorgiidae). La familia Paragorgiidae se desconocía de la fauna ibérica. Hay dos especies de *Corallium* (Coralliidae), una de ellas nueva para la fauna europea. Las citas de este género son muy escasas en aguas próximas al batial del continente europeo. *Sideractis glacialis* es una especie rara vez encontrada, de distribución principalmente ártica y subártica, que había sido hallada anteriormente entre 220 y 520 m de profundidad. Perteneció a una familia que era desconocida en la fauna ibérica (Sideractiidae). Únicamente había una cita previa más al sur del paralelo 60°N, en el Mediterráneo. *Dendrophyllia alternata* es un coral muy raro con muy pocos hallazgos en el Atlántico oriental. Destacan algunas especies notables que son infrecuentes en el batial noribérico, como *Flabellum chunii* y *Deltocyathus eccentricus*, pero abundantes en el banco.

Respecto a los hidrozoos, se han identificado algunas especies de notable interés que ya han sido publicadas,

como *Plicatotheca anitae*, cuya cita previa más próxima al continente europeo eran las Islas Azores, y *Nemertesia falcicula*.

También se han encontrado diversas especies de peces de interés biogeográfico. El congrido *Pseudophichthys splendens* es primera cita para aguas españolas y límite norte de distribución. Esta especie estaba citada en Canadá, Brasil, Marruecos, Canarias, Azores y golfo de Guinea. También las especies de afinidad más meridional *Physiculus dalwigkii*, *Neoscopelus microchir* y *Gaidropsarus granti* tienen su límite norte en el banco.

Las redes tróficas de los fondos del banco

Se han analizado un total de 896 contenidos estomacales pertenecientes a 31 especies de peces y elasmobranchios. Los resultados del análisis de la dieta muestra la diversidad de taxones presa que son utilizados como recurso alimenticio en banco de Galicia, no existiendo una dominancia clara por parte de ninguna presa. Las ofiuras representan un 18 % del total, seguidas del misidáceo bentopelágico *Gnathophausia zoea* con un 16%, la gamba bentopelágica *Systemaspis debilis* (11%), el

Diferentes especies de gorgonias de los fondos del Banco.

eufausiáceo *Meganyctiphanes norvegica* (10 %) y los copépodos planctónicos con un 9 %.

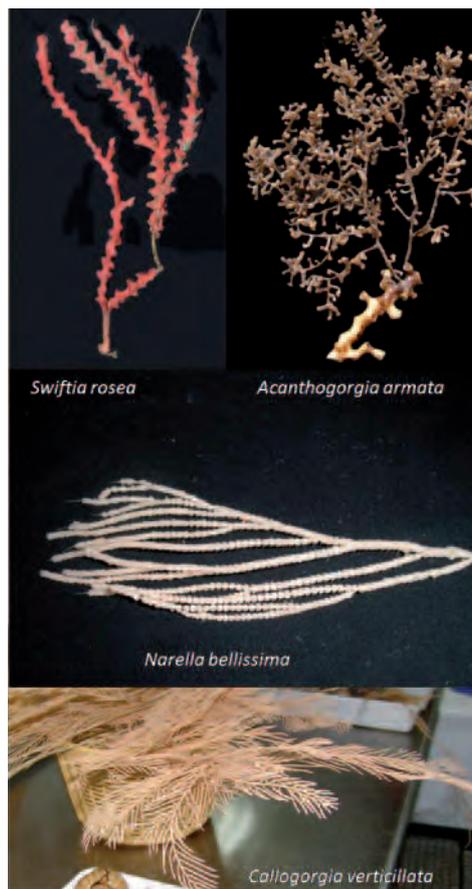
A partir del estudio de los contenidos estomacales, el análisis multivariante muestra tres grupos tróficos bien diferenciados: planctófagos, bento-planctófagos y bentófagos. Los taxones presa que caracterizan al grupo de los planctófagos son organismos típicamente planctónicos, como las medusas, y en menor proporción el misidáceo *Gnathophausia zoea* que constituye de hecho una de las especies clave en este ecosistema por su importancia como recurso trófico para muchas especies. Dentro del grupo de los bento-planctófagos, son diferentes especies de peces el taxón presa principal, seguidos de la gamba bentopelágica *Pasiphaea multidentata*, del eupausiáceo *Meganyctiphanes norvegica* y del misidáceo *Gnathophausia zoea*. Por último, el grupo de los bentófagos se alimenta fundamentalmente de ofiuroides y poliquetos, especies típicamente bentónicas que caracterizan gran parte de las comunidades epi- y endobentónicas del banco de Galicia.

El estudio de los contenidos estomacales se completó con análisis de isótopos estables que sirven para entender el origen de la materia orgánica que conforma a un organismo. A partir de la representación gráfica de ^{13}C frente a ^{15}N del conjunto de especies, tanto peces como crustáceos, se observó cómo el rape blanco (*Lophius piscatorius*) y la cabra de profundidad (*Trachyscorpia cristulata*) se encuentran en la cima de la cadena trófica con los mayores valores de ^{15}N de todas las especies estudiadas, por encima incluso de los tiburones de profundidad de gran talla *Scymnodon ringens* y *Deania profundorum*.

La comunidad bentopelágica de banco de Galicia juega un papel fundamental en el funcionamiento de las redes tróficas.

Especies de gambas bentopelágicas (p.e. *Systellaspis debilis*, *Pasiphaea* sp., *Acanthephyra pelagica*), y macrozooplancton como el misidáceo *Gnathophausia zoea* y el eupausiáceo *Meganyctiphanes norvegica* constituyen presas clave para la mayor parte de los peces de profundidad estudiados. Además, la abundancia de *Synbranchus kaupii* en los fondos de banco de Galicia se refleja en la dieta de determinadas especies como la cabra de profundidad *Trachyscorpia cristulata*.

Por el contrario, se ha constatado la pobreza de especies bentónicas e infaunales en la dieta de los peces de banco de Galicia representando un recurso escaso y provocando la escasez de peces estrictamente bentófagos. En algunos casos se produce una especialización muy marcada, como es el caso de *Notacanthus bonapartei* que se alimenta exclusivamente de ofiuras y crinoideos.



Criterios para la designación del área marina protegida

Se han identificado multitud de hábitats: arenas medias con ofiuras Ophiacantidae y *Flabellum chunii*; arenas medias con arrecife de corales profundos de *Lophelia pertusa* y *Madrepora oculata*; arenas finas con holoturias elaspódidas (*Benthogone rosea*); roca batial sin pendiente con gorgonias y corales negros; roca batial de talud con comunidades de corales y esponjas; roca batial de talud con corales blancos, bambú y negros, gorgonias y esponjas; arrecife de corales profundos de *Lophelia pertusa* y *Madrepora oculata*; y roca con nódulos manganesicos.

De todos ellos, el único tipo de hábitat incluido en la Directiva Hábitats es el 1170: Arrecifes. Otros de estos hábitats pueden ser incluidos en los listados de hábitat vulnerables de OSPAR, en los tipos jardines de coral, agregaciones de esponjas de profundidad, arrecifes de *Lophelia* y montículos carbonatados, etc.

En cuanto a las especies de interés para la protección, de las citadas en el banco, el delfín mular (*Tursiops truncatus*) y la tortuga boba (*Caretta caretta*) son las únicas especies que figuran en el Anexo II de la Directiva Hábitats. Sin embargo, muchas especies de elasmobranchios y algunos peces óseos son consideradas vulnerables, amenazadas o en declive según los criterios definidos por OSPAR y la lista roja de especies amenazadas de



Varias especies de corales bambú.



Diferentes especies de esclerectinias, corales con esqueletos de carbonato cálcico.

IUCN. Algunas de estas están protegidas por el reglamento europeo 1262/2012 que regula la pesca de especies profundas.

La lejanía del banco respecto a los principales focos de presión y la ausencia casi total de presión pesquera hace que el grado de conservación sea muy alto, pudiéndose hablar de un ecosistema prácticamente prístino.

Hay que destacar dos grupos en cuanto a su sensibilidad frente a los impactos: las comunidades de corales y los tiburones de profundidad.

Los principales impactos que podrían amenazar el banco de Galicia son las actividades pesqueras, el tráfico marítimo, la captura y almacenamiento de CO₂, los sondeos y la extracción de hidrocarburos y el cableado y conducciones.

Las actividades pesqueras comerciales son prácticamente inexistentes, aunque deben evitarse los lances ocasionales por buques de paso y posibles futuros cambios en el comportamiento de las flotas. En cuanto al tráfico marítimo, los buques pueden cruzar el banco hacia el oeste y hay que prestar atención a los posibles vertidos de combustible, residuos y basura; emisiones acústicas y colisiones. El mayor impacto puede ser producido por el hundimiento de un buque con vertidos de importantes cantidades de residuos tóxicos o mareas negras con importantes repercusiones para toda la biota, incluyendo por tanto a todos los hábitats bentónicos. La captura y el almacenamiento geológico de CO₂ conlleva riesgos derivados de la liberación masiva de CO₂ por accidentes que pueden ser catastróficos, afectando a diferentes funciones vitales de los organismos (suministro de oxígeno, crecimiento, reproducción,

movilidad, etc.), con un aumento gradual de su mortalidad. Los sondeos y extracción de hidrocarburos en el mar -aunque dentro del área de estudio no existen en la actualidad concesiones para el aprovechamiento de hidrocarburos, ni se han llevado a cabo sondeos- pondría en grave riesgo la posible conservación de los hábitats y especies protegidas en el caso de producirse accidentes. Por último, deberían evitarse la instalación de cableado y conducciones.

Su lejanía de la costa hace que el banco de Galicia tenga una baja presión antropogénica en la actualidad. Sin embargo, se trata de un lugar atractivo para la pesca donde aparecen arrecifes de coral sobre arena en los que potencialmente podrían realizarse arrastres. Por otra parte, el banco es una zona de interés para el paso de cables de Europa hacia África, Mediterráneo y Asia y debería evitarse este uso en zonas de 1170 e incluso en los hábitats de interés no incluidos en la Directiva Hábitat. Las mismas consideraciones deberían tenerse en cuenta respecto a las prospecciones geomineras.

En cuanto al tráfico marítimo, ya ha habido que lamentar un accidente importante como fue el del *Prestige* que se encuentra hundido en las estribaciones del banco. En previsión de accidentes similares, debería tenerse en cuenta la cercanía del LIC en los planes de contingencia.

Como principal conclusión del enorme trabajo realizado por los investigadores del IEO durante INDEMARES, estos recomiendan la declaración del banco de Galicia como una reserva integral dada la baja o nula presión social que permite una gestión homogénea de toda la superficie del LIC.

Hábitats presentes

Arenas medias con ofiuras Ophiacanthidae y *Flabellum chunii*:

Aparece en la cima del banco entre 750 y 780 m. Prácticamente no tiene cobertura biogénica y está habitado por un número elevado de pequeñas ofiuras de la familia Ophiacanthidae (*Ophiacantha* sp. y *Ophiomyces grandis*) y, con menor abundancia, pero con carácter más estructurante, el coral solitario *Flabellum chunii*. La fauna acompañante la conforman el coral solitario *Deltocyathus moseleyi* y el bivalvo *Limopsis minuta*.

Arenas medias con arrecife de corales profundos de *Lophelia pertusa* y/o *Madrepora oculata*:

Se encuentra en la cima del banco entre 780 y 1000 m. Se caracteriza por presentar manchas dispersas de colonias densas de corales de aguas frías de las especies *Lophelia pertusa* y *Madrepora oculata*. Las colonias están compuestas por un 70% de coral muerto y un 30% de coral vivo. Estas comunidades elevan considerablemente la complejidad ambiental e incrementan la diversidad tanto de fauna móvil (el pez reloj *Hoplostethus mediterraneus*, la palometa roja *Beryx* sp, *Mora moro*, y diversos tiburones de profundidad), como de especies asociadas al coral (el coral solitario *Desmophyllum cristagalli*, la gorgonia *Acanthogorgia armata*, el coral negro *Parantipathes* sp, el bivalvo *Lima marioni*, y diferentes crustáceos como *Munidopsis* sp y *Uroptychus* sp).

Arenas finas con holoturias elaspódidas (*Benthogone rosea*):

Aparecen en los flancos del banco entre 1400 y 1800 m (en la zona de transición este y flanco noroeste). Estos fondo están dominados por una especie de holoturia de la familia Elaspodidae (*B. rosea*) y, con menos abundancia, el erizo de cuero *Araeosoma fenestratum*, y una fauna de artrópodos claramente diferenciada del resto de zonas (el cangrejo *Neolithodes grimaldi*, la gamba de profundidad *Glyphocrangon longirostris* o la araña de mar gigante *Colossendeis colossea*), y diversos antozoos como el penatúlaco *Umbellula* sp, el coral bambú *Acanella arbuscula* y la gorgonia *Swiftia rosea*. La fauna de peces de este hábitat es también completamente distinta de la de la cima con especies poco citadas en nuestras aguas de macrúridos (*Coelorhynchus labiatus*, *Coryphaenoides guentheri*), alepocefálicos (*Conocara macropterum*, *Rouleina attrita*) y tiburones de profundidad (*Apristurus* sp).

En cuanto al endobentos, estas estaciones de arenas más finas y de mayor profundidad están dominadas mayoritariamente por poliquetos.

Roca batial sin pendiente con gorgonias y corales negros

Dentro de este ambiente podemos encontrar diferentes facies y la combinación de ellas, caracterizadas todas por la escasa cobertura biogénica y la baja densidad de los individuos. Este hábitat engloba fondos rocosos profundos con antipatarios, caracterizado por las especies *Parantipathes* sp, *Trissopathes* sp y *Schizopathes* sp; y agregaciones de gorgonias sobre fondos rocosos profundos, caracterizado por *Acanthogorgia* sp, *Swiftia rosea* y *Narella bellissima*.

Roca batial de talud con comunidades de corales y esponjas

Son zonas de pendiente media del borde de las laderas norte, oeste y este del banco. Tienen un gran complejidad y una alta cobertura biogénica. Este hábitat incluye fondos rocosos profundos con antipatarios, caracterizado por las especies *Parantipathes* sp, *Trissopathes* sp y *Schizopathes* sp; agregaciones de gorgonias sobre fondos rocosos profundos, caracterizado por *Acanthogorgia* sp, *Swiftia rosea* y *Narella bellissima*; roca batial con corales bambú, caracterizado por *Acanella arbuscula* y otros Isididae en proceso de identificación; agregaciones de esponjas sobre fondos rocosos profundos, caracterizado principalmente por hexactinélidas como *Asconema setubalense* y *Aphrocallistes beatrix*.

Roca batial de talud con corales blancos, bambú y negros, gorgonias y esponjas

Podemos describir diferentes hábitats en este ambiente. La roca limpia batial con corales blancos (*Lophelia-Madrepora-Desmophyllum*) es el hábitat de mayor riqueza y diversidad. Se sitúa en fondo rocoso de pendiente alta en la ladera sur del banco. Está caracterizado por colonias discretas de corales blancos de las especies *Lophelia pertusa* y *Madrepora oculata* acompañadas de corales negros, bambú, gorgonias y esponjas de gran porte.

Arrecife de corales profundos de *Lophelia pertusa* y/o *Madrepora oculata*

Se encuentran sobre la cima de los montes adyacentes, como ocurre en la cima del monte Rucabado.

Roca con nódulos manganésicos

Este hábitat ha aparecido en muestreos con vídeo remolcado y se ha optado por citarlo a pesar de no presentar una fauna diferenciada del resto de la roca plana según los análisis multivariantes. Sin embargo, sí tiene una gran importancia como geohábitat.

ALBERTO SERRANO, INVESTIGADOR DEL CENTRO OCEANOGRÁFICO DE SANTANDER DEL IEO Y RESPONSABLE DEL ESTUDIO EN EL BANCO DE GALICIA



CADA DÍA EN EL BANCO GENERABA VARIAS SORPRESAS PARA EL CIENTÍFICO

¿Cuál es la importancia de esta zona y los valores más destacables?

Las montañas submarinas per se ya son ecosistemas especiales. Son muy productivos y diversos por lo que actúan como oasis en las relativamente más pobres llanuras oceánicas. El banco tiene como principales valores ambientales el gran desarrollo de hábitats vulnerables (arrecifes de corales de aguas frías, corales negros, corales bambú y esponjas de cristal), sus poblaciones de tiburones de profundidad, su peculiaridad biogeográfica (conjunción de faunas de varias regiones) y su gran riqueza específica.

¿Cuál es la principal amenaza?

Al estar alejado de costa, la influencia humana es pequeña. Su propuesta como zona protegida se debe a un enfoque de precaución, a prevenir un cambio en los usos. Por ahora, los principales riesgos son los cableados transoceánicos, las explotaciones geomineras y los posibles vertidos de petróleo. La actividad pesquera es casi nula.

¿Qué espera que recoja el plan de gestión de este LIC?

Eliminar los impactos derivados de las presiones citadas anteriormente y regular futuras actividades pesqueras. La posibilidad de una protección integral de esta zona no es descabellada por su baja repercusión social y altos valores ambientales.

¿Qué futuro le augura a esta zona?

Un futuro donde los cambios en los ecosistemas sean producto de cambios naturales, por el devenir climático y los ciclos oceanográficos. Será un buen lugar de ensayo de zona control, sin cambios antropogénicos.

¿Cuál ha sido su mayor sorpresa explorando esta zona?

La alta diversidad, la presencia de especies del Atlántico noroeste, Mediterráneo, Africa, Macaronesia... los grandes tiburones de fondo, el gigantismo de algunas especies, la presencia de longevos corales semifósiles... cada día en el banco generaba varias sorpresas para el científico.

¿Qué se ha quedado con ganas de estudiar?

Las paredes del banco. Los flancos de gran pendiente a más de 1500 m solo pudieron ser muestreados con dragas, que mostraron la presencia de hábitats de un enorme interés ambiental. En el banco de Galicia no pudimos realizar campañas con ROV. Es una asignatura pendiente.

¿Volverán pronto a investigar la zona?

La situación de la investigación en España no permite hacer demasiados planes de futuro. El muestreo en estas zonas es extremadamente caro y los recortes presupuestarios extremadamente severos. En cualquier caso, las necesidades de seguimiento que se contraerán con su declaración como área protegida obligarán a actuaciones de seguimiento.

¿Qué ha significado INDEMARES para usted?

Un proyecto enriquecedor, necesario y bellissimo. La oportunidad de trabajar con compañeros excepcionales en una de las zonas más interesantes de nuestros mares. Una combinación reconfortante de haber recibido y aprendido mucho, y haber aportado experiencia y conocimiento. Utilidad y placer.

CULTIVO DEL MERO EN EL CENTRO OCEANOGRÁFICO DE CANARIAS

A finales del año pasado el Centro Oceanográfico de Canarias del IEO consiguió obtener, en su Planta Experimental de Cultivos Marinos, los primeros ejemplares de mero (*Epinephelus marginatus*) nacidos en cautividad en el archipiélago.

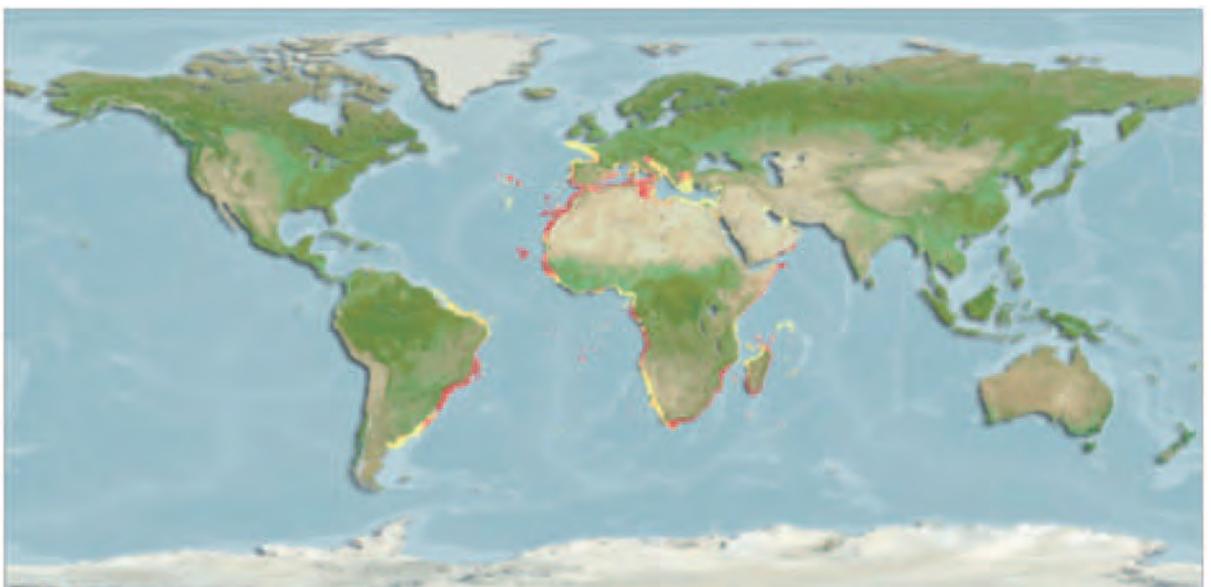
texto y fotografías Salvador Jerez

EL MERO (*Epinephelus marginatus*) es un serránido que se distribuye en los fondos rocosos del Mediterráneo y del Atlántico, a lo largo de la costa sudamericana desde Brasil a Argentina en el Atlántico occidental, y desde las Islas Británicas hasta el extremo sur de África en la parte oriental, continuando hasta el sur de Mozambique y Madagascar en el Índico occidental (Figura 1).

Los juveniles encuentran refugio más próximos a la costa, mientras que los adultos, muy territoriales, sedentarios y solitarios, aprovechan rocas y cuevas en fondos rocosos, preferentemente desde la superficie hasta los 50 metros de profundidad, aunque puede alcanzar los 250, agrupándose durante la época reproductiva.

Es un pez con un cuerpo robusto, cubierto de pequeñas escamas pectinadas, y una cabeza con ojos y boca de gran

FIGURA 1.



Mapa de distribución del mero *Epinephelus marginatus* (Fish Base).

FIGURA 2.

El mero, *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834).

tamaño, cubierta con escamas cicloides. La maxila alcanza o supera ligeramente la vertical del borde posterior del ojo. Las mandíbulas poseen pequeños dientes puntiagudos. Presenta un opérculo con 3 espinas y un preopérculo redondeado y aserrado (Figura 2).

La coloración del cuerpo es variable, aunque normalmente es marrón oscuro o rojizo, con manchas de color blanquecino o amarillento dispersas en el dorso y laterales, y vientre amarillento. La aleta dorsal, con 11 radios duros y entre 14 y 16 radios blandos, presenta ribetes de color naranja, mientras que la aleta anal, con 3 radios duros y entre 8 y 9 radios blandos, y las aletas pectorales, con un repliegue cutáneo escamoso en el borde superior de su base, son ribeteadas de blanco o azul claro. La aleta caudal presenta un borde característico de forma ligeramente redondeada y color blanco.

El mero es un gran predador, muy voraz y glotón, que utiliza como táctica la caza al acecho, esperando escondido en cuevas y grietas a sus presas. Sus hábitos alimenticios cambian a lo largo de su vida. Después de la etapa larvaria en la que se alimenta de zooplankton, su abanico de presas va incluyendo peces, cangrejos y cefalópodos, especialmente el pulpo, por el que siente especial predilección.

Se trata de una especie hermafrodita protogínica que alcanza la madurez sexual como hembra a los 5 años y 40 cm aproximadamente invirtiendo de sexo y funcionando sexualmente como macho entre los 9 y 16 años y 80 a 90 cm, aunque pueden alcanzar hasta 150 cm y 50 kg, pudiendo llegar a vivir más de 50 años. En verano, los ejemplares maduros forman agregaciones emitiendo las hembras huevos pelágicos que son fertilizados por los machos. Aunque su mortalidad natural es baja, la combinación de lento crecimiento y maduración e inversión sexual tardía, junto a la presión pesquera a la que se ha visto sometida esta codiciada especie, ha provocado el descenso global de sus poblaciones, siendo clasificada como especie en peligro de extinción por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza.

El mero tiene una carne semigrasa de excelente calidad, lo que la convierte en una especie de gran valor gastronómi-

FIGURA 3.

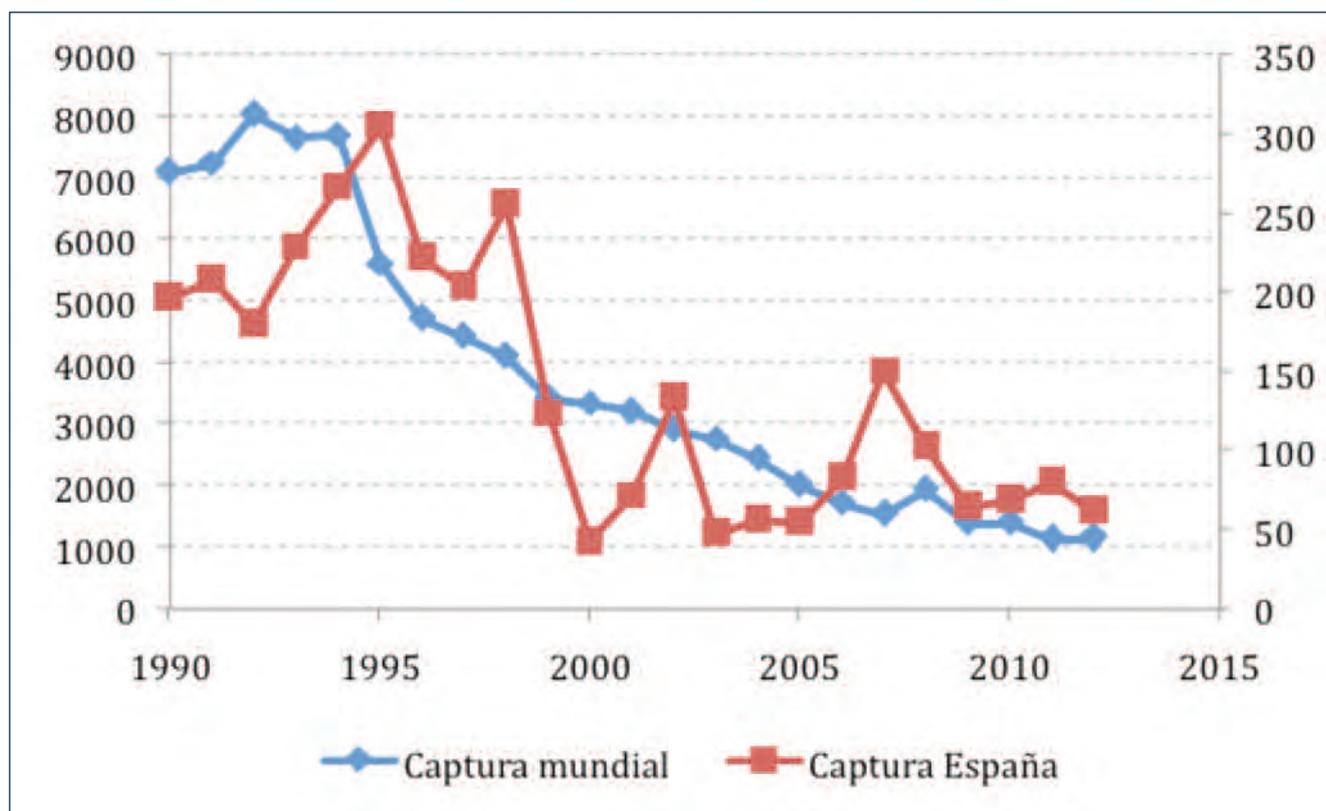


Pesca artesanal del mero. Foto: S. Jerez.

co y económico, alcanzando precios de referencia próximos a los 20 €/kg, aunque se llegan a alcanzar en el mercado precios de hasta 50 €/kg. Constituye un importante recurso en pesquerías locales y también son objeto de una pesca deportiva, que ha provocado la disminución de las poblaciones naturales más cercanas a la costa (Figura 3). Las poblaciones oceánicas también sufren una pesca comercial que ha provocado una importante disminución del volumen de capturas en los últimos años.

A nivel mundial, más del 80% de la captura comercial de mero (*E. marginatus*) se realiza por países ribereños en el Mediterráneo-Mar Negro. El volumen de captura ha descendido de forma acusada en las últimas décadas, pasando de capturas superiores a 7000 tn en 1990 a algo más de 1000 tn en 2012 (FAO). La captura española, realizada en el Mediterráneo y Atlántico norte y centrorientado, ha mostrado la misma tendencia, con una captura anual ligeramente superior a las 50 tn en los últimos años (Figura 4).

**SE TRATA DE UNA ESPECIE
HERMAFRODITA PROTOGÍNICA QUE
ALCANZA LA MADUREZ
SEXUAL COMO HEMBRA A LOS 5
AÑOS E INVIERTE DE SEXO ENTRE
LOS 9 Y 16 AÑOS**



Capturas (t) mundial y española de mero en el periodo 1990-2012 (FAO y www.magrama.gob.es).

Actualmente se cultivan diferentes especies de Epinephelinae, principalmente en el Sudeste Asiático, pero también en EEUU y la zona del Caribe. En líneas generales, estos cultivos se desarrollan con juveniles mantenidos en tanques, estanques en tierra o jaulas, realizando clasificaciones periódicas por tamaños, hasta que se transfieren a jaulas de producción, que van aumentando en volumen y luz de malla en función del crecimiento experimentado por los ejemplares alimentados con pescado de bajo valor comercial o piensos.

Gran parte de estos juveniles son capturados del medio natural, impactando negativamente en las poblaciones salvajes, debido a la escasa o nula producción en cautividad que se tiene en estas especies y que constituye el principal problema para su cultivo.

En este sentido, muchos países y organizaciones están aplicando medidas de conservación a la vez que realizando un gran esfuerzo investigador para el desarrollo del ciclo biológico completo en cautividad de estas especies, muchas de ellas particularmente difíciles. Esto permitirá, por un lado abastecer de forma sostenible a la acuicultura, y por otro proteger a las poblaciones de la sobrepesca, reduciendo la presión pesquera ejercida sobre ellas.

En el caso concreto del mero (*E. marginatus*), diferentes países del Mediterráneo iniciaron las investigaciones relacionadas con su cultivo en la década de los 90. En España, las primeras experiencias consistieron en el engorde de ju-

ACTUALMENTE SE CULTIVAN DIFERENTES ESPECIES DE EPINEPHELINAE, PRINCIPALMENTE EN EL SUDESTE ASIÁTICO, PERO TAMBIÉN EN EEUU Y LA ZONA DEL CARIBE

veniles, pero fue a finales de los 90 cuando se redobla el esfuerzo investigador, capturando ejemplares salvajes, que después de su adaptación a las condiciones de cautividad, constituirían los grupos de reproductores para llevar a cabo su reproducción. Actualmente se ha realizado el ciclo biológico completo (cultivo larvario, preengorde y engorde en tanques y jaulas y repoblación en el mar) con resultados alentadores.

La formación inicial del grupo de reproductores de mero mantenidos en el Centro Oceanográfico de Canarias se realizó a partir de ejemplares de pequeño tamaño (200 g y 22 cm) capturados por pescadores profesionales. Una vez en los tanques, los ejemplares fueron sometidos a tratamientos de cuarentena e identificados individualmente con microchip (PIT-Passive Integrated Transponder) (Figura 5).

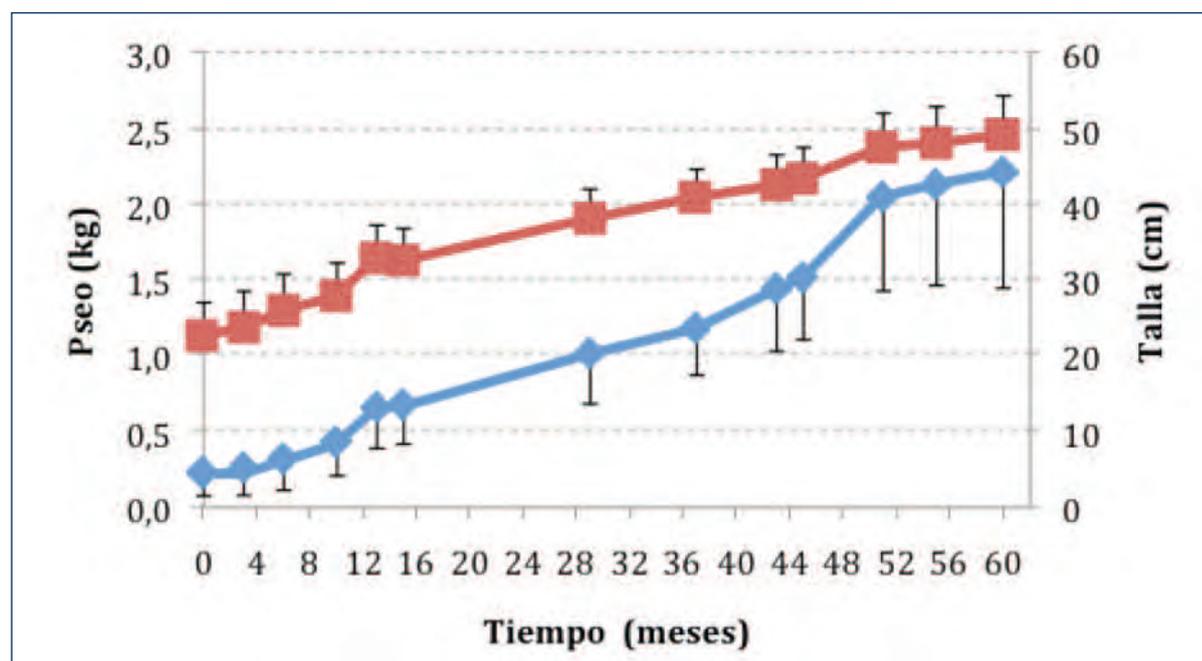
Los ejemplares fueron cultivados en un tanque interior rectangular de 10 m³ de volumen provisto de tubos de

FIGURA 5.



Manejo de ejemplares de mero para su identificación durante las operaciones de cultivo.

FIGURA 6.



Crecimiento en talla y peso mostrado por los ejemplares mantenidos en las instalaciones del Centro Oceanográfico de Canarias durante los primeros 60 meses de cautividad.

PVC que simulaban refugios. La renovación del tanque (30-50% hora) y aireación permitió mantener los niveles de oxígeno adecuados. Las condiciones de luz atenuada y temperatura ($21,4 \pm 1,7$ °C) fueron las naturales de la zona. Desde su llegada a la instalación los ejemplares han sido alimentados con pescado (caballa) a saciedad y ocasionalmente con cefalópodos 3 veces/semana. En estas condiciones los meros mostraron una talla y peso de $49,0 \pm 5,4$ cm y $2,2 \pm 0,8$ kg, respectivamente, a los 5 años (Figura 6). El uso de microchip de identificación ha permitido realizar el seguimiento individualizado, determinando el crecimiento de cada uno de los ejemplares. Así, se ha observado un crecimiento más acusado en algunos de los ejemplares, a partir de los 5 años, que podrían estar relacionados con aspectos reproductivos (Figuras 7 y 8). La maduración tardía como hembra (más de 5 años) y posterior inversión sexual a macho (más de 9 años) que tiene lugar en el mero constituye, por sí solo, un serio hándicap

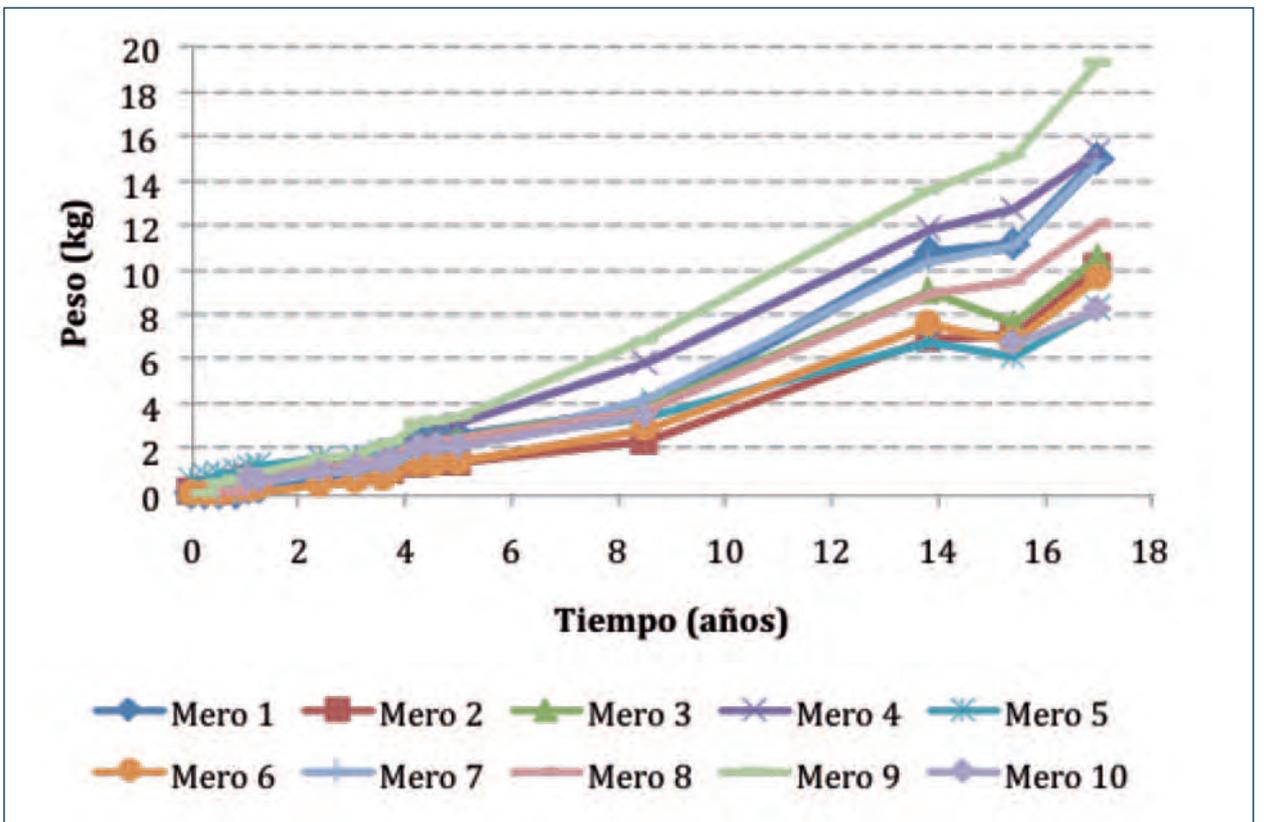
para el desarrollo de su cultivo comercial y la sostenibilidad de las poblaciones salvajes. Además, el éxito reproductivo en cautividad depende de la adecuada combinación de una multitud de factores externos e internos (ambientales, hormonales, sociales, genéticos, nutricionales, etc.) que den lugar a la satisfactoria maduración y emisión de gametos por parte de los reproductores. Se han utilizado terapias hormonales, aplicando 17 metiltestosterona, para provocar la inversión sexual de las hembras con la intención de acortar los tiempos necesarios para obtener ejemplares machos en un grupo de reproductores y más recientemente también se han ensayado técnicas de crioconservación de esperma con el fin de obtener descendencia en el menor tiempo posible. Pero aun sin provocar esta inversión o disponer de semen crioconservado, la influencia de los factores anteriormente mencionados, hacen que los reproductores no lleguen a madurar, y en el mejor de los casos, no lleguen a repro-

FIGURA 7.



Muestreo de ejemplares de mero.

FIGURA 8.



Crecimiento individualizado en peso mostrado por ejemplares mantenidos en cautividad en las instalaciones del Centro Oceanográfico de Canarias hasta el momento actual.

ducirse de forma natural, por lo que también se han aplicado terapias de inducción a la puesta (inyecciones de gonadotropinas corionicas -hCG, hormona sintética liberadora de las gonadotropina- GnRHa inyectada e implantada) con mayor o menor éxito en función del estado de madurez de los ejemplares (Figura 9). Sin embargo, los resultados en cuanto a cantidad de huevos y calidad de puesta han sido muy inferiores a los obtenidos a partir de puestas obtenidas de forma natural, lo que ha ocurrido en contadas ocasiones.

En las instalaciones del Centro Oceanográfico de Canarias se han obtenido recientemente puestas naturales de mero que han permitido estudiar y desarrollar diferentes fases del cultivo de esta especie.

Las primeras emisiones naturales de huevos se obtuvieron a partir de un grupo de reproductores situados en un tanque de 10 m³, con un peso y talla media de 2,2 ± 0,8 kg y 49,0 ± 5,4 cm, respectivamente, en julio de 2003, aunque estos no estaban fertilizados. El número de puestas y la cantidad de huevos emitidos aumentó considera-

FIGURA 9.



Muestreo de ejemplares de mero para la determinación del sexo y estado de madurez mediante masaje abdominal y biopsia gonadal.

FIGURA 10.



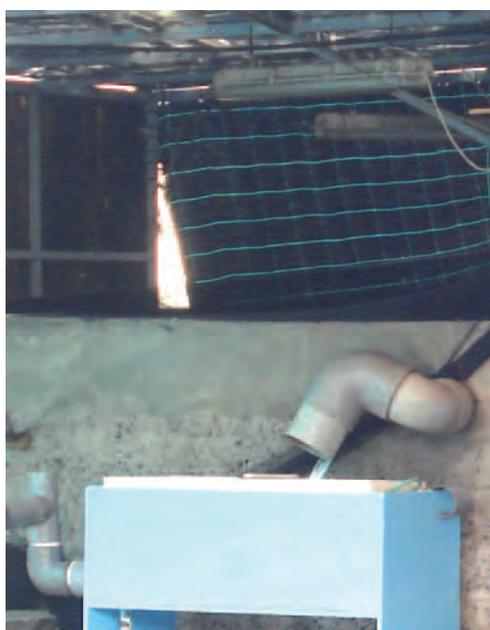
Huevos fertilizados de mero.

blemente en el año 2009, cuando se obtuvieron puestas espontáneas no fertilizadas durante el mes de junio, con ejemplares de peso y talla media de $3,7 \pm 1,4$ kg y $56,6 \pm 0,6$ cm, respectivamente.

Pero ha sido a partir del año 2012, coincidiendo con el traslado del grupo de reproductores ($8,3 \pm 3,3$ kg de peso y $73,5 \pm 8,8$ cm de talla) a un tanque de 50 m^3 , cuando se han obtenido los mejores resultados de puesta, con una cantidad de huevos anual creciente y, lo más importante, fertilizados a partir del año 2013.

En 2012 las puestas se obtuvieron en los meses de junio y julio, mientras que en 2013 y 2014 la duración del periodo de puesta fue similar, con la diferencia de que mientras en 2013 se inició en junio y finalizó en septiembre, en 2014 las primeras puestas tuvieron lugar en mayo y las últimas en agosto, coincidiendo estos resultados con los obtenidos en latitudes próximas.

FIGURA 11.



Tanque de reproductores de mero de 50 m^3 de volumen, provisto de rebosadero superficial para la recogida de puestas



FIGURA 12.

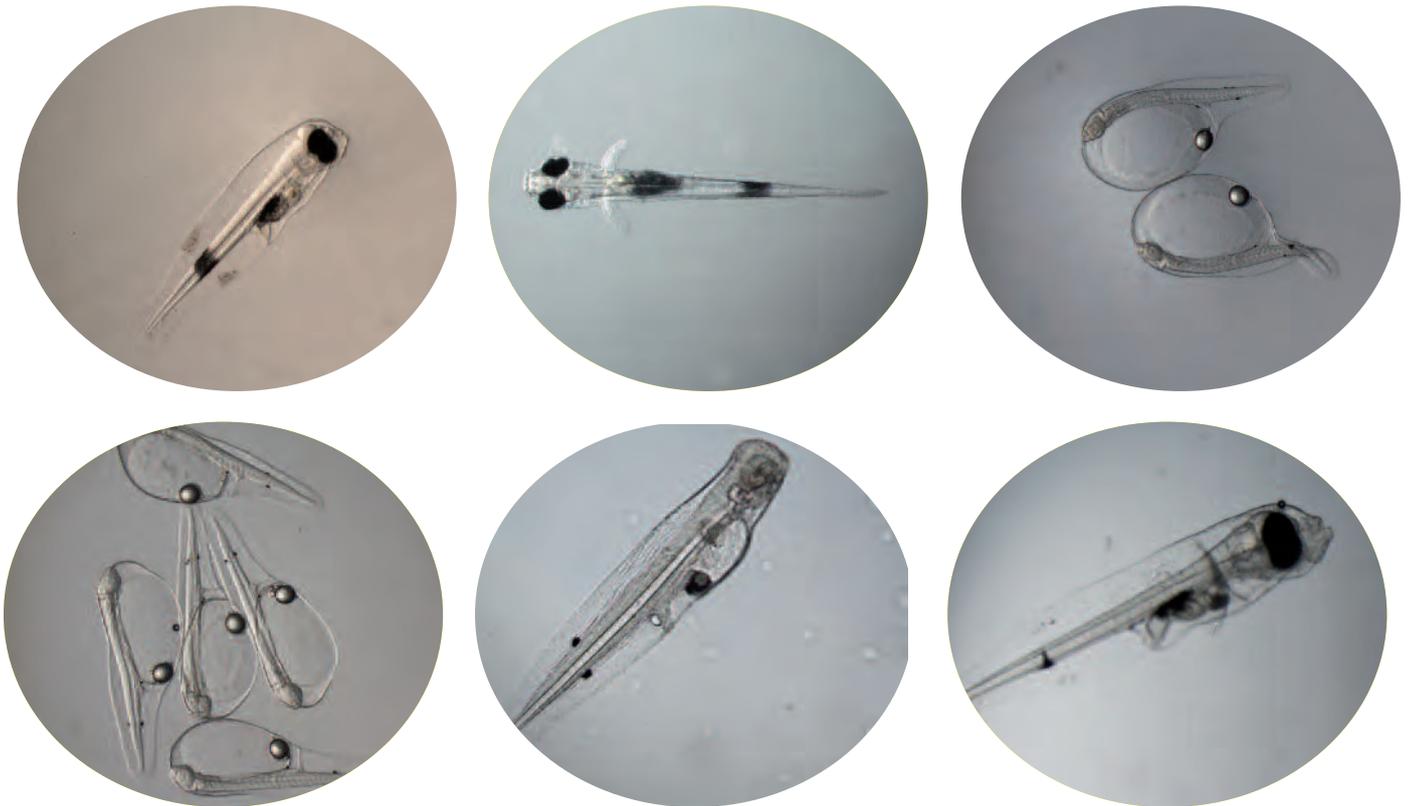


FIGURA 13.

Diferentes imágenes del desarrollo larvario de larvas de mero.

Los huevos emitidos, con un diámetro de $0,952 \pm 0,039$ mm y una gota lipídica esférica de $0,172 \pm 0,030$ mm de diámetro, se incubaron en tanques cilindro cónicos con renovación de agua y aireación constante en condiciones naturales de temperatura ($23,2$ °C) (Figura 11).

El desarrollo embrionario hasta la eclosión fue inferior a las 48 horas. La larva recién eclosionada, con una longitud total de $2,023 \pm 0,043$ mm, presentó un saco vitelino y una gota lipídica de $1,080 \pm 0,074$ mm de largo y $0,198 \pm 0,013$ mm de diámetro, respectivamente, que constituyen las reservas a partir de las cuales la larva desarrolla las estructuras y órganos necesarios para alimentarse.

A medida que estas reservas se agotan, se va formando la boca, pigmentando los ojos y el aparato digestivo adquiere continuidad hasta el ano. La larva, de aproximadamente 2,7 mm de largo a las 24 horas, ha consumido la



Tanque de cultivo larvario de gran volumen (32 m³) utilizado en el cultivo de mero.

mayor parte de sus reservas a las 72 horas, con tan solo unos 3 mm de largo (Figura 12).

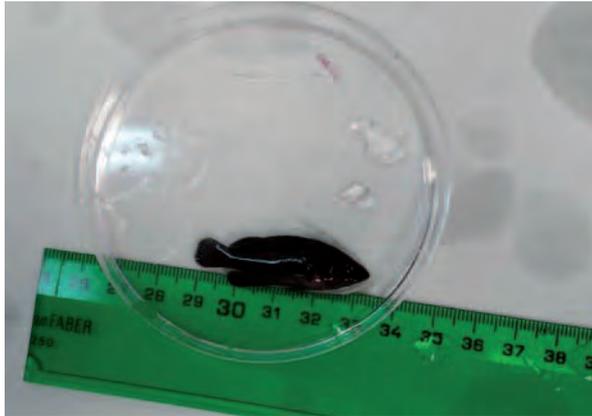
En nuestras instalaciones, se ha desarrollado el cultivo de larvas recién eclosionadas en tanques de gran volumen (32 m³) a baja densidad (5 larvas/l), siguiendo una secuencia típica de alimentación larvaria (Figura 13). Diariamente se añadió fitoplancton (*Chlorella sp*) entre el día 1 y 25 de edad. Entre el día 2 y 25 de cultivo se añadió rotíferos enriquecidos *Brachionus plicatilis*, como presa inicial, a una densidad de 3 rotíferos/ml, que se solapó, a par-

A PARTIR DEL 2012, COINCIDIENDO CON EL TRASLADO DEL GRUPO DE REPRODUCTORES A UN TANQUE DE 50 M³, SE HAN OBTENIDO LOS MEJORES RESULTADOS DE PUESTA, CON UNACANTIDAD DE HUEVOS ANUAL CRECIENTE Y, LO MÁS IMPORTANTE, FERTILIZADOS A PARTIR DEL 2013

FIGURA 14.



Aspecto de la larva de mero a 24 días de edad y ejemplar de 55 días de edad.



Ejemplares de mero nacidos en cautividad en las instalaciones del Centro Oceanográfico de Canarias.

FIGURA 15.



Ejemplares de mero nacidos en cautividad en las instalaciones del Centro Oceanográfico de Canarias.



FIGURA 16.



Carácter gregario de los ejemplares de mero de pequeño tamaño.

tir de los 15 días, con la adición de nauplios de *Artemia salina* a una densidad inicial de 0,2 nauplios/ml incrementándose a 2 nauplios/ml a los 45 días. La alimentación con pienso (200-300 micras) se inició a los 25 días repartiéndolo a lo largo del día y aumentando en cantidad y tamaño de granulo con el avance del cultivo.

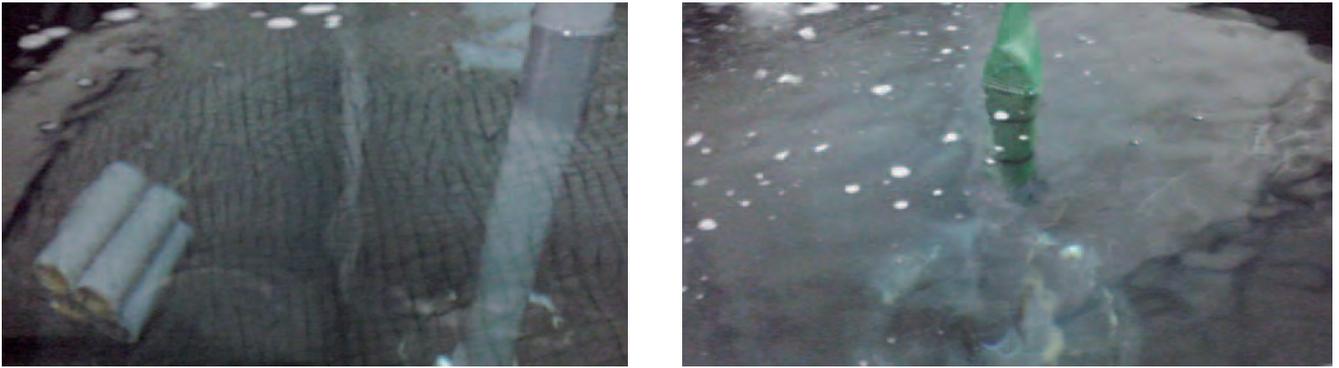
Con esta secuencia de alimentación las larvas alcanzaron una talla de 3,2 mm a los 13 días, 5,5 mm a los 24 días y 43 mm de talla y 1,2 g de peso a la edad de 54 días, momento en el que mostraron un comportamiento agresivo entre ellas, aunque no se detectó mortalidad (Figura 14). Durante este periodo, la renovación de agua filtrada (10 micras) fue continua, incrementándose el caudal paulatinamente desde los 5 l/m al inicio a más de 100 l/m² a los

50 días. Esta renovación y la aireación continua permitieron una saturación de oxígeno superior al 95% y una temperatura media de $24,2 \pm 0,6$ °C.

Las condiciones de luz mantenidas durante el cultivo permitieron una intensidad de 350-400 luxes en la superficie del tanque. Sin embargo, la distribución de los individuos fue heterogénea, buscando la zona más profunda del tanque, relacionado aparentemente con una menor intensidad de luz, aspecto a considerar en futuros cultivos.

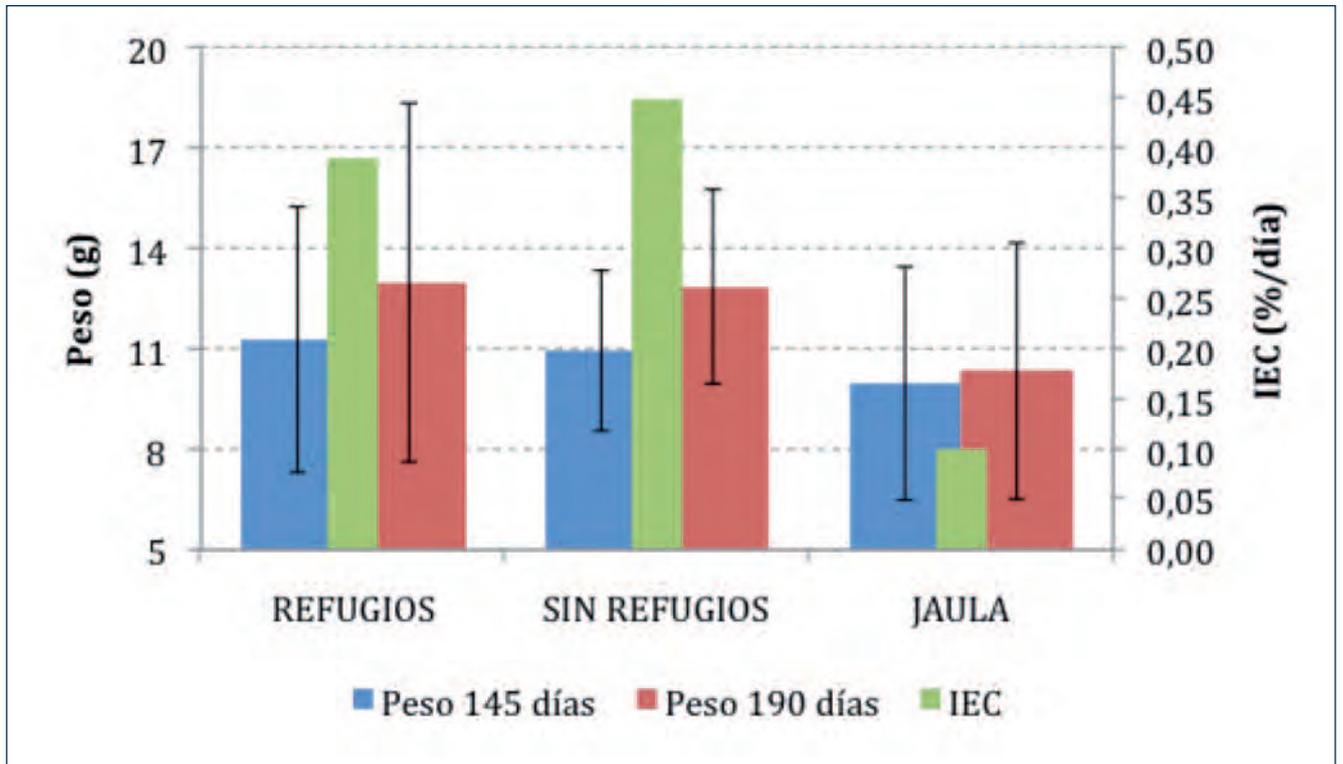
Los ejemplares de mero fueron alimentados con pienso comercial de tamaño creciente desarrollado para otras especies entre los 55 y 155 días. El alimento se administró de forma manual, repartido en siete tomas diarias durante las horas de luz. Con una renovación de agua continua supe-

FIGURA 17.



Detalle de los sistemas de cultivo ensayados en tanques de 1 m³ de volumen para el preengorde de meros (Izquierda: presencia de refugios, derecha: tanque sin refugios,).

FIGURA 18.

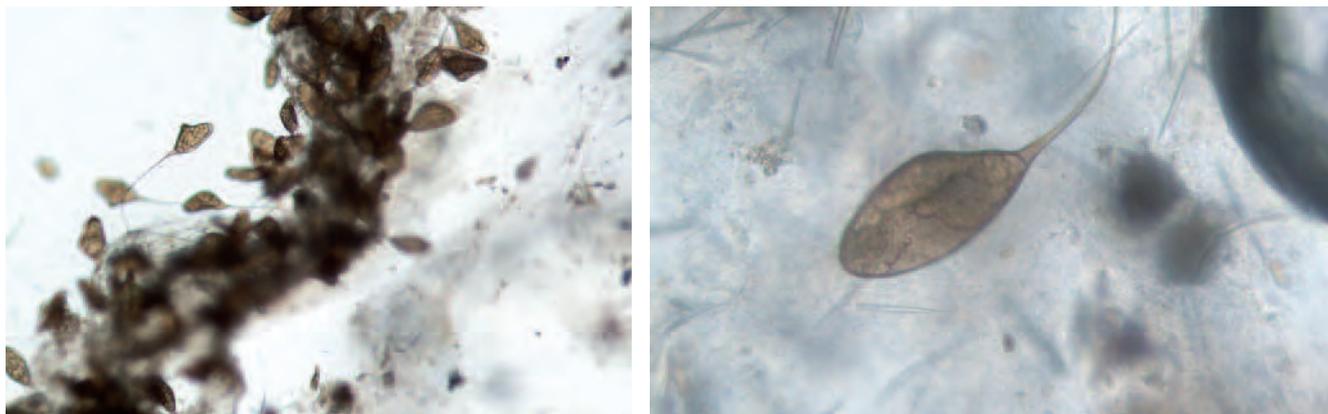


Crecimiento en peso e Índice Específico de Crecimiento (IEC) de los ejemplares de mero sometidos a diferentes tratamientos de cultivo.

rior a los 120 l/m² y la retirada del alimento no consumido al final del día, se mantuvieron una adecuada limpieza del tanque y una saturación de oxígeno superior al 95%. Durante este periodo los alevines duplicaron su talla, creciendo desde 4,3 cm a los 55 días a 8,3 cm a los 155 días, y multiplicaron su peso por 9, alcanzando los 10,6 g, con una supervivencia del 100% (Figura 15). Aun cultivándose en un tanque de gran volumen, los ejemplares se concentraban preferiblemente al abrigo de cualquier estructura existente como por ejemplo los tubos de desagüe (Figura 16). El carácter tímido y asustadizo y su comportamiento de alimentación se consideran un inconveniente más para el desarrollo de su cultivo. El mero se alimenta de forma pasiva, esperando el alimento, por lo que existe la idea de que su cultivo en jaulas supondría la pérdida de gran parte del alimento.

Para contrastar estos aspectos actualmente se está realizando el seguimiento de ejemplares de mero nacidos en cautividad mantenidos en tanques bajo tres condiciones de cultivo diferentes: la presencia de refugios, constituidos por tubos de PVC en el interior del tanque, la ausencia de dichos refugios y el cultivo en jaula, convenientemente separada de las paredes y fondo del tanque (Figura 17). Durante su cultivo los grupos están siendo alimentados con el mismo pienso en igual cantidad y repartido cuatro veces al día. Los resultados obtenidos hasta el momento indican el mejor crecimiento de los ejemplares mantenidos en tanques desprovistos de refugios, mientras que los ejemplares mantenidos en jaula muestran el Índice Específico de Crecimiento (IEC) más bajo (Figura 18). El mero no ha mostrado graves problemas patológicos durante su cultivo en las instalaciones del Centro Oceano-

FIGURA 19.



Huevos de monogoneos recolectados en el tanque de cultivo de reproductores mediante colectores de malla.

FIGURA 20.



Detalle de los sistemas de cultivo ensayados en tanques de 1 m³ de volumen para el preengorde de meros (Izquierda: presencia de refugios, derecha: tanque sin refugios.).

gráfico de Canarias. Aunque los ejemplares en cultivo muestran la presencia de monogoneos, estos aparentemente no causan mortalidad (Figura 19). Ocasionalmente se les ha administrado terapéuticos en forma de baños cuando la concentración de huevos de estos monogoneos, recogidos en los colectores diseñados en la instalación, se ha considerado alta.

Las mortalidades ocurridas fuera del periodo de adaptación de los ejemplares a la cautividad, se relacionan con accidentes (saltos de los ejemplares) o en momentos puntuales relacionados con la puesta. Algunos reproductores han mostrado, tras su disección, vejigas natatorias excesivamente llenas de gases y gónadas (ovarios) con oocitos en estado de sobremaduración (Figura 20).

En cuanto a los ejemplares nacidos en cautividad no han mostrado hasta el momento malformaciones ni síntomas patológicos causantes de mortalidad. Durante el preengorde la supervivencia hasta el momento ha sido del 100%.

Los logros alcanzados hasta ahora en el cultivo del mero son prometedores. La obtención de puestas naturales de forma regular, y previsiblemente, en mayor cantidad y de mejor calidad en los próximos años, permitirá estudiar los patrones de emisión (frecuencia) y su relación con aspec-

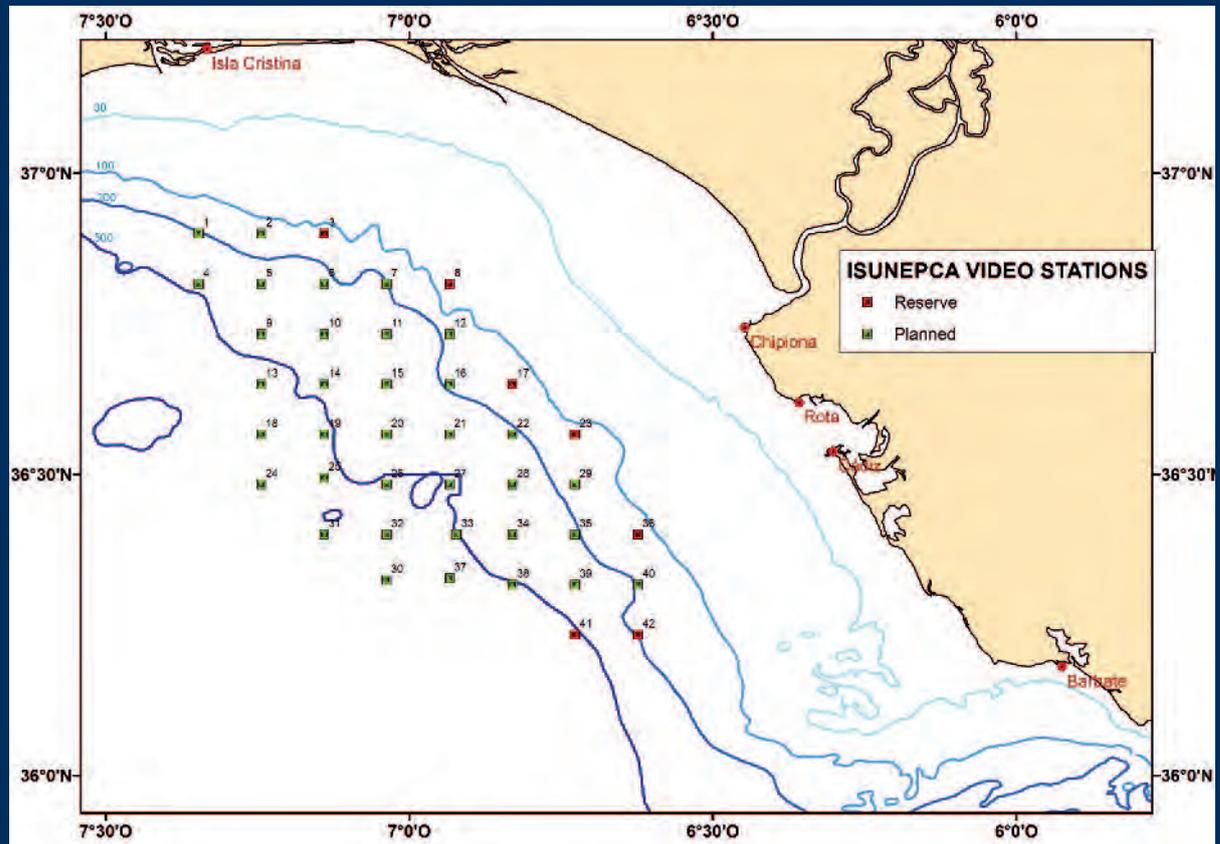
EL MERO NO HA MOSTRADO GRAVES PROBLEMAS PATOLÓGICOS DURANTE SU CULTIVO EN LAS INSTALACIONES DEL CENTRO OCEANOGRÁFICO DE CANARIAS.

tos sociales del grupo. Posibles estudios de las puestas y/o la descendencia, utilizando herramientas genéticas, permitirían establecer el parentesco y la participación de sexos e individuos en las emisiones. La aplicación de las novedosas técnicas de crioconservación de esperma desarrolladas hasta el momento también podrían mejorar los rendimientos de puesta en cautividad obtenidos hasta ahora. Por otra parte, el desarrollo de los protocolos de cultivo en todas las fases del ciclo biológico de la especie permitirá optimizar los resultados, incrementando la calidad de las puestas obtenidas y la supervivencia y crecimiento de los ejemplares cultivados.

Estos aspectos son de gran relevancia no solo para el cultivo comercial de la especie sino también para facilitar la recuperación de las poblaciones salvajes mediante adecuados planes de repoblación.

IMÁGENES DE VIDEO SUBMARINO COMO HERRAMIENTA PARA LA ESTIMACIÓN DE LA ABUNDANCIA DE CIGALA EN EL GOLFO DE CÁDIZ

Texto Yolanda Vila, Candelaria Burgos, José Luis Rueda, Ignacio Sobrino, Mar Soriano, Carlos Farias, Marina Gallardo, Cristina Barragán e Isabel González-Herráz



Parrilla de estaciones en la campaña ISUNEPCA_0814.

LA CIGALA

Nephrops norvegicus es uno de los crustáceos de importancia comercial explotados en el golfo de Cádiz por una flota de arrastre altamente multiespecífica. Esta especie se distribuye entre 200 m y 700 m en fondos arenosos fangosos, donde el sedimento es adecuado para la construcción de madrigueras que ellas mismas excavan y donde habitan. El stock de cigala del golfo de Cádiz, correspondiente a la Unidad Funcional 30 (UF 30), Subdivisión IXa del ICES (International Council for the Exploration of the Sea), ha sido clasificado por este organismo como un stock con datos limitados (Data Limited Stocks) (ICES, 2012) lo que significa que no existe evaluación analítica para esta UF, siendo el consejo de gestión conservativo.

Históricamente, la evaluación y el consejo de gestión de los stocks de cigala en el seno de ICES se han basado en el análisis de cohortes de tallas o en una evaluación basada en edades (ICES, 2004). No obstante, la evaluación analítica de dichos stocks ha sido problemática. La ausencia de estructuras duras y permanentes donde quedan reflejadas marcas indicativas de la edad, la variabilidad en el crecimiento y el dimorfismo sexual en relación a la tasa de crecimiento dificulta el uso de modelos de evaluación basados en la edad. Por otro lado, las descargas no registradas o medidas poco precisas del esfuerzo pesquero han puesto en evidencia la evalua-

ción basada en datos dependientes de la pesquería en algunos stocks de cigala. Finalmente, la variabilidad en el comportamiento de salida y entrada de las madrigueras de esta especie está influenciada por diferentes factores como son la hora del día, la estación del año, el sexo o el estado reproductivo provocando que las tasas de captura por arrastre sean poco representativas de la población. Todo esto ha favorecido investigar alternativas. El uso de imágenes de video submarino para la estimación de la abundancia de cigala y la metodología asociada fueron desarrollados en Escocia a principios de los 90. Este método se basa en el hecho de que la cigala vive dentro de madrigueras que pueden ser identificadas y cuantificadas en un área conocida, obteniéndose una estimación de la densidad de madrigueras que puede ser usada como un índice de abundancia del stock (ICES, 2007). En la última década, se ha realizado un importante esfuerzo en la estandarización del método y la cuantificación de las incertidumbres asociadas al mismo (Campbell et al., 2008; ICES, 2010). Actualmente, ICES considera esta metodología como la más apropiada por el momento y sugiere que, en la medida de lo posible, las denominadas *TV surveys* o campañas de televisión sean empleadas para obtener una estimación absoluta de la biomasa de cigala y sirvan como base del consejo de gestión. Así, las campañas de televisión se han extendido de forma lineal a un gran número de stocks de cigala



Trineo fotogramétrico usado en la campaña ISUNEPCA_0814.

en el Atlántico y Mediterráneo siendo alrededor de 18 stocks los que han sido prospectados con este tipo de campañas en 2014.

En los últimos tiempos las imágenes submarinas se han revelado también como una herramienta útil para la evaluación del impacto de actividades humanas (incluyendo la pesca) y estudios de la biodiversidad marina. En este sentido, las campañas de TV pueden ser una buena plataforma para la caracterización y cartografiado de hábitats bentónicos, monitoreo de la biodiversidad marina y evaluación del impacto de la pesca.

El Proyecto ISUNEPCA (“Estimación de la abundancia de cigala en el golfo de Cádiz a través de imágenes submarinas”), subvencionado por la Fundación Biodiversidad y el Fondo Europeo de la Pesca, fue desarrollado en 2014 por investigadores de los Centros Oceanográficos de Cádiz, Málaga y Coruña con objeto de poner a punto la metodología sugerida por ICES para la estimación de la abundancia del stock de cigala del golfo de Cádiz y poder así iniciar una serie de campañas anuales que permitan estimar el tamaño del stock independientemente de la pesquería, su estado de explotación y aconsejar opciones de captura para este stock. Adicionalmente, el área de distribución de la cigala en las costas gallegas (UF25 y UF26) ha sido estudiada como paso previo a la realización de campañas de TV en un futuro. Como ob-

jetivos secundarios, el proyecto ISUNEPCA ha permitido caracterizar los hábitats presentes, cuantificar la abundancia de otras especies macrobentónicas de interés en el área de distribución de la cigala y su relación con las variables ambientales.

Metodología

El primer paso para establecer el área a prospectar en una campaña dirigida a la estimación de la abundancia de cigala es delimitar su área de distribución. Para ello, se ha analizado la información recopilada por el sistema de seguimiento mediante localización vía satélite VMS (*Vessel Monitoring System*) de la flota de arrastre que opera en el golfo de Cádiz y en las costas gallegas durante el periodo 2012-2013 en conjunción con los diarios de a bordo, permitiendo estimar la actividad pesquera dirigida a la cigala en el área de estudio. Como complemento, y con objeto de delimitar de manera más precisa el área de distribución de la población de cigala, se ha analizado la distribución y abundancia de esta especie a partir de la información disponible de las series de campañas de evaluación de recursos demersales en el golfo de Cádiz (serie ARSA: 1994-2013) y en la fachada noratlántica (serie DEMERSALES).

La campaña exploratoria ISUNEPCA_0814 se desarrolló del 22 de agosto al 2 de septiembre de 2014 en aguas

del golfo de Cádiz a bordo del buque oceanográfico *Ángeles Alvariño* del IEO. La parrilla de estaciones siguió un muestreo isométrico aleatorio con una separación equidistante entre estaciones de 5 Km cubriendo el área comprendida entre la isóbata de 200 m y la de 700 m de profundidad donde se distribuye el recurso de la cigala. Se planearon un total de 42 estaciones de las cuales 7 fueron consideradas como de reserva (Figura 1). En cada una de las estaciones se tomaron imágenes submarinas mediante el arrastre sobre el fondo de un trineo con una cámara de video acoplada. Para ello, se empleó el trineo fotogramétrico TST-HORUS (Figura 2) con un diseño basado en Shand & Priestley (1999) tal y como recomienda el *Workshop on the Use of UWTV Surveys for Determining Abundance in Nephrops Stocks throughout European Waters (WGNEPHTV)* (ICES, 2007). De acuerdo con los requerimientos de este *workshop*, la cámara de video se dispuso con una inclinación de 45° respecto al fondo y el campo de visión fue de 75 cm quedando confirmado por dos punteros láser. Este equipo permite obtener imágenes de video de alta resolución a tiempo real. Cuenta con una unidad de cubierta la cual está en conexión con su análogo instalado en el trineo y con el equipo del buque, ofreciendo a tiempo real datos de la posición geográfica del trineo gracias al sistema de posicionamiento acústico HiPAP permitiendo así, el cálculo de la distancia recorrida por el trineo en cada estación. Una vez el trineo estuvo estable en el fondo, fue arrastrado a una velocidad de 0.5 nudos sin cambiar el rumbo durante 13 minutos. Los videos fueron grabados en la memoria interna del sistema de imagen del trineo y descargadas después de cada estación. De acuerdo con las recomendaciones del *WKNEPHBID (Workshop and training course on Nephrops burrow identification)* (ICES, 2008), todos los científicos fueron entrenados y familiarizados con la identificación de madrigueras de cigala usando material de entrenamiento validado a partir de videos de referencia. Los conteos individuales de cada lector fueron contrastados con los conteos de referencia mediante el coeficiente de correlación de Linn's (CCC). Un valor de CCC igual o mayor a 0.5 fue considerado como aceptable para que un lector fuese considerado como válido para la cuantificación de madrigueras de cigala. Los videos de cada una de las estaciones fueron visionados por dos científicos entrenados independientemente uno de otro. Se contaron los sistemas de madrigueras más que entradas individuales como aquellos sistemas que atraviesan la línea inferior de la pantalla y caen dentro del campo de visión determinado por los dos láseres. En los casos en los que la mitad o más de la mitad del sistema aparecen en los bordes del campo de visión no fueron contados. El número de sistemas de madrigueras de cigala y la actividad de cigala dentro y fuera de las madrigueras fue contado por bloques de 1 minuto. Se asume que cada sistema de madrigueras representa un individuo y que el 100% de ellas están ocupadas. Después de completar todos los conteos, los lectores revisaron de nuevo los videos de

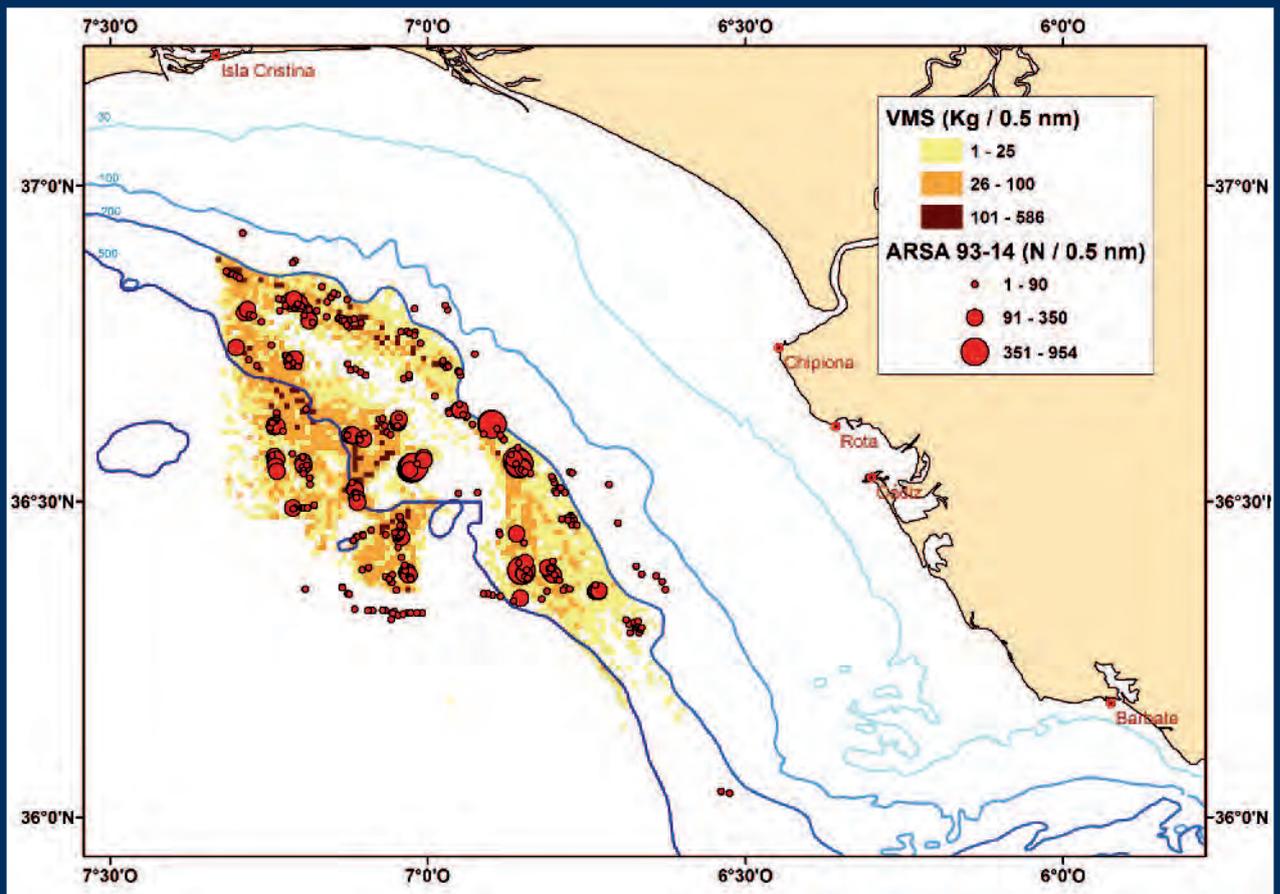
manera conjunta para llegar a un consenso en el número de sistemas de madrigueras.

La estima de la densidad de cigala de cada estación se calculó como el número de sistemas de madrigueras identificado estandarizado a la superficie barrida durante el transecto. Así, la abundancia total vendrá dada por la densidad media ponderada al área total prospectada. Paralelamente se realizó un análisis geoestadístico de dicha variable en el área de estudio, aplicando una interpolación mediante *kriging* ordinario. El resultado del *kriging* se empleó para realizar una segunda estimación de la abundancia de madrigueras de cigala, dividiendo el área en polígonos con igual rango de densidad y ponderando dicha densidad a la superficie de cada polígono.

Los videos usados para la cuantificación de madrigueras de cigala se emplearon también para la identificación de la fauna asociada y el tipo de hábitat presente, así como para obtener información sobre diferentes variables abióticas y antrópicas. Para ello se utilizó la base de imágenes submarinas y de muestras ya identificadas faunísticamente que se obtuvieron en zonas similares exploradas durante el proyecto INDEMARES-Chimeneas de Cádiz. La abundancia se estimó usando un sistema de rango y mediciones de densidad puntual. De cada transecto se calcularon índices ecológicos como la dominancia, la frecuencia, la riqueza específica, abundancia media de cada especie, índice de diversidad de Shannon-Wiener y equirrepartición.

Los datos de temperatura y salinidad de cada estación fueron registrados con un CTD (SBE 37 SM) acoplado al trineo. En cuanto a la toma de muestras de sedimento, se utilizó una draga meso box corer de 30x30. De cada estación se recogieron 2 muestras de los primeros 10 cm, una para el análisis granulométrico y otra para el análisis de materia orgánica (MO) que fueron congeladas inmediatamente para ser procesadas en el laboratorio. El resto del testigo se tamizó utilizando un tamiz de 500 μm y el sedimento retenido fue conservado con formol al 4% tamponado con bórax y teñidos con rosa de bengala para el estudio de la epifauna y endofauna del sedimento. No obstante, el análisis de estas muestras no se encuentra dentro de los objetivos de este proyecto y será abordado en un futuro próximo.

El contenido en MO del sedimento se obtuvo como la diferencia entre el peso seco menos el peso calcinado (4 h a 550°). En cuanto al análisis granulométrico, la muestra una vez tratada con peróxido de hidrógeno, se dividió en dos fracciones mediante tamizado en húmedo a través de un tamiz de 63 μm de luz de malla. El análisis de la fracción gruesa (>63 μm , arena y grava) se realizó mediante columna de tamices de luz de malla decreciente (>2, 1, 0.5, 0.25, 0.125 y 0.063 μm), registrando el peso de las distintas fracciones retenidas en cada tamiz para calcular los porcentajes en peso de sedimento. La fracción fina (<63 μm , limo y arcilla) se analizó con un analizador de tamaño de partículas por difracción láser (Mastersizer 3000, Malvern®). Una vez obtenida la dis-



Actividad pesquera de la flota de arrastre dirigida a la cigala basada en los VMS (2012-2013) y abundancia de cigala obtenida en las campañas de arrastre de evaluación de recursos demersales (a) en el golfo de Cádiz y (b) en las costas gallegas.

tribución de tamaños de grano, se agruparon según las clases granulométricas propuestas por Wentworth (1922) en grava (>2 mm), arena (2 mm-63 μ m), limo (63-4 μ m), y arcilla (<4 μ m). La clasificación textural del sedimento se analizó utilizando los diagramas ternarios propuestos por Folk (1954) y Shepard (1954) para describir los diferentes tipos de sedimentos en función del contenido en arena, limo y arcilla. La estimación de los diferentes indicadores estadísticos de la granulometría del sedimento tales como la moda, la mediana o el grado de selección se realizó mediante el programa estadístico GRADISTAT (Bolt & Pye, 2001).

Con el objetivo de analizar la similitud de las comunidades encontradas en cada uno de los transectos se realizó un análisis multivariante usando PRIMER 6 mediante combinación de nMDS y ANOSIM. Por otro lado, las relaciones existentes entre la densidad de madrigueras y las diferentes variables ambientales (temperatura, salinidad, profundidad, % MO, % arena, grava, arcilla y limo) se abordó mediante el análisis de componentes principales.

Resultados

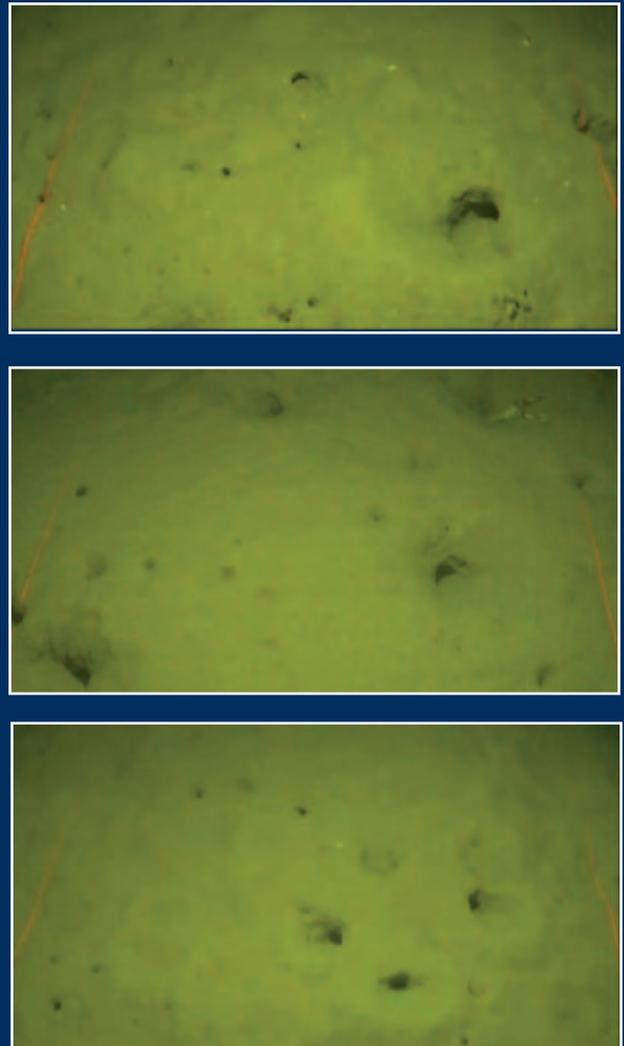
El análisis de los VMS y los diarios de abordaje refleja que la pesca de la cigala en el golfo de Cádiz se desarrolla en el rango de profundidad comprendido entre 200 y 600 m, desde la frontera con Portugal hasta la zona frente a Cádiz, aproximadamente (Figura 3). No obstante, dentro de este área se observan zonas donde la actividad pesquera es escasa o está ausente y que puede ser explicado por la naturaleza del sustrato, tal y como se confirmó después del análisis de los sedimentos, ya que esta especie necesita de fondos de naturaleza fangosa para poder construir sus madrigueras. Adicionalmente, la información derivada de las campañas ARSA reveló que la distribución espacial de la actividad pesquera dirigida a la cigala está en general de acuerdo con la distribución del recurso en el golfo de Cádiz. Teniendo en cuenta todo esto, el área a prospectar por la campaña ISUNEP-CA_0814 se estimó en 2816 Km². Los resultados de la actividad pesquera y las campañas de evaluación obtenidos en la costa gallega se muestran en la figura 3.

Todas las estaciones planeadas fueron completadas pero aquellas consideradas como de reserva no pudieron llevarse a cabo dentro de la ventana temporal de la campaña. Además, no fue posible hacer ninguna estación adicional más allá del área delimitada previamente para la campaña con objeto de asegurar la ausencia de madrigueras y confirmar la frontera o límite del área de distribución de la cigala. Las condiciones de visibilidad fueron muy buenas en la mayoría de las estaciones aunque 10 de las 35 estaciones realizadas tuvieron que ser visitadas de nuevo durante el fin de semana cuando la flota está amarrada ya que la actividad pesquera cercana a las estaciones provocaba la resuspensión de sedimentos. No obstante, las malas condiciones de visibilidad permanecieron en 3 estaciones considerándose nulas después de visionar los videos. Del total de los 32 videos analizados, el 41% presentaron señales de la actividad pesquera siendo la presencia de marcas de arrastre en el total del transecto entre el 15% y el 60% de la duración del mismo.

Los sistemas de madrigueras de cigala observados en los videos pueden tener varias entradas distribuidas normalmente alrededor de un centro común (Figura 4). Al menos una de las aberturas presenta forma de media luna, donde el ángulo de visión permite ver el túnel más allá de esa abertura y cuyo ángulo de descenso es poco profundo. Frecuentemente se observan evidencias de sedimento expulsado distribuido en un amplio delta y aparecen estrías en el sedimento debido a la actividad de los individuos. Adicionalmente, puede haber presencia de cigalas fuera o dentro de la madriguera.

La densidad de madrigueras de cigala para cada una de las estaciones se muestra en la figura 5. La densidad media de madrigueras estimada en la campaña fue de

Figura 4



Diferentes configuraciones de sistemas de madrigueras de cigala: (a) simples, (b) en forma de T, (c) múltiples.

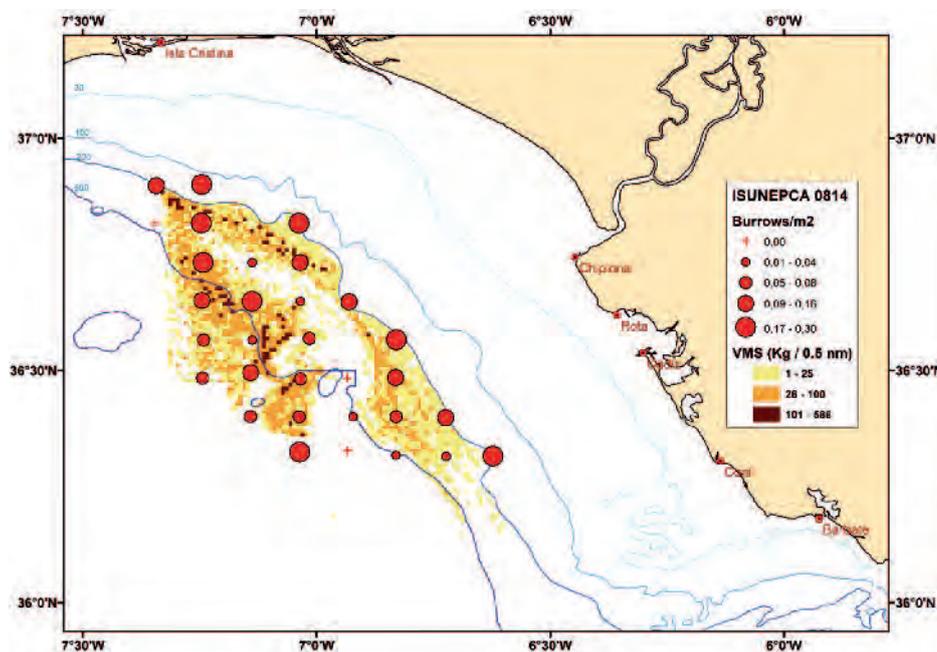


Figura 5

Densidad de madrigueras por estación sobre la distribución de la actividad pesquera dirigida a cigala basada en el análisis de VMS.

0.10 madrigueras/m² con un rango de observaciones entre 0 y 0.3 madrigueras/m². El número total de madrigueras contadas durante la campaña ponderados al área total prospectada (2816 Km²) y asumiendo 100% de ocupación fue estimado en 294 millones de individuos según el método del área barrida. La estima derivada del análisis geoestadístico fue similar (282 millones). El mapa de densidad de superficie se muestra en la figura 6. El CV de la abundancia fue del 81% indicando que la variabilidad entre estaciones colindantes es muy alta por lo que en futuras campañas la distancia entre estaciones deberá ser menor.

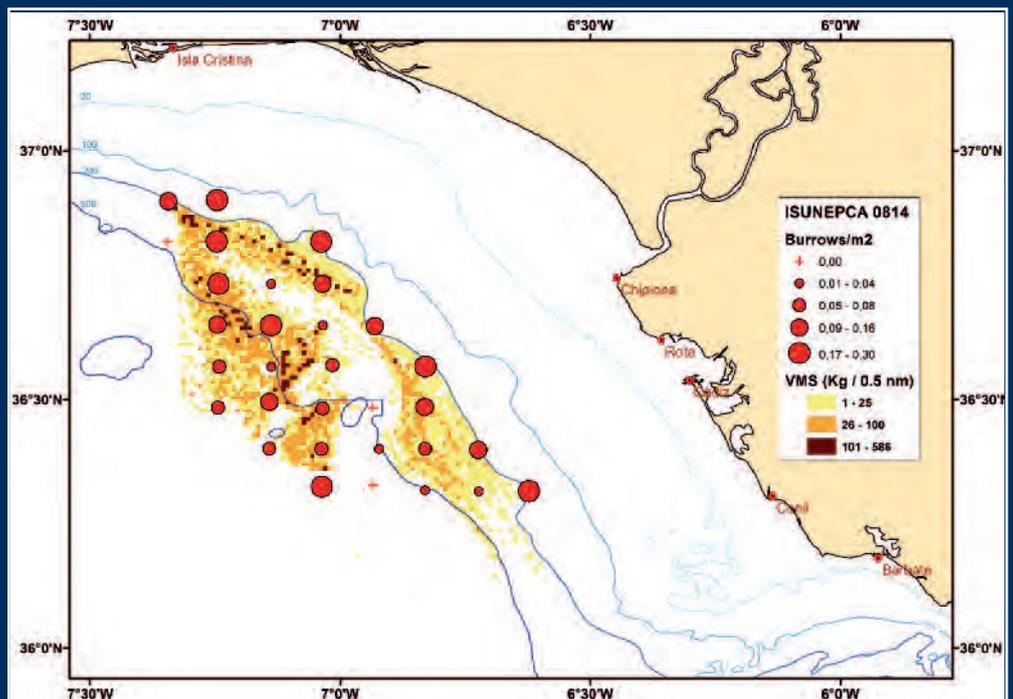
En relación a la fauna asociada, las especies que han dominado en las imágenes submarinas han sido principalmente el poliqueto *Lanice cf. conchilega*, los pennatuláceos *Kophobelemnion stelliferum* y *Funiculina quadrangularis* y el actinario *Actinauge richardi* (Figura 7). En menor medida han dominado el porífero *Thenea muricata*, los pennatuláceos *Pennatula aculeta*, *Cerianthus cf. membranaceus* y *Virgularia mirabilis*, el crustáceo *Meganyctiphanes norvegica* y los equinodermos *Cidaris cidaris* y *Leptometra phalangium* (ver Figura 7). Las especies que presentaron valores más altos de frecuencia de ocurrencia fueron similares. Se observaron 7 espe-

cies de interés pesquero, siendo las más dominante y frecuente la gamba (*Parapenaeus longirostris*), la cigala (*Nephrops norvegicus*) y varias especies de cefalópodos (*Eledone cirrhosa*, *Loligo sp.*, *Sepietta sp.*, *Sepiola sp.*). Por otro lado, se han encontrado un total de 11 especies formadoras de hábitats circalitorales profundos y batiales entre las que se incluye *K. stelliferum*, *F. quadrangularis*, *A. richardi* o el coral bambú *Isidella elongata*.

En base a la dominancia de especies y su densidad se han registrado 7 tipos de hábitat que, en base a la nomenclatura de la Lista Patrón de Hábitats Marinos de España son Fangos batiales (040202), Fangos batiales con dominancia de Ceriantarios (04020207), Arenas y arenas fangosas dominadas por *A. richardi* (04020401), Fangos batiales con pennatuláceos (04020202), Fangos batiales con *L. conchilega* (04020211), Fangos batiales con dominancia de crinoideos (04020214) y Fangos batiales con *T. muricata* (0402020401) (Figura 8). De estos tipos de hábitats, dos están vinculados al Convenio OSPAR (*Sea-pen and burrowing megafauna communities* y *Deep-Sea sponge aggregations*) y uno ha sido propuesto para ser incluido en la Directiva Hábitat (Fangos batiales con Pennatuláceos).

El análisis de las variables ambientales muestra leves va-

Figura 6



Mapa de superficie de la densidad de madrigueras de cigala.

riaciones de temperatura y salinidad observándose un gradiente dependiente de la profundidad y valores medios de 13.4° y 36.3 psu. En relación al estudio granulométrico, el sedimento del área de estudio se encuentra muy poco clasificado y presenta un pequeño tamaño de grano perteneciendo al grupo textural de las arenas y los fangos. En general, la fracción arenosa que predomina es la de menor tamaño, es decir, arenas muy finas y arenas finas (Figura 9a). En cuanto a la zona con mayor proporción de fango se localiza en el borde occidental del área prospecta limítrofe con la frontera con Portugal, con proporción similar de arcilla y limo (Figura 9b). Los valores de MO oscilan entre 2.4% y 10.8% observándose los valores más altos al suroeste del área prospectada y los más bajos al noroeste en la frontera con Portugal.

La relación entre la fauna y las variables ambientales obtenidas a partir del visionado de los videos utilizando un análisis multivariante mostró que existen diferencias significativas en las comunidades en relación a la profundidad ($R_{ANOSIM}=0.30$; $p<0.005$) siendo más acusada las diferencias en los transectos de la plataforma con el talud medio ($R_{ANOSIM}=0.70$; $p<0.005$) que entre la plataforma y el talud superior ($R_{ANOSIM}=0.34$; $p<0.05$) o el talud medio y el superior ($R_{ANOSIM}=0.14$; $p<0.05$). Asimismo, el tipo de sedimento ($R_{ANOSIM}=0.27$; $p<0.005$) y los diferentes grados de bioturbación ($R_{ANOSIM}=0.42$; $p<0.001$) influyeron en la composición faunística. Por otro lado, los resultados del análisis de componentes principales entre la densidad de madrigueras y las variables ambientales revelan una ordenación en dos componentes, explicando casi el 65% de la varianza. En base a la ordenación con respecto al primer componente (~40% de varianza), la densidad de madrigueras se relacionaría fundamentalmente con el % de arcilla y de fango de manera positiva mientras que por el contrario se relacionaría negativamente con el % de

Figura 7

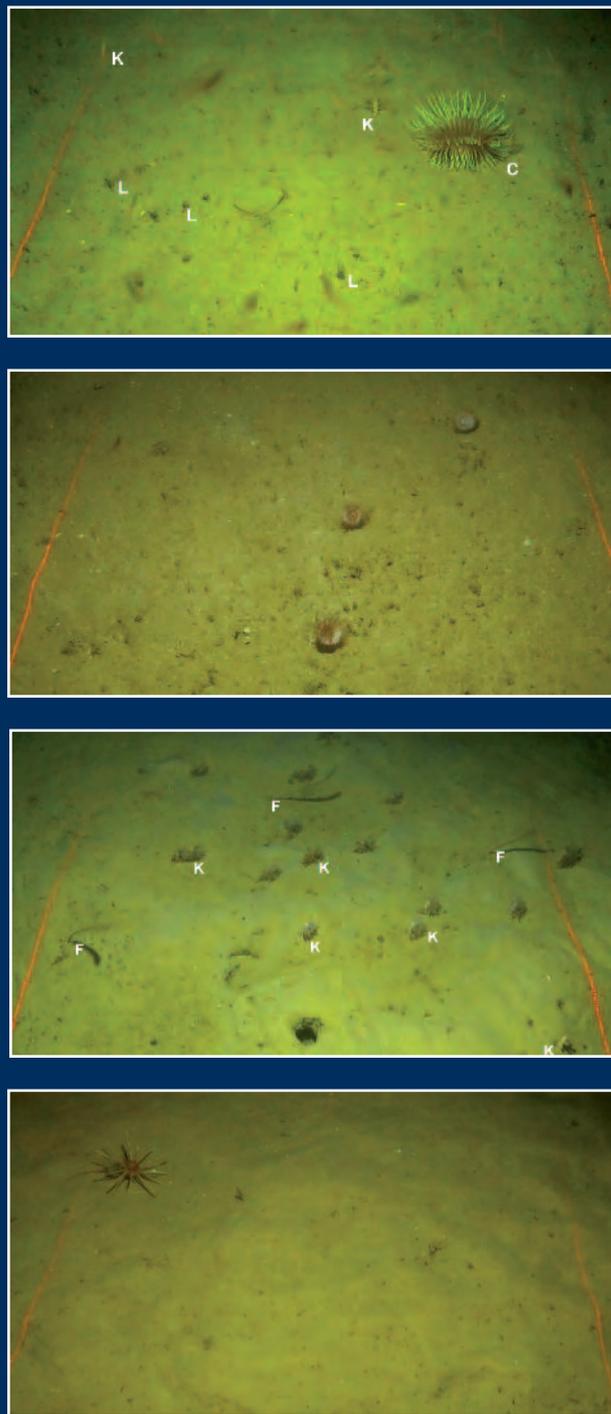


Figura 8

Tipos de hábitats principales encontrados en cada uno de los transectos de video en base a las especies dominantes y su presencia a lo largo de los transectos.

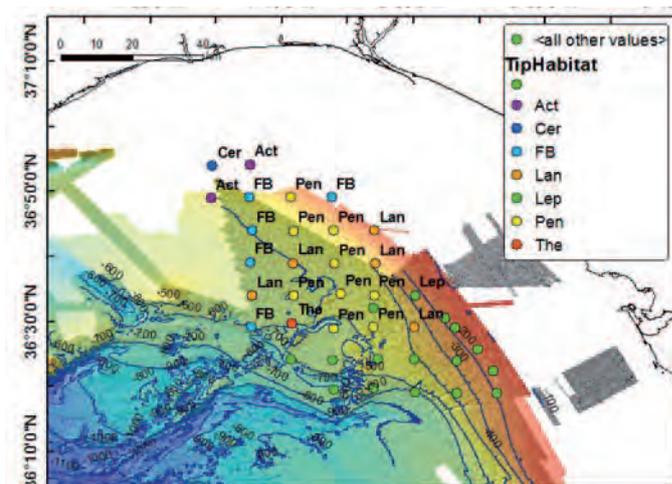
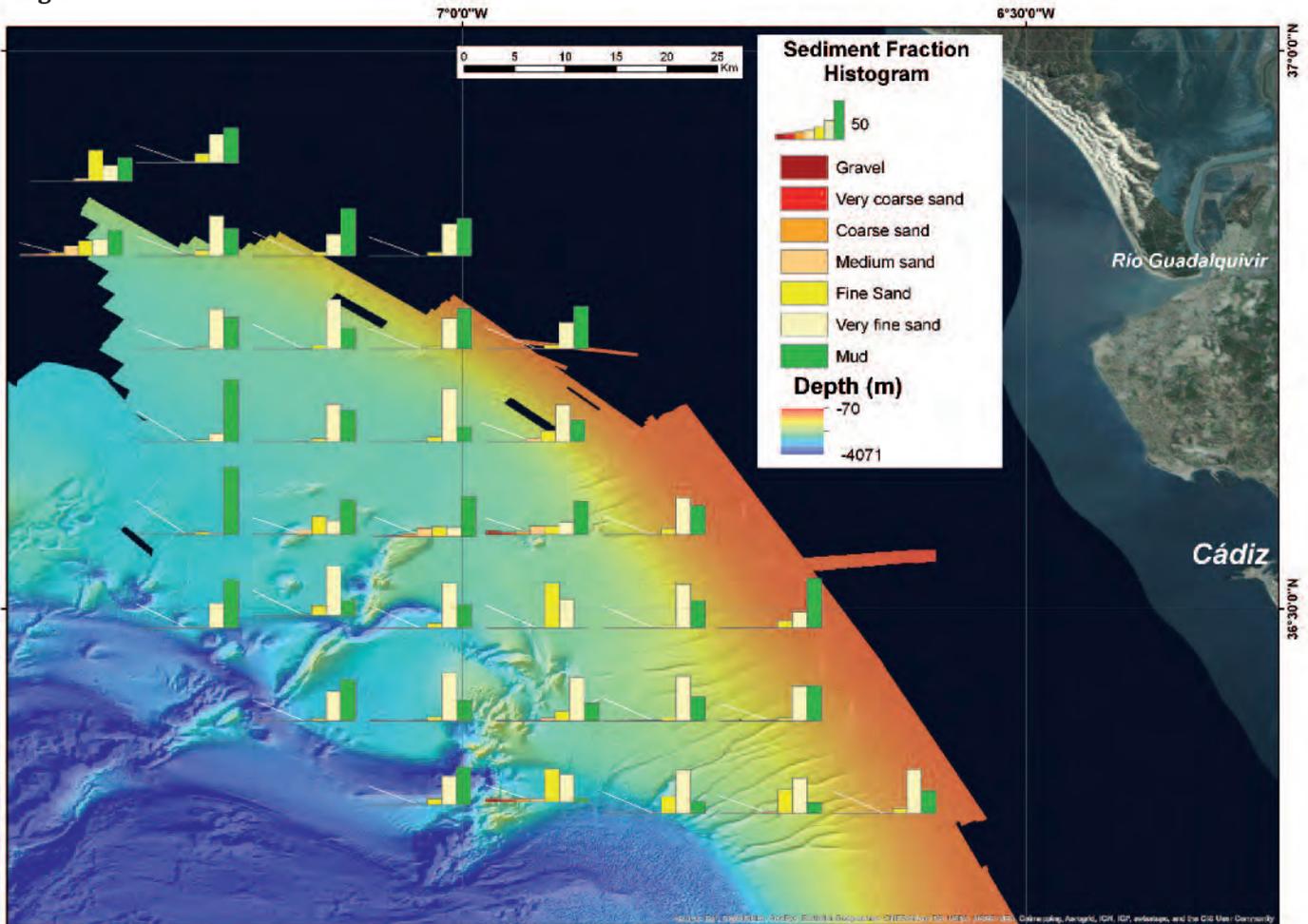


Figura 9a



Distribución espacial de la frecuencia de tamaño de grano (a) y del porcentaje de cada fracción de sedimento (b) para cada estación. (Fuente mapa base: INDEMARES-Chica).

arena. Con respecto al segundo componente (>25% de varianza), la densidad de madrigueras se relacionaría fundamentalmente con la profundidad y salinidad de forma negativa y de forma positiva con la temperatura.

Conclusiones

La valoración general del proyecto ISUNEPCA ha sido muy positiva ya que el objetivo principal se ha alcanzado permitiendo el aprendizaje de la metodología necesaria para la estimación de la abundancia de cigala a través de imágenes submarinas y poniendo al personal científico implicado en este proyecto en disposición de iniciar una serie de campañas de TV.

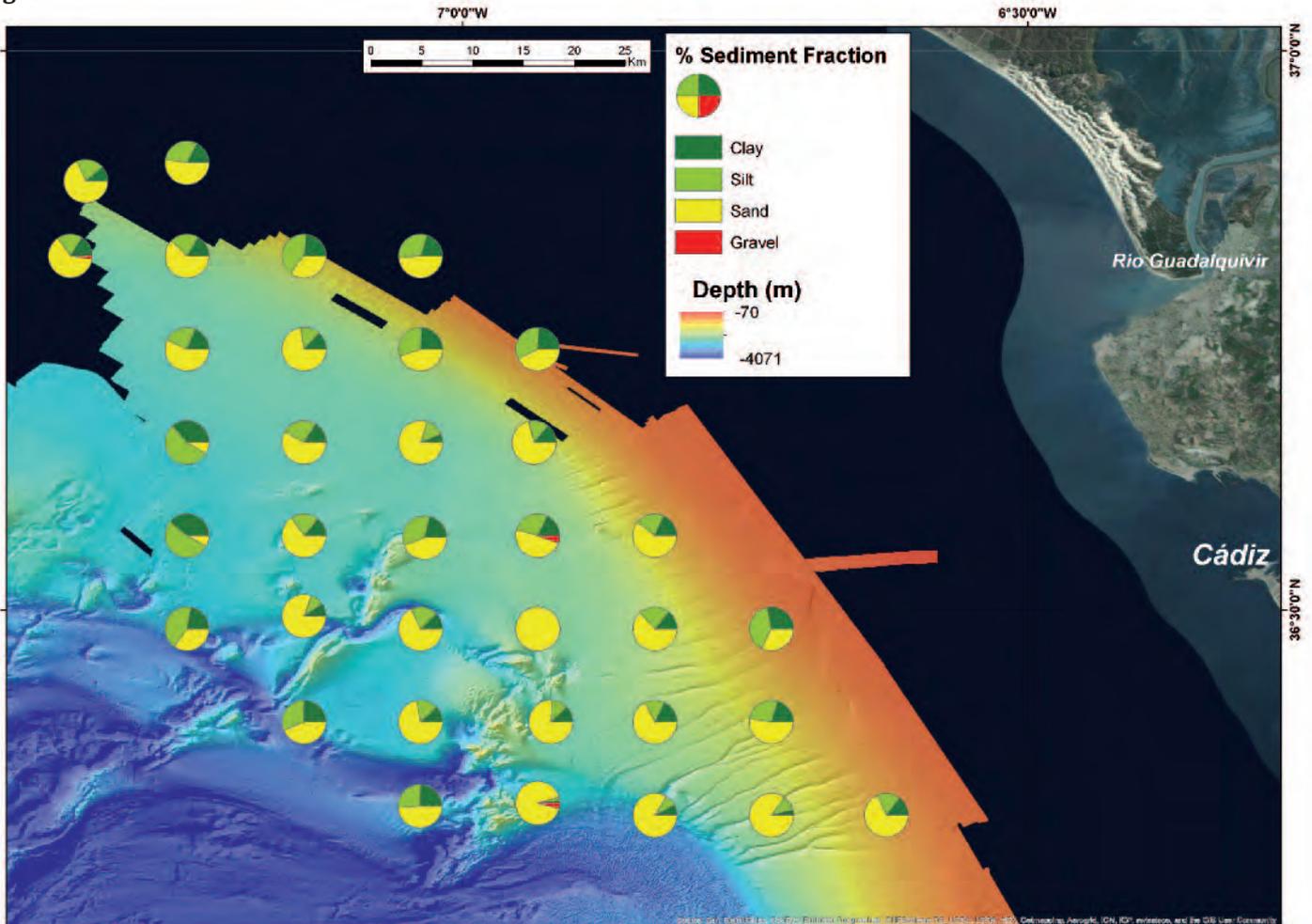
Por otro lado, las campañas de TV submarina se revelan como una excelente plataforma para obtener información sobre los hábitats y el monitoreo de macrofauna bentónica de zonas sedimentarias del circalitoral profundo y batial, tales como las comunidades de pennatuláceos y la megafauna formadora de madrigueras que han sido in-

cluidas en la lista OSPAR (OSPAR, 2010), sobre el impacto de la actividad pesquera en el fondo, así como información de variables ambientales. Además este tipo de técnicas de visualización del fondo marino, representarían un tipo de metodología clave en el seguimiento de hábitats profundos en el contexto de los inminentes programas de seguimiento de la Directiva Marco de Estrategias Marinas.

Agradecimientos

Este proyecto pudo ser realizado gracias a la ayuda concedida por la Fundación Biodiversidad y el Fondo Europeo de la Pesca. Agradecemos la profesionalidad de la tripulación del buque oceanográfico *Ángeles Alvariño* y al personal de Thalassatech por su duro trabajo durante la campaña. Gracias a Ramón Romero por su participación en la campaña ISUNEPCA_0814, así como a Nieves López y a Patrick Tuite por su gran ayuda en el análisis de los sedimentos.

Figura 9b



Distribución espacial de la frecuencia de tamaño de grano (a) y del porcentaje de cada fracción de sedimento (b) para cada estación. (Fuente mapa base: INDEMARES-Chica).

Bibliografía

- Blott, S.J. & Pye, K. (2001). Gradistat: A grain size distribution and statistics package for the analysis unconsolidated sediments. *Earth Surface Processes and Landforms*, 26: 1237-1248.
- Campbell, N., Dobby CH. and Bailey, N. 2008. Investigating and mitigating uncertainties in the assessment of Scottish *Nephrops Norvegicus* (L.) populations using simulated underwater television data. *ICES Journal of Marine Science*. Vol 66. Doi:10.1093/icesjms/fsp046.
- ICES, 2004. Report of the Working Group on *Nephrops* Stocks. *ICES CM 2004/ACFM*: 19.
- ICES, 2007. Workshop on the use of UWTV surveys for determining abundance in *Nephrops* stocks throughout European waters. *ICES CM 2007/ACFM*: 14.
- ICES, 2008. Report of the Workshop and training course on *Nephrops* burrow identification (WKNEPHBID). *ICES CM2008/LRC*: 03.
- ICES, 2010. Report on ICES Study Group on *Nephrops* Surveys (SGNEPS). *ICES CM 2010/SSGESST*: 22.
- ICES, 2012. ICES Implementation of RGLIFE Advice for Data Limited Stocks. *ICES CM 2012/ACOM* 68.
- Linn, L., 1989. A concordance correlation coefficient to evaluate reproducibility. *Biometric* 45, pp 225-268.
- Folk, R.L., 1954. The distinction between grain size and mineral composition in sedimentary rocks. *Journal of Geology*, 62, 344-359.
- Shepard, F.P., 1954. Nomenclature based on sand-silt-clay ratios. *Journal of Sedimentary Petrology*, 24: 151-158.
- Shand, C.W. & Priestley, R., 1999. A towed sledge for benthic surveys. Fisheries Research Services. Information Pamphlet, No 22: 8pp.
- Wentworth, C.K., 1922. A scale of grade and class terms for clastic sediments. *Journal of Geology*, 30: 377-392.

UN BUQUE COSTERO PARA LAS RÍAS GALLEGAS

BUQUE OCEANOGRÁFICO *MYTILUS*

EL BUQUE OCEANOGRÁFICO *MYTILUS* es un buque de investigación de ámbito costero, diseñado para trabajos de biología marina, oceanografía física y geología marina, especialmente por las rías de Galicia.

El *Mytilus*, botado en 1997, pertenece al CSIC. Tiene su base en el puerto de Vigo. La Unidad de Tecnología Marina (UTM) es la responsable del mantenimiento del equipamiento científico y aporta el personal técnico para la realización de las campañas oceanográficas.

Su construcción estuvo cofinanciada por el CSIC, la Xunta de Galicia y la Unión Europea (Fondos Feder) y pueden utilizarlo universidades, centros públicos de investigación y entidades privadas. El diseño y equipamiento de este buque está concebido para abordar trabajos de química, física, biología, pesca y ecología marina; registro de perfiles verticales de profundidad, temperatura, salinidad, corrientes, etc.; muestreo de agua; pesca de fitoplancton, zooplancton y experimental; fondeo y recogida de boyas; y toma de muestras de sedimentos.





Texto: UTM-CSIC



FICHA TÉCNICA

CARACTERÍSTICAS:

- Eslora: 24 m
- Manga: 5,80 m
- Calado: 2,60 m
- Registro bruto (GT): 77,10 t
- Desplazamiento máximo de carga: 170,052 T
- Laboratorio de sondas, laboratorio húmedo y laboratorio seco
- Tripulación: 10
- Capacidad total en salidas diarias: 25 personas
- Velocidad de crucero: 10 nudos.
- Capacidad de carga en cubierta: 2000 Kg.
- Cubierta de trabajo: 35 m²
- Pórtico de popa: 4,5 x 3 mts
- Pórtico costado: 3.5 x 1.5 mts
- Capacidad de agua dulce: 6400 litros
- Capacidad combustible: 35730 l.

INSTRUMENTACIÓN ACÚSTICA / GEOFÍSICA

- Sonar Furuno CH 250, transductor de 60 Khz
- Ecosonda Koden CVS 8842
- Deck Unit Ore Offshore 8011M
- Ore Offshore SWR
- Ore Offshore SWR-Pop Up
- Ore Offshore CART
- Ore Offshore SX8243

- ADCP RDI 300
- ADCP FlowQuest 150
- ADCP FlowQuest 1000

INSTRUMENTACIÓN DE MUESTREO GEOLÓGICO Y COLUMNA DE AGUA

- GravityCorer
- Draga Van Veen 1000 cm²
- CTD sbe19
- CTD sbe25
- CTD sbe911
- CTD sbe911 plus
- Roseta General Oceanics 1015
- Roseta sbe32
- Red MultimangaHydrobiosMultinet Maxi
- Flujómetros General Oceanics
- Botellas oceanográficas Niskin
- Botellas oceanográficas Limnos
- Aqualoggerreader
- Aqualogger P-T
- Estación meteorológica Aandearaa 3010
- Estación meteorológica Geonica MTD – 3016
- Analizador de presión de CO₂ Pro-OceanusSystem PSI-PCO2
- Termosalinógrafo SBE21
- Fluorómetro Turner Designs 10AU



Centro Oceanográfico de Santander

SEDE CENTRAL Y DIRECCIÓN

Corazón de María, 8.
28002 Madrid
Teléfono 91 342 11 00
Fax 91 597 47 70
Web: www.ieo.es

CENTRO OCEANOGRÁFICO DE GIJÓN

Camino del Arbeyal, s/n
33212 Gijón (Asturias)
Teléfono +34 985 308 672
Fax +34 985 326 277
E-mail: ieo.gijon@gi.ieo.es

CENTRO OCEANOGRÁFICO DE SANTANDER

Promontorio San Martín, s/n
Apdo. 240. 39080 Santander
Teléfono +34 942 291 060
Fax +34 942 275 072
E-mail: ieosantander@st.ieo.es

PLANTA EXPERIMENTAL DE CULTIVOS MARINOS DE SANTANDER

Barrio Bolao, s/n
El Bocal-Monte. 39012 Santander

Teléfono +34 942 321 513
Fax +34 942 323 486

CENTRO OCEANOGRÁFICO DE A CORUÑA

Muelle de las Ánimas, s/n
Apdo. 130. 15001 A Coruña
Teléfono +34 981 205 362
Fax +34 981 229 077
E-mail: ieo.coruna@co.ieo.es

CENTRO OCEANOGRÁFICO DE CANARIAS

Vía Espaldón, dársena pesquera,
Parcela 8
38180 Santa Cruz de Tenerife
Teléfonos +34 922 549 400
Fax 922 549 554
Email: coc@ca.ieo.es

PLANTA EXPERIMENTAL DE CULTIVOS MARINOS DE CANARIAS

Dársena Pesquera s/n
Carretera de San Andrés
Apdo. 1373
38120 Santa Cruz de Tenerife
Telf. +34 922 549 400
Fax +34 922 549 554

CENTRO OCEANOGRÁFICO DE MÁLAGA

Puerto Pesquero, s/n
Apdo. 285
29640 Fuengirola
(Málaga)
Teléfono +34 952 476 955
Fax +34 952 463 808
E-mail: ieomalaga@ma.ieo.es

CENTRO OCEANOGRÁFICO DE CÁDIZ

Puerto pesquero,
Muelle de Levante, s/n,
11006 Cádiz
Tfno: 956294189
Fax: 956294232

CENTRO OCEANOGRÁFICO Y PLANTA EXPERIMENTAL DE CULTIVOS DE VIGO

Subida a Radio Faro, 50-52
Cabo Estay, Canido
36390 Vigo
Tel: +34 986 492 111
Fax: +34 986 498 626
E-mail: ieovigo@vi.ieo.es

CENTRO OCEANOGRÁFICO DE MURCIA

Magallanes, 2 - Apdo. 22
30740 San Pedro del Pinatar
(Murcia)
Teléfono +34 968 180 500
Fax +34 968 184 441
E-mail: comurcia@mu.ieo.es

PLANTA EXPERIMENTAL DE CULTIVOS MARINOS DE MURCIA

Ctra. de la Azohía, s/n
Apdo. 22 30860
Puerto de Mazarrón (Murcia)
Teléfono +34 968 153 159
Fax +34 968 153 934

CENTRO OCEANOGRÁFICO DE BALEARES

Muelle de Poniente, s/n
Apdo. 291
07015 Palma de Mallorca
Teléfono + 34 971 401 561
Fax + 34 971 404 945
E-mail: cobieo@ba.ieo.es



Espanja.



Muchos textos e imágenes aparecidos en esta revista pueden ser reproducidos o utilizados de forma gratuita por los medios de comunicación. Para ello, debe solicitarse la cesión de derechos al correo electrónico revistaieo@md.ieo.es indicando el uso que se va a dar al material. La autorización será concedida de inmediato, sin más exigencias que citar la fuente y, en el caso de artículos o fotos con firma, citando fuente y autor. En muchos casos el Instituto Español de Oceanografía (IEO) tiene información más amplia sobre los temas publicados, tanto escrita como gráfica, que está a disposición de periodistas y medios de comunicación.



REVISTA DEL INSTITUTO ESPAÑOL DE OCEANOGRAFÍA (IEO)

Corazón de María nº 8
28002 Madrid, ESPAÑA

Tel.: 913 421 100 Fax: 915 974 770

www.ieo.es