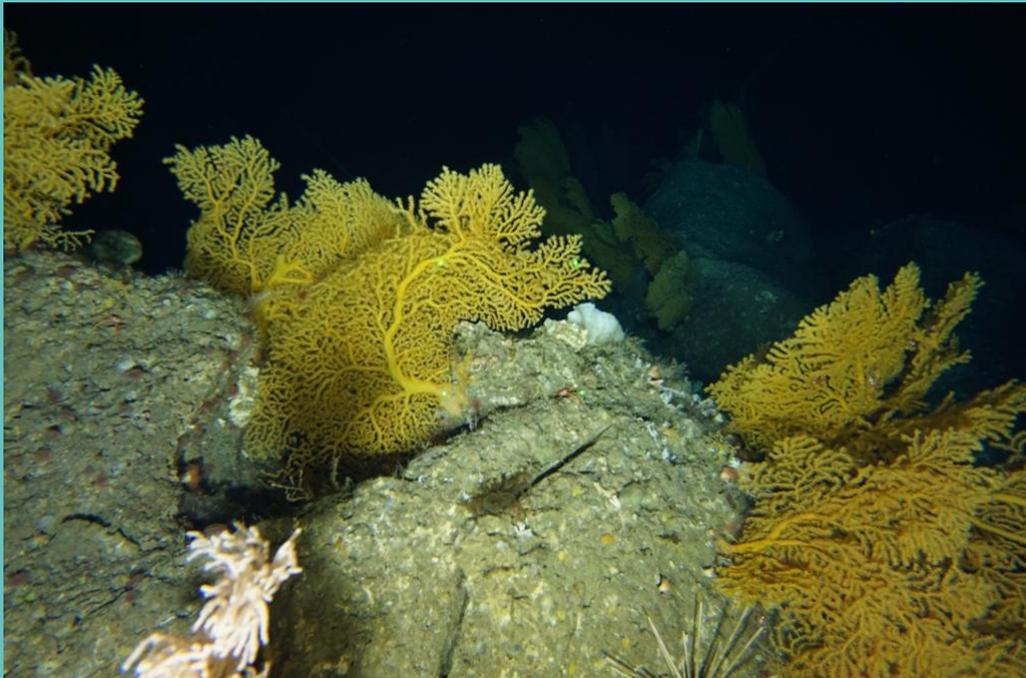


**INTE***M***ARES**



# **INFORME SOBRE NECESIDADES Y PRIORIDADES DE MONITORIZACIÓN DE LA RED NATURA 2000 MARINA ESPAÑOLA**



**ACCIÓN A5: IDENTIFICACIÓN DE NUEVAS TECNOLOGÍAS PARA LA  
MONITORIZACIÓN DE LA RED NATURA 2000 MARINA**

## Indice

Introducción

Diseño de las encuestas

Análisis de las encuestas

Taller sobre necesidades de monitorización de la RN2000 marina

Conclusiones

Anexos

Anexo 1. Encuesta distribuida

Anexo 2. Encuestas contestadas

*Informe elaborado por el Instituto Español de Oceanografía como producto comprometido dentro de la Acción A5. Fecha del informe: junio 2018. Autores Elena Prado Ortega y Francisco Sánchez Delgado.*

*Foto de la portada: Campaña ECOMARG4 (julio 2017). Imagen tomada por el trineo fotogramétrico Politolana en el Área Marina Protegida de El Cachucho sobre un bosque de *Paramuricea cf. placomus* a 560 metros de profundidad. Fuente Instituto Español de Oceanografía, Centro Oceanográfico de Santander.*

## Introducción

LIFE IP INTEMARES “Gestión integrada, innovadora y participativa de la Red Natura 2000 en el medio marino español”, es el mayor proyecto de conservación del medio marino en Europa. Su principal objetivo consiste en conseguir una red consolidada de espacios marinos de la Red Natura 2000, gestionada de manera eficaz, con la participación activa de los sectores implicados y con la investigación como herramientas básicas para la toma de decisiones.

Proyecto estructurado en Acciones complementarias, las actuaciones se centran en mejorar el conocimiento, completar la Red Natura 2000 en el medio marino, gestionar de forma eficaz sus espacios y asegurar el mantenimiento o el restablecimiento del estado favorable de conservación de los hábitats y las especies de interés comunitario.

Concretamente, la Acción A5 “Identificación de nuevas tecnologías para la monitorización y vigilancia de la Red Natura 2000 Marina” enlaza con actuaciones enfocadas a garantizar la optimización de la vigilancia y el seguimiento de la RN2000 Marina. Así, dentro de esta acción se debe valorar la viabilidad técnica y económica del uso de nuevas tecnologías de observación, análisis de datos y gestión de la información para contribuir a una monitorización y vigilancia eficiente de la RN2000 marina. Asimismo y como parte de los objetivos de esta acción se deben proponer medidas de utilización de las mismas. El IEO es el responsable en este proyecto de la evaluación de nuevas tecnologías para monitorización de hábitats y especies de la RN2000 marina, mientras que el MAPAMA se encarga de la parte de vigilancia dentro de la acción.

En este contexto, se entiende la monitorización como el seguimiento del estado de hábitats, especies y otros valores naturales. El concepto de monitorización está intrínsecamente ligado a un seguimiento temporal del objetivo de monitorización, sea un hábitat, una región geográfica, una especie o cualquier valor natural de interés. El hecho de estar trabajando en áreas de alto valor ecológico y gran vulnerabilidad, así como el carácter multi-temporal del seguimiento hace necesario contar con métodos de evaluación y estudio no destructivos, que sean sostenibles y puedan ser

implementados en planes de seguimiento a largo plazo. Para ello es imprescindible la utilización de recursos tecnológicos que permitan esa captura de información necesaria sin dañar el medio y permitiendo la equivalencia entre datos de forma que se puedan abordar aproximaciones metodológicas en las que se plantee una estricta comparación entre los datos multi-temporales obtenidos.

Actualmente existe tecnología que podría permitir la automatización de la adquisición de información sobre organismos y hábitats marinos utilizando distintos tipos de plataformas, por ejemplo plataformas fijas (*landers*), remolcadas (ROTVs, ROVs), con movilidad autónoma (*Autonomous Underwater Vehicles*, AUVs, y *Unmanned Aerial Vehicles*, UAVs) o sistemas sobre organismo vivos (marcas electrónicas), dependiendo tanto de las escalas espaciales y temporales y de las características del hábitat y de las especies objetivo. Esta automatización reducirá tanto el impacto sobre el medio como los costes económicos e incrementará enormemente la capacidad de observación con la que se cuenta en la actualidad.

Este informe se encuentra dentro de los productos esperados de la Acción A5, y trata de recopilar y exponer las necesidades y prioridades de monitorización de la RN2000 Marina española.

## Diseño de las encuestas

El presente informe parte con la compleja premisa de recoger la elevada diversidad de hábitats y organismos, la variabilidad de escalas de trabajo, tanto espaciales como temporales, todo ello dentro de la RN2000 Marina (Fig.1). La monitorización debe hacer un seguimiento de la presencia, abundancia y demografía de las especies y la interacción de dichas especies con el hábitat. Para intentar recoger la información relevante en cada caso, que sin duda debe proceder de los expertos en las diferentes especies/hábitats, se considera que un proceso participativo es una aproximación idónea en la generación de los datos necesarios para la elaboración del presente informe.

Este enfoque participativo enlaza a la perfección con el carácter del proyecto, que cuenta entre sus principios de actuación basar la ejecución de las acciones en los principios de innovación, participación e integración. Por todo ello se ha diseñado una

encuesta que ha sido distribuida a un elevado número de agentes implicados en la RN2000, bien sea desde el punto de vista de la gestión, la investigación, la conservación, etc.

Mediante dicha encuesta se han recopilado los datos necesarios para realizar un análisis previo de las necesidades de monitorización de los espacios marinos protegidos de la RN2000.

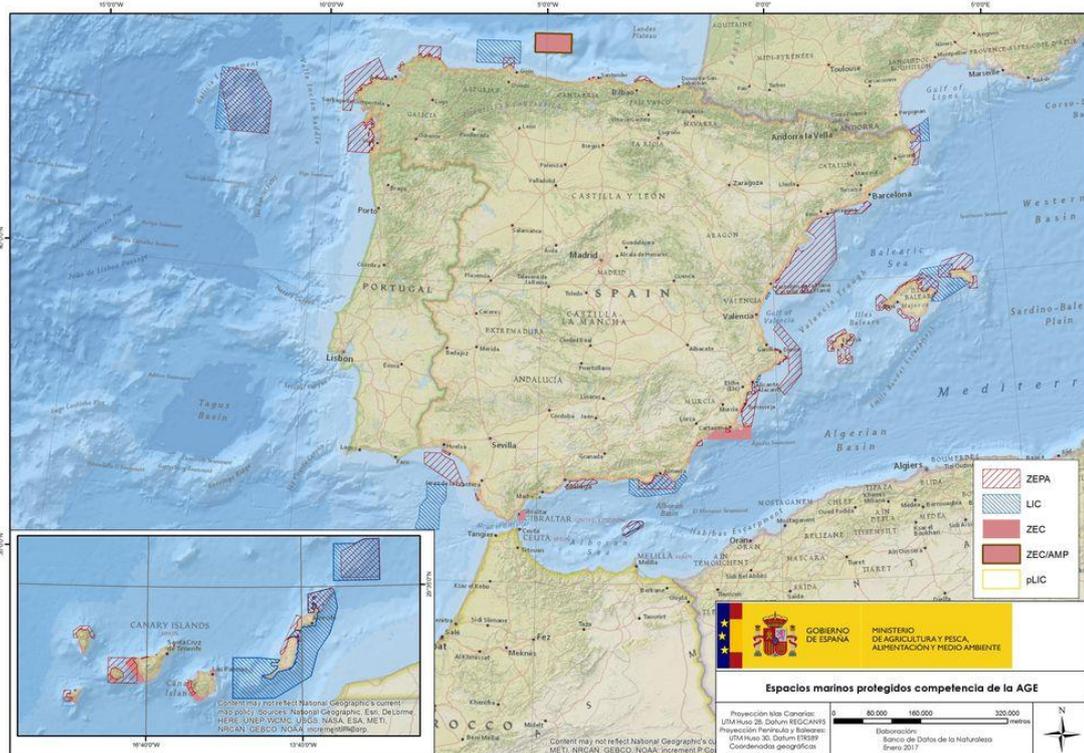


Figura 1. Mapa de Espacios Marinos Protegidos competencia de la Administración General del Estado

El reciente desarrollo de tecnologías no invasivas, sobre todo basadas en análisis de imágenes y métodos acústicos, permiten la adquisición de una información detallada sobre multitud de especies/hábitats de interés. El actual estado de desarrollo de las tecnologías aplicadas al entorno marino, permiten ya plantearse la utilización de tecnología imagen o acústica para un gran rango de condiciones de profundidad, visibilidad, escala espacial y/o temporal del fenómeno a monitorizar. Además en paralelo al desarrollo de la tecnología se ha avanzado enormemente en el manejo de la información adquirida, existiendo en este momento diferentes aproximaciones para el almacenamiento de la información, algoritmos de compresión de datos, análisis automático de imágenes, modelado geo-espacial de los datos biológicos y un largo etcétera que se debe tener en cuenta en el estudio de necesidades de monitorización.

Por lo tanto, las preguntas de la encuesta diseñada recogen todos estos aspectos y proponen a los investigadores, técnicos y gestores de estos espacios marinos que expresen sus necesidades tecnológicas y de proceso de información para conseguir establecer programas de seguimiento o monitorización eficientes y que respondan a las características específicas de sus especies/hábitats de interés.

El modelo de encuesta distribuido puede ser consultado en el Anexo 1 de este informe.

## Análisis de las encuestas

Como se ha descrito, las preguntas diseñadas en la encuesta pretenden cubrir la necesidad de información de áreas con diferentes figuras o grados de protección, e incluso las áreas que no encontrándose reguladas actualmente mediante una figura de protección o dentro de la RN2000, han sido seleccionadas para su estudio en este proyecto. En este último caso las necesidades tecnológicas pueden combinar capacidades de monitorización con capacidades de exploración.

Los datos recopilados y que aquí se presentan han servido como base para este informe sobre necesidades de monitorización de la RN2000 marina española. Se han recibido un total de 14 encuestas, algunas de estas encuestas agrupan zonas con aspectos comunes y las respuestas han sido compartidas, como es el caso de las Cuevas Canarias (hábitat 8330). Todas las encuestas recibidas han sido analizadas y tenidas en cuenta. El listado de zonas que han respondido se puede consultar en el Anexo 2 del presente documento.

Como se irá detallando a continuación, la mayoría de las respuestas señalan necesidades tecnológicas comunes entre casi todas las áreas. Si bien, la tecnología demandada debe ser adaptada a su utilización en diferentes rangos batimétricos y extensiones a cubrir. En la figura 2, se puede ver un extracto de los diferentes rangos batimétricos de las zonas que han participado en la encuesta y los principales hábitats presentes en las zonas. Esta figura no pretende ser una recopilación exhaustiva de las características de la RN2000 Marina, sino garantizar que la encuesta ha recogido las necesidades de monitorización de áreas con muy diferentes naturalezas, en cuanto a rangos batimétricos, extensiones y tipos de hábitat objetivo.

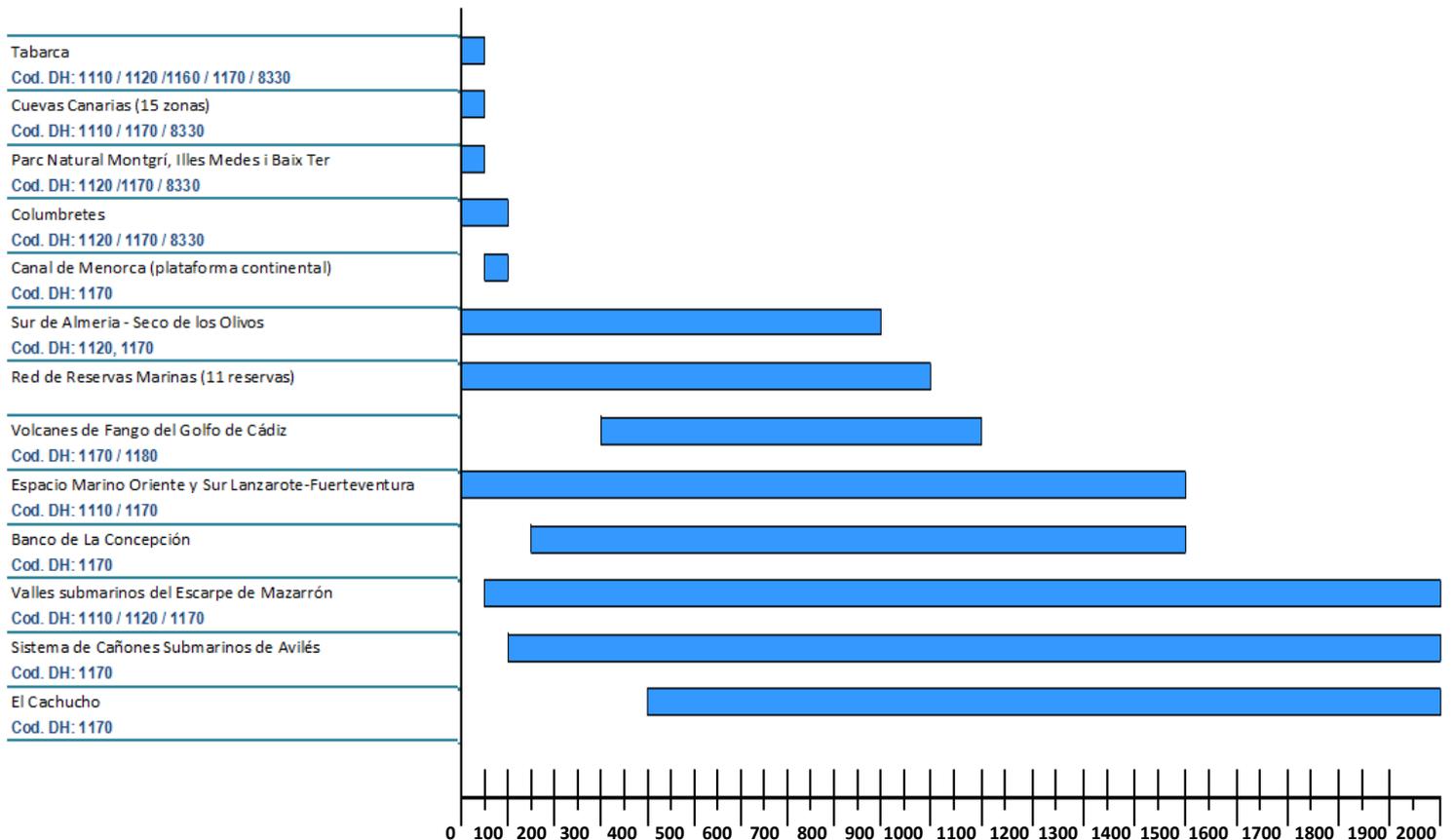


Figura 2. Extracto de rangos batimétricos a partir de las encuestas contestadas y principales hábitats presentes en la zona según Anexo I de la Directiva de Hábitats.

Además el análisis de las respuestas también pone de manifiesto que el grado de conocimiento actual de las áreas es muy elevado y casi no existe necesidad de tecnología orientada a la exploración, salvo en casos específicos. Esto deja en evidencia que la situación actual es la idónea para poner en marcha programas de seguimiento eficientes basados en el conocimiento profundo de las especies/hábitats vulnerables. Asimismo se puede comprobar cómo la demanda de estos planes de monitorización es mayoritaria, ya que no existe actualmente planes de seguimiento operativos, sino ciertas aproximaciones oportunistas que han permitido constatar la necesidad de contar con este tipo de información multitemporal y a largo plazo que permita constatar el estado ambiental, los efectos de las medidas de gestión y la posible recuperación del estado de conservación de los hábitats.

A continuación se ofrece un extracto de las respuestas más relevantes y que recopilan la variabilidad de necesidades expresadas por los investigadores, técnicos y gestores de las diferentes áreas.

**Potenciales hábitat / especies de interés que podría haber en la zona pero de las que no se cuenta con información rigurosa.**

Las respuestas a esta pregunta muestran en general un alto nivel de conocimiento de las zonas de interés, la opinión expresada mayoritariamente es que existen ninguna o muy pocos especies/hábitats de las que no se posea información, aunque por supuesto con diferentes grados de detalle. Esto viene a significar que se está en un estado de conocimiento adecuado para comenzar con los estudios de monitorización de las zonas a lo largo del tiempo. El profundo conocimiento de los científicos y personal técnico sobre las zonas en las que trabaja es el paso previo imprescindible para poder plantear y diseñar programas de monitorización eficientes sobre cada zona/especie/hábitat de interés.

Es cierto que las respuestas dejan de manifiesto que las zonas con mayores dificultades de acceso o complejidad en el muestreo (zonas muy profundas, cuevas); las zonas con mayor extensión geográfica y aquellas que se han incorporado de manera más reciente a los estudios de hábitat son las que pueden tener algún grado mayor de incertidumbre en el conocimiento existente sobre ellas.

**Extracto del Listado de Respuestas:**

*Ninguna*

*Diferentes especies de cetáceos observadas pero con poca información: Zifios, Cachalote, Ballenas, Marsopa, Calderones, Orca.*

*No conozco*

*El conocimiento (al menos de presencia) es bastante bueno en la zona, en todo caso los hábitats y especies más profundos (>50 m) cuentan con menos información.*

*La declaración de las ZECs marinas mencionadas se debe a la presencia de los hábitats 1110 (en Canarias las praderas de seadales) y 8330 (cuevas marinas), y las especies Tursiops truncatus y Caretta caretta. En aquellas ZECs declaradas por la presencia de delfín mular y tortuga boba, los límites batimétricos del área se extienden desde la línea de costa hasta los 1000 metros de profundidad, por lo que aparte del hábitat 1170, es más que probable la presencia otros hábitats y especies de interés. Sin embargo, salvo excepciones puntuales, en las islas la mayoría del conocimiento de presencia y distribución de hábitats y especies marinos se limita a la franja entre los 0 y los 50 metros de profundidad.*

*Se parte de la base de la carencia de estudios previos en la zona en general, aunque lógicamente se presupone la presencia de cualquier especie de la lista propia de los hábitats mencionados (1110, 1120 y 1170 del anexo I). Igualmente existen los hábitats "Fondos de Maërl y Rodolitos", "Fondos sedimentarios con antozoos" y posiblemente "Gravas bioclásticas de la plataforma y borde de la plataforma"; los tres nuevos hábitats que forman la propuesta de ampliación del Anexo I de la Directiva de Hábitats.*

*La zona ha sido muy estudiada pues se iniciaron los primeros estudios a finales de los 70 y se siguen realizando estudios dentro de proyectos de investigación y también dentro del programa de Seguimiento de los parques marinos de Cataluña que incluye también el Parque Natural de Cap de Creus.*

*Se dispone de buena información, si bien siempre se puede mejorar, como en el caso de la distribución fina de los hábitats de coralígeno y maërl.*

*Cuevas (profundas)*

*Aún queda mucho por estudiar sobre "Arrecifes" dada la gran diversidad de comunidades existentes: corales bambú, jardines de gorgonias, agregaciones de esponjas, concreciones de ostras, etc.*

*Maërl (lechos de rodolitos)*

*Agregaciones de gorgonias, escleractinias, antipatarios y esponjas de diferentes especies, comunidades de pockmarks, Bathymodiolus y otras especies ligadas a emisiones de fluidos*

**Técnicas extractivas o invasivas de evaluación de hábitats / especies de interés que se han utilizado hasta el momento en la zona:**

Las respuestas a esta pregunta muestran gran abanico de técnicas empleadas en el muestreo. En este tipo de metodologías el diseño y utilización de diferentes muestreadores viene definido principalmente por las características de la zona, bien sea por el rango batimétrico, por el sustrato y también por la especie/hábitat de interés en el estudio. Entre los muestreadores más utilizados destacan: bou de varas, draga de arrastre bentónico, dragas de fango, box corer, trineo supra-bentónico y epi-bentónico y artes de arrastre.

Queda patente en las respuestas que los diferentes grados de protección que han ido alcanzando las zonas vienen a influir en la disminución del uso de técnicas invasivas o muestreadores extractivos. Si bien el tipo de sustrato o sedimento puede seguir utilizándose las técnicas extractivas clásicas (por ejemplo, box-corer); en cuanto a muestreo biológico se refiere se tiende al uso de extracción de muestras selectivas mediante brazos robóticos de ROVs o muestreos puntuales con buceadores.

**Extracto del Listado de Respuestas:**

*Bou de varas*

*Draga de arrastre bentónico*

*Dragas de sedimento*

*Box Corer*

*Shipek*

*WP2.*

*Arte de arrastre con puertas (baca Porcupine 2003-2004, Tren de bolos 2005 y GOC 2008 y 2009)*

*Bou de vara*

*Trineo suprabentónico*

*Red de plancton WP2*

*Meso y Mega-box corer*

*Draga de roca*

*Patines supra- y epi-bentónicos, dragas de sedimento y arte de arrastre experimental GOC-73.*

*Pesca experimental para evaluar las poblaciones de langosta roja *Palinurus elephas* y especies demersales.*

*Draga en fondos de maërl.*

*Siempre refiriéndome al estudio del hábitat 8330, tan sólo se ha procedido a extracción puntual (raspado) de muestras de ejemplares de algunos organismos bentónicos con fines de identificación taxonómica.*

*No se han utilizado técnicas extractivas durante las últimas décadas pues la zona de las Islas Medas es Reserva Marina desde inicios de los años 80*

*En reservas marinas, salvo muestreos científicos puntuales debidamente justificados, las extracciones se limitan a técnicas blandas y en zonas limitadas: ejemplos, especies ícticas para muestreos de ciguatoxina en pescado, micro algas fitoplancton bentónico o tomas de muestras para estudios genéticos realizados por equipos científicos autorizados.*

*Recolección selectiva de muestras con el brazo articulado del ROV*

*Recogida de muestras de sedimentos con draga van Veen*

*Draga de patines (0,5m de anchura de boca, 5' de pesca) para el estudio del maërl*

### **Técnicas no-invasivas de evaluación de hábitats / especies que se han utilizado hasta el momento en la zona:**

Las respuestas a esta pregunta constatan el alto nivel de conocimiento y experiencia en el uso de tecnologías no invasivas dentro de las áreas RN2000. Si bien queda patente que existen zonas con experiencia en el uso de múltiples tecnologías de este tipo, existen otras que se han especializado en la utilización de únicamente una metodología. Esto se debe principalmente a la disparidad de características de las zonas que se están analizando y por lo tanto su variabilidad en las necesidades de estudio.

En cuanto a las tecnologías más utilizadas se destaca el uso masivo de la fotografía como fuente de información, el 100% de las zonas confirma su uso en diferentes aproximaciones para el estudio de los hábitats. Esto significa que el uso de técnicas fotográficas está extendido en todas las diferentes tipologías de áreas como cuevas, áreas someras o zonas batiales. La única diferencia estriba en la implementación de las cámaras en cuanto a la plataforma a utilizar, siendo adquiridas desde buceadores, trineos fotogramétricos o vehículos tipo ROV.

Se destaca también el uso de tecnología acústica, sobre todo en la fase de exploración/cartografiado de zonas y CTD/roseta oceanográfica, para el estudio de las variables físicas asociadas a las zonas de muestreo. Se debe replantear la metodología que se debe usar de este tipo de tecnología de cara a programas de monitorización, con necesidades diferentes a los programas de cartografiado o descriptivos.

Una mención aparte debido a la diferencia en su objetivo es el uso de marcas electrónicas y/o acústicas para el marcado de ciertas especies de interés, con una amplia experiencia en su utilización.

**Extracto del Listado de Respuestas:**

*Cámaras remolcadas ("trineo fotográfico")*

*ROV Liropus.*

*ROV, cámaras submarinas con umbilical, cámaras fijas con cebo, trineos de fotografía y video, y submarino.*

*Fotografía, escafandra autónoma, ROV, métodos de ecolocalización para cetáceos (T-POD), termómetros, sonda multihaz, sonar de barrido lateral*

*El estudio del hábitat siempre se ha abordado con buceadores, tanto en apnea como con buceador autónomo y mediante técnicas no destructivas: realización de censos visuales con buceadores a lo largo de transectos para identificar/cuantificar la fauna vágil y obtención de registros fotográficos sobre cuadrados replicados en puntos fijos, y la posterior estimación de coberturas de organismos sésiles mediante software de análisis de imagen.*

*Existen algunos videos tomados con ROV (Oceana) en el seco de palos.*

*Cámaras remolcadas ("trineo fotográfico").*

*En paralelo se han realizado seguimiento mediante marcas acústicas de peces y decápodos como la langosta*

*En los seguimientos propios de la red de reservas se manejan los ROVs, la fotografía, las inmersiones de oportunidad que proporcionan reconocimientos puntuales. Igualmente se contratan trabajos de cámaras remolcadas a través de asistencia técnicas.*

*Sonda Multihaz*

*Perfilador Topas*

*Transectos con ROV*

*Observación visual, fotoidentificación e hidrófonos para cetáceos*

*Observación visual y marcas para aves*

**Hábitats / especies de especial interés cuyo estado esté siendo actualmente evaluado mediante alguna técnica no-invasiva de forma periódica (monitorización):**

Las respuestas recogidas en este punto dejan en evidencia la necesidad de la puesta a punto y el establecimiento de medidas o programas de monitorización del estado de conservación y las respuestas a las medidas de gestión establecidas en las áreas RN2000 marinas a lo largo del tiempo.

Casi todas las zonas se expresan negativamente ante la pregunta de si tienen en la actualidad o han tenido en algún programa de monitorización llevado a cabo en su zona (64%). Hay que mencionar que existen zonas que, debido a la cantidad de instituciones implicadas en su estudio y conservación, así como su mayor facilidad de acceso (zonas someras) o incluso debido a la antigüedad en el inicio de los estudios, poseen en la actualidad estudios de seguimiento o monitorización sobre diferentes especies/hábitat de interés.

También se puede destacar que existen algunos seguimientos que se realizan no tanto de cara a un objetivo de conservación RN2000 sino al interés comercial de la especie en cuestión, por ejemplo en las Reservas Marinas de Interés Pesquero. También se mencionan estudios puntuales realizados de forma oportunista y enlazados a proyectos de investigación.

#### **Extracto del Listado de Respuestas:**

##### **Ninguno**

*Hàbitats de la Unidad de Gestión 1170-Arrecifes de la DH:*

*Bathyal bedrock with (Callogorgia verticillata)*

*Bathyal bedrock with (Asconema setubalense)*

*Bathyal bedrock with (Paramuricea sp.)*

*Bathyal bedrock with black corals (Leiopathes, Stychopathes)*

*No me consta.*

*En la actualidad:*

*Arrecifes de Cladocora caespitosa (periodicidad anual, escafandra autónoma).*

*Se revisa anualmente (escafandra autónoma) la dispersión e impacto de especies invasoras sobre los principales hábitats (Praderas de fanerógamas, arrecifes de coral, bosques de Cystoseira, coralígeno, maërl...).*

*Régimen térmico de las aguas de la zona entre 1m y 40 m de profundidad mediante grabadores de temperatura autónomos.*

*En el periodo 2002-2012 se evaluaron periódicamente otras especies y hábitats de interés: e.g. Pinna nobilis, Pinna rudis, Scyllarides latus, Bosques de Paramuricea clavata, Praderas de Cymodocea nodosa, Cuevas*

*Las técnicas no invasivas antes mencionadas se aplicaron en determinadas cuevas que se eligieron del total de las inventariadas, para la monitorización del hábitat. Sin embargo, una vez establecido el "punto cero" o punto de partida para futuros muestreos, éstos no han tenido continuidad al no haberse firmado el Encargo del MAPAMA al IEO.*

*Ninguna*

##### **Ninguno**

*Coralígeno a nivel de comunidad pero también a nivel de especie centrados en la gorgonia roja Paramuricea clavata, el coral rojo Corallium rubrum, los briozos Myriapora truncata y Pentapora fascialis. Comunidades de algas dominadas por algas del género Cystoeira: C. elegans y C. zosteroides. Praderas de Posidonia oceánica. Cuevas. Trottoir. Grandes decapodos: Palinurus elephas y Scyllarides latus.*

*Seguimientos propios de la red de reservas se manejan los ROVs, la fotografía, las inmersiones de oportunidad que proporcionan reconocimientos puntuales. Igualmente se contratan trabajos de cámaras remolcadas a través de asistencia técnicas. Igualmente el IEO viene proporcionando información de elevado interés sobre la evolución del maërl en la zona norte de la reserva marina de las Isla Columbretes, proyecto COLMAËRL, cuya protección en los últimos 10 años por ampliación de la reserva permite documentar la evolución a partir del inicio de la protección, partiendo de una zona "faenada" anteriormente con vistas a aprovechar el efecto reserva o efecto borde.*

*Ninguna en la actualidad.*

*No existen evaluaciones periódicas, salvo en casos puntuales de praderas de fanerógamas marinas y otros ecosistemas/habitats costeros o para cetáceos, tortugas y aves.*

*Ninguna de interés para la conservación, pero si algunas de interés comercial (ej. Cigala)*

*Ninguno por parte del IEO*

***Según su opinión ¿Qué tecnologías de observación, análisis de datos y gestión de la información podrían contribuir a una mejor monitorización de hábitats / especies de especial interés presentes en su zona?:***

El análisis de las respuestas facilitadas por los diferentes investigadores, técnicos y gestores pone de manifiesto el interés principal en sensores fotográficos (mencionados en el 100% de las encuestas) instalados principalmente sobre plataformas remolcadas, los conocidos como trineos fotogramétricos o en menor medida en otras plataformas (ROVs, AUVs, buceadores, plataformas fijas).

También aparece reflejada la necesidad de seguir manteniendo la extracción de muestras para los diferentes análisis necesarios en el estudio, pero basadas en tecnologías que minimizan el impacto exclusivamente al ejemplar seleccionado, y garantizan que esa selección puede hacerse de con un alto grado de conocimiento de forma que se intente garantizar lo máximo posible la validez de la muestra.

En cuanto a tecnologías acústicas se menciona bien instrumentación o metodologías de trabajo que permitan obtener mayor grado de detalle de ciertas zonas concretas de interés. Una vez, superada la fase de exploración y cartografiado las metodologías acústicas deben permitir avanzar en la monitorización o detección de cambios de ciertos hábitats. Por ejemplo, estudio de área cubierta por praderas de posidonia en zonas de visibilidad casi nula; fondos dinámicos, como volcanes, etc. para ello deben conseguir escalas espaciales (alta resolución de los datos) adecuadas a la monitorización de estos fenómenos.

No existen muchas respuestas al respecto del procesado de la información. Esto puede entenderse como una manifestación de que los programas de monitorización se encuentran todavía en una fase muy temprana de su establecimiento y la máxima preocupación se encuentra centrada en la instrumentación y metodologías a utilizar en la fase de implantación y toma de muestras. Sin embargo los comentarios existentes al respecto hablan de la importancia del análisis estadístico de los datos, de la utilización de modelos de hábitat potencial y de procesos de imágenes avanzados que permitan obtener productos cartográficos rigurosos en 2D y 3D.

También en este punto se ha puesto de manifiesto la necesidad de aumentar los datos sobre actividades que pueden impactar en estas zonas como la pesca deportiva.

Hay que destacar que si hablamos de monitorización y estudio de la respuesta de las zonas RN2000 a lo largo del tiempo a las medidas de gestión aplicadas, los estudios de marcado de especies son fundamentales. Se necesitan datos que nos permitan avanzar en conocimiento de aspectos como la conectividad, abundancia, zonas de reproducción o juveniles, hábitats esenciales para peces conocidos como EFH por sus siglas en inglés (Essential Fish Habitats), efecto de desbordamiento de la biomasa (*spill-over*), etc. y esta necesidad hace que las tecnologías de marcado sean claves en esta fase de monitorización.

#### **Extracto del Listado de Respuestas:**

*Considero la cámara remolcada el mejor sistema de observación, por encima de cámaras fijas y ROVs, debido a que la relación entre superficie de muestreo y esfuerzo y dinero invertidos es la mejor, dada la amplia extensión del área.*

*Los datos deben después ser analizados aplicando técnicas de inferencia estadística, habiéndose ya probado métodos de idoneidad de hábitats con datos de presencia como Maxent pero que puede ser mejorado con modelos GAMM con datos de presencia y ausencia.*

*Sonar de Barrido Lateral (SBL) o multihaz en vehículos submarinos (ROTVs, AUVs.).*

*Estudios de las características medioambientales de la capa próxima al fondo (BBL, Benthic Boundary Layer): Plataformas multiparamétricas (landers) con diferentes sensores para el estudio de corrientes, turbidez, anomalías termo-salinas, etc.*

*Estudios de seguimiento y evaluación mediante indicadores específicos sobre el estado ambiental del hábitat "1170 Arrecifes" derivados del programa HB y realizar una valoración del estado de conservación de dicho hábitat a partir de los mismos: Trineos de fotogrametría*

*Estudios de micro-hábitats, caracterización de especies y recogida de ejemplares de forma selectiva para su clasificación: ROV capaz de operar hasta 1500 m y con sistemas de captura (brazos robóticos y aspiradora).*

*Una buena combinación de los métodos intrusivos y no intrusivos señalados en los apartados 4 y 5, respectivamente.*

*En las zonas más profundas de la RM (>50m, e.g. Bosques de *L. rodriguezii*, fondos de maërl, coralígeno profundo), principalmente ROV (y técnicas similares, AUV..)*

*Las cotas de profundidad en las que se encuentran muchos hábitats y especies en Columbretes permiten el trabajo (no invasivo: fotografía, toma de datos) con escafandra autónoma.*

*Por otra parte sería interesante la caracterización de corrientes y variables físico-químicas (actualmente existe información detallada únicamente de temperatura).*

*El estudio de las cuevas marinas conlleva un elevadísimo grado de dificultad, complejidad y peligro, que en muchos casos condiciona la calidad y/o la cantidad de información que se obtiene. El factor de dificultad/peligro atribuible a las condiciones atmosféricas y la dinámica marina (principalmente en cuevas ubicadas en la rompiente o próximas a ella) es inevitable en muchas zonas de Canarias. Sin embargo, cuando el principal factor condicionante es el tiempo máximo de estancia en el fondo o el tiempo disponible para trabajar, resulta fundamental aplicar nuevas tecnologías que rentabilicen al máximo dicho tiempo.*

*En los últimos años se está avanzando mucho en la mejora de los sistemas de navegación tanto de los AUVs como de los ROVs para su utilización en espacios confinados como cuevas marinas, canales, pecios, etc. La posibilidad de simultanear tareas como el mapeado del hábitat (2D y 3D), la obtención*

de imágenes y el registro de parámetros ambientales supondría un salto cualitativo muy importante en el estudio de este tipo de hábitat, reduciéndose además al mínimo las necesidades de personal, los niveles de riesgo y el tiempo requerido.

Lógicamente, si estamos tratando de estudiar zonas de especial interés para su conservación, cualquier técnica no extractiva y que genere el menor nivel de impacto.

Considero la cámara remolcada el mejor sistema de observación, por encima de cámaras fijas y ROVs, debido a que la relación entre superficie de muestreo y esfuerzo y dinero invertidos es la mejor, dada la amplia extensión del área. Los datos deben después ser analizados aplicando técnicas de inferencia estadística, habiéndose ya probado métodos de idoneidad de hábitats con datos de presencia como Maxent pero que puede ser mejorado con modelos GAMM con datos de presencia y ausencia.

Se podría explorar el uso de AUVs o algún tipo de seguimiento autónomo que reduzca el número de inmersiones para algunas especies o hábitats.

También el desarrollo o la instalación de programas o software que facilite la gestión de toda la información así como el desarrollo de un SIG que ayude a compilar toda la información disponible. Como se ha visto se realiza el seguimiento de numerosas especies y hábitats lo que conlleva la generación de un gran volumen de fotos y datos que es difícil gestionar a nivel de conjunto.

Inmersiones, utilización de roV y cámara remolcada además de, en grandes extensiones- futuras reservas, por ejemplo, el recurso a los medios cartográficos de los BB/OO de la SGP

Sonar de Barrido Lateral (SBL) o multihaz en vehículos submarinos (ROTVs, AUVs,).

Estudios de las características medioambientales de la capa próxima al fondo (BBL, Benthic Boundary Layer): Plataformas multiparamétricas (landers) con diferentes sensores para el estudio de corrientes, turbidez, anomalías temo-salinas, etc.

Estudios de seguimiento y evaluación mediante indicadores específicos sobre el estado ambiental del hábitat "1170 Arrecifes" derivados del programa HB y realizar una valoración del estado de conservación de dicho hábitat a partir de los mismos: Trineos de fotogrametría

Estudios de micro-hábitats, caracterización de especies y recogida de ejemplares de forma selectiva para su clasificación: ROV capaz de operar hasta 1500 m y con sistemas de captura (brazos robóticos y aspiradora).

Falta mucha información sobre actividades pesqueras en la zona, en especial las relativas a pesca "deportiva"

Sería necesario el seguimiento del estado de los hábitats profundos por medio de AUV's, ROV's, UAV's y ROT's, en combinación con sonda multihaz y sonar de barrido lateral.

Los Landers podría ser puntualmente interesantes para algunas especies más difíciles de observar, como tiburones.

En la cima de la montaña (y en las zonas más costeras) podría, incluso, evaluarse la posibilidad del uso de buceadores.

Para cetáceos, tortugas y aves siguen siendo útiles los censos visuales y la utilización de marcas.

Técnicas de observación: las utilizadas actualmente (muestreos directos, no destructivos y cuantitativos/semicuantitativos, por transectos al azar y fijos) y cuadrados (al azar), a pie, apnea y en scuba.

Análisis de datos: CarLit (Cartografía Litoral => Ecological Quality Ratio de la Directiva Marco del Agua). ANOVA, MDS, PCA

Gestión de la información (las actualmente realizadas para administraciones y organismos):

Monitorización (macroalgas e invertebrados bentónicos litorales y pradera de Posidonia) de la Directiva Marco del Agua

Seguimiento de las poblaciones (distribución, profundidad, densidad, clases de talla) de las "nacras" (*Pinna nobilis*, *P. rudis*) y "cigarra de mar" (*Scyllarides latus*).

Seguimiento (plurianual) de la floración (profundidad, densidad) y fructificación (fecha de aparición de frutos en la costa, abundancia estimada) de la pradera de Posidonia; seguimiento de necrosis (tratamiento de imagen) en *Cladocora caespitosa* y gorgonias (profundidades, densidad, % necrosis).

Tecnologías que aumenten la resolución de observación, tipo landers con diferentes sensores (incluidos los destinados a mediciones de metano y sulfhídrico), AUVs, trineos remolcados, ROVs.

Programas de seguimiento periódicos sobre zonas representativas de los hábitats y prospecciones de mayor extensión con una periodicidad más baja.

Considero la cámara remolcada el mejor sistema de observación, por encima de cámaras fijas y ROVs, en aquellas zonas muy amplias como el Mar de Las Calmas, la Franja Marina de Teno-Rasca, Franja Marina de Fuencaliente, Costa de Garafía, Franja Marina Santiago-Valle Gran Rey, Costa de los Órganos y Franja Marina de Mogán, debido a que la relación entre superficie de muestreo y

*esfuerzo y dinero invertidos es la mejor, dada la amplia extensión del área. Los datos deben después ser analizados aplicando técnicas de inferencia estadística, habiéndose ya probado métodos de idoneidad de hábitats con datos de presencia como Maxent pero que puede ser mejorado con modelos GAMM con datos de presencia y ausencia. En el caso de zonas con cierta extensión pero eminentemente costeras como las que protegen sebadales en islas como Tenerife, Fuerteventura o Lanzarote, también pueden ser estas buenas técnicas, aunque con un muestreo con buceadores se podría cubrir la gran mayoría del área. Este muestreo también sería necesario en las áreas grandes, en la franja de 0 a 50 m. Estas técnicas son las que están programadas en el Anexo 10 de la Encomienda para las Estrategias Marinas para los ZECs Canarios.*

*Arrecifes de *Cladocora caespitosa* (periodicidad anual, escafandra autónoma).*

*Se revisa anualmente (escafandra autónoma) la dispersión e impacto de especies invasoras sobre los principales hábitats (Praderas de fanerógamas, arrecifes de coral, bosques de *Cystoseira*, coralígeno, maërl...).*

*Régimen térmico de las aguas de la zona entre 1m y 40 m de profundidad mediante grabadores de temperatura autónomos.*

## Taller de necesidades de monitorización

Los días 12 y 13 de abril de 2018, se celebró en las instalaciones del IEO de Madrid el Primer Taller para la Caracterización y Evaluación del Uso de Nuevas Tecnologías para la Monitorización y Vigilancia de la RN2000 Marina dentro del marco del Proyecto LIFE IP INTEMARES, con la participación de representantes del IEO, la Unidad Mixta IEO-UPV (Universidad Politécnica de Valencia, la Unidad Mixta IEO-UC (Universidad de Cantabria) y la Fundación Biodiversidad. Durante este taller se debatió acerca de las necesidades tecnológicas para implantar programas de monitorización eficientes de la RN2000 Marina, disponibilidad en el mercado de sistemas de observación, su coste y adecuación a las necesidades expuestas y finalmente las posibilidades y opciones para el desarrollo *ad hoc* de sistemas de adquisición, observación y tratamiento de la información.

En este punto y dado el alcance de este documento se resume, de todo lo expuesto en dicho taller, las necesidades tecnológicas y de proceso manifestadas por los asistentes en clara relación a los temas prioritarios derivados de las encuestas.

Durante el tiempo dedicado a tecnología de marcado de especies se puso de manifiesto la necesidad de mejorar la operatividad de la descarga de datos de redes de marcado acústicas. La necesidad de realizar inversiones y sacar a superficie los receptores para la descarga de los datos hace que el proceso sea costoso en tiempo y

esfuerzo de inmersiones de buceo. El desarrollo de tecnología que facilite estas labores redundaría en la mejora de las redes cercadas por receptores de marcas acústicas y la expansión de esta metodología de trabajo que ha sido validada como idónea para el seguimiento de ciertas especies.

También se pone de manifiesto la importancia de posibles desarrollos que abaraten las marcas disponibles en la actualidad en el mercado. La reducción del coste posibilitaría el marcado de un mayor número de ejemplares y por lo tanto mejoraría el seguimiento de especies de interés, tanto en número de ejemplares como en número de especies a considerar. Este aspecto además tiene importancia de cara poner en evidencia la existencia de efecto ‘desbordamiento’ conocido habitualmente por su término en inglés *spill-over*. Este efecto explica cómo el efecto de proteger un área marina puede beneficiar al sector pesquero dado que la mejora de las poblaciones de ciertas especies (en este caso comerciales) favorecidas por la zona de protección (zona de reproducción y protección de crías), hace que exista una mayor disponibilidad de estas especies en zonas fuera de las reservas y además en algunos casos alejadas de las mismas. Es decir, el avance en los desarrollos tecnológicos permite no solo monitorizar estados de salud sino demostrar y evaluar la efectividad de las medidas de gestión implantadas, evidenciando además los posibles beneficios socio-económicos de la protección del mar.

Respecto a las plataformas de observación multiparamétricas estáticas, conocidas comúnmente como *lander* se explica la necesidad de aumentar el tiempo de fondeo de estas plataformas. Este aumento del tiempo implica abordar desarrollos de potencia de alimentación (posibilidad de utilizar turbinas de generación de energía), almacenamiento de datos (posibilidad de descargas parciales por acústica sin necesidad de levantar el fondeo), seguridad del fondeo (eliminación de boyas en superficie), sistemas inteligentes de captación de información (sensores de presencia que pongan en marcha las cámaras de imagen y sistemas lumínicos). El aumento del tiempo de fondeo permitiría monitorizar las condiciones físicas de la última capa de agua, la que afecta a la dinámica del fondo y también realizar estudios de presencia y densidad de especies móviles y que viven y se desplazan próximas al fondo.

Por último se detecta unanimidad, al igual que en las encuestas, en cuanto a la necesidad clara de contar con datos de imagen de calidad, asociados a telemetría de

posición de las zonas a proteger. Se encuentra crucial el desarrollo de trineos fotogramétricos de manejo sencillo, pero que incluyan a su vez cámaras de altas prestaciones y sistemas de iluminación robustos que permitan adquirir imágenes del fondo.

## Conclusiones

El presente informe recoge, mediante un proceso de alta participación de los agentes involucrados, las necesidades y prioridades respecto al uso de la tecnología submarina y metodologías de proceso y análisis de datos para poner en marcha programas de monitorización de la RN2000 Marina española.

Las principales necesidades expresadas se pueden consultar a modo de resumen a continuación:

- Metodologías basadas en imagen

La utilización de cámaras fotográficas y/o de video se ha manifestado como la primera necesidad en el desarrollo, mejora e implementación de planes de monitorización dentro de la RN2000 Marina. Este tipo de tecnología puede ser instalada en diferentes plataformas (buceadores, trineos remolcados, ROVs, AUVs) y utilizada en todos los rangos batimétricos que cubre la RN2000, desde aguas someras a zonas batiales. Lo que sí es común es la necesidad de contar con sistemas sencillos de operar pero a su vez con sensores de altas prestaciones (resolución, sensibilidad, estabilidad, etc) y que la imagen vaya acompañada por información complementaria que posibilite la explotación avanzada de las imágenes (telemetría de posición cada segundo, profundidades, variables físicas, punteros de escalado, etc.). Para aunar estos conceptos de simplicidad de manejo y altas prestaciones, la mayoría de las zonas apuestan por el uso de trineos fotogramétricos como la solución óptima para poner en marcha programas de seguimiento y monitorización.

- Utilización de marcas electrónicas

Se manifiesta como se ha descrito anteriormente en este documento la necesidad de mejorar la operatividad de estos sistemas que son claves

para monitorizar especies móviles y demostrar efectos de conectividad dentro de la red de áreas marinas, abundancia, zonas de reproducción o juveniles, EHF, *spill-over*, etc. Esta operatividad se puede traducir como una mejora en los procesos de instalación y gestión de redes de marcado con receptores acústicos y el abaratamiento de los costes de las propias marcas, Esto permitiría en el primer caso reducir los tiempo de dedicación de los técnicos a instalación y recogida de datos y en el segundo caso al aumento del número de ejemplares marcados, beneficiándose en ambos casos los resultados y los programas de monitorización basados en estas tecnologías.

- Plataformas de fondeo multiparamétricas

El fondeo de plataformas multiparamétricas de largo periodo permitirá estudiar fenómenos dinámicos que no pueden ser caracterizados mediante una aproximación puntual en un momento concreto, como puede ser cualquier estudio que se aborda a partir de la realización de una campaña. Este tipo de plataformas pueden llevar multitud de sensores desde sensores ópticos (cámaras de video/fotografía), sensores acústicos (hidrófonos para registro del ruido marino), CTDs para monitorización física de la capa de agua pegada al fondo, correntímetros, trampas de sedimento, sistema de cebado que junto con las cámaras permitan estudiar la dinámica de las especies que viven o se alimentan pegadas al fondo. De esta forma en un único fondeo se pueden extraer infinidad de datos de diferente naturaleza y extensión del fondeo en el tiempo permitirá responder a estudios de monitorización o seguimiento de ciertas variables y sus efectos sobre la abundancia y distribución de las especies.

- Metodologías acústicas

Una vez superada la fase de cartografiado y exploración de las zonas, se reconoce la necesidad de implementar metodologías acústicas que permitan dar un paso hacia el conocimiento de la evolución de los ecosistemas. Para ello se deben seleccionar áreas de interés concretas y conseguir sobre ellas unas resoluciones espaciales muy altas. También en zonas someras de muy baja visibilidad la aproximación de sensores basados en acústica se revelan de gran utilidad. Todo esto se puede conseguir mediante diferentes aproximaciones, por ejemplo variando el

modo de operación de las sondas multihaz instaladas en los cascos de los buques o la instalación de sondas en vehículos submarinos (ROTV, AUVs, etc.), para poder aproximar los hidrófonos al fondo.

- Método de extracción de muestras altamente selectivos

Se consideran superados los métodos de muestreo invasivos, donde mediante artes de arrastre o pesca se realizaban estudios de los ecosistemas y de las especies/hábitats de interés. La dirección clara a tomar es la toma de muestras altamente selectiva, donde basados en el alto grado de conocimiento de las zonas se decida que ejemplares son interesantes muestrear y se extraigan de forma específica. Para ello la posibilidad de realizar muestreos por buceadores en zonas someras o el uso de vehículos tipo ROVs dotados de brazos articulados para zonas profundas son las necesidades expresadas en este aspecto.

- Procesado de la información

Como ya se ha mencionado en el análisis de los resultados de las encuestas, no existen muchos comentarios al respecto del procesado de la información. Se asume que los programas de monitorización se encuentran todavía en una fase muy temprana de su diseño y operación, y las inquietudes y necesidades expresadas se centran en la instrumentación y metodologías a utilizar en la fase de implantación y adquisición de datos. Sin embargo, las metodologías de proceso y análisis de información son un tema clave que no se debe perder de vista ya que condicionará en gran medida las necesidades respecto a la tipología de información a adquirir y puede ser limitante en cuanto a capacidad de análisis de la información, Como es obvio, no es lo mismo un enfoque de análisis de datos basado en la interpretación exclusiva de expertos, que la utilización de metodologías que permitan automatizar la extracción de la información. En este sentido se destaca la importancia del análisis estadístico de los datos y la utilización de modelos de hábitat potencial. También el procesamiento avanzado de imágenes, que permitan obtener productos cartográficos rigurosos en 2D y 3D, así como técnicas de clasificación e identificación de imágenes basadas en *deep-learning* que posibiliten aproximaciones automáticas o semi-automáticas de identificación y/o clasificación de especies y hábitats de interés.

## Agradecimientos

Se quiere agradecer la colaboración de todas las personas que han respondido o ayudado a difundir las encuestas sobre necesidades de nuevas tecnologías para la monitorización de los espacios marinos protegidos de la RN2000. También a las personas participantes en el Primer Taller para la Caracterización y Evaluación del Uso de Nuevas Tecnologías para la Monitorización y Vigilancia de la RN2000 Marina. Las respuestas y aportaciones proporcionadas por los científicos, técnicos y gestores de las áreas participantes han sido la base para la elaboración de este informe.

## ANEXO 1. Modelo de Encuesta

### Encuesta sobre necesidades de nuevas tecnologías para la monitorización de los espacios marinos protegidos de la RN2000

|                              |  |
|------------------------------|--|
| Área Marina                  |  |
| Demarcación marina           |  |
| Figura de protección actual  |  |
| Extensión (km <sup>2</sup> ) |  |
| Rango de profundidades (m)   |  |

- 1) Año en el que el Área Marina empezó a formar parte de la RN2000 (LICs, ZECs, ZEPAs, etc.):
- 2) Principales hábitats / especies de interés presentes en la zona (Directiva de Hábitats, OSPAR, IUCN, etc.):
- 3) Potenciales hábitat / especies de interés que podría haber en la zona pero de las que no se cuenta con información rigurosa:
- 4) Técnicas extractivas o invasivas de evaluación de hábitats / especies de interés que se han utilizado hasta el momento en la zona:
- 5) Técnicas no-invasivas de evaluación de hábitats / especies que se han utilizado hasta el momento en la zona:
- 6) Hábitats / especies de especial interés cuyo estado esté siendo actualmente evaluado mediante alguna técnica extractiva de forma periódica (monitorización):

- 7) Hábitats / especies de especial interés cuyo estado esté siendo actualmente evaluado mediante alguna técnica no-invasiva de forma periódica (monitorización):
- 8) Según su opinión ¿Qué tecnologías de observación, análisis de datos y gestión de la información podrían contribuir a una mejor monitorización de hábitats / especies de especial interés presentes en su zona?:

## ANEXO 2. Listado de Encuestas recibidas

| <b>Encuesta</b>  | <b>Remitente</b>   |
|--|--|
| INTEMARES_A5_Encuesta_Bco Concepción                     | <i>Pablo Martín Sosa – IEO C.O. Canarias</i>   |
| INTEMARES_A5_Encuesta_Cachucho                           | <i>Francisco Sánchez Delgado – IEO C.O. Santander</i>  |
| INTEMARES_A5_Encuesta_Canal Menorca                      | <i>Enric Masuti Sureda – IEO C.O. Baleares</i>   |
| INTEMARES_A5_Encuesta_Columbretes                        | <i>Diego Kersting - Freie Universität Berlin</i>   |
| INTEMARES_A5_Encuesta_Cuevas Canarias                    | <i>Carlos Hernández González - IEO C.O. Canarias</i>   |
| INTEMARES_A5_Encuesta_Escarpe Mazarrón                   | <i>Ignacio José Franco Navarro – IEO C.O. Murcia</i>   |
| INTEMARES_A5_Encuesta_EspMarLanFue                       | <i>Pablo Martín Sosa – IEO C.O. Canarias</i>   |
| INTEMARES_A5_Encuesta_PN Montgrí, Illes Medes i Baix Ter | <i>Cristina Linares – Universidad de Barcelona</i>   |
| INTEMARES_A5_Encuesta_Reservas Marinas                   | <i>Silvia Revenga Martínez de Pazos - Secretaría General de Pesca</i>                              |
| INTEMARES_A5_Encuesta_SCS Avilés                         | <i>Francisco Sánchez Delgado – IEO C.O. Santander</i>  |
| INTEMARES_A5_Encuesta_Seco Olivos                        | <i>Ricardo Aguilar – OCEANA</i>  |
| INTEMARES_A5_Encuesta_Tabarca                            | <i>Alfonso Angel Ramos Espla – Universidad de Alicante</i>   |
| INTEMARES_A5_Encuesta_Volcanes fango                     | <i>Luis Miguel Fernández Salas – IEO C.O. Cádiz</i><br><i>Jose Luis Rueda Ruiz IEO C.O. Málaga</i> |
| INTEMARES_A5_Encuesta_ZECs Canarias                      | <i>Pablo Martín Sosa – IEO C.O. Canarias</i>   |