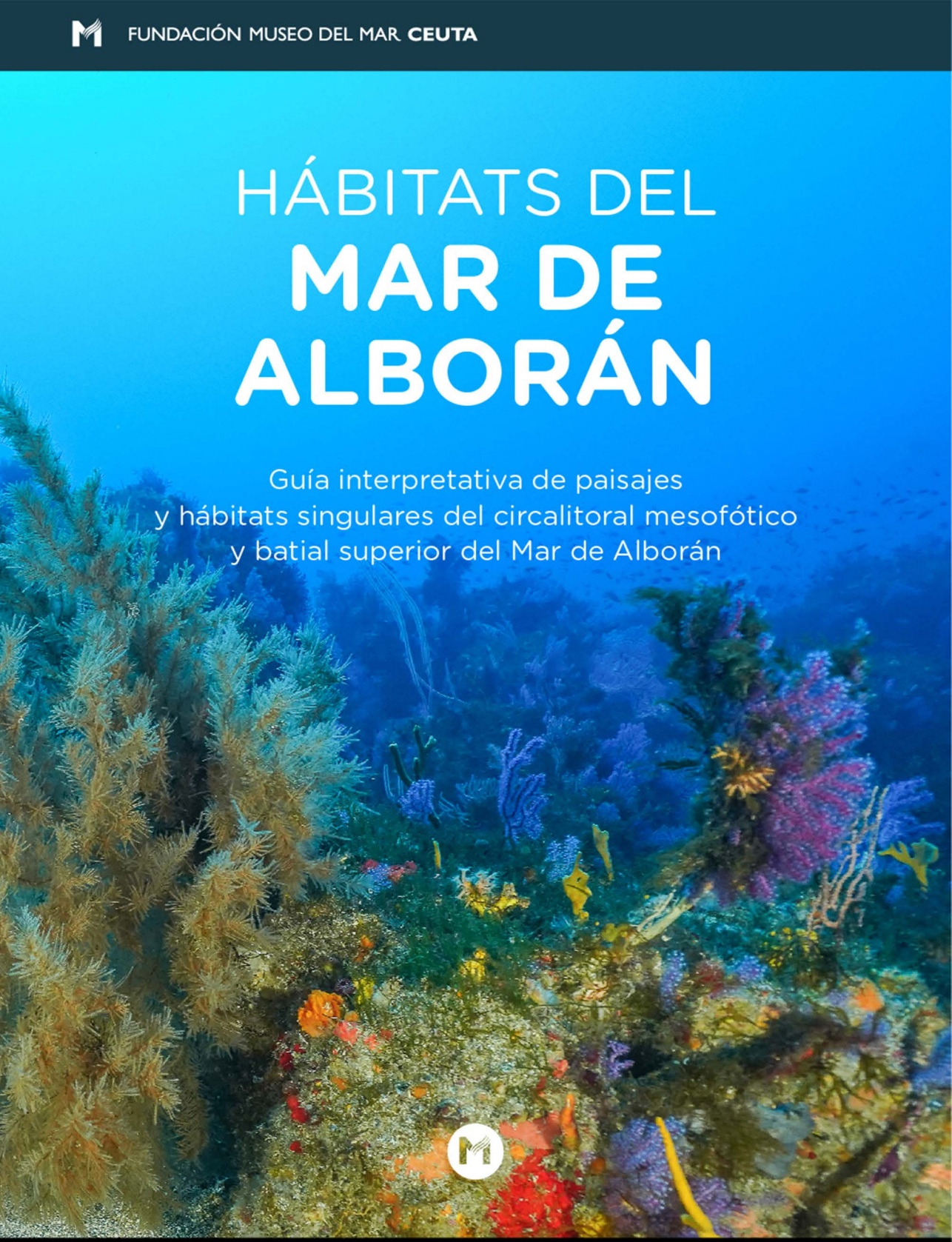
FUNDACIÓN MUSEO DEL MAR **CEUTA**

# HÁBITATS DEL MAR DE ALBORÁN

Guía interpretativa de paisajes
y hábitats singulares del circalitoral mesofótico
y batial superior del Mar de Alborán



Cofinanciado por la Unión Europea

Fondos Europeos

# Hábitats del Mar de Alborán

Guía interpretativa
de paisajes y hábitats singulares
del circalitoral mesofótico
y batial superior del Mar de Alborán

Alfredo Rosales Ruiz
Dacio Correa Bethencourt
Ander Congil Ross
Oscar Ocaña Vicente

Edición: Fundación Museo del Mar de Ceuta
Autores: Alfredo Rosales Ruiz, Dacio Correa Bethencourt, Ander Congil Ross y Oscar Ocaña Vicente.
Maquetación y Diseño: María Delia Sierra

Conoce nuestros proyectos, libros y publicaciones en www.museodelmarceuta.com y redes sociales.

La redacción, maquetación e impresión de esta obra ha sido financiada dentro del proyecto Meso_Alborán 2. Este proyecto se desarrolla con la colaboración de la Fundación Biodiversidad del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, a través del Programa Pleamar, y se cofinancia por la Unión Europea por el FEMPA (Fondo Europeo Marítimo, de Pesca y de Acuicultura).

Las opiniones y documentación aportadas en esta publicación son de exclusiva responsabilidad de la persona o personas que ostenten su autoría y no reflejan necesariamente los puntos de vista de las entidades que apoyan económicamente el proyecto.

Deposito legal: GR 214-2026
ISBN: 978-84-09-82815-9

©2025 – Fundación Museo del Mar de Ceuta
*Reservados todos los derechos. No se permite la reproducción total o parcial de esta obra, ni su incorporación a un sistema informático, ni su transmisión en cualquier forma o por cualquier medio (electrónico, mecánico, fotocopia, grabación u otros) sin autorización previa y por escrito de los titulares del copyright. La infracción de dichos derechos puede constituir un delito contra la propiedad intelectual.*

## Contenido


1. Introducción 6

2. Sobre esta obra en el marco del proyecto MESO_Alboran 2 10

3. Generalidades geográficas y oceanográficas 13

4. Origen de la diversidad marina del Mar de Alborán y sus hábitatS 17

5. Hábitats circalitorales del Mar de Alborán en el contexto Atlanto-Mediterráneo 21

6. Hábitats del Mar de Alborán 26

    6.1. Región de Ceuta 26

    6.2. Fachada norte del Mar de Alborán (Granada, Málaga y Almería) 70

    6.3. Melilla e Islas Chafarinas 116

7. Impactos antrópicos y propuestas de mitigación 136

    7.1. Los impactos detectados durante el proyecto 139

        7.1.1. Análisis estadístico de los impactos de las basuras marinas sobre los fondos mesofóticos 139

        7.1.2. Especies bioconstructoras o biomoduladoras sensibles e impactos 161

        7.1.3. Propuestas de mitigación de impactos 168

8. Glosario 172

9. Agradecimientos 177

10. Bibliografía 178

# 1. INTRODUCCIÓN

Si observáramos nuestro planeta de forma aséptica, como un equipo de científicos que empieza a estudiarlo por primera vez desde fuera de su atmósfera, sería más que probable que pensáramos en una infinidad de nombres más descriptivos que “Tierra” para un cuerpo celeste que está cubierto, en su mayoría (un 71%), por océanos de agua. De hecho, teniendo en cuenta la extensión del Océano Pacífico, que cubre un 30% de la superficie terrestre, en un porcentaje de observaciones estos científicos serían incapaces de estudiar más que una masa especialmente bella de agua y un sinfín de procesos climáticos atmosféricos asociados a la misma.

Sin embargo, los humanos no hemos sido asépticos al afrontar la comprensión de nuestro planeta y en nuestra arrogancia, que en ciertas épocas nos llevó incluso a situarnos, ya no solo como centro del Sistema Solar, sino como centro del Universo, también hemos nombrado como “Tierra” a un planeta que claramente debió llamarse “Agua”, “Océano” o “Mar”.

En las últimas décadas, gracias en parte a la exploración espacial y a la difusión masiva de las espectaculares imágenes que captan los diferentes satélites que orbitan nuestra casa, el concepto de Planeta Azul ha ido asentándose en la cultura popular y es apelado, en la mayoría de los casos dentro de ámbitos relacionados con la divulgación científica, como una concepción casi romántica que describe de forma más significativa la apariencia externa de una pequeña gran canica azul.

Si la primera idea que nos surgiría como observadores asépticos del planeta estaría casi con toda seguridad relacionada con la presencia de grandes extensiones cubiertas por agua coexistiendo en sus tres estados, la segunda debiera ir encaminada a la que con toda seguridad es la mayor singularidad del cuerpo celeste: la existencia de vida.

Hoy en día, sabemos que no somos el único cuerpo celeste del Sistema Solar con grandes cantidades de agua en su superficie. La luna saturniana Encelado y la jupiterina Europa se encuentran cubiertas por grandes casquetes de hielo, habiéndose detectado además la presencia de geiseres que propulsan agua en estado gaseoso hasta los 200Km de altura. Además, el consenso científico es cada vez mayor en cuanto a la presencia de mares líquidos bajo estas capas masivas de hielo. Marte es otro candidato, con casquetes polares helados y claras muestras de un pasado húmedo que dejó multitud de paisajes deltaicos y rocas sedimentarias.

Sin embargo, pese a que las mencionadas lunas reúnen estas y otras condiciones que podrían favorecer la presencia de vida en las mismas condiciones que conocemos en nuestro planeta Océano, como una atmósfera rica en oxígeno en Europa, con una concentración elevada de dióxido de carbono en Encelado, o la presencia en ambas de una gran actividad volcánica derivada del calor generado por las importantísimas mareas gravitacionales a las que están sometidas, aún no hemos sido capaces de detectar indicios de vida en ellas.
Aunque en el momento de redacción de este libro (verano de 2025) la NASA publicó posibles hallazgos relacionados con la existencia de vida microbiana en Marte, el único lugar del Universo en el que conocemos de forma fehaciente la existencia de vida es la paradójicamente llamada Tierra, y esto convierte a

nuestro planeta en una excepcional singularidad cósmica.

El origen más basal de este fenómeno natural de organización molecular extremadamente contraria a la entropía trasciende en muchas ocasiones los conceptos científicos y se imbrica con consideraciones espirituales. No sabemos cómo se originó la vida en el planeta, ni siquiera sabemos si verdaderamente se originó aquí o llegó como polizón de alguno de los millones de cometas ricos en agua y compuestos orgánicos que impactaron contra el planeta en sus etapas iniciales. Lo que sí empezamos a saber a ciencia cierta es que, "solo" 500 millones de años después de que el planeta estuviese formado por mares candentes de lava, hace aproximadamente 3.800 millones de años, comienzan a detectarse en el registro fósil trazas geoquímicas compatibles con la vida marina y "solo" 30 millones de años después se observan los primeros fósiles de verdaderas bacterias en ambientes marinos. Desde este origen, hasta hace alrededor de 600 millones de años, cuando se empieza a formar la capa de ozono con el consiguiente bloqueo de las radiaciones ultravioleta letales, la vida solo pudo desarrollarse en el medio marino.

Los números son abrumadores: solo durante el 15% del tiempo en el que la vida ha existido en el planeta, esta ha coexistido en los ambientes emergidos y los ambientes sumergidos marinos. Esta representación aritmética, ha condicionado de forma extremadamente marcada la evolución de la vida.

Tras la radiación original de la vida unicelular en el medio marino, procesos evolutivos comenzaron a moldear las bases de los principales grupos de organismos que existen en la actualidad, promoviendo las diferentes endosimbiosis tempranas que dieron lugar a los primeros eucariotas. La evolución de estas especies parece lenta hasta que, hace



unos 548 millones de años, tras un periodo en el que el planeta probablemente se congeló por completo, al igual que las lunas mencionadas previamente, el criogénico, se produce una explosión masiva de biodiversidad que sienta definitivamente las bases de todos los esquemas corporales de los organismos pluricelulares actuales, la llamada Explosión Cámbrica.

Podemos rastrear las morfologías que pueblan los océanos y la corteza terrestre hasta este punto, observando también otras muchas ramas evolutivas que no consiguieron traspasar las diferentes barreras que la evolución les tenía preparadas. Sin embargo, la historia natural ya había demostrado que la vida, una vez se encuentra asentada, es capaz de resolver la mayoría de las situaciones a las que se enfrenta y tras un periodo convulso, las aprovecha para diversificarse aún en mayor medida.

Es este periodo, hace unos 450 millones de años, el que empieza a dibujar trazos claramente observables en la biodiversidad marina actual. Estudios recientes derivados de la aplicación de técnicas genómicas basadas en relojes moleculares muestran que, por ejemplo, la mayoría de los grupos de corales actuales habrían radiado en este momento (Quattrini *et al*., 2020), aproximadamente 100 millones de años antes de que el primer tetrápodo emergiera del mar.

En el caso concreto de los zoantarios, los datos que actualmente se están analizando parecen mostrar que la radiación de la mayoría de las familias e incluso géneros actuales se habría originado en este momento, quizás aprovechando un vacío en el medio marino dejado por la extinción de los grandes bioconstructores. Este fenómeno de radicación tras los fenómenos de extinción se ve reflejado también en las dos situaciones de extinción masiva posteriores y ancestros de especies de zoantídeos como *Gerardia savaglia (=Savalia savaglia)*, tal vez el coral más singular del ámbito atlanto-mediterráneo, o el género *Antipathozoanthus*, ya parecen estar presentes tras la extinción del Devónico-Pérmico (Rosales-Ruiz *et al*., in prep).

Si la complejidad inherente al estudio de las relaciones evolutivas entre las especies es abrumadora en el caso de grupos como los tetrápodos terrestres, cuyos fenómenos radiativos parecen haber estado condicionados mayoritariamente por la extinción del Cretácico-Peleógeno, hace unos 65 millones de años, la complejidad al estudiar taxones

A. El coral *Gerardia savaglia (=Savalia savaglia)* en las Islas Chafarinas. B. El coral *Antipathozoanthus* sp. en la isla de Sao Tomé.






tan arcaicos como los corales, las esponjas o los briozoos, principales metazoos bioconstructores y biomoduladores actuales, se ve multiplicada por varios ordenes de magnitud, sumando un añadido: que estos viven en un medio difícil y peligroso para el estudio y la exploración científica. En la actualidad se ha salvado el escollo de acceso, que actualmente gracias a la tecnología es menos, sobre todo con la extensión del uso de recicladores de gas (o rebreathers, del inglés) y vehículos de operación remota (ROVs, de sus siglas en inglés).

Podemos añadir sin temor a equivocarnos que desconocemos cómo han evolucionado estas especies bioconstructoras y qué fenómenos han condicionado la velocidad de sus cambios morfológicos y genéticos, por lo que aplicar las mismas metodologías que aplicamos a organismos terrestres con radiaciones mucho más reciente y procesos evolutivos más comprendidos parece aventurado.

Entender cómo se conforman los hábitats marinos, especialmente en entornos alejados de la luz, donde el motor trófico por excelencia que es la energía solar va disminuyendo su influencia y los procesos se ralentizan, implica un ejercicio mental especialmente bello y es que, para comprender cómo han llegado a imbricarse todos los engranajes que componen un hábitat actual, es necesario un viaje mental en el tiempo en el que deberán tenerse en cuenta todos los cambios climáticos, cambios en el nivel del mar, en el régimen sedimentario, en el régimen hidrológico de las costas cercanas y en muchos casos, hasta de los procesos tectónicos, para comprender el porqué de cada pequeña pieza, su singularidad, su fragilidad, pero también su resiliencia. Solo así, a nuestro parecer, y aplicando metodología precisa y parsimoniosa, se puede llegar si quiera a arañar la superficie del conocimiento más amplio sobre la biodiversidad marina.



# 2. SOBRE ESTA OBRA EN EL MARCO DEL PROYECTO MESO_ALBORAN 2

El cometido de esta guía es ofrecer una aproximación general a la complejidad de hábitats y paisajes ecológicos que se desarrollan en el mar de Alborán. No es una obra exhaustiva, sino que se trata de una primera aportación al cocimiento del ámbito meso-fótico, escasamente estudiado en el medio marino. Es muy conveniente que nuevas aportaciones vayan completando esta iniciativa de exploración y descripción pionera en Alborán.

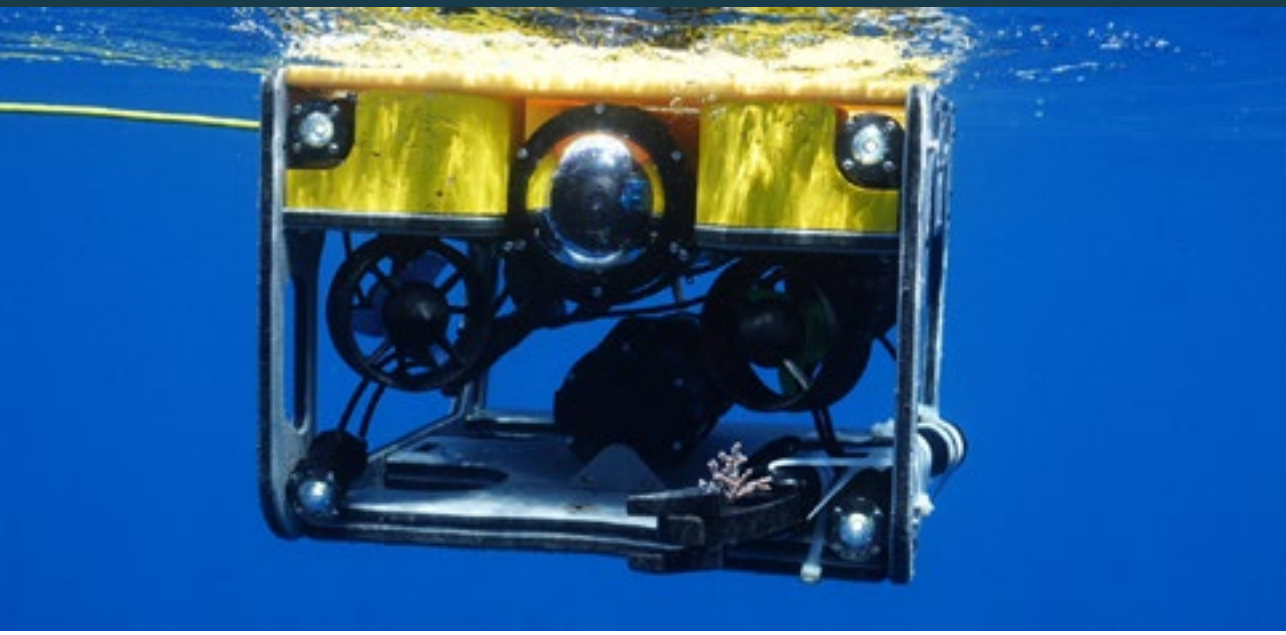
La elaboración de este tipo de obras supone un ejercicio de modulación en el que se debe presentar una materia científica compuesta de términos técnicos, de un modo más liviano y amable. Por ello, la intención de los autores ha sido realizar un documento comprensible para que las administraciones puedan conocer de primera mano el complejo entramado de hábitats que se desarrollan en el circalitoral del Alborán estudiado hasta el momento.

El enfoque de la obra es, por tanto, descriptivo y faunístico pues son las herramientas básicas para construir una bionomía bentónica seria que proporcione información sintética pero consistente de los hábitats explorados.

Las especies recogidas en los capítulos que se desarrollarán a continuación presentan poblaciones de interés en múltiples puntos de la cuenca del Mar de Alborán. Pese a que su distribución puede extenderse fuera de las localidades a las que se circunscriben en capítulos referentes a puntos concretos, se han asociado a estos al tener especial importancia en los ecosistemas detectados en la zona. De hecho, los estudios descriptivos de los hábitats ponen de manifiesto las diferencias encontradas con otras regiones geográficas españolas, en el marco de otros proyectos (véase Hábitats Marinos de Canarias. Guía Interpretativa de paisajes y hábitats mesofóticos de Canarias. La Palma, Lanzarote y Archipiélago Chinijo, editado por la Consejería de Transición Ecológica y Planificación Territorial del Gobierno de Canarias).

El proyecto en el que se enmarca esta guía es MESO_Alborán 2, proyecto que se ha centrado en la exploración de los fondos circalitorales de Granada, Ceuta, Chafarinas y Almería, dando continuidad a la senda abierta por su antecesor (MESO_Alborán, convocatoria Pleamar 2021). El principal objetivo de ambos proyectos ha sido profundizar en el conocimiento de los entornos mesofóticos del Mar de Alborán. Así, el acrónimo utilizado hace referencia a su ámbito de estudio. Estas áreas incluyen cañones, taludes y montañas submarinas, todos accidentes geológicos cercanos a los litorales estudiados, todas ellas, son zonas de especial complejidad que se han mostrado clave para albergar comunidades biológicas singulares con gran interés para la pesca artesanal, así como para las especies protegidas y de gran valor ecológico.

Por todo ello, el gran valor de este tipo de proyectos es compensar el importante vacío de conocimiento, en el que persisten lagunas sobre la estructura bionómica de sus comunidades, las interacciones entre hábitats someros y profundos, y el papel que estos ecosistemas desempeñan en la provisión de servicios esenciales con relación a la pesca o a la regulación ecosistémica.



La creciente presión de las actividades económicas humanas desencadenante del Cambio Global que destruye y transforma los ambientes marinos deja claro la necesidad de que se establezcan planes de acción basados en una base de estudios científicos consistentes que beneficie las urgentes tareas de gestión y conservación de los espacios marinos más relevantes.

Este proyecto amplía los objetivos iniciales, aportando no solo un mayor detalle en la descripción de estas comunidades, sino también un enfoque aplicado hacia la gestión y la resiliencia. Se busca analizar cómo estas zonas contribuyen al mantenimiento de la biodiversidad y a la Economía Azul, identificando amenazas, vacíos de conocimiento y medidas que permitan mejorar su conservación.

La metodología empleada ha sido diseñada para superar las limitaciones técnicas que tradicionalmente han dificultado el acceso a estos hábitats e incorpora mejoras innovadoras frente al proyecto previo con el fin de superar ciertas limitaciones. Entre las fases desarrolladas destacan:

- Trabajo bibliográfico y de planificación previo a las campañas de campo, a partir de bases batimétricas, cartográficas y trabajos previos, para seleccionar áreas de estudio prioritarias.
- **Campañas de campo exploratorias**, mediante la combinación del uso de pequeños vehículos operados remotamente (ROVs) con inmersiones de buceo científico-técnico avanzados y equipos de circuito cerrado se ha conseguido llegar a explorar hasta los 200 metros de profundidad de forma controlada y poco invasiva.
- **Recogida de muestras y análisis avanzados**, incluyendo análisis morfotaxonómicos precisos y técnicas genéticas innovadoras, así como análisis de ADN ambiental, para detectar singularidades únicas de estos entornos y revelar la **criptodiversidad** presente en el Mar de Alborán.
- **Colaboración con el sector pesquero**, integrando el conocimiento local sobre caladeros, artes y percepciones sobre los cambios en el mar, en un esfuerzo conjunto por mitigar futuros impactos.

Gracias a la metodología innovadora y multidisciplinar, el desarrollo de **MESO_Alborán 2** ha permitido comprender mejor la importancia ecológica y socioeconómica de estas zonas, así como elaborar una serie de recomendaciones de gestión basadas en observaciones directas y la evidencia científica. Además, el componente divulgativo del proyecto - como la publicación de esta guía, entre otros materiales audiovisuales (véase el video realizado en *www.museodelmarceuta.com)* - asegura que este conocimiento no quede restringido a la comunidad científica, sino que trasciende a la población general.

Finalmente, conviene subrayar que el proyecto no se limita a la generación de resultados científicos aislados del beneficio social y la protección del mar, sino que apuesta por un modelo de investigación aplicado que contribuya directamente a la conservación, así como un modelo de trabajo integral que combina desde el trabajo minucioso de naturalista de campo (estudio de las especies *in situ* en su hábitat natural) hasta los posteriores análisis precisos de genética y morfotaxonomía avanzada (estudio de las especies en laboratorio), pasando por la generación de una base cartográfica y bibliográfica que agrupe todo este conocimiento (estudio de todo el conjunto en gabinete). Así, a través de estos estudios completos, los proyectos **MESO_Alborán 1 y 2** se enmarcan como un esfuerzo pionero para sentar las bases de una gestión más informada, resiliente y sostenible de los ecosistemas mesofóticos del Mar de Alborán.

Además de los proyectos MESO_Alborán, esta guía también ha recibido información recabada durante otros proyectos de la Fundación Museo del Mar de Ceuta, como los proyectos Obioma (Observatorio de la Biodiversidad del Mar de Alborán y la Macaronesia) financiados por el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, o el proyecto SANIMED, del Instituto Andaluz de Ciencias de la Tierra CSIC y la Universidad de Granada con el que los autores de esta obra colaboraron en 2023.



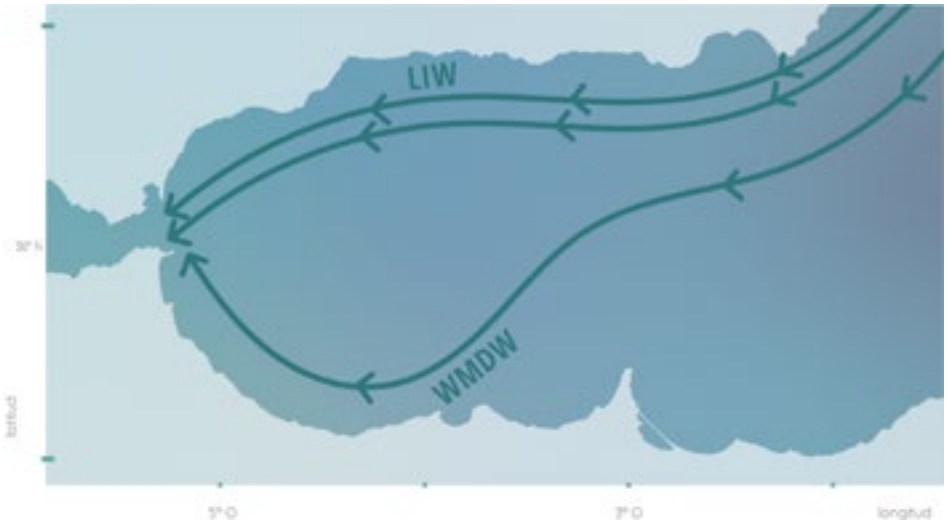
# 3. GENERALIDADES GEOGRÁFICAS Y OCEANOGRÁFICAS

El Mar de Alborán, situado en el extremo más occidental del Mar Mediterráneo, es la cuenca más occidental que recibe en primera instancia las aguas atlánticas y desde donde se evacuan las mediterráneas. Es también un punto de conexión entre continentes, tanto a nivel cultural como biogeográfico y geológico. Estas dos últimas características, generan un compendio de circunstancias que han condicionado en grado sumo la naturaleza de las especies que en él habitan.

Los límites del Mar de Alborán pueden ser abordados desde diferentes perspectivas, no coincidiendo en muchas ocasiones entre sí. Así, según la Organización Hidrográfica Internacional (1953), su límite occidental discurre entre Punta Europa, en Gibraltar y Punta Almina, en Ceuta, mientras que su límite oriental se situaría entre Cabo de Gata, en Almería, y Cabo Fegalo en Orán, Argelia. Sin embargo, desde el punto de vista biogeográfico, la influencia de este mar no se encuentra constreñida por estos límites, existiendo autores (Báez *et al*., 2021) que extienden su área hasta Cabo de Palos, Murcia e incluyen todo el canal del Estrecho de Gibraltar.

El contexto oceanográfico de este entorno también supone una base para definir su extensión, al condicionar íntimamente los procesos naturales y sociales del área. El área del Mar de Alborán se situaría así sobre unos márgenes pivotantes influenciados por la situación climática imperante en un momento concreto.

Las principales entradas de agua a la cuenca general provienen de aportes oceánicos, al no contar actualmente con grandes ríos en sus fachadas. La cuenca se rellena a nivel superficial por Aguas Atlánticas Modificadas (MAW, siglas inglesas de Modified Atlantic Waters), de salinidad cercana a las 36‰, temperaturas entre los 15 y los 17ºC, muy oxigenadas y pobres en nutrientes. Esta capa, que se extiende en sus puntos más profundos hasta los 220m, tendrá un origen Atlántico y por tanto de poniente. Desde levante se produce la circulación de aguas mediterráneas, principalmente Aguas Intermedias Levantinas (LIW, siglas inglesas de Levantine Intermediate Waters) y Aguas Profundas del Mediterraneo Occidental (WMDW, siglas inglesas de Western Mediterranean Deep Waters). Las primeras, LIW, se extienden en general desde los 200 a los 600m, especialmente en la fachada norte de Alborán, siendo aguas originadas por fenómenos invernales de convección en la Cuenca Levantina mediterránea, ricas en nutrientes, pobres en oxígeno, con una salinidad entorno a los 38,5‰ y una temperatura de 13,2ºC. Por debajo de 600m, predominantemente al sur, se extienden las segundas, WMDW, de menor contenido en nutrientes, más oxigenadas, con una salinidad de 38,48‰ y una temperatura de 12,9ºC (Sánchez-Garrido & Nadal., 2022). El origen de estas aguas profundas occidentales está asociado a uno de los fenómenos oceanográficos de mayor importancia para el Mediterráneo, el hundimiento convectivo de aguas de alta densidad en el área del Golfo de León. Es este un fenómeno asociado a vientos fríos y secos con origen polar durante el invierno, que causan importantes enfriamientos y evaporación (con el consiguiente aumento de salinidad) sobre las aguas superficiales, lo que aumenta su densidad provocando su hundimiento (Cisneros *et al*., 2019).




En superficie, en la fachada norte del Mar de Alborán existe en la situación modelo una zona altamente influenciada por la entrada de aguas superficiales atlánticas que se extiende, al menos, desde el Estrecho de Gibraltar hasta la Bahía de Málaga. Estas aguas dan origen al denominado "Chorro Atlántico" (CA) que forma dos giros anticiclónicos semipermanentes en las cuencas Occidental (GOCA) y Oriental de Alborán (GORA) y un giro ciclónico, el Giro central ciclónico de Alborán (GCC).




Al norte de los giros anticiclónicos, en las costas de Cádiz, Málaga y Granada, se originan sistemas frontales, el Frente del Giro Occidental de Alborán (FGOCA) y el Frente Almería-Orán (FAO), que dan lugar, por retirada de aguas superficiales, a importantes fenómenos de afloramiento de aguas profundas, principalmente LIW, pero también WMDW, potenciados por vientos con origen en poniente (Pérez-Asensio *et al*, 2020), así como, en puntos concretos, parece deberse a la acción de fuertes mareas (Gestemasur.,

2023). Este fenómeno de afloramiento de aguas ricas en nutrientes y frías es responsable de grandes proliferaciones de plancton fotosintético, sobre el que se desarrolla una importante red trófica de la que dependen especies pesqueras tan significativas en la zona como el boquerón (*Engraulis encrasicolus*) o la sardina (*Sardina pilchardus*) (Margalef, 1989).

Así mismo, la importante red trófica desarrollada en superficie en base a las proliferaciones de organismos origina gran cantidad de detritus, que se aglutinan en superficie por efecto de bacterias descomponedoras generando estructuras tridimensionales conocidas como nieve marina. Sobre esta, actúan fenómenos de hundimiento, originando un flujo que nutre los ecosistemas profundos de la cuenca permitiendo el desarrollo de comunidades de alta riqueza ecológica. Así, se nutren de este fenómeno de hundimiento los grandes bancos pesqueros de la zona, conocidos como "Secos" sobre los que se desarrollan hábitats arrecifales especialmente singulares y las llanuras de fondos blandos, en las que habitan especies de especial valor como las quisquillas del género *Plesionika* (Rosales Ruiz *et al,* 2026 in prep).

Respecto a la fachada sur, una parte de las aguas superficiales atlánticas que penetraron por el Estrecho de Gibraltar serán arrastradas por el Giro Occidental de Alborán, adquiriendo frente a las costas de Málaga componentes con dirección sur que las impulsan sobre la región de Alhucemas en la fachada africana. Las corrientes asociadas a giros anticiclónicos tendrán aquí una componente de dirección inversa, con movimientos principalmente con origen levantino, que dan lugar a afloramientos puntuales de aguas profundas, potenciados en este caso por vientos de levante. Aunque aquí los fenómenos de afloramiento no alcanzan desarrollos tan importantes como en la fachada europea, los fenómenos de microafloramiento serán de especial importancia para las comunidades de la zona (Rosales Ruiz *et al*, 2026 in prep).

Ejemplo de estos microfenómenos es el afloramiento de aguas profundas de Punta Almina, Ceuta (Ocaña *et al*., 2009). Pese a que aún se desarrollan trabajos para caracterizarlo, es conocido que en este afloramiento se produce ascenso de aguas mediterráneas profundas, favorecido por los importantes escarpes cercanos a la Península de la Almina (Bellester & Zavatti, 1983). Así la presencia de un gran cañón submarino, el Cañón de Ceuta, que se extiende en dirección Sur-Norte hasta bien entrado el Estrecho, actúa como cuenca en la que se encauzan importes corrientes profundas potenciadas por vientos con origen levantino. Parte de estas corrientes, ascenderían sobre las inclinadas paredes orientales de la Península de la Almina, favoreciendo procesos productivos y la generación de motores tróficos secundarios como las concentraciones del cangrejo bentopelágico *Polibius henslowii* (Ocaña *et al*., 2009), o la concentración de pelágicos costeros y cetáceos durante la estación veraniega (Ocaña y García de los Ríos, en Soler *at al*., 2006).

Esta situación oceanográfica diferencia significativamente al Mar de Alborán, especialmente eutrófico, del resto del Mediterráneo, con condiciones eminentemente oligotróficas (Ocaña *et al*., 2009), lo que ha debido influir de forma importante en el mantenimiento y proliferación de algunas de las especies más singulares que en él habitan.



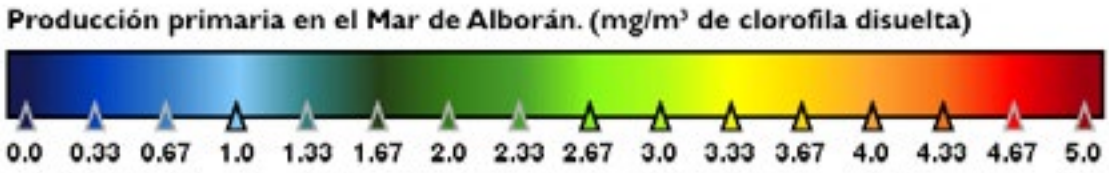



Imagen satelital derivada de las capas L4 generadas por el CNR (Italia) para Marine Copernicus en la que se aprecia un fenómeno de Bloom de clorofila posterior a un afloramiento de aguas profundas en la fachada norte del Mar de Alborán. Reinterpretado en Rosales Ruiz *et al,* 2026 in prep.

# 4. ORIGEN DE LA DIVERSIDAD MARINA DEL MAR DE ALBORÁN Y SUS HÁBITATS

La historia natural de este Mar de Alborán es igualmente compleja, estando muy influenciada, al igual que en el resto del Mediterráneo, por el Mar de Tethys. Este fue un mar tropical arcaico que se desarrolló desde hace 250 millones de años (Ma) hasta hace aproximadamente 50 Ma, inundando el canal presente entre los dos grandes continentes Gondwana y Laurasia derivados de la división transversal del megacontinente Pangea.

Las transformaciones tectónicas del área fueron transformando este Mar, dando lugar al proto-Mediterráneo, que mantuvo estas condiciones tropicales hasta hace aproximadamente 7 Ma. Ese gran periodo temporal en el que el entorno de la actual cuenca mediterránea estuvo sometido a una climatología que actualmente asociaríamos a entornos del Caribe o el Índico septentrional, ha condicionado profundamente la biota presente actualmente en este entorno, y favorece la presencia de una elevada cantidad de endemismos más relacionados con especies de zonas cálidas, que han quedado acantonados en zonas muy concretas y singulares.

Son igualmente condicionantes para la biota de Alborán dos eventos más recientes. Así, debemos destacar el cierre oriental de la cuenca proto-Mediterránea, que queda desconectada del Océano Índico hace aproximadamente 25 Ma (Torfstein *et al*., 2020) y comienza un proceso de enfriamiento paulatino.

Son también muy importantes las diferentes situaciones de apertura y cierre de estrechos entre el Océano Atlántico y el Mediterráneo, que acontece desde hace unos 20 Ma (Braga, 2021) en los límites occidentales de la Cuenca alboraní asociados a los procesos de orogenia de las cordilleras bético-rifeñas. Así, se desarrolla un sistema de mares interiores templados con profundidades moderadas, con arrecifes coralinos dominados por géneros actualmente tropicales, que perdura hasta el Messiniense temprano (7-6 Ma) en el entorno sur de las provincias de Málaga, Granada y Almería, apareciendo numerosas islas precursoras de las sierras de la zona, así como la situación formada por el actual Valle del Guadalquivir, actuando como canal inundado por las aguas marinas (Braga *et al*., 1990, Martín & Braga, 1994, Krijgsman *et al*., 2018).

Según la hipótesis más extendida, la existencia de estos mares cálidos culmina hace 6 Ma, cuando se produce el cierre casi total de estos estrechos debido probablemente a una significativa actividad tectónica que obstruyó la entrada de agua del océano Atlántico, generándose una importante situación de evaporación y aumento de la salinidad en algunas regiones del Mediterráneo, que perdura al menos medio millón de años, conocida como crisis de desecación o crisis salina del Messiniense. Esta situación provocó un extenso depósito de evaporitas en toda la cuenca, lo que algunos estudios han interpretado tradicionalmente como indicativo de una desecación casi completa del Mediterráneo.

Sin embargo, investigaciones recientes cuestionan esta hipótesis de desecación total en particular en lo que respecta al mar de

Alborán, especialmente en la cuenca occidental de este, y sugieren que durante este período persistieron condiciones marinas compatibles con la supervivencia de las especies, especialmente en la cuenca occidental (Martínez-García *et al.*, 2013, Booth-Rea *et al.*, 2018). Nosotros, en base a los trabajos previos de varios autores (Sonnenfeld and Finneti, 1985), señalamos anteriormente esta posibilidad para explicar la presencia y distribución de corales tethyanos en el Mediterráneo actual (Ocaña *et al.*, 2009). Quizás, el trabajo más consistente sobre la situación del Mar de Alborán durante la crisis salina del Messiniense sea el publicado por Booth-Rea *et al.*, (2018). En él, los autores apuntan cinco observaciones geológicas independientes que respaldan la existencia de un puente terrestre y un refugio marino durante el Messiniense y el Plioceno en la Cuenca Occidental de Alborán (COA), existiendo una conexión sostenida de la Cuenca con las masas de agua del Atlántico. Además, señalan la ausencia depósitos salinos en la zona occidental del Mediterráneo, y que la erosión de los cañones submarinos fuera provocada en condiciones marinas y no aéreas. Nuestros datos sobre los paisajes sumergidos y los bancos de especies de corales relictos están plenamente de acuerdo con la presencia de un refugio al oeste de la cuenca de Alborán propuesta por Booth-Rea *et al.*, 2018.



Modificado de Booth-Rea *et al.*, 2018. Mapa del Mediterráneo occidental durante el MSC, incluyendo características anteriores y posteriores al evento de desecación. Las dimensiones del archipiélago se deducen de las discordancias erosivas cartografiadas con datos sísmicos. Obsérvese que, en conjunto, la distribución de las discordancias y los sedimentos transgresivos que se superponen al basamento volcánico respaldan la progresiva sumersión del archipiélago volcánico entre el Plioceno temprano y tardío. En este escenario, los canales zancleanos de 5,3 Ma podrían ser el resultado de la salida de aguas densas desde del Mediterráneo (MOW). El núcleo ODP 976 muestra un entorno de deposición marina sin restricciones para la secuencia del Messiniense-Plioceno (Comas *et al.*, 1999) (aunque falta la parte superior del Messiniense debido a la erosión), lo que respalda la existencia de un refugio marino en la cuenca occidental de Alborán durante el MSC. La línea discontinua en la cuenca occidental de Alborán muestra la extensión probable del refugio marino durante la crisis salina del Messiniense hacia el este desde el Estrecho de Gibraltar.

Otros autores han trabajado de igual forma sobre la evidencia en contra de la hipótesis de la desecación completa basada en la hipótesis de que el mar de Alborán actuó como una zona crítica para el intercambio de biota durante el Messiniense.

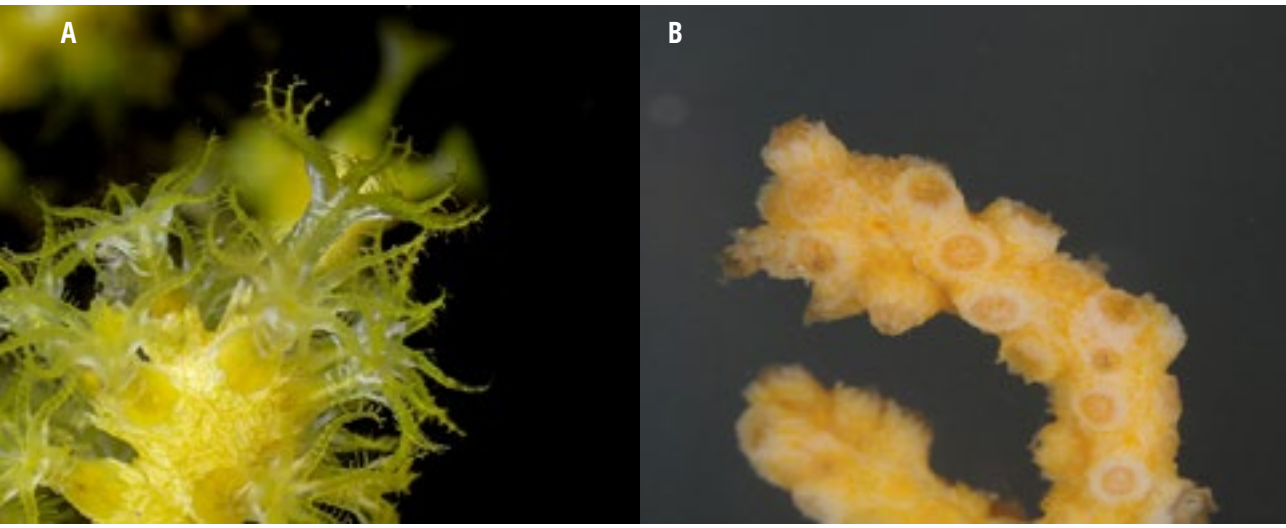
Así, aunque se produjo una desecación en algunas secciones del Mediterráneo, el mar de Alborán mantuvo condiciones adecuadas para los intercambios faunísticos, lo que contradice la narrativa uniforme de la desecación en todo el Mediterráneo. Martínez-García *et al.* 2013 aportan más pruebas al detallar la configuración tectónica del mar de Alborán. Sus hallazgos ilustran que, aunque se produjeron fluctuaciones significativas en el nivel del mar, en determinadas zonas se produjeron patrones de subsidencia que habrían permitido la persistencia de las condiciones marinas. Esto concuerda con el argumento de que los depósitos evaporíticos, aunque extensos, no significan necesariamente una desecación uniforme en todas las zonas del Mediterráneo (Martín *et al*., 2010). En cuanto a los depósitos evaporíticos, la ausencia de estos depósitos en la cuenca occidental del mar de Alborán durante la crisis salina del Messiniense (MSC) supone un importante desafío para la visión tradicional de que se produjo una desecación extensa en todo el Mediterráneo y apoyaría la hipótesis de Booth-Rea *et al*., (2018).

Por último, están los datos de biodiversidad actual recabados en el Mar de Alborán. Los resultados obtenidos durante los últimos años de exploración e investigación muestran que este espacio concentra una elevada cantidad de especies marinas endémicas, con una especial tendencia al aislamiento y tamaños poblacionales pequeños. Esta agrupación de endemismos aislados parece mostrarse superior en los márgenes del entorno de refugio marino propuesto durante la crisis salina.

A este respecto, los análisis genéticos llevados a cabo durante los proyectos MESO_Alborán y los proyectos Obioma, muestran tendencias en el flujo génico de las especies bioconstructoras principales que concuerdan con las hipótesis de aislamiento en refugios y posterior radiación. Son destacables los datos genéticos recientemente obtenidos y aún no publicados (Rosales-Ruíz *et al*., in prep.) relativos a las diferentes especies del género *Paramuricea* presentes en el Mar de Alborán y otras regiones del Mediterráneo (Rosales Ruiz, comunicación personal, 27-08-2025). En este sentido, las poblaciones de *Paramuricea clavata sensu lato* presentes en el Mar de Alborán muestran una desconexión genética significativa frente a las poblaciones del levante ibérico, prolongándose este clado alboraní hasta Cabo de Palos, punto en el que de hecho coexisten con cohortes mediterráneas. Destacan no obstante las poblaciones del Seco de los Olivos, cuya filiación genética está directamente relacionada con las poblaciones del levante ibérico, pero no con otras poblaciones del Mar de Alborán. Esta distribución apoyaría la hipótesis de aislamiento y posterior distribución, con una mayor diversidad génica en el Mar de Alborán y una homogenización poblacional más significativa en el levante.

Los datos morfológicos derivados del análisis detallado de este género han promovido la descripción de una serie de especies en el área. Destacan así *Paramuricea baetica* y *Paramuricea tingitana,* endémicas de la costa norte y sur, respectivamente, del Mar de Alborán. La descripción de estas especies se hizo en base a las muestras recopiladas

A. *Paramuricea baetica*. B. *Paramuricea tingitana*




en puntos distantes, incluyendo taxones que tras una revisión más profunda podrían quizás escindirse como especies independientes (Ocaña *et al*., 2022). Los últimos datos genéticos apoyan esta hipótesis, mostrando aislamiento entre las diferentes poblaciones de estas especies. Este aislamiento no solo relativo a las distancias geográficas, sino también con respecto a las distancias batimétricas, pues los datos actuales muestran un reducido o nulo flujo genético entre los diferentes estratos colonizados por taxones con apariencias morfológicas similares. Este fenómeno ha sido descrito previamente en este género en el Golfo de México (Doughty *et al*., 2014) y parece indicar que existe una movilidad mínima de los gametos o larvas de este grupo de gorgonias.

Otro ejemplo sobre la diversidad de endemismos presentes en la cuenca de Alborán se encuentra en el género *Parazoanthus*. En 2024, Rosales *et al*., describieron la especie *Parazoanthus franciscae* actualmente solo descrita para sectores muy concretos de la costa del Granada, sin embargo, nuevos hallazgos indican que puede estar presente en ambas orillas del Mar de Alborán. Recientemente estudios llevados a cabo con ejemplares recogidos en ambas orillas de la mentada cuenca han separado dos grandes linajes de especies del género *Parazoanthus* y separado la nueva especie *Parazoanthus brevitentacularis* del linaje *Parazoanthus axinellae*. En el Mediterráneo la especie más común y frecuente de este género, es *Parazoanthus axinellae* y su variabilidad morfológica se atribuía en un principio a 4 subespecies que posteriormente fueron sintetizadas en 2 morfotipos, con morfología y ecología bien diferenciadas. Esto ponía de manifiesto la elevada diversidad escondida o críptica de este complejo de especies, que fue ratificada por la descripción de *P. franciscae*. El estudio pormenorizado de la criptodiversidad de especies dentro del género *Parazoanthus*, a lo largo del Mediterráneo, puede mostrar la gran compartimentación geográfica sufrida por este mar, debido a los grandes acontecimientos acaecidos a lo largo de su convulsa historia geológica.

# 5. HÁBITATS CIRCALITORALES DEL MAR DE ALBORÁN EN EL CONTEXTO ATLANTO-MEDITERRÁNEO

Los ecosistemas marinos se encuentran sujetos a crecientes impactos antropogénicos derivados del Cambio Global que afecta al planeta, todo ello, a pesar de su mayor inaccesibilidad frente a los ecosistemas terrestres. Entre estos impactos antropogénicos destacan la contaminación, la introducción de especies invasoras y la destrucción de los hábitats, entre otros. Para hacer frente a estos impactos, los planes de gestión requieren comprender cómo funcionan los ecosistemas y cómo interactúan las especies y los hábitats. Sin embargo, el desconocimiento sobre algunos de estos ecosistemas, hábitats y especies dificulta la eficacia de la gestión.

Uno de los ejemplos más claros en cuanto a ecosistemas y hábitats pocos estudiados se encuentran en entornos mesofóticos. Estos entornos se encuentran, principalmente, en el piso circalitoral, aunque también pueden encontrarse en el límite superior del piso batial.

Tal y como indica la Guía Interpretativa del Inventario Español de Hábitats Marinos, el circalitoral es la franja que se extiende desde el límite inferior que alcanzan las fanerógamas marinas y algas fotófilas hasta la profundidad máxima compatible con la vida de las algas esciáfilas, o hasta el borde de la



plataforma continental, si se siguen los criterios geomorfológicos o batimétricos. Este ocupa la mayor parte de las plataformas continentales, la luz llega muy atenuada en intensidad y restringida a algunas fracciones de su espectro (franja azul, azul-verdoso), la temperatura se mantiene relativamente constante (estos fondos se sitúan por debajo de la termoclina estival) y las corrientes son independientes del oleaje en superficie. De todos modos, es una franja que batimétricamente varía en función de la penetración de la luz y los mares. Por otro lado, la misma Guía define el piso batial como aquel que comprende desde la profundidad máxima que pueden alcanzar las algas esciáfilas hasta el comienzo de las llanuras abisales y corresponde normalmente con la zona de talud continental.

El término mesofótico deriva del griego: "meso - μέσος" que hace referencia al "medio" y "photic - φωτός" que significa "luz". La unión de ambas palabras hace referencia a la penumbra, aquella zona de sombra débil entre la luz y la oscuridad que no deja percibir dónde empieza la una o acaba la otra.

Estos entornos albergan ecosistemas propios y sirven, además, de nexo entre las comunidades fotosintéticas someras y los ecosistemas profundos a los que no llega la luz. En estos ambientes, al disminuir la intensidad luminosa, ocurre una transformación de las comunidades desapareciendo muchas especies fotófilas de algas que son sustituidas por hemifotófilas y sobretodo por una llamativa comunidad de invertebrados bioconstructores, principalmente corales y esponjas (Kahng *et al*., 2010, Chimienti *et al*., 2019; Ocaña *et al*., 2026 in prep.). Por ello, la mayoría de las referencias existentes sobre estos ecosistemas incluyen referencias a ecosistemas coralígenos del mesofótico (MCE, de sus siglas en inglés). Sin embargo, la utilización de este concepto ha causado y sigue causando cierta confusión ya que algunos artículos los utilizan como sinónimos. No obstante, aunque sean dos términos similares, no son iguales ya que los MCE no son el único tipo de ecosistemas que se encuentran en entornos mesofóticos (Cerrano *et al*., 2019).

Los MCEs, aunque no sea un término sinónimo al de entornos mesofóticos, sí que constituyen uno de los ecosistemas más estudiados dentro de estos, junto a los ecosistemas mesofóticos templados (TME, de sus siglas en inglés), seguramente porque representan una porción importante de los ecosistemas de arrecifes de coral (Eyal & Pinheiro, 2020). Según los autores Pyle y Copus (2019), los MCEs representan potencialmente hasta un 80% del hábitat de arrecifes en todo el mundo y, sin embargo, se conocen muy poco en comparación con los arrecifes someros.

Ciertamente, a pesar de las dificultades de este tipo de estudios ya comentadas, se han aumentado los lugares de exploración mesofótica significativamente pero no los seguimientos y monitoreos de estos entornos especiales (véase Radice *et al*., 2024). Nuestra entidad cuenta con programas de seguimiento de Estaciones Centinela que incluye este tipo de hábitats tanto en Alborán como en Canarias.

Aunque obtener una imagen precisa de cómo eran los arrecifes mesofóticos hace varias décadas se ha vuelto casi imposible, sin duda seguirán enfrentándose a cambios importantes, por lo que es fundamental dar prioridad a los esfuerzos de seguimiento a largo plazo. Comprender estos cambios es fundamental para desarrollar y aplicar medidas de conservación que vayan más allá

de las aguas poco profundas, teniendo en cuenta las propiedades únicas de las comunidades biológicas en las profundidades mesofóticas.

Dejando de lado las generalidades sobre los entornos mesofóticos a nivel global y centrándonos de manera más concreta en nuestra región biogeográfica vemos que en el Mar de Alborán los estudios más recientes han mostrado que la franja mesofótica parece extenderse desde los 30 metros y hasta los 140 metros, donde se produce un cambio claramente remarcable hacia otro tipo de comunidades. Sin embargo, esta franja batimétrica está sujeta a variaciones significativas según los entornos geográficos estudiados.

Los estudios sobre estos ambientes y hábitats están poniendo de manifiesto una enorme variedad de posibilidades. En este sentido, esta guía trata de ser una primera aproximación sobre los ambientes estudiados, pero siendo conscientes que todavía queda mucho trabajo de exploración por realizar en la cuenca de Alborán. Como indicábamos en nuestra anterior contribución, Alborán es un mar de reductos y cada zona del litoral tiene su propia personalidad ecológica y particularidad.

Sobre comunidades de fondos blandos se desarrollan las comunidades denominadas de detrítico, caracterizadas por ser fondos de fangos, arenas o gravas con numerosos restos de conchas, con una flora poco abundante y una fauna mayoritariamente filtradora y detritívora. En el Mar de Alborán, serán característicos de estos entornos los antozoos anclados al fondo mediante enterramiento o crecimiento sobre partículas de pequeño tamaño, tales como *Spinimuricea atlantica*, *Veretyllum cynomorium* o especies del género *Alcyonium*., así como los antozoos de vida libre rodante como *Eunicella filiformis* o *Filigorgia guineensis*.

Sobre comunidades de sustrato rocoso domina la comunidad del coralígeno. En estos fondos rocosos del infralitoral profundo y circalitoral superior se desarrollan las comunidades de diversos corales como las gorgonias del género *Leptogorgia* (*L. sarmentosa sensu lato* y *L. lusitánica*) que, aunque puede aparecer a partir de los 15 metros, comúnmente se distribuyen a partir de los 30-35 metros.

Son, sin embargo, especialmente indicadoras del mesofótico la presencia de ciertas especies coralígenas como los escleractinios del género *Dendrophyllia,* especialmente *Dendrophyllia ramea,* o la gorgonia *Elisella paraplexauroides*, asociadas a algas rojas incrustantes, que se extienden desde aproximadamente los 30m de profundidad hasta los 130m formando hábitats en cinturón en los que se mantienen una serie de características faunísticas y que parecen presentar leves variaciones en relación a su composición específica. La presencia de bancos mixtos de antozoos con lechos de esponjas amarillas del género *Axinella* es una de las particularidades de los fondos rocosos afectados o no por sedimentación de toda la cuenca de Alborán. Estos mismos patrones se repiten también en fondos mesofóticos de Canarias (Ocaña *et al*., 2026 in prep.).

También encontramos, en puntos concretos facies de corales del género *Antipathella* (coral negro) generalmente a partir de 50 metros de profundidad, y otras especies del género *Eunicella* (*Eunicella verrucosa sensu lato, Eunicella labiata sensu lato y Eunicella gazella sensu lato).* En entornos degradados, así como en paredes vertica-



les y ambientes semioscuros del infralitoral profundo, aparecen colonias del género *Parazoanthus,* tanto *P. axinellae sensu lato*, que actúa como un parásito facultativo de esponjas del género *Axinella* o como especie tapizante de vida libre, como *Parazoanthus brevitentacularis* o *Parazoanthus franciscae*. Otro zoantídeo, *Gerardia savaglia* (=*Savalia savaglia*) (Bertoloni, 1819), forma colonias ramificadas, con frecuencia sobre el tallo de una gorgonia o también generando colonias con estructura esquelética ramificada, ancladas al sustrato, sin colonizar otras especies. Otras muchas especies de corales (Brito y Ocaña, 2004), esponjas (Cruz-Simó, 2002), algas calcáreas incrustantes, ascidias y briozoos (Arístegui, 1984) pueblan el circalitoral del Mar de Alborán, relacionadas en cierta medida con los bancos del madreporario *D. ramea* (Arístegui *et al*., 1987).

Estas comunidades son muy importantes desde el punto de vista de la conservación de la biodiversidad, por sus singularidades y por crear unas complejas estructuras a las que se asocian muchos organismos.

El Mar de Alborán es, además, un entorno de singularidades. Destaca aquí la diversidad de especies de coral con carácter relicto, siendo especialmente significativa la diversidad del coral negro *Antipathella wollastoni sensu lato*. El hallazgo de la especie por primera vez en aguas mediterráneas propició un estudio del material tipo y permitió incluir también la descripción pormenorizada de las células urticantes (Ocaña *et al*., 2007). El enorme rango de distribución de esta especie y las morfologías e incluso ecologías diversas observadas ha mostrado que se trata de un complejo de especies con característi-

cas generales compartidas (Ocaña & Rosales, comunicación personal).

Los jardines de corales negros de la familia Myriophatidae son clave para entender las relaciones biogeográficas entre el Mar de Alborán y la Macaronesia, al igual que conjuntos de flora singular muestran estas relaciones en el área, si bien no se han detectado especies mesofóticas de la familia Antipathidae (géneros *Stichopathes* y *Antipathes*) en el Mar de Alborán.

Al igual que indicábamos al respecto de la diversidad de corales negros y sus paisajes mesofóticos, son de especial significancia en el Mar de Alborán los paisajes conformados por especies del género *Paramuricea*. Se han descrito al menos tres especies del género en la zona (*Paramuricea clavata, Paramuricea tingitana y Paramuricea baetica),* si bien, la descripción de la obra en la que se describieron estas dos últimas especies ya apuntaba a la existencia de una gran variabilidad entre localidades, que podría justificar en el futuro la escisión de las poblaciones en taxones independientes. Esta diversidad está siendo actualmente estudiada mediante la aplicación de técnicas moleculares para la detección de flujos génicos apoyando, aunque aún de manera preliminar, el aislamiento propuesto entre las poblaciones del género, con un flujo genético que pareciese responder a la distribución aparente de islas y otros hábitats propicios durante la crisis de desecación del Messiniense.



# 6. HÁBITATS DEL MAR DE ALBORÁN

## 6.1. REGIÓN DE CEUTA

### *Descripción del entorno*

El litoral de Ceuta está situado en una de las embocaduras del Estrecho de Gibraltar, una de las principales vías navegables globales, actuando de enlace fundamental entre el océano Atlántico y el mar Mediterráneo. Con una anchura aproximada de 13 kilómetros en su punto más estrecho, el estrecho marca la frontera geográfica entre Europa y África y desempeña un papel fundamental en la configuración de la dinámica ecológica de dos extensos ecosistemas marinos. Su importancia histórica es notable: desde la antigüedad, el Estrecho ha sido un punto central para el comercio, la estrategia militar y el intercambio cultural, influyendo en los contextos socioeconómicos y políticos de las civilizaciones que lo rodean (González-Duarte *et al.*, 2013). Ha servido de conducto para la migración de especies y el intercambio genético entre diferentes poblaciones tanto terrestres como marinas, lo que ha contribuido de manera fundamental a la configuración de la biodiversidad de este entorno (Rahmouni *et al.*, 2023).

Los procesos oceanográficos que tienen lugar en el estrecho de Gibraltar son muy complejos y se caracterizan principalmente por una importante circulación termohalina y la influencia de las mareas. Esta circulación es vital, ya que impulsa los gradientes de salinidad que influyen en la biodiversidad y la productividad marinas. Los procesos de mezcla que tienen lugar en el estrecho, como el afloramiento pulsado inducido por las fuerzas de las mareas y las configuraciones batimétricas únicas, dan lugar a un entorno rico en nutrientes que sustenta una vida marina diversa (Stephanis *et al.*, 2008).

Además, estudios ecológicos han revelado que en el estrecho de Gibraltar se encuentra un mayor número de especies que en las zonas marinas adyacentes, lo que lo convierte en un ecotono marino fundamental en el que se solapan especies marinas del Atlántico y del Mediterráneo (González-Duarte *et al.*, 2013). La estructura genética de las poblaciones marinas a ambos lados del estrecho también se ha visto influida por las condiciones oceanográficas, lo que ha creado barreras al flujo genético de muchas especies. Esta diferenciación genética pone de relieve el papel del estrecho no solo como barrera física, sino también en la configuración de la evolución de la biodiversidad marina. El elevado número de gasterópodos endémicos a lo largo del canal del Estrecho pone de manifiesto su destacado papel como reservorio de biodiversidad marina poco estudiada (Gofás, 1998).

En este contexto, la región de Ceuta se destaca como un lugar singular en todo el entorno del Estrecho. La presencia de una península sobresaliente que divide a la región en dos bahías diferenciadas, y el frente montañoso sumergido del Monte Hacho constituyen hitos destacables que explican la gran concentración de hábitats que se desarrollan en 35 kilómetros de variado litoral. Por todo ello, pero también por el intenso esfuerzo de exploración llevado a cabo, Ceuta es la región más rica en hábitats y especies mesofóticas

del conjunto de áreas exploradas hasta el momento en el Mar de Alborán.

Destacan como representantes de esta gran diversidad entornos como el de la fachada oriental la península de la Almina, en Ceuta, donde se han detectado hasta once especies de gorgonias (*Paramuricea clavata, Paramuricea tingitana, Spinimuricea atlantica, Ellisella paraplexauroides, Eunicella verrucosa, Eunicella labiata, Eunicella gazella, Eunicella filiformis, Filigorgia guineensis, Leptogorgia sarmentosa* y *Leptogorgia lusitanica*) en extensiones submarinas mínimas, con ocho de ellas compartiendo el mismo hábitat de forma simultánea Este es un hecho muy relevante, pues no existen bancos de gorgonias más diversos en toda la región mediterránea (Ocaña *et al*., 2017).

Otro de los aspectos de enorme interés son los bancos de gran densidad de la gorgonia *Paramuricea clavata*, que forma bosques a favor de paredes verticales, pero también sobre plataformas rocosas en cotas más profundas, en los ambientes reófilos de toda esta región.

Otra característica particular y única de la región de Ceuta es la presencia de los bancos someros y profundos de *Astroides calycularis*, un coral relicto del Mediterráneo, más importantes de Europa y de todo el Mediterráneo conocido hasta el momento, que se imbrican además con algunos de los entornos anteriormente descritos conformando hábitats únicos.

Es también una de las últimas zonas del Mediterráneo donde se conservan verdaderos bancos de *Corallium rubrum*, excepcionales en la cuenca de Alborán por la reducción poblacional de la especie derivada del enorme esfuerzo pesquero al que tradicionalmente estuvo sometida.

La presencia de sistemas de escarpes sumergidos afectados por fuertes corrientes es un aspecto original y exclusivo de la región por su propia geomorfología litoral montañosa y la cercanía al canal natural que forma el estrecho de Gibraltar.

En Ceuta se desarrollan dos sistemas con elevada densidad de montañas litorales. Uno, presenta cañones y una gran profusión de picos y caídas en el frente sumergido de Punta Almina, donde se conservan bancos de gran extensión en profundidad de *A. calycularis*, y otro a lo largo de toda la Bahía Norte hasta la frontera con Marruecos, donde se establece un extenso sistema sumergido de montañas separadas por fondos detríticos y plataformas rocosas sumergidas, que alcanza su mayor esplendor frente al litoral de Benzú.

Estos sistemas de gran complejidad espacial propician la aparición de microhábitats y entornos muy singulares en los que la diversidad parece verse multiplicada. Es de hecho el litoral ceutí, el que alberga la concentración de diversidad de invertebrados bentónicos más importante de todo el ámbito explorado durante los proyectos de los que se nutre esta guía.

Las costas andaluzas del Estrecho, así como el frente submarino del Peñón de Gibraltar parecen mostrar puntos en común, al menos a nivel general, con algunas de los hábitats, comunidades y sistemas detectados en Ceuta, si bien, los datos preliminares derivados de revisión bibliográfica y primeras acciones de exploración científica profunda ponen de manifiesto que existen particularidades únicas que deberán ser exploradas y abordadas en próximos estudios.

## Arrecifes rocosos del circalitoral superior (20-30 m) afectadas por sedimentos, con abundancia de *Eunicella singularis*, algas hemifotófilas e invertebrados

Descripción general:
Coincide con el hábitat 0302022303: Roca circalitoral no concrecionada con invertebrados dominada por *Eunicella singularis*. Sin embargo, debido a la presencia importante de algas hemifotófilas se propone aquí la denominación 030202230301: Roca circalitoral no concrecionada con abundancia de algas hemifotófilas, algas invasoras (*Caulerpa cylindracea* y *Rugulopterix okamurae*), otros invertebrados, y dominada por *E. singularis*.

Descripción de la comunidad:
En estas zonas se desarrollan bosques de *E. singularis* con especies de algas *Cystoseira usneoides, Dyctiota dichotoma, Halopteris* spp., *Carpomitra costata, Asparagopsis* spp.., y *Sphaerococcus coronopifolius* e invertebrados asociados (*Myriapora truncata, Balanophyllia* spp., *Dysidea fragilis, Spongia agaricina* y *Pseudodistoma obscurum*). Son característicos los poblamientos mixtos de algas hemifotófilas e invertebrados diversos. Las más características son las facies con esponjas incrustantes (*Crambe, crambe, Spirastrella cunctatrix, Phorbas tenacior*) y masivas (*Ircinia fasciculata, Ircinia variabilis y Spongia agaricina*), así como con los corales *Astroides calycularis, Balanophyllia europaea, Masella edwardsii, Caryophyllia* spp., *Alcyonium* spp., *Rolandia coralloides* y *Parazoanthus brevitentacularis*, alcanzando este último en el Estrecho, y más concretamente en Ceuta, su expansión máxima en profundidad. Aparecen también el poliqueto sedentario *Salmacina dysteri* y las ascidias *Polycitor adriaticum* y *Stolonica socialis*. En los afloramientos rocosos con mayor hidrodinamismo se observan poblamientos de hidroideos tecados (*Sertularella* spp., *Aglaophenia* spp., *Antennella* spp., y *Gynangium montagui*).
En estas zonas también se observan poblamientos importantes de las algas invasoras *C. cylindracea* y *R. okamurae*.



*C. usneoides* entre *R. okamurae*



*E. singularis* y otros invertebrados

## Coralígeno (a partir de 25 metros de profundidad) de grandes bloques y bajas aisladas afectadas de sedimentación con *Paramuricea clavata*

Descripción general:
Coincide con el hábitat 03020225: Coralígeno con dominancia de invertebrados, y dentro de este el apartado 0302022501: Coralígeno con *Paramuricea clavata*.

Descripción de la comunidad:
El circalitoral está muy marcado en la fachada sureste del Estrecho y quizás, en puntos concretos de la fachada norte, por la presencia de grandes ejemplares de la gorgonia roja mediterránea *P. clavata* y unas facies considerables del poliqueto *Salmacina dysteri*, pequeños bancos de *Astroides calycularis* y los briozoos *Myriapora truncata* y *Pentapora fascialis*, además de una elevada diversidad de esponjas entre las que destacamos ejemplares de *Axinella polypoides lato sensu* en los enclaves profundos a partir de los 25 metros. En estas zonas, afectadas por la sedimentación, se observan poblamientos importantes del alga *Caulerpa cylindracea*. A la sombra de grandes bloques se observan también facies coralígenas dominadas por *P. clavata* con otras especies de gorgonias sueltas, *Eunicella* spp., *Leptogorgia sarmentosa*.



Detalle de *A. calycularis*



*A. calycularis* con *P. clavata* y otros invertebrados

## Cimas rocosas de montes submarinos del piso circalitoral (y escarpes rocosos) cercanos a la costa afectados de fuertes corrientes (25-30 metros) dominadas por algas hemifotofilas (dominadas por ***Rugulopterix okamurae***) y presencia de invertebrados

Descripción general:
Este es un hábitat que se podría asimilar de manera muy general al descrito en la lista patrón de hábitats marinos españoles: 03020226, (que corresponde a Cimas rocosas de montes submarinos del Circalitoral). Introduciríamos el nuevo hábitat, 0302022612: Cimas rocosas de montes submarinos del circalitoral cercanos a la costa y afectados de corrientes dominados por algas hemifotofilas. Dendro de este convine incluir otro apartado, 030202261201: Cimas rocosas de montes submarinos del circalitoral cercanos a la costa y afectados de corrientes dominados por el alga invasora *Rugulopterix okamurae*.

Descripción de la comunidad:
Se trata de un medio altamente sometido a intensas corrientes donde solo pueden desarrollarse especies de algas, entre las que destaca la invasora *R. okamurae* que prácticamente ha desplazado a las demás habituales como *Sphaerococcus coronopifolius*, *Carpomitra costata* y *Dyctiota* spp.. Otras como las calcáreas incrustantes y ramificadas (*Corallina elongata*, *Mesophyllum* spp..) soportan mejor la invasión y las otras invasoras como *Asparagopsis* spp.., y *Caulerpa cylindracea* están presentes desde la primavera hasta el otoño, aunque en general en pequeñas agrupaciones. En las zonas más cercanas a los canales, el hidrodinamismo es más intenso y se pueden observar otras algas *Dictyota* spp.., y *Phyllariopsis* spp., así como algunos invertebrados incrustantes bien adaptados a estos entornos, como las ascidias (*Aplidium conicum*, *Polycitor adriaticum, Aplidium elegans, Synoicum blochmanni*) y esponjas incrustantes (*Spirastrella cunctatrix, Phorbas* spp., *Spongia agaricina, Hemimycale columella*). Las gorgonias de la especie *E. singularis* son escasas y de poco porte y los equinodermos vágiles (*Hacelia attenuata, Holothuria forskali y Marthasterias glacialis*) se mueven buscando refugios donde soportar la intensidad del hidrodinamismo.



Cópula de *Felimare tricolor*, un chromodórido común en este hábitat



*R. okamurae* y *S. coronopifolius*

## Arrecifes rocosos del circalitoral superior (25-30 m) colonizados por algas calcáreas e invertebrados intensamente afectados por la sedimentación

Descripción general:
Este hábitat se incluye dentro del apartado 03020224: Roca circalitoral colmatada por sedimentos, sin embargo, no encaja en ninguno de los descritos dentro de esta denominación genérica. Se propone un nuevo hábitat 0302022407: Roca circalitoral colmatada por sedimentos con algas hemiesciófilas, esponjas, ascidias, hidroideos, alcyonáceos y pequeños ejemplares de *Eunicella singularis*.

Descripción de la comunidad:
La comunidad de estos fondos está influenciada por un proceso continuo de sedimentación elevado. Al ser fondos planos con pocas elevaciones rocosas estas se encuentran afectadas por la acumulación de lodos y arenas muy finas. La mayor parte de las algas son rojas calcáreas incrustantes (*Mesophyllum alternans, Lithophyllum sp.*) pero también hay poblaciones de *Halopteris filicina*, y ejemplares sueltos de *Codium bursa*, *Carpomitra costata*, *Peyssonnelia coriacea*, *S. coronopifolius* y *Corallina elongata*. Son paisajes oscurecidos por la turbidez y en el que las algas calcáreas incrustantes dominan la mayor parte del sustrato duro disponible. Los ejemplares de la gorgonia *E. singularis* son frecuentes, pero en general no muestran un gran desarrollo.
Sobre las plataformas rocosas se instalan numerosos invertebrados incrustantes estructurales entre los que destacamos las esponjas (*Phorbas topsenti, Petrosia ficiformis, Spongia agaricina, Agelas oroides, Spirastrella cunctatrix, Dysidea avara, Ircinia variabilis, Sarcotragus spinosulus, Axinella damicornis, Cliona viridis*), las ascidias (*Polycitor adriaticum, Clavelina dellavalley, Pycnoclavella communis, Halocynthia papillosa, Eudistoma banyulense*) y los cnidarios (*Eunicella singularis, Leptogorgia sarmentosa, Alcyonium acaule, Maasella edwardsi, Sertularella* sp., *Nemertesia* sp., *Aglaophenia pluma* y *Eudendrium racemosum*). Se trata de un ambiente singular y raro en un entorno en general muy afectado por las fuertes corrientes y donde la elevada energía del sistema marino impide en general la acumulación de sedimentos finos. Se seleccionan comunidades altamente resistentes a la acumulación creciente de los sedimentos finos sobre el sustrato.



*Felimare orsinii*, un chromodórido presente en este hábitat



*E. singularis* en paredes afectadas por sedimentación

## Fondos detríticos con concreciones y facies de maërl (25-30 metros)

Descripción general:
Dentro de este paisaje proponemos un nuevo hábitat para integrar en el inventario español de hábitats marinos. 03040513 Fondos de rodolitos y cascajo infralitorales y circalitorales dominados por invertebrados: 0304051309 Fondos detríticos de cascajo y rodolitos dominados por invertebrados, con presencia de algas hemifotófilas, pequeños ejemplares de *Eunicella singularis* y concrecionados por *Cliona viridis*.

Descripción de la comunidad:
Caracterizados macroscópicamente por la presencia de rodolitos, algunos ejemplares de algas erectas (*Halopteris filicina, Corallina elongata, Carpomitra costata* y *Sphe-rococcus coronopifolius*), *Peyssonnelia sp.* (Posiblemente *P. rosa-marina o P. polymorpha*), de un llamativo rojo púrpura, ejemplares minituarizados de especies de esponjas (*Pleraplysilla spinifera, Spirastrella cunctatrix, Halyclona* sp., *Crambe crambe*), ascidias (*Aplidium elegans, Eudistoma banyulensis*) y briozoos (*Turbicellepora avicularis, Turbicellepora magnicostata*). Otras especies se ven favorecidas y contribuyen a formar y estabilizar estos fondos, entre estas, destacamos a la especie perforadora *C. viridis* que se ocupa de cementar rodolitos y contribuir decisivamente a la conformación de concreciones calcáreas que le dan estabilidad al sustrato. Los ejemplares de *E. singularis* son en general de pequeñas dimensiones, algunos alcanzan un tamaño mediano, pero contribuyen a aumentar la diversidad de estos paisajes pues sus ejes son utilizados por el alcyonaceo *Alcyonium coralloides*, *Alcyonium acaule*, hidroideos del género *Eudendrium*, varios briozoos arborescentes y formaciones calcáreas del poliqueto sedentario *Salmacina dysteri*. Es un lugar apropiado para albergar a predadores especializados en alimentarse de especies concretas de macroinvertebrados y por ello abundan los nudibranquios, así como organismos más generalistas como los artrópodos marchadores, el poliqueto *Hermodice carunculata* y los cnidarios bentónicos.



Detalle de los pólipos de *E. singularis*



Rodolitos someros con *E. singularis* y *H. filicina*

## Fondos detríticos biogénicos del circalitoral superior (25-30 metros) con pequeñas piedras semienterradas colonizados por *E. singularis* y otros invertebrados

Descripción general:
Este hábitat está dentro del 030405: Fondos detríticos biógenos infralitorales y circalitorales, en el subapartado 03040514: Fondos detríticos infralitorales y circalitorales dominados por invertebrados, se propone dentro de este un nuevo ambiente con la denominación 03040508: Fondos detríticos infralitorales y circalitorales dominados por invertebrados con *Eunicella singularis*, hidroideos variados y algas hemifotófilas (*Carpomitra costata* y *Halopteris filicina*).

Descripción de la comunidad:
En estos paisajes están caracterizados por la presencia de grandes estrellas y erizos irregulares (*Astropecten aranciacus* y *Brissus unicolor*), la gorgonia *E. singularis* y colonias de los hidroideos *Eudendrium racemosum*, *Nemertesia sp.*, *Aglaophenia sp. Sertularella* spp.., y *Aglaophenia pluma*. Los ejemplares del alga *C. costata* alcanzan un buen tamaño y se distinguen pequeños ejemplares de *H. filicina*. En los arenales hay bivalvos enterrados de las especies *Callista chione* y *Venus verrucosa* y se observan el deambular de los equinodermos mencionados y el de gasterópodos (*Hexaplex trunculus*, *Tonna galea*, *Cabestana sp.*, *Phalium sp.*) y decápodos ermitaños que ocupan sus conchas, así como los peces *Trigloporus lastoviza* y las pintarrojas (*Scyliorhinus canicula*). Normalmente la gorgonia *E. singularis* soporta una intensa cantidad de fauna que se incrusta en sus ramas (*Alcyonium coralloides, Salmacina dysteri*). También se observan pequeñas colonias de la esponja *Ciocalypta penicillus*, y de los briozoos *Myriapora truncata* y *Bugula neritina*.



*A. coralloides* y otros invertebrados



*E. singularis* sobre rocas sueltas en fondos arenosos

## Bancos de *Astroides calycularis* en túneles y entrada de cuevas en el infralitoral profundo y el circalitoral (25-50 m)

Descripción general:
En este hábitat se incluyen dos, el 030301150402: Paredes y suelos de túneles y cuevas (hemos añadido cuevas porque tuvo que ser un olvido) infralitorales y circalitorales sometidos a hidrodinamismo intenso con *Astroides calycularis*. Así como el 0303011505: Techos de cuevas semioscuras y túneles infralitorales y circalitorales. Se propone además un nuevo apartado dentro de este último: 030301150505: Techos de cuevas semioscuras y túneles infralitorales y circalitorales con *A. calycularis*.

Descripción de la comunidad:
En estos enclaves, los bancos de *A. calycularis* están acompañados de algas calcáreas incrustantes y varias especies de invertebrados características de estos ambientes. El alga calcárea *Mesophyllum expansum*, las esponjas *Aplysina cavernicola, Petrosia ficiformis, Phorbas tenacior, Acanthella acuta, Dysidea fragilis, Ircinia variabilis, Ircinia dendroides, Sarcotragrus spinosulus* y *Halyclona mediterranea*, el poliqueto *Salmacina dysteri*, los cnidarios *Paramuricea clavata, Leptosammia pruvoti y es posible también Corallium rubrum* y las ascidias *Polycitor adriaticum, Aplidium elegans, Aplidium tabarquensis, Pseudodistoma crucigaster, Synoicum blochmanni, Didemnum* sp., *Clavelina lepadiformis, Clavelina nana*.
Este hábitat se encuentra descrito en mayor extensión en Ocaña *et al*., 2025.



Grupo de *P. clavata* en el hábitat



Paredes dominadas por *A. calycularis*

## Bancos de *Corallium rubrum* en túneles y entrada de cuevas en el infralitoral profundo y el circalitoral (25-50 m)

Descripción general:
Estos bancos se han encontrado en tres hábitats incluidos en el Inventario Español de Hábitats Marinos. El 03030113: paredes de cuevas semioscuras y túneles infralitorales y circalitorales con *Corallium rubrum*, el 0303011503: Paredes y suelos de túneles y cuevas (hemos añadido cuevas porque tuvo que ser un olvido) infralitorales y circalitorales sometidos a hidrodinamismo intenso con *C. rubrum*, y el 030301150503: Techos de cuevas semioscuras y túneles infralitorales y circalitorales con *C. rubrum*.

Descripción de la comunidad:
En estos enclaves, los bancos de *C. rubrum* están acompañados de algas calcáreas incrustantes y varias especies de invertebrados características de estos ambientes. El alga calcárea *Mesophyllum expansum*, las esponjas *Aplysina cavernicola, Petrosia ficiformis, Phorbas tenacior, Acanthella acuta, Dysidea fragilis, Ircinia variabilis, Ircinia dendroides, Sarcotragrus spinosulus* y *Halyclona mediterranea*, el poliqueto *Salmacina dysteri*, los cnidarios *Paramuricea clavata, Leptopsammia pruvoti y Astroides calycularis* y las ascidias *Polycitor adriaticum, Aplidium elegans, Aplidium tabarquensis, Pseudodistoma crucigaster, Synoicum blochmanni, Didemnum* sp., *Clavelina lepadiformis* y *Clavelina nana*.



Detalle de la comunidad de *C. rubrum*

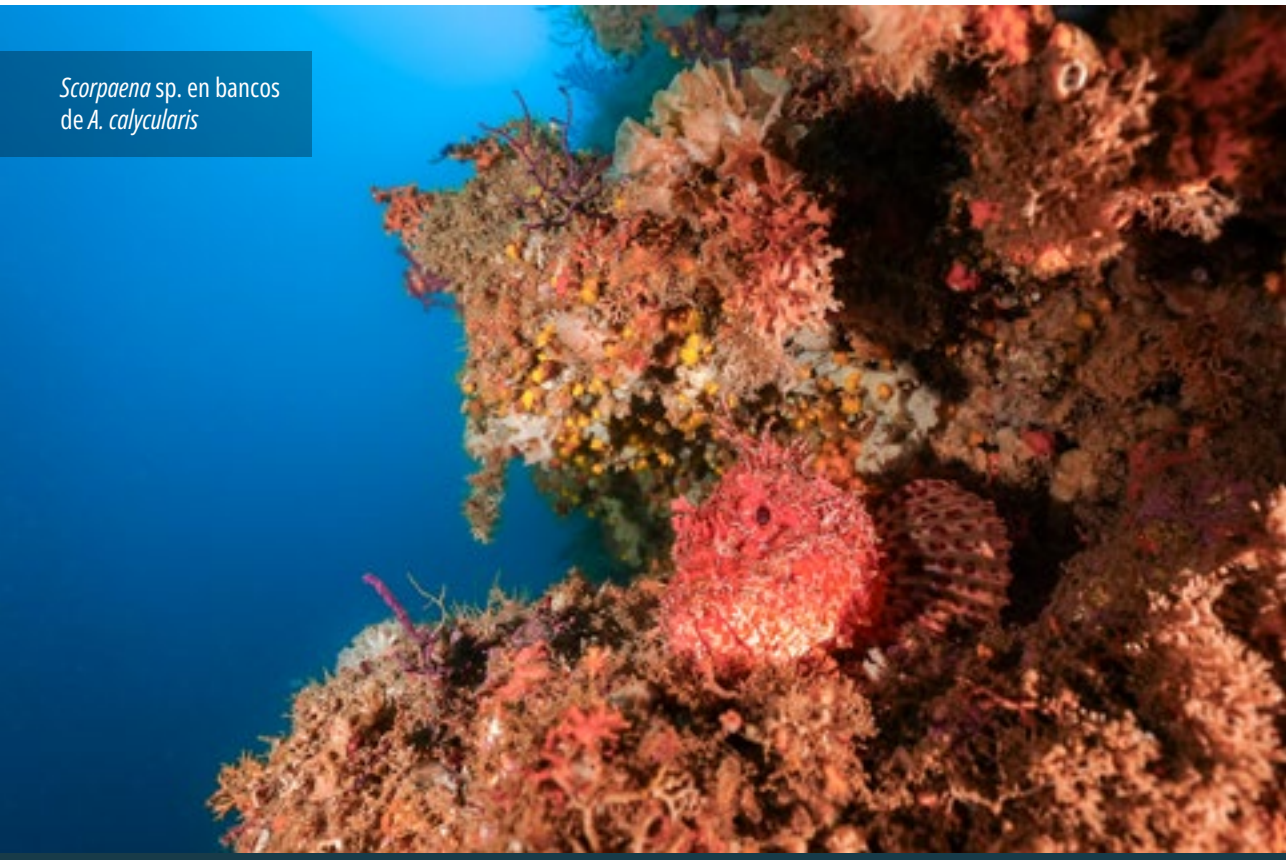


Paredes con *C. rubrum* y otros invertebrados

## Bancos de *Astroides calycularis* en acantilados sumergidos en fondos rocosos circalitorales (25-60 m)

Descripción general:
Estos fondos entrarían dentro de la denominación 03020228: Bancos profundos de *Astroides calycularis* sobre roca circalitoral.

Descripción de la comunidad:
En este ambiente existe una mayor incorporación de especies a *A. calycularis* acompañantes porque hay más ambientes disponibles para la colonización de las especies. Las esponjas (*Aplysina cavernicola, Petrosia ficiformis, Halyclona mediterranea, Phorbas tenacior, Dysidea fragilis, Dysidea avara, Ircinia variabilis, Sarcotragrus spinosulus, Spongia agaricina* ), el poliqueto (*Filigrana implexa*), los anthozoos (*Paramuricea clavata, Caryophyllia inornata, Alcyonium coralloides, Maasella edwardsi, Leptosammia pruvoti, Corallium rubrum*) y las ascidias (*Polycitor adriaticum, Pseudodistoma crucigaster, Synoicum blochmanni, Didemnum* sp., *Clavelina lepadiformis, Clavelina nana, Stolonica socialis*), los hidroideos (*Antenella* spp., *Sertularella ellisi, Sertularella gayi*), Briozoos (*Myriapora truncata, Turbicellepora magnicostata, Aldeonella calveti, Chartella* spp..).
Este hábitat se encuentra descrito en mayor extensión en Ocaña *et al.*, 2025.



*Scorpaena* sp. en bancos de *A. calycularis*



Paredes dominadas por *A. calycularis*

## Bancos de *Corallium rubrum* en paredes de escarpes costeros circalitorales afectados de intensas corrientes (25-60 m)

Descripción general:
Coincide con el hábitat 0302022705: Escarpes rocosos reófilos cercanos a la costa del piso circalitoral con *Corallium rubrum*.

Descripción de la comunidad:
En este ambiente de han reconocido una serie de especies acompañantes de invertebrados. Suelen ser muy llamativas las facies que forma *C. rubrum* con *Astroides calycularis* y las algas calcáreas incrustantes *Mesophyllum alternans y Lithophyllum stictaeforme*. Las esponjas *Aplysina cavernicola, Petrosia ficiformis, Halyclona mediterranea, Phorbas tenacior, Dysidea fragilis, Dysidea avara, Ircinia variabilis, Sarcotragrus spinosulus* y *Spongia agaricina*, el poliqueto *Filigrana implexa*, los anthozoos *Paramuricea clavata, Caryophyllia inornata, Alcyonium coralloides, Maasella edwardsi y Leptosammia pruvoti,* las ascidias *Polycitor adriaticum, Pseudodistoma crucigaster, Synoicum blochmanni, Didemnum* sp., *Clavelina lepadiformis, Clavelina nana y Stolonica socialis*, los hidroideos *Antenella* spp., *Sertularella ellisi* y *Sertularella gayi*) y los briozoos *Myriapora truncata, Turbicellepora magnicostata, Aldeonella calveti* y *Chartella* spp..



Comunidad accesoria a los bancos de *C. rubrum* (colonias en las rocas del fondo)



Bancos con dominancia de *C. rubrum*

## Montañas submarinas litorales y escarpes rocosos afectados de fuertes corrientes (30-45 metros) dominadas por algas calcáreas e invertebrados y con presencia de algas hemifotófilas

Descripción general:
Este es un hábitat que se podría asimilar de manera muy general al descrito en la lista patrón de hábitats marinos españoles: 03020227, (que corresponde a Escarpes rocosos reófilos cercanos a la costa del piso circalitoral). La denominación más cercana sería 0302022703 (Escarpes rocosos reófilos cercanos a la costa del piso circalitoral con dominancia de invertebrados suspensivoros (esponjas, hidrozoos, briozoos y ascidias entre otros). Se propondría así la modificación 030202270301 para indicar Escarpes rocosos reófilos cercanos a la costa del piso circalitoral colonizados mayoritariamente por invertebrados filtradores y suspensivoros, algas calcáreas incrustantes, algas hemifotófilas y facies de *Astroides calycularis*. Dentro de este cabría incluir la presencia de un microhábitat con la denominación 0303032705 (Escarpes rocosos reófilos cercanos a la costa del piso circalitoral con *Corallium rubrum*).

Descripción de la comunidad:
Coralígeno de oquedades, pasadizos y paredes afectadas por fuertes corrientes de marea. El coralígeno de *Mesophyllum alternans* y *Lithophyllum stictaeforme* junto con una gran variedad de esponjas incrustantes, briozoos, ascidias y algunos cnidarios es especialmente relevante y caracteriza estos ambientes. Se pueden encontrar pequeños poblamientos de las algas hemifotófilas *Halopteris filicina* y *Halichrysis depressa* que caracterizan las zonas. Entre los invertebrados más abundantes destacamos las esponjas *Spongia agaricina, Phorbas* spp., *Axinella damicornis, P. spinifera, H. columella, Petrosia dura, Halyclona* spp., *Ircinia variabilis, Sarcotragus spinosula, Crambe crambe, Spirastrella cunctatrix, Cliona viridis, Agelas oroides y Hexadella racovitzai*, de ascidias *Synoicum blochmanni, Polycitor adriaticum, Aplidium conicum, Aplidium elegans, Aplidium punctum, Didemnum* spp., *Polysyncraton lacazei, Pycnoclavella communis* y *Halocynthia papillosa*, los hidroideos *Aglaophenia pluma, Eudendrium* spp., *Sertularella* spp., *Antennella* spp.., los escleractinios *A. calycularis, Caryophyllia* spp., *Polyciathyus muellerae*, el zoantídeo *Parazoanthus axinellae*, los octocorales sueltos pero nunca formando bosques *Paramuricea clavata, Eunicella labiata, Eunicella singularis, Eunicella verrucosa, Alcyonium acaule* y *C. rubrum*, los briozoos *Turbicellepora avicularis, Aldeonella calveti, Schiezobrachiella sanguinea, Schizomavella mamillata, Pentapora fascialis, Myriapora truncata* y el poliqueto *Salmacina dysteri* que forma concentraciones de finos tubitos de color blanco. Entre los equinodermos más abundantes destacamos a las estrellas de mar (*Chaetaster longipes, Hacelia attenuata, Marthasterias glacialis* y *Echinaster sepositus*), el erizo *Centrostephanus longispinus* y la ofiura *Astrospartus mediterraneus* enredada entre las ramas de las gorgonias. En las plataformas muy planas y con apenas paredes el alga invasora *Rugulopterux okamurae* es capaz de colonizar los primeros metros del circalitoral pues en esta zona reófila la transparencia del agua favorece la penetración de la luz. En estos enclaves concretos, las comunidades de invertebrados están muy empobrecidas y prácticamente son las esponjas y las ascidias las que pueden colonizar las zonas más verticales de estos ambientes.



*Echinaster sepositus* sobre montaña submarina dominada por invertebrados y algas hemifotófilas

## Montañas submarinas litorales y escarpes rocosos en zonas reófilas protegidas de la corriente dominante (30 y 45 metros) colonizadas mayoritariamente por ***Paramuricea clavata***, algas calcáreas e invertebrados

Descripción general:
Este es un hábitat que se podría asimilar de manera muy general al descrito en la lista patrón de hábitats marinos españoles: 03020227, que corresponde a Escarpes rocosos reófilos cercanos a la costa del piso circalitoral. La denominación más cercana sería 0302022704 (Escarpes rocosos reófilos cercanos a la costa del piso circalitoral con gorgonias (*Eunicella* spp., *Paramuricea clavata*). Se introduciría la modificación 030202270401 para indicar Escarpes rocosos reófilos cercanos a la costa del piso circalitoral colonizados mayoritariamente por *P. clavata*, algas calcáreas incrustantes, algas hemifotófilas y otros invertebrados.

Descripción de la comunidad:
Otras gorgonias pueden estar acompañando al bosque de *P. clavata* pero siempre son escasas y nunca forman poblamientos propios (*Eunicella singularis, Eunicella verrucosa, Leptogorgia sarmentosa, Eunicella gazella, Eunicella labiata y Ellisella paraplexauroides*). El sotobosque que se genera es rico, original y cuenta con una importante diversidad de especies de esponjas (*Spongia agaricina, Phorbas* spp., *Axinella damicornis, Axinella* sp., *P. spinifera, H. columella, Dysidea avara, Dysidea* sp., *Petrosia dura, Halyclona* spp., *Ircinia variabilis, Sarcotragus spinosula, Crambe crambe, Spirastrella cunctatrix, Cliona viridis, Clathrina clathrus*), de ascidias (*Synoicum blochmanni, Polycitor adriaticum, Aplidium conicum, Aplidium elegans, Eudistoma banyulense, Pseudodistoma obscurum, Didemnum* spp., *Didemnum maculosum, Polysyncraton lacazei, Pycnoclavella communis*), los hidroideos (*Aglaophenia kirchenpaueri, Eudendrium* spp., *Sertularella* spp., *Antennella* spp..), los escleractinios *Caryophyllia* spp., *Pourtalosmilia anthophyllites, Astroides calycularis*, los zoantídeos *Gerardia savaglia* y *Parazoanthus axinellae*, los briozoos (*Bugula* spp., *Turbicellepora avicularis, Aldeonella calveti, Schiezobrachiella sanguinea, Schizomavella mamillata, Pentapora fascialis, Myriapora truncata y Frondipora verrucosa*) el poliqueto *Salmacina dysteri* que forma concentraciones de finos tubitos de color blanco. En las zonas más profundas del bosque de *P. clavata* se pueden observar colonias de *Dendrophyllia ramea*.



*Simnia spelta*, un caracol depredador de gorgonias, sobre *E. labiata*



Montañas submarinas dominadas por *P. clavata*, con otros invertebrados como *E. paraplexauroides* y *D. ramea*

## Fondos detríticos de arenas gruesas (30-45 metros) y cascajos afectados de fuertes corrientes y colonizados mayoritariamente por invertebrados

Descripción general:
Este hábitat se corresponde en líneas muy generales con el 030405: Fondos detríticos biógenos infralitorales y circalitorales, dentro de este encaja a la perfección con el 03040514: Fondos detríticos biogénicos infralitorales y circalitorales dominados por invertebrados, y dentro de este se propone la siguiente nueva denominación: 0304051308: Fondos detríticos circalitorales dominados por esponjas y antozoos zapadores y algunos poblamientos de algas (*Halopteris filicina* y *Caulerpa cylindracea*)

Descripción de la comunidad:
Fondos detríticos y arenas gruesas con cascajo suelto y sin rodolitos (alguno suelto es posible) ni facies de maërl. En esta zona del litoral las fuertes corrientes hacen que los sedimentos finos no se depositen con facilidad y suele ser fondos limpios. No obstante, los aportes estacionales de los arroyos y escorrentías proporcionan un sustrato fino que va penetrando bajo la capa superficial de detritos gruesos, pero no se detecta en el paisaje sumergido a simple vista. Algunas esponjas especialistas como *Ciocalypta penicillus*, el alga *C. cylindracea*, algunos pequeños ejemplares de *H. filicina* semienterrados, la pennatula *Veretillun cynomoriun*, cangrejos ermitaños con la anémona *Calliactis parasitica* y el actiniario zapador *Condylactis aurantiaca* forman parte del macrobentos que coloniza estos ambientes.



Fondos arenosos afectados por corrientes apizados por *Pycnoclavella* spp.



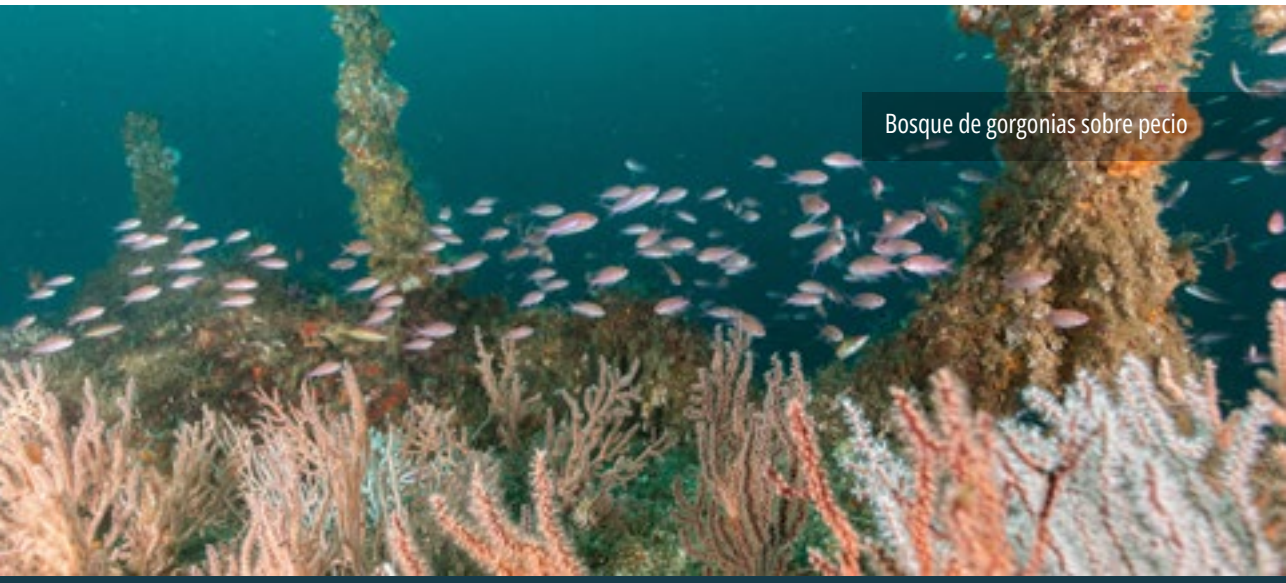
Fondos arenosos tapizados por *C. cylindracea* y *Pycnoclavella* spp.

## Bosque de gorgonias (entre 30 y 50 metros de profundidad) sobre de plataformas rocosas circalitorales con escasas elevaciones y afectada de sedimentación

Descripción general:
Este ambiente está dentro del hábitat 0302022310: Roca circalitoral no concrecionada dominada por invertebrados con *Ellisella paraplexauroides*, *Eunicella* spp., *Leptogorgia* spp.., y *Paramuricea clavata*.

Descripción de la comunidad:
En los fondos circalitorales se forma un variopinto bosque de gorgonias único en la región, pues agrupa en un reducido entorno a diferentes especies de gorgonias (*Eunicella singularis*, *Eunicella verrucosa*, *Eunicella labiata, Leptogorgia sarmentosa, Eunicella gazella, P. clavata y E. paraplexauroides*). No obstante, las especies dominantes son las pertenecientes al género *Eunicella*. Además, abundan los grandes ejemplares de *E. paraplexauroides* que forman las agrupaciones de ejemplares más numerosa de todo el litoral ceutí y de una de las regiones conocidas en Alborán, siendo la más importante la concentración de las Chafarinas.

Está considerada como una especie vulnerable en la lista roja de especies amenazadas de la IUCN. Además, al estar afectados por la sedimentación se desarrollan notables poblamientos de *V. cynomorium*. Se observan especies singulares de ascidias como *Diazona violacea*, agrupaciones del hidroideo atlántico *Gymnangium montagui* y esponjas como *Spirastrella cunctatrix* y *Axinella polypoides* que desarrollan llamativos crecimientos. Hay pocas algas y solo observamos pequeños crecimientos de *Halopteris filicina, Carpomitra costata* y de forma abundante el alga invasora *Womersleyella setacea*. Este tipo de hábitats con un elevado número de gorgonias conviviendo en un reducido espacio solo se han descrito en el litoral de Ceuta, si bien, pudiera tener semejanzas con los hábitats detectados frente a Cerro Gordo en el litoral malacitano-granadino durante el proyecto MESO_Alborán 2, careciendo estos últimos de la gorgonia *P. clavata*.



Bosque de gorgonias sobre pecio



Ejemplar de gran porte de *E. paraplexauroides*

## Bosque de gorgonias (entre 30 y 60 metros de profundidad) sobre escarpes circalitorales y afectados de sedimentación con *Gerardia savaglia*, myriopatidos y bancos de *Astroides calycularis* y *Dendrophyllia ramea*

Descripción general:
Este ambiente está dentro del hábitat 03020223: Roca circalitoral no concrecionada dominada por invertebrados, pero por sus marcadas diferencias con respecto al anterior hábitat se propone el siguiente: 0302022314: Roca circalitoral no concrecionada dominada por invertebrados con *Ellisella paraplexauroides, Eunicella* spp., *Leptogorgia* spp.., y *Paramuricea clavata, Astroides calycularis*, miriopatidos y *Gerardia savaglia*.

Descripción de la comunidad:
En los fondos circalitorales se forman bosques de gorgonias especialmente diversos, en los que se agrupan en un reducido entorno diferentes especies de gorgonias (*Eunicella singularis, Eunicella verrucosa, Eunicella labiata, Leptogorgia sarmentosa, Leptogorgia lusitanica, Eunicella gazella, P. clavata, Paramuricea tingitana* y *E. paraplexauroides*).
En las paredes más verticales de estos escarpes se forman bancos profundos de *Astroides calycularis,* que también puede aparecer suelto entre el sotobosque de gorgonias de forma esporádica.
En estos ambientes aparecen también colonias de *G. savaglia* creciendo normalmente sobre *P. clavata* o en sus cercanías, así como miriopátidos de los géneros *Antipathella* y cf. *Tanacetipathes*.
Se pueden observar en las zonas arenosas entre las paredes, ejemplares de *V. cynomorium* y en las paredes y cimas de los escarpes agrupamientos de hidroideos (*Sertularella gayi*, *Aglaophenia kirchenpaueri* y *Gymnangium montagui*). Hay una gran variedad de esponjas como *Dysidea avara*, *Dysidea fragilis*, y *Axinella* spp., que desarrollan llamativos crecimientos. La presencia de algas es escasa y solo se observan pequeños crecimientos de *Halopteris filicina*, *Carpomitra costata* y algunos ejemplares de *Cystosseira usneoides*. En la actualidad también hay presencia del alga *Rugulopterix okamurae*. Este tipo de hábitats, con este elevado número de antozoos, conviviendo en un reducido espacio solo se ha observado en el litoral de Ceuta.



Detalle de los pólipos de *A. wollastoni*



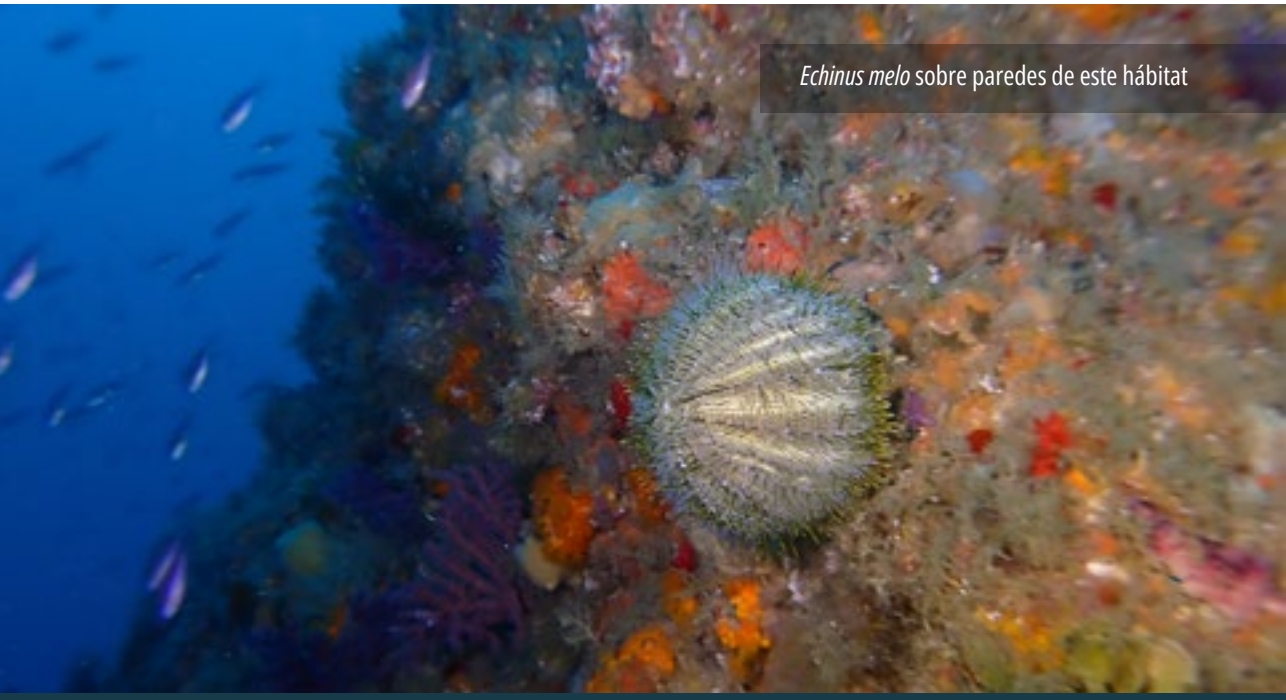
Bosques de *A. calycularis* con otros invertebrados, *D. ramea* y *A. wollastoni*

## Sistemas de montañas litorales circalitorales (30-60 m) afectadas de intensas corrientes con bancos de *Astroides calycularis*

Descripción general:
Este ambiente encaja genéricamente en el hábitat 03020229: Escarpes, paredes y laderas rocosas de elevaciones submarinas y cañones del piso circalitoral. Dentro de este se propone incluir 0302022903: Escarpes, paredes y laderas rocosas de elevaciones submarinas y cañones del piso circalitoral dominados por *Astroides calycularis*.

Descripción de la comunidad:
En este tipo de fondos afectados por un intenso hidrodinamismo, la dominancia del coral *A. calycularis* es todavía mayor que en otros enclaves debido a la intensidad de las corrientes que se desarrollan. Se trata de un hábitat de elevada singularidad, que ha sido descrito de forma muy extensa en Ocaña *et al.*, 2025.

Además de las algas calcáreas *Mesophyllum alternans*, algunas algas hemiesciáfilas (*Halopteris filicina, Sphaeroccocus coronopifolius y Rugulopterix okamurae*) tienen poblamientos entre las colonias de *A. calycularis* donde la luz llega con cierta intensidad. Los invertebrados de poco porte pueden resistir las condiciones. Así, los característicos son las esponjas *Phorbas tenacior, Dysidea* sp., *Ircinia variabilis, Sarcotragrus spinosulus, Spongia agaricina*, las ascidias *Polycitor adriaticum, Aplidium elegans, Synoicum blochmanni, Didemnum* sp., *Clavelina lepadiformis, Clavelina nana, Stolonica socialis*, los hidroideos *Antenella* spp., *Gymnangium montagui* y los briozoos *Myriapora truncata, Aldeonella calveti, Chartella* spp. En estos ambientes son también muy frecuentes los ejemplares de la especie *Megabalanus tulipiformis* creciendo sobre las colonias.



*Echinus melo* sobre paredes de este hábitat



Montañas circalitorales dominadas por *A. calycularis*

## Fondos detríticos con facies de maërl (30-50 m) afectados de fuertes corrientes y colonizados por algas e invertebrados rocosos aislados en fondos detríticos costeros con pequeños cantos, restos de conglomerados de aluvión y sedimento fino

Descripción general:
Este es un hábitat incluido dentro del hábitat genérico 03040504 (Fondos de maërl), y se puede englobar perfectamente en el subapartado 0304050404 (Fondos de maërl con algas coralinales incrustantes y macroalgas verdes/pardas/rojas). Si bien dentro de este hay ya otra unidad, 030405040401 (Fondos de maërl de *Lithopyllum, Mesophyllum, Microdyction*, algas pardas, *Halymenia/ Sebdenia/ Kallymenia/ Leptofauchea*). Se propone en este sentido crear, al menos, otra específica para los ambientes de la cuenca de Alborán debido a la riqueza de algas e invertebrados detectada creciendo en ellos. Por ello se propone el número 03040504040102 que quedaría como Fondos de maërl con diversas algas coralináceas libres -*Lithothamnion coralloides*- otras especies incrustantes -*Mesophyllum* y *Lithophyllum*- sobre rodolitos, los macrófitos *Caulerpa cylindracea* y varias especies de algas rojas estacionales (*Sebdenia* spp.., *Halymenia floresii* y *Bonnemaisonia asparagoides*- y varios octocoralarios y zoantídeos de reducido tamaño.

Descripción de la comunidad:
Las poblaciones de algas estacionales y de invertebrados que se asocian a estos ambientes caracterizan los fondos. Destacan las facies de algas calcáreas libres de los géneros *Lithothamnion* y *Phymatolithon* que junto a otros rodolitos forman los importantes fondos de maërl. En función de la complejidad de la estructura arquitectónica y de las condiciones oceanográficas, estos fondos serán más o menos ricos en especies de invertebrados y de algas. Entre las algas destacamos a la invasora *Caulerpa cylindracea* y a las estacionales *Sebdenia dichotoma*, *Sebdenia rodrigueziana*, *Halymenia floresii* y *Bonnemaisonia asparagoides*. Los macroinvertebrados bentónicos pueden ser muy abundantes si hay buenas condiciones de renovación, entonces la diversidad se eleva, el maërl puede albergar miniaturas de especies que alcanzan grandes tamaños en zonas rocosas (*Aplidium elegans, Aiptasia mutabilis*) y especies propias de fondos blandos como *Pinna rudis* y *Veretillum cynomorium*. Por otra parte, sí que hay especies propias de estos ambientes donde encuentran el hábitat idóneo para desarrollarse, entre ellas muchos pequeños octocorales de cuerpos blandos que se expanden en momentos concretos del día y otros propios de fondos blandos que pueden estar colonizando tanto los detríticos como los arenosos. Entre los propios de estos fondos se encuentran *Paralcyonium spinulosum, Alcyonium* sp., *Sarcodyction* cf. *catenatum, Epizoanthus sp o Masella edwardsi*. Hay predadores como el gusano de fuego *Hermodice carunculata* que va deambulando en su búsqueda de presas entre las que se encuentran pólipos de estas especies mencionadas y también restos de otras especies.



*V. cynomorium* en un campo de rodolitos

## Fondos detríticos circalitorales (40-50 metros) afectados por sedimentación fina y colonizados por *Spinimuricea atlantica*, *Verertillum cynomorium*, *Alcyonium spp.*, y *Virgularia mirabilis*

Descripción general:
Este es un hábitat que se podría asimilar de manera muy general al descrito en la lista patrón de hábitats marinos españoles: 03040515, (que corresponde a Fondos detríticos enfangados infralitorales y circalitorales). La denominación más cercana sería 0304051510 (Fondos detríticos enfangados infralitorales y circalitorales con *Alcyonium palmatum*, *Pennatula rubra* y *Spinimuricea* cf. *atlantica*). Sin embargo, se propone un cambio genérico de la denominación 0304051510 que quedaría como: Fondos detríticos enfangados infralitorales y circalitorales dominados por Antozoos. Dentro de esta denominación se podrían además incluir las que se vayan encontrando con sus especificaciones, tales como 03040515101: Fondos detríticos enfangados infralitorales y circalitorales con *Alcyonium palmatum*, *Pennatula rubra* y *S.* cf. *atlantica*, 03040515102: Fondos detríticos circalitorales colonizados por *S. atlantica*, *A. palmatum*, *Veretillum cynomorium* y *Virgularia mirabilis*.



*Dardanus sp.* junto a una colonia de *V. mirabilis*



Colonia de *S. atlantica* junto a *V. cynomorium* en fondos de arenas

## Sistema de plataformas rocosas semienterradas, bloques poco elevados y escarpes circalitorales (50-100 m) en ambiente reófilo, colonizados por *Paramuricea clavata* y otros invertebrados

Descripción general:
Coincide con el hábitat 03020225: Coralígeno con dominancia de invertebrados, y dentro de este el apartado 0302022501: Coralígeno con *Paramuricea clavata*.

Descripción de la comunidad:
Se trata de un sistema rocoso con sedimento biogénico en algunas zonas con dominancia de *P. clavata* a favor de paredes verticales, pero también sobre plataformas rocosas planas o con poca elevación. Es un sistema especialmente rico en el que se observan también ejemplares de las gorgonias *Ellisella paraplexauroides*, *Eunicella labiata*, *Eunicella verrucosa* y *Paramuricea tingitana* creciendo en plataformas rocosas semienterradas y bloques rodados poco elevados, así como en escarpes profundos en medio reófilo con sedimento grueso. Son comunes *Axinella polypoides* y *Axinella* spp.., *Haliclona* cf. *mucosa*, *Echinus melo*, *Sertularella* spp.., *Plumularia sp.*, y la esponja *Agelas oroides*. Se observan además ejemplares de *Antipathella* cf. *wollastoni* y otros myriopatidos dispersos, así como ejemplares profundos del alga *Phyllariopsis purpurascens*.



*Tambja ceutae*, un polycérido común en estos fondos



*P. clavata* junto a otros invertebrados, *A. wollastoni* y *A. polypoides*

## Sistema de plataformas rocosas y rocas sueltas alargadas del circalitoral profundo (60-100 metros) y reófilo, colmatadas por el sedimento biogénico, cascajo y restos de algas calcáreas, y dominadas por invertebrados

Descripción general:
Dentro de este paisaje se propone un nuevo hábitat para integrar en el Inventario Español de Hábitats Marinos. Dentro del genérico 03020224 Roca circalitoral colmatada por sedimentos, proponemos: 0302022409 Roca circalitoral colmatada por sedimentos colonizadas con *Paramuricea tingitana sensu lato* y *Corallium rubrum*.

Descripción de la comunidad:
Fondo detrítico en talud de caída con *Eunicella sp.* de pequeño tamaño de color blanco, *Axinella polypoides sensu lato* e hidroideos (*Plumularia* spp., *Sertularella* spp., y *Lytocarpia myriophyllum*), así como colonias de *Paramuricea clavata* de pequeño tamaño. En las regiones más someras del sistema aparecen bosques especialmente densos del alga *Phyllariopsis purpurascens*. A mayor profundidad, aparecen plataformas rocosas y rocas sueltas, alargadas, afectadas por sedimentos gruesos y fuertes corrientes de marea, donde se refugian bogavantes y cabrachos de gran tamaño. Estas grandes lajas tienen paredes verticales esciófilas con *C. rubrum*, *H. papillosa*, *E. verrucosa*, *P. adriaticum*, *Palmophyllum crassum*, *Sertella* spp.. y *Aplidium proliferum*. También se observan *Echinus melo, Phakelia sp.*, y la gorgonia *P. tingitana*. Hay además facies de *Ellisella paraplexauroides, Axinella polypoides lato sensu*, *Nemertesia* cf. *antennina*, *Lytocarpia myriophyllum*, *Haliclona sp.*, *Diazona violacea*, *Didemnum commune* y *Cyocalipta penicillus*, que suelen ser visitadas por el pez luna *Mola mola*.



Detalle de *P. tingitana*



Ejemplar de gran tamaño de pez luna *Mola mola*, observable en las estaciones de limpieza presentes en el hábitat

## Plataformas rocosas reófilas circalitorales (60-110 m), poco elevadas y bloques con sedimento biogénico y colonizadas por invertebrados

Descripción general:
Coincide con el hábitat 03020223: Roca circalitoral no concrecionada dominada por invertebrados, pero, debido a la presencia de algunas especies singulares se propone un nuevo apartado, 0302022315: Roca circalitoral no concrecionada dominada por invertebrados con *Ellisella paraplexauroides, Eunicella* spp., *Leptogorgia* spp., *Dendrophyllia* spp. y *Antipathella spp.*

Descripción de la comunidad:
Este hábitat se desarrolla sobre plataformas rocosas reófilas poco elevadas con sedimento grueso o bloques masivos rocosos de varios metros de altura, colonizadas por gorgonias (*Eunicella* spp., *E. paraplexauroides, Leptogorgia* spp., *Paramuricea clavata* suelta), *Axinella* spp.., grandes placas de *Shizomavella mammillata*, esponjas incrustantes, la esponja *Axinyssa digitata*, grandes colonias de *Plumularia sp.*, y presencia de colonias de myripatidos de la especie *Antipathella wollastoni lato sensu,* posiblemente el género *Tanacetipathes* y, en las partes más profundas, en la zona límite de distribución de *Paramuricea clavata*, *Antipathella subpinnata lato sensu*. Respecto a estos últimos, no obstante, existen dudas sustentadas en pruebas significativas sobre la clasificación de las especies, pudiendo ser taxones independientes. No obstante, se incluyen aquí a nivel faunístico con la referencia al sentido amplio de estas clasificaciones. También se observan poblamientos de hidroideos *Sertularella* spp.., *Aglaophenia kirchenpaueri* y *Lytocarpia myriophyllum* y las ascidea *Diazona violacea*. Las algas *Peyssonnelia rosa-marina*, *Phyllariopsis brevipes* y *Palmophyllum crassum* también se observan en estos fondos.



*A. subpinnata* junto a *P. clavata* y otros invertebrados



*A. wollastoni* junto a otros invertebrados

## 6.2. FACHADA NORTE DEL MAR DE ALBORÁN (GRANADA, MÁLAGA Y ALMERÍA)

### *Descripción del entorno*

El sector noreste del Mar de Alborán, y los entornos influenciados por las cordilleras béticas, secos aledaños a la meseta marginal de Motril, se encuentra altamente influenciado por los procesos de orogenia de estas montañas y la situación actual de las mismas. Estos procesos de orogenia generaron grandes afecciones durante el Mioceno tardío, especialmente durante la Crisis de Salinidad del Messiniense (MSC). El levantamiento tectónico en la región de Gibraltar desempeñó un papel crucial al restringir el flujo de aguas atlánticas hacia el Mediterráneo, lo que culminó en una drástica reducción de la conectividad marina. Este periodo transformador de la historia natural provocó cambios geológicos y geomorfológicos extensos, con las consiguientes implicaciones para los procesos sedimentarios en los márgenes continentales.

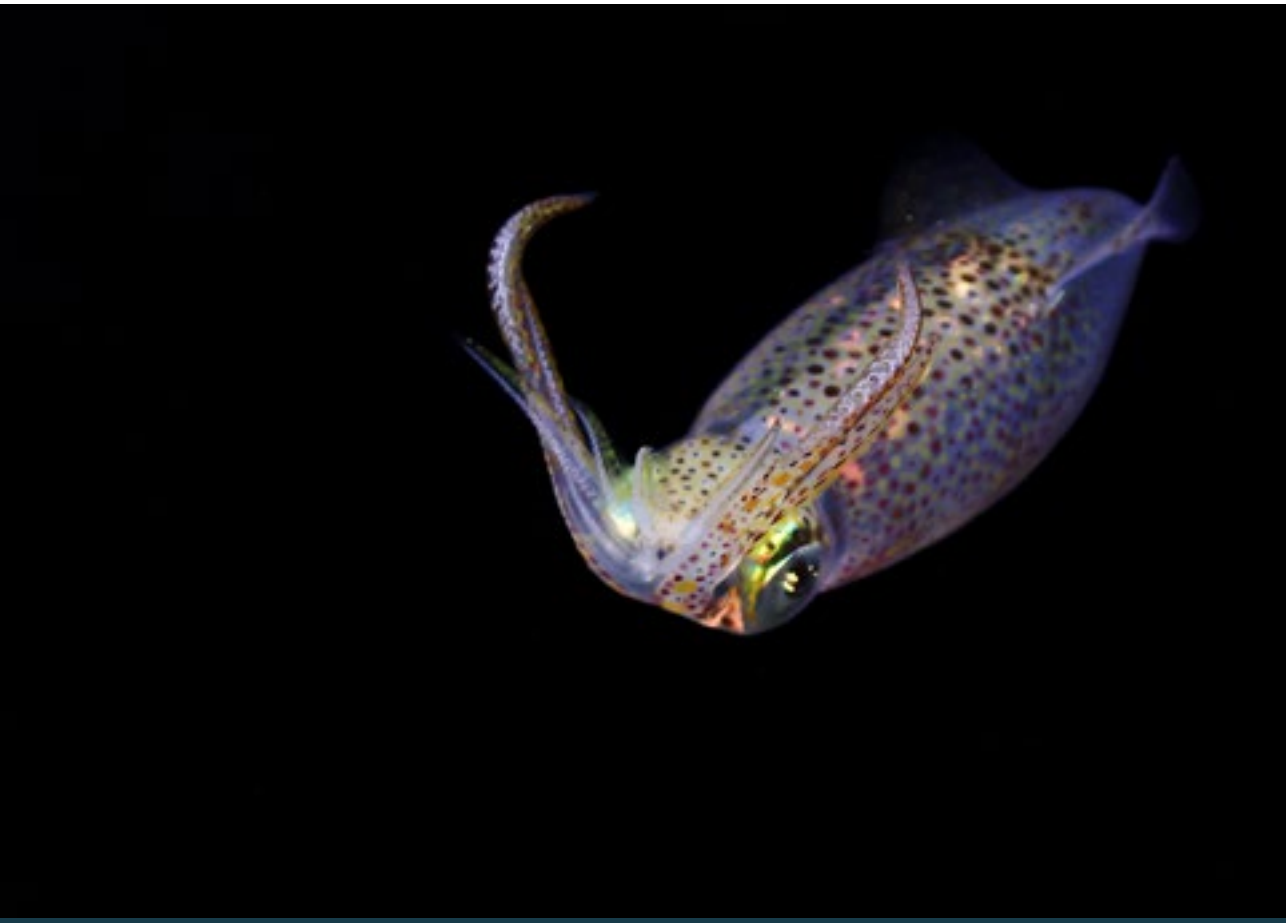
La formación de cañones submarinos en regiones como Málaga, Granada, Almería u otras regiones del Mediterráneo puede correlacionarse con estos cambios tectónicos y climáticos (Hsü *et al.*, 1977, Cita *et al.*, 1978, Harris and Whiteway, 2011, Roveri *et al.*, 2014, Camerlenghi *et al.*, 2020, Lopez Quirós *et al.*, 2025). A medida que el nivel del mar fluctuaba debido a los cambios asociados con la MSC, el paisaje se fue configurando a través de procesos erosivos. Las investigaciones han indicado fases de erosión, influidas especialmente por importantes descensos del nivel del mar que dieron lugar a la excavación de cañones. Además, la formación de estos cañones no solo es producto de procesos geológicos, sino que también está relacionada con influencias climáticas, en particular con los regímenes de precipitaciones. En este sentido, la climatología durante el periodo messiniense en la zona fue similar a la que existe hoy en día en regiones tropicales del planeta (García-Alix *et al.*, 2008). La intensidad y frecuencia de las precipitaciones durante el MSC, debieron contribuir a una mayor erosión fluvial que alimentó los cañones marinos. Las pruebas sugieren que los movimientos en masa y los procesos turbidíticos, que se intensificaron en el transporte de sedimentos durante este periodo, siguen influyendo en la geomorfología moderna (Pérez-Asensio *et al.*, 2012, Roveri *et al.*, 2014). Esta interacción entre los procesos hidrológicos y el levantamiento geológico pone de relieve el entorno dinámico en el que evolucionaron estos cañones.

En cuanto a la existencia de mares poco profundos durante el Messiniense, esta hipótesis ha sido tratada con profundidad en el capítulo 3 de esta guía, si bien, respecto al área concreta bajo influencia de las cordilleras béticas, los excepcionales coeficientes de endemicidad que muestran las regiones exploradas son poco congruentes con un fenómeno de desecación total. Sin embargo, estos cúmulos de especies y poblaciones relictos sí que se verían sustentados por la existencia de entornos marinos localizados poco profundos incluso cuando durante las fases en las que el Mediterráneo sufrió cambios drásticos.

A este respecto, las pruebas geológicas también podrían sustentar esta hipótesis. Así, la presencia de la subcuenca aislada de Motril, unido a los datos actualmente conocidos respecto a la fina extensión de los depósitos evaporíticos en esta región (Vázquez *et al.*, 2021), los datos hidrológicos y la disposición de los cañones submarinos presentes en el frontal litoral granadino, podrían apuntar hacia una hipótesis distinta a la basada en la desecación total. En este supuesto, habría existido un mar somero en el que habrían encontrado refugio un importante número de especies.

Es por ello una región de alto valor ecológico y científico, con un conjunto de ambientes muy singulares.

Sin duda que la presencia de exuberantes jardines de gorgonias, con una diversidad cercana a la observada en el Estrecho, en los que abundan rarezas como los endemismos del complejo de especies *Paramuricea baetica*, así como las poblaciones impertérritas, pese a los importantes abusos antrópicos, de la gorgonia *Ellisella paraplexauroides*, muestran la singularidad de la historia natural del sector. La reciente descripción de la especie *Parazoanthus franciscae* (Rosales-Ruiz, *et al.*, 2025) pone de manifiesto toda esta historia geológica de aislamiento y endemicidad de toda esta interesante región del litoral andaluz. Distinguiremos dentro de esta área tres grupos de hábitats en función de su cercanía a la costa, su geomorfología, dinámica oceanográfica y origen geológico.



## 6.2.1. HÁBITATS INFLUENCIADOS POR LA COSTA

Se incluyen aquí hábitats cercanos a la costa, así como dentro de áreas de influencia de desembocadura de ramblas o ríos.

### Paredes y grandes bloques caídos en la zona circalitoral superior (25-35 metros) colonizada por algas e invertebrados

Descripción general:
Aquí se unen dos hábitats del inventario español de hábitats y especies marinas: 03020104 (Coralígeno con dominancia de algas, sin fucales ni laminariales) con el matiz de la presencia de algunos ejemplares de *Tetracantha squarrosa*, 03040514 (Fondos detríticos infralitorales y circalitorales dominados por invertebrados) y habría que crear una nueva denominación 0304051408 (Fondos detríticos infralitorales y circalitorales dominados por invertebrados con *Leptogorgia sarmentosa*, *Aiptasia mutabilis* y *Cerianthus membranaceus*).

Descripción de la comunidad:
Es una zona muy peculiar porque se produce una colisión entre dos tipologías de sustrato. Los grandes bloques del colapso de los acantilados superiores que por colapsos y movimientos sísmicos se han estado acumulando, formando una pendiente rocosa particular y el fondo sedimentario más profundo con facies detríticas que también contienen restos de los organismos rocosos de la zona superior. Los más llamativos son los restos de algas calcáreas como *Mesophyllum* spp. y las colonias rodadas de *Astroides calycularis*. Los bloques están colonizados por comunidades de algas hemifotófilas (*Halopteris scoparia, Sphaeroccocus coronopifolius),* se pueden ver también facies de *Tretacantha squarrosa* portando colonias grandes de *Aglaophenia pluma*, y grandes ejemplares de *Codium bursa*, los erizos *Arbaxia lixula* y *Sphaerechinus granularis*, las estrellas *Echinaster sepositus* y *Hacelia attenuata* son comunes en estos fondos rocosos, la esponja *Crambe crambe* y grandes ejemplares de la anémona endémica del Mediterráneo *A. mutabilis*. En las zonas de contacto con el fondo sedimentario más profundo aparecen los ceriantarios (*C. membranaceus*) y colonias de la gorgonia *L. sarmentosa*.



*Hippocampus guttulatus*



Bloques caidos del circalitoral superior

## Fondos de maërl/rodolitos (30-35 metros) colonizados mayoritariamente por algas calcáreas incrustantes y dominancia de Peyssonnelia spp., con invertebrados vágiles y sésiles

Descripción general:
Este es un hábitat incluido dentro del hábitat genérico 03040506 (Fondos de maërl/rodolitos), y se puede englobar perfectamente en el subapartado 0304050604 (Fondos de maërl con dominancia de *Peyssonnelia spp.*), si bien, sería conveniente incluir un subapartado 030405060401: Fondos de maërl con dominancia de *Peyssonnelia spp.*, colonizados por el alga parda *Rugulopterix okamurae*.

Descripción de la comunidad:
Son fondos expuestos a fuertes corrientes de marea que forma lechos de arenas gruesas detríticas con agrupaciones de rodolitos colonizados por *Peyssonnelia spp.*, y el alga parda hemifotófila exótica *R. okamurae*. Se observan las estrellas de mar *Chaetaster longipes* y *Echinaster sepositus* y los erizos *Sphaerechinus granularis* y *Spathangus purpureus*, pequeños coralitos blancos (*Caryophyllidae* spp.), porciones del escleractínio *Cladocora debilis*, *Alcyonium acaule* de pequeñas dimensiones y también de *Alcyonium spp.* no identificados con pólipos de color blanco y otras colonias de cenénquima ocre. También se observan pequeñas colonias de *Didemnum sp.*, de color blanco intenso, los bivalvos *Venus verrucosa*, *Callista chione* y Glycymeris pilosa, el así como el poliqueto *Protula intestinum* de intenso color anaranjado. Son también frecuentes las anémonas *Calliactis parasitica* y *Condilactis aurantiaca*, al igual que los ejemplares de *Veretillum cynomorium*, el hidroideo *Sertularella gayi* y el briozoo *Schizomavella mamillata*. Los ejemplares de pulpo común no son raros.



*C. debilis* en fondos de rodolitos



*E. sepositus* y *C. longipes* sobre fondos de rodolitos

## Fondos detríticos con piedras sueltas de pequeño tamaño con concreciones de algas calcáreas incrustantes y facies de rodolitos y corales rodados (35-50 metros)

Descripción general:
Dentro de este paisaje se propone un nuevo hábitat para integrar en el inventario español de hábitats marinos. Dentro del genérico 03040513 Fondos de rodolitos y cascajo infralitorales y circalitorales dominados por invertebrados: proponemos el 0304051310 Fondos detríticos de cascajo y rodolitos dominados por invertebrados, con presencia de algas hemifotótilas, corales rodados, pequeños ejemplares de *Leptogorgia sarmentosa*, *Eunicella labiata* y *Eunicella gazella*, y concrecionados por *Cliona viridis*.

Descripción de la comunidad:
Espacios caracterizados macroscópicamente por la presencia de rodolitos, algunos ejemplares de algas erectas (*Halopteris filicina*, *Rugulopterix okamurae*, *Asparagopsis taxiformis*, *Codium bursa*), también ejemplares de *Peyssonnelia spp.* incrustando fuertemente las pequeñas piedras con un color muy llamativo. Otras especies se ven favorecidas y contribuyen a formar y estabilizar estos fondos, entre estas, destacamos a la especie perforadora *C. viridis* que se ocupa de cementar rodolitos y contribuir decisivamente a la conformación de concreciones calcáreas que le dan estabilidad al sustrato. Los ejemplares de las gorgonias son de pequeño tamaño con la excepción de *L. sarmentosa* que pueden un tamaño mediano, pero contribuyen a aumentar la diversidad de estos paisajes pues sus ejes pueden ser potencialmente utilizados por otras especies para crecer. Es un lugar apropiado para albergar a predadores especializados en alimentarse de especies concretas de macroinvertebrados y por ello abundan los nudibranquios y también para organismos más generalistas como las estrellas de mar (*Echinaster sepositus*), artrópodos marchadores, el poliqueto *Hermodice carunculata* y los cnidarios bentónicos (*Veretillum cynomorium*). Se observan también ejemplares de los corales rodados del acantilado superior de Calahonda (*Astroides calycularis, Phyllangia mouchezii*), algunos hidroideos (*Nemertesia antennina*), del bivalvo *Pinna rudis*, el cerianthario *Cerianthus membranaceus* y el sabelido *Mixycola infundibulum*.



*Scyliorhinus canicula*, común en estos fondos



Fondos detríticos con corales rodados

## Plataformas rocosas inclinadas y fondos de piedras sueltas asociados, del circalitoral (35-50 metros) afectados por sedimento fino y colonizados por bancos de D. ramea y otros invertebrados

Descripción general:
Dentro de estos paisajes, se propone un nuevo hábitat para integrar en el inventario español de hábitats marinos. Dentro del genérico 03020224 Roca circalitoral colmatada por sedimentos, está incluido el 0302022403 Roca circalitoral colmatada por sedimentos con *Dendrophyllia ramea*, pero debido a la complejidad estructural del fondo se propone el siguiente apartado típico del mar de Alborán: 030202240301 Roca circalitoral colmatada por sedimentos con *D. ramea*, y facies de briozoos, gorgonias, hidrodeos, *Cliona viridis* y esponjas incrustantes de crecimiento vertical.

Descripción de la comunidad:
Se trata de espacios dominados de forma muy significativa por el coral *D. ramea*, que puede mostrar aquí diferentes morfotipos. Además, aparecen otras especies de antozoos como las gorgonias *E. verrucosa, E. gazella, L. sarmentosa* o *P. baetica*, los zoantarios *P. axinellae y P. franciscae,* de forma libre o parasitando las numerosas especies del género *Axinella* que también cohabitan en el espacio *Cliona* spp., o *C. crambe*. En la base de los espacios se pueden observar grandes ejemplares de *Cerianthus membranaceus*. Son espacios en los aparecen también comunidades de briozoos, especialmente en grietas y oquedades (*Reteporella grimaldii*, *Pentapora fascialis* y *Myriapora truncata*). En los puntos más profundos del arrecife, se pueden observar crecimientos de la esponja azul *Terpios gelatinosus*. Aparece una importante comunidad de depredadores asociada, con grandes meros (*Epinephelus*), dentones (*Dentex dentex*), seriolas (*Seriola dumerili*) y túnidos, incluido el atún rojo (*Thunnus thynnus*). Son también espacios con gran presencia de macroinvertebrados vágiles como el pulpo (*Octopus vulgaris*), el bogavante (*Homarus gammarus*) o la langosta (*Palinurus elephas*).



Detalle de *P. axinellae*



Bancos de *D. ramea* con briozoos

## Plataformas rocosas circalitorales (40-50 metros) poco elevadas, alejadas de la costa y colonizadas por bancos mixtos de Dendrophyllia ramea y gorgonias, grandes ejemplares de la ascidia Diazona violacea, algas calcáreas y otros invertebrados

Descripción general:
Este es un hábitat que se podría asimilar de manera muy general al descrito en la lista patrón de hábitats marinos españoles: 030202, (que corresponde a Roca circalitoral concrecionada y dominada por invertebrados). La denominación más cercana sería 03020206 (Bosques de gorgonias en roca circalitoral dominada por invertebrados). Sin embargo, las grandes diferencias encontradas promueven la propuesta de ampliar estos hábitats a: 03020206: bancos de corales ramificados en fondos circalitorales concrecionados alejados de la costa; 030202061: bosques de gorgonias en roca circalitoral dominada por invertebrados y 030202062: bancos de corales ramificados dominados por *Dendrophyllia ramea*, gorgonias y un rico sotobosque de algas calcáreas e invertebrados.

Descripción de la comunidad:
Se trata de una comunidad con elevada diversidad biológica que presenta una variada representación de gorgonias y grandes ejemplares del escleractinio *D. ramea* y de la ascidia colonial *Diazona violacea*. A este estrato superior del paisaje se añade un rico sotobosque formado por algas calcáreas incrustantes, esponjas, otros cnidarios, equinodermos, briozoos y también varias especies de ascidias siendo una de ellas, como hemos comentado anteriormente, de gran envergadura. Las especies características del hábitat son principalmente las grandes colonias del coral *D. ramea*, varias especies de gorgonias (*Eunicella verrucosa, Eunicella labiata, Eunicella gazella, Paramuricea clavata, Paramuricea baetica, Paramuricea* sp. y *Leptogorgia sarmentosa*), las algas rojas incrustantes *Lytophyllum stictaeforme* (que forma facies espectaculares), *Mesophyllum alternans* y los grandes ejemplares de la ascidia *Diazona violacea*. El sotobosque que se desarrolla entre todo este conjunto es diverso en especies. Se observan algunos talos de *Rugulopterix okamurae* enganchados en las ramas de las gorgonias y también facies de *Halopteris filicina*, al igual que ciertos crecimientos del alga *Palmophyllum crassum*, característica del circalitoral. Entre los invertebrados destacan los zoantideos *Parazoanthus axinellae* abundante sobre *Axinella spp.*, y *Parazoanthus franciscae* sobre esponjas incrustantes., los hidroideos *Sertularella* cf. *gayi, G. montagi, Aglaophenia kirchenpaueri, Monotheca pulchella* y una especie de *Eudendrium sp.* Son comunes también las esponjas *Acantella acuta*das, *Axinella damicornis, Axinella polypoides, Crambe crambe, Cliona viridis, Petrosia ficiformis* de pequeño tamaño, *Spongia agaricina, Crella elegans*, las ascidias coloniales *S. bloschmanni, Didemnum maculosum, Didemnum commune, Didemnum sp.* blanco intenso, *Aplidium conicum* de color blanco intenso, *Aplidium* cf. *elegans* muy blanco, *Pseudodistoma obscurum* de color negro, *Aplidium proliferum, Pycnoclavella* cf. *communis* de color blanco, algunos ejemplares de *Polycitor adriaticum*, y los crecimientos de los poliquetos *Salmacina dysteri* y *Myxicola aesthetica*. Se observan briozoos de numerosas especies, tanto incrustantes

como ramificadas, y forman concreciones importantes en la base de las gorgonias y asociados a los esqueltos de *D. ramea* junto con el alga *L. stictaeforme*. Están presentes pequeños crecimientos de *Reteporella* sp., *Pentapora fascialis, Myriapora truncata, Smittina cervicornis, Turbicellepora avicularis, Schizobrachiella sanguinea, Schizomavella mammillata, Frondipora verrucosa, Chartella* cf. *papyrea, Bugula fulva, Celleporina hassalli, Smittina* cf. *Landsborovii*. También se observa la anémona *Cereus pedunculatus* en su forma circalitoral, pequeños crecimientos de *Alcyonium acaule* y *Alcyonium coralloides*, ejemplares abundantes de *Caryophyllia smithii* y algunas facies de *Phyllangia mouchezii*. La fauna vágil es abundante, con una gran densidad de *Astrospartus mediterraneus*, *Charonia lampas* y grandes ejemplares de *Echinus melo*.



*P. clavata* y *D. ramea* en bancos mixtos

## Fondos detríticos costeros (40-60 metros) con pequeños cantos, restos de conglomerados de aluvión y sedimento fino caracterizado por varias especies de cnidarios

Descripción general:
Dentro de este paisaje proponemos un nuevo hábitat para integrar en el inventario español de hábitats marinos. dentro del genérico 03040515 Fondos detríticos enfangados infralitorales y circalitorales: proponemos 0304051312 Fondos detríticos enfangados circalitorales caracterizados por varias especies de hexacorales y octocorales con *Epizoanthus* spp., *Phymantus pulcher, Eunicella filiformis, Filigorgia guineensis, Spinumuricea atlantica* y *Alcyonium spp.*

Descripción de la comunidad:
Es un fondo enriquecido por los aportes de las aguas dulces que proporcionan sedimentos abundantes de diferentes dimensiones. Los restos de conchas y de restos de conglomerados conforman este paisaje junto con el sedimento más fino o fango. Las especies características de macroinvertebrados son los cnidarios y se aprecian pequeñas colonias de *Nemertesia antennina* y *Alcyonium spp.* Las gorgonias (*S. atlantica, E. filiformis* y *F. guineensis*) son alargadas y poco ramificadas y suelen estar yaciendo sobre el lecho marino. Las anémonas (*P. pulcher*) y los zoantideos del género *Epizoanthus* crecen en los restos de conchas y son muy abundantes pudiendo formar colonias incluso sueltas sobre el sustrato blando. Hay también grandes ejemplares de *Astropecten* spp. y *Echinaster sepositus*, incluso grandes ejemplares de *Marthasterias glacialis*, pequeños ejemplares de erizos (*Arbaxia lixula*) y de esponjas de color anaranjado suave creciendo sobre los restos del conglomerado. Se observan también pequeños crecimientos del alga *Gongolaria montagnei (Cystoseira* cf. *spinosa)*. Posiblemente antes de la alteración pesquera estos fondos albergaron un hábitat caracterizado por bosques *Ericaria* spp. propio del circalitoral mediterráneo.
A partir de los 60 metros (Piedra de Vizcarra) también se han observado ejemplares de *L. sarmentosa* y crecimientos del poliqueto *Salmacina dysteri* sobre sus ramas y colonias de la ascidia *Diazona violacea* asociadas a las bases de estas gorgonias o también creciendo sobre conchas o cantos de cierto tamaño.



Detalle de *S. atlantica*



Fondos de sedimento fino con invertebrados

## Arrecifes rocosos aislados en fondos detríticos costeros (60 metros) con pequeños cantos, restos de conglomerados de aluvión y sedimento fino

Descripción general:
Dentro de este paisaje proponemos un nuevo hábitat para integrar en el inventario español de hábitats marinos. dentro del genérico 030202 Roca circalitoral dominada por invertebrados, nuestro hábitat se incluye dentro del 03020203 Roca circalitoral moderadamente expuesta y batida por corrientes de marea dominada por *Corynactis viridis* y briozoos, Proponemos 0302020301 Roca circalitoral moderadamente expuesta y batida por corrientes de marea dominada por *Corynactis* sp., y corales Caryophylliidae, gorgonias, alcionáceos y equinodermos.

Descripción de la comunidad:
Todos estos pequeños sistemas rocosos se elevan dos o tres metros del fondo y por lo tanto están muy afectados por la sedimentación y la abrasión. Sin embargo, actúan como refugios de especies de gran interés para el estudio y entendimiento de la evolución de la cuenca de Alborán. Conforman conjuntos arrecifales creados por la roca conglomerada que sirve de sustrato para el crecimiento de corales de gran interés como muestran algunos hexacoralarios coloniales que se necesitan muestras para poder ser estudiados o una posible nueva especie del género *Corynactis* que posiblemente pueda estar relacionada con fauna relicta. Los arrecifes de especies de Caryophillidae junto con las colonias de *Corynactis sp.*, los crecimientos de *Myxicola aesthetica* y los hidroideos *Sertularella* sp., forman conjuntos originales. También se observan ejemplares de la esponja *Paraplysilla spinifera*, los equinodermos *Antedon mediterranea*, *Astrospartus mediterraneus*, las gorgonias *Eunicella verrucosa* y *Eunicella gazella* y los alcionáceos *Alcyonium coralloides* y *Alcyonium* sp. En los alrededores se desarrollan campos de gorgonias de (*Spinimuricea atlantica, Eunicella filiformis* y *Filigorgia guineensis*) con otros antozoos (*Cerianthus membranaceus* y *Epizoanthus* spp., de forma similar al hábitat anteriormente descrito.



*Corynactis viridis* junto a otros invertebrados



Arrecife dominado por esponjas con *A. mediterraneus*

## Arrecifes rocosos aislados en fondos detríticos costeros (60 metros) con pequeños cantos, restos de conglomerados de aluvión y sedimento fino dominados por esponjas

Descripción general:
Este paisaje se engloba dentro del genérico 030202 Roca circalitoral dominada por invertebrados, si bien se propone su clasificación como 03020202 Roca circalitoral moderadamente expuesta y batida por corrientes de marea dominada por *Axinella polypoides* y equinodermos.

Descripción de la comunidad:
Sistemas rocosos de pequeño tamaño que se elevan dos o tres metros del fondo y por lo tanto están afectados por la sedimentación y la abrasión, si bien, las condiciones de corrientes, granulometría del sedimento e hidrología, hacen que sean espacios menos sedimentarios que los incluidos en el hábitat anterior. Conforman conjuntos arrecifales creados por roca conglomerada que sirve de sustrato para el crecimiento de especies singulares e incluidas en listados y catálogos de protección. Aparecen aquí como principales bioconstructores grandes ejemplares de la esponja *A. polypoides* junto a ascidias erectas posiblemente del género *Pseudodistoma*. También se observan ejemplares dispersos de la gorgonia *Paramuricea* cf. *baetica*. Sobre las rocas, destaca por el número de individuos, la presencia del erizo *Centrostephanus longispinus* y y holoturias de la especie *Parastichopus regalis*. Se han observado también ejemplares errantes de la caracola *Charonia lampas*, que parecen desarrollar su ciclo de vida entre las rocas que configuran estos sistemas.



*C. longipinus* en conglomerados



*A. polypoides* sobre fondos arenosos asociados a conglomerados

## Sistema de plataformas rocosas muy planas circalitorales (60-70 metros) que apenas sobresalen del sustrato blando y muy colmatadas de detrítico costero con arenas finas y dominadas por invertebrados

Descripción general:
Dentro del hábitat genérico 03020224 Roca circalitoral colmatada por sedimentos, se propone el hábitat 0302022407 Roca circalitoral colmatada por sedimentos colonizadas por bosquetes de *Axinella* spp. y gorgonias diversas con *Paramuricea baetica* y *Ellisella paraplexauroides*.

Descripción de la comunidad:
Se trata de sistemas muy especiales y ricos en especies por ser puntos de confluencia de dos ambientes. Por un lado, las especies típicamente de roca circalitoral que pueden tolerar niveles elevados de sedimentación y por la otra las típicas de los fondos detríticos que pueden crecer en estas zonas colmatadas por los sedimentos. Característico de Alborán, con presencia de abundantes gorgonias, tuvieron que ser antes de ser profundamente alterados por la pesca lugares muy relevantes y únicos en toda la cuenca. Las especies de gorgonias detectadas no forman bosques importantes, pero están presentes *Eunicella verrucosa, Eunicella gazella, Eunicella labiata, Eunicella filiformis, Filigorgia guineensis, Leptogorgia sarmentosa y P. baetica,* destancado la presencia de *E. paraplexauroides,* que forma en estos ambientes las agrupaciones conocidas de individuos más numerosas al norte de Alborán, así como campos de *Axinella spp.*, (*A. damicornis, A. polypoides*) parasitadas por *Parazoanthus axinellae*. Las facies de hidrodeos son también interesantes (*Aglaophenia kirchenpaueri, Sertularella* spp., *Nemertesia* cf. *antennina*) así como las agrupaciones de poliquetos tubícolas. También se observan colonias de *Dendrophyllia ramea* y *D.endrophyllia cornigera*, grandes anémonas (posiblemente de la familia Hormathidae), grandes erizos circalitorales (*Echinus melo*) y una rica fauna de briozoos (*Reptadeonella spp.*) y de corales solitarios que forman agrupaciones considerables Caryophylliidae. Sin duda un lugar de prioridad para la exploración directa con buceadores técnicos, la recolección directa de muestras, la puesta en marcha de medidas de medidas de conservación y protección que los preserven de la pesca a la mayor celeridad posible, así como espacios susceptibles de acoger acciones de restauración activa.



*Balssia* sp. sobre *E. paraplexauroides*

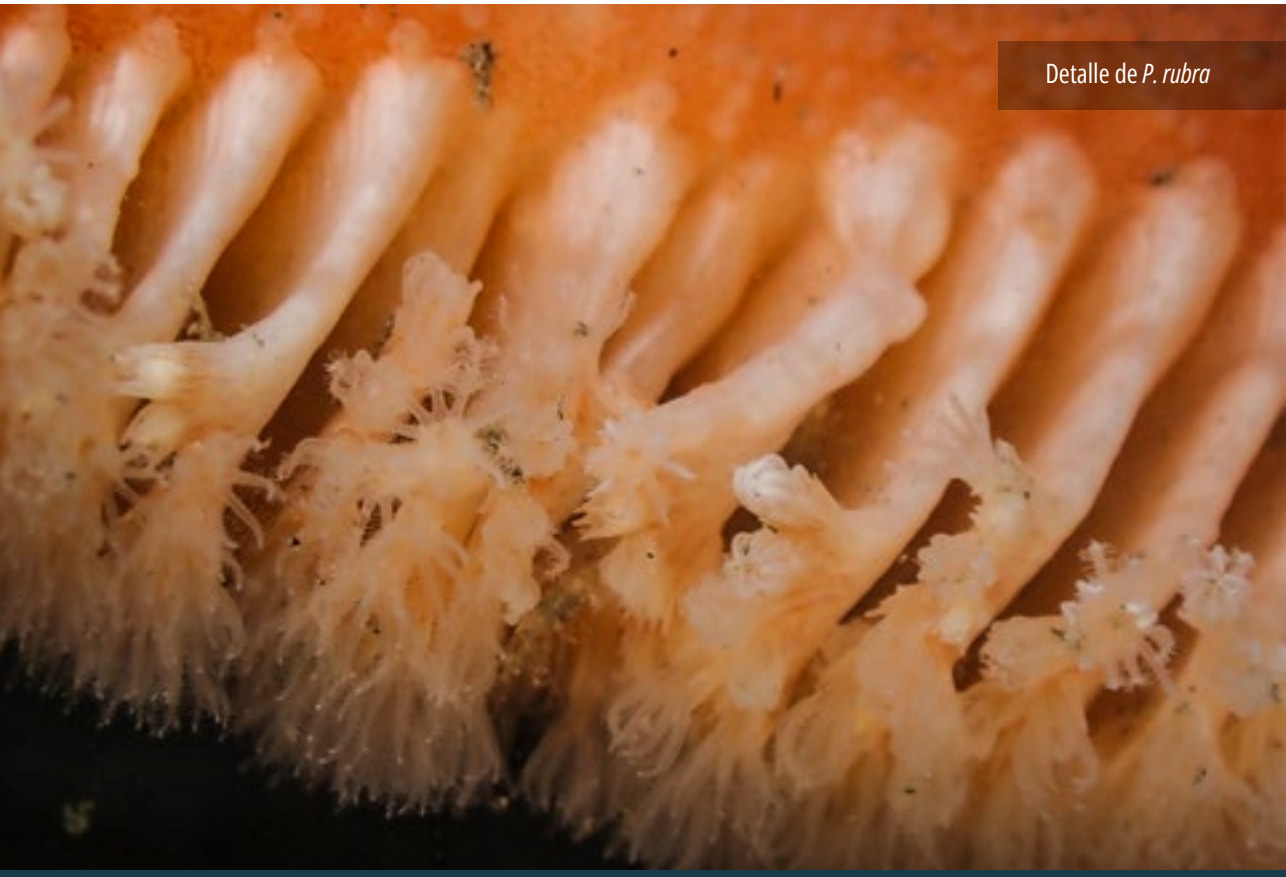


*E. paraplexauroides* junto a otras gorgonias *P. baetica, L. sarmentosa* y *E. verrucosa*

## Fondos detríticos circalitorales (70-90 metros) con sedimento fino colonizados por Pennatula rubra y Astrospartus mediterraneus

Descripción general:
Este hábitat está incluido dentro del Inventario Español de hábitats marinos con los números de referencia siguientes: 03040515 (Fondos detríticos enfangados infralitorales y circalitorales), 0304051510 (Fondos detríticos enfangados infralitorales y circalitorales con *Alcyonium palmatum, Pennatula rubra* y *Spinimuricea atlantica*).

Descripción de la comunidad:
Se trata de un hábitat con una composición similar a la del anterior, si bien aparecen en los importantes campos de pennatuláceos, principalmente *P. rubra*, aunque también posiblemente *Pennatula aculeata* y *Pteroides griseum*, así como ejemplares sueltos de *Astrospartus mediterraneus*. Además, aunque en menor densidad que en hábitat anterior, es posible observar colonias de la gorgonia *S. atlantica* y gorgonias filiformes de vida libre. Se trata de una comunidad muy afectada por la pesca de arrastre, que arranca del sedimento las colonias de los principales bioconstructores, detectándose únicamente en puntos en los que no se han observado marcas de esta modalidad de pesca sobre el fondo.



Detalle de *P. rubra*

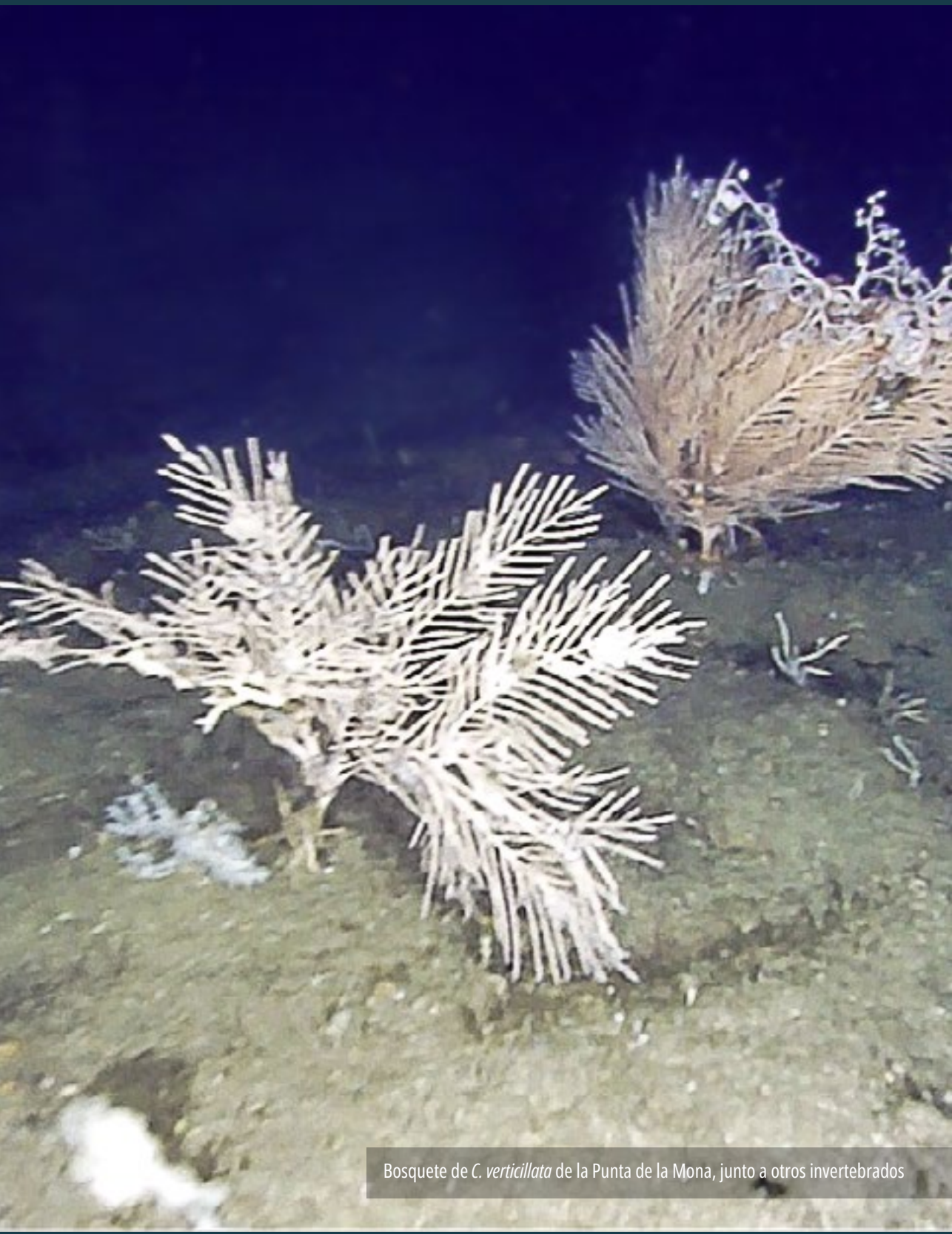


Colonia de *P. rubra* sobre fondos sedimentarios junto a *A. palmatum* y *Filigorgia guineensis*

## Sistema de plataformas rocosas muy planas circalitorales (80-140 metros) que apenas sobresalen del sustrato blando y muy colmatadas de detrítico costero con arenas finas y dominadas por invertebrados

Descripción general:
Este paisaje puede integrarse dentro del hábitat genérico 03020224 Roca circalitoral colmatada por sedimentos, si bien se propone el 0302022408 Roca circalitoral colmatada por sedimentos colonizadas por bosquetes de *Axinella spp.* y gorgonias diversas con *Paramuricea baetica, Callogorgia verticillata* y *Bebryce mollis*.

Descripción de la comunidad:
Se trata de una comunidad muy especial y enriquecida en especies al ser un punto de confluencia entre los ambientes de roca circalitoral que pueden tolerar niveles elevados de sedimentación y los fondos detríticos que con zonas colmatadas por los sedimentos. Las especies del género *Axinella* son abundantes (en especial de la especie *Axinella polypoides*) y también las colonias del coral amarillo *Dendrophyllia cornigera*, del solitario *Caryophyllia* cf. *cyathus* y otras agrupaciones de corales solitarios de color blanco Caryophyllidae, muy asociados a estos sistemas de glacis colmatados. En este hábitat hay pocas especies de gorgonias, pero se mantienen *Eunicella* cf. *verrucosa, Eunicella labiata* y *P. baetica sensu lato*. Además, en puntos como el frontal de la Punta de la Mona o la zona exterior de la llanura superior del Seco de los Olivos, se desarrollan poblamientos singulares de *C. verticillata* y *B. mollis*, que aportan un enorme valor científico y ecológico a estos fondos marinos. De forma particular, se han podido observar solo en estos fondos, colonias del hidrodeo de grandes dimensiones *Theocarpus myriophyllum* y en menor medida *Nemertesia anteninna*, los pennatuláceos *Pennatula rubra* y *Pteroides spinosum*, grandes erizos circalitorales (*Echinus melo*), las estrellas *Luidia* spp., *Astropecten* spp., y *Tethyaster subinermis*. Fueron observados también ejemplares de *Astrospartus mediterraneus* y colonias sueltas de la ascidia *Diazona violacea* indicadora de fondos circalitorales.
Sin duda son espacios prioritarios para la exploración directa con buceadores técnicos, la recolección directa de muestras y la puesta en marcha de medidas de conservación que la preserven de impactos antrópicos, especialmente de los impactos extractivos.



Bosquete de *C. verticillata* de la Punta de la Mona, junto a otros invertebrados

## 6.2.2. HÁBITATS DE ESCARPES, CAÑONES Y MESETAS PROFUNDAS

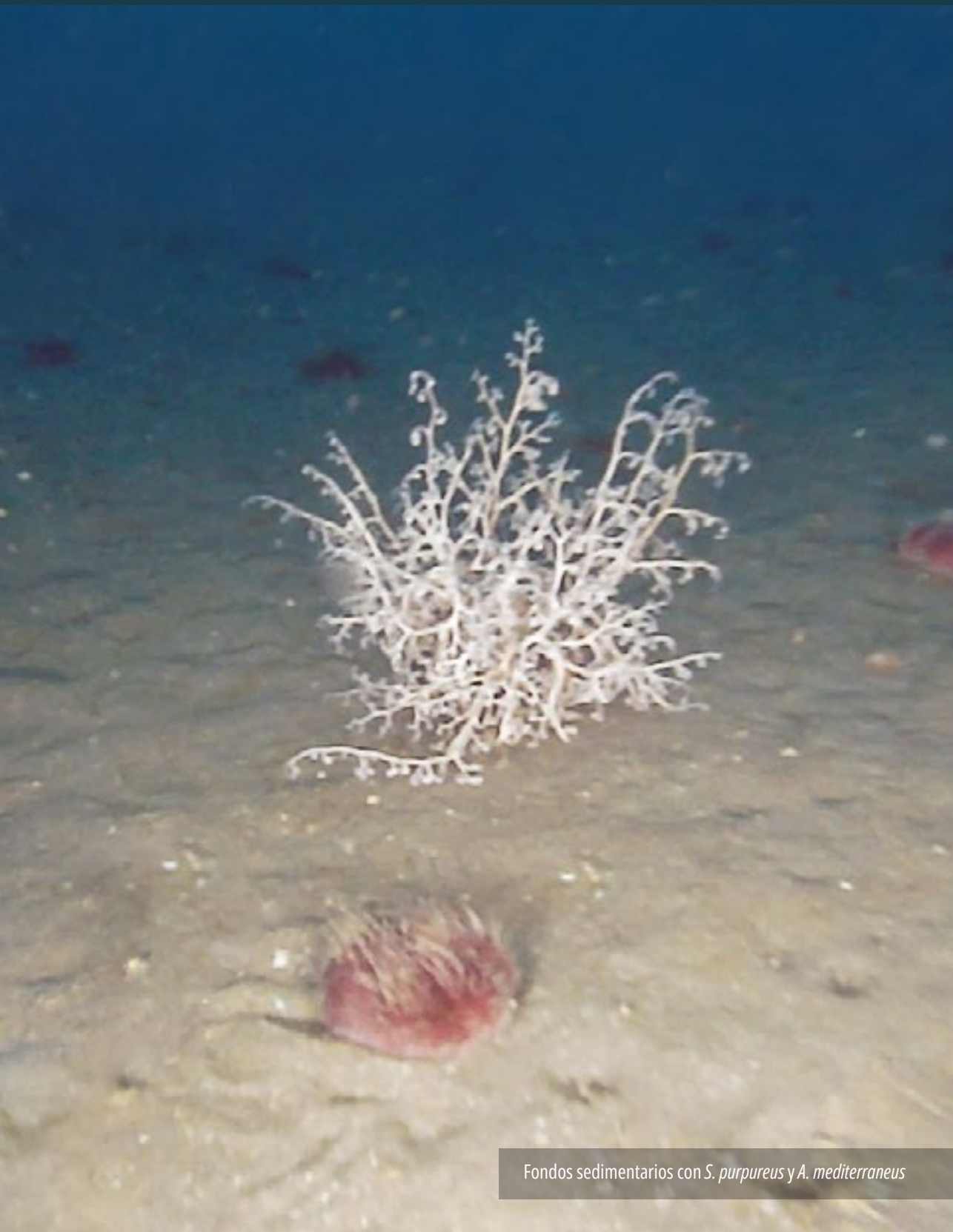
### Fondos detríticos circalitorales (50-70 metros) con sedimento fino colonizados por una elevada densidad del erizo irregular Spathangus purpureus y varias especies de cnidarios

Descripción general:
Este hábitat está incluido dentro del Inventario Español de hábitats marinos con los números de referencia siguientes: 03040515 (Fondos detríticos enfangados infralitorales y circalitorales), 0304051508 (Fondos detríticos enfangados infralitorales y circalitorales con *Venus casina* y *Spathangus purpureus*).

Descripción de la comunidad:
En estos ambientes observados solo en la zona de la cabecera del cañón de Jolúcar-Carchuna se han visto elevadas densidades del erizo irregular mentado y también otras especies características de este tipo de fondos también. Los cnidarios *Alcyonium palmatum*, *Cerianthus membranaceus*, *Veretillum cynomorium, Eunicella filiformis*, *Filogorgia guineensis* y el hidroideo *Sertularella* spp. Entre la fauna vágil destaca *S. purpureus*, aunque también se han observado más esporádicamente los equinodermos *Astropecten* sp., *Chaetaster longipes, Echinaster sepositus, Marthaterias glacialis, Echinus melo* y *Astrospartus mediterraneus,* siendo comunes también los pulpos (*Octopus vulgaris*), todos ellos asociados a los restos de las conchas que forman principalmente este tipo de fondos de sedimentos mixtos. Se observan también, de forma esporádica, los grandes sifones de bivalvos del género *Panopea*.



Detalle de un rape, *Lophius* sp., común en estos fondos



Fondos sedimentarios con *S. purpureus* y *A. mediterraneus*

## Fango circalitoral con pennatuláceos y fauna excavadora acompañante (70-200 metros)

Descripción general:
Se trata de un hábitat incluido actualmente en la lista patrón de hábitats marinos con el código 03040303 Fango circalitoral con Pennatuláceos y fauna excavadora acompañante, si bien en este documento este hábitat se acotaba únicamente al Atlántico.

Descripción de la comunidad:
Es esta una de las comunidades más comunes en asociadas a los fondos de sedimentos muy finos en la zona, habiéndose detectado tanto en las cabeceras de los sistemas de cañones del sector, como en las llanuras mesofóticas fangosas que se extienden entre la franja litoral hasta aproximadamente los 100-120m de profundidad, donde se inicia el descenso del talud continental, pudiendo extenderse también por el mismo. Es una comunidad biomodulada de forma significativa por pennatuláceos del género *Pennatula* (*Pennatula rubra* y *Pennatula aculeata* según Ocaña *et al*., 2000), *Pteroides griseum,* apareciendo también ejemplares de *Funiculina quadrangularis* en los estratos inferiores de la comunidad. Igualmente, pueden detectarse gorgonias en los estratos superiores tales como *Spinimuricea atlantica*, *Filigorgia guineensis* o *Eunicella filiformis*. Entre la fauna vagil, destacan estrellas de la familia Astropectinidae y erizos irregulares *Spatangus purpureus,* que en puntos concretos genera agraciones considerables. Son entornos altamente productivos y con una marcada relación con el sector pesquero local, pues en ellos se desarrollan importantes comunidades de la quisquilla *Plesionika edwarsii,* la gamba blanca *Parapenaeus longirostris* y la cigala *Nephrops norvergicus*.



Detalle de una colonia de *F. guineensis*



Campo de pennatuláceos sobre fondos sedimentarios

## Plataformas rocosas, bolos y cantos rodados de gran tamaño afectados por sedimentación dominadas por invertebrados (100-160 metros)

Descripción general:
Estos espacios se pueden incluir dentro del hábitat 0302022311 Roca circalitoral no concrecionada dominada por invertebrados con *Ellisella paraplexauroides* o 0302022312 Roca circalitoral no concrecionada dominada por invertebrados con *Dendrophyllia ramea* aunque la codominancia de ambas especies y la presencia de la gorgonia *Paramuricea baetica*, favorece la proposición del hábitat 0302022314 Roca circalitoral no concrecionada dominada por invertebrados con *Ellisella paraplexauroides*, *D. ramea, P. baetica* y *Phakellia ventillabrum*.

Descripción de la comunidad:
Se trata de comunidades especialmente diversas, propias de una situación de ecotono, apareciendo especies someras y profundas además de especies propiamente adaptadas a este rango batimétrico. Están igualmente condicionadas por la sedimentación. Aparecerán, por un lado, especies típicamente de roca circalitoral que pueden tolerar niveles elevados de sedimentación y, por otro, las típicas de los fondos detríticos adaptadas a espacios colmatados. Las especies de gorgonias detectadas no forman bosques importantes, pero están presentes sobre la roca principalmente *Eunicella* cf. verrucosa *y P.* cf. *baetica*, así como ejemplares de gran tamaño de la gorgonia látigo *E. paraplexauroides*. También se observan colonias de gran tamaño de *D. ramea y Dendrophyllia cornigera*, así como un tapiz conformado por al menos dos especies de corales solitarios de la familia Caryophylliidae. Son comunes también ejemplares de la esponja *P. ventillabrum* e hidroideos del género *Plumularia*.
Se trata de un hábitat que podría jugar un papel fundamental en la reproducción de algunas especies de depredadores, habiéndose observado grandes ejemplares de *Epinephelus caninus* así como hembras del tiburón cerdo *Oxynotus centrina*.
Se trata no obstante de espacios con claros signos de degradación, donde siempre están presentes sedales y artes de pesca menor como trasmallos o líneas de nasas. Los impactos de estas actividades son fácilmente observables en la comunidad de bioconstructores, con un elevado porcentaje de mutilaciones, laceraciones o destrucciones completas de las colonias.



Colonia de *E. paraplexauroides* en fondos afectados por sedimentación

## Sistema de plataformas rocosas muy planas circalitorales (100-160 metros) que apenas sobresalen del sustrato blando y muy colmatadas de detrítico costero con arenas finas y dominadas por invertebrados

Descripción general:
Estos espacios se pueden incluir dentro del hábitat 03020213 Roca circalitoral dominada por invertebrados con *Phakelia ventilabrum* y *Dendrophyllia cornigera,* aunque en el Mar de Alborán muestra particularidades que podrían distinguirlo de los hábitats atlánticos.

Descripción de la comunidad:
Se trata de condicionadas por la sedimentación. Aparecerán, por un lado, especies típicamente de roca circalitoral que pueden tolerar niveles elevados de sedimentación y, por otro, las típicas de los fondos detríticos adaptadas a espacios colmatados. Son comunes la esponja *P. ventillabrum* e hidroideos del género *Plumularia*. Las especies de gorgonias detectadas no forman bosques importantes, pero están presentes sobre la roca de forma dispersa principalmente *Eunicella* cf. verrucosa *y Paramuricea* cf. *baetica*. También se observan colonias dispersas de *Dendrophyllia ramea y D. cornigera* y un tapiz de corales solitarios de la familia Caryophylliidae. En los parches de sedimento y sobre las rocas se puede observar la estrella indicadora del medio circalitoral *Chaetaster longipes*.
Se trata de espacios con claros signos de degradación, donde siempre están presentes sedales y artes de pesca menor como trasmallos o líneas de nasas, pudiendo tratarse de entornos de degradación del hábitat anteriormente descrito. Los impactos de estas actividades son fácilmente observables en la comunidad de bioconstructores, con un elevado porcentaje de mutilaciones, laceraciones o destrucciones completas de las colonias.



Ejemplares de *P. ventilabrum*

## Sistema de escarpes, laderas y paredes rocosas de elevaciones submarinas y cañones del piso circalitoral profundo (150-260 metros) afectados por la sedimentación y con formaciones arrecifales de corales de madreporarios

Descripción general:
Se trata de un hábitat que podría englobarse dentro del genérico 03020229 Escarpes, paredes y laderas rocosas de elevaciones submarinas y cañones del piso circalitoral, y dentro de este en el 0302022901 Escarpes, paredes y laderas rocosas de elevaciones submarinas y cañones del piso circalitoral con antozoos (escleractinios, gorgonias, antipatarios). No obstante, dada la aparente carencia de antipatarios y la especial singularidad de algunas otras especies se propone la denominación 030202290101 Escarpes, paredes y laderas rocosas de elevaciones submarinas y cañones del piso circalitoral afectadas por la sedimentación con formaciones arrecifales de escleractinios blancos (*Desmophyllum pertusum* y Caryophyllidae masivos) y ofiuras.

Descripción de la comunidad:
Se trata de un fondo de paredes verticales afectadas por la sedimentación y colonizadas por un arrecife de corales madreporarios de las especies *D. pertusum* y principalmente por Caryophyllidae de crecimiento masivo. En el arrecife formado por estos Caryophylliidae destaca la presencia de poblaciones de una ofiura de color rojo. En la zona superior de estos escarpes se aprecian un fondo de bloques sueltos y desgajados que se acumulan formando huecos. Se encuentran muy afectados por la sedimentación y la pesca. Además de las grandes acumulaciones de la ofiura de color anaranjado, aparecen ejemplares dispersos de *Dendrophyllia cornigera*. También aparecen hidroideos (*Plumularia sp.*), las estrellas de mar *Chaetaster longipes* y *Asterina* sp., el erizo *Cidaris cidaris,* los corales solitarios *Caryophyllia cyathus* y *Caryophyllia smithii*, colonias de un briozoo ramificado (*Reptadeonella* sp.) y arrecifes menores del bivalvo *Neopycnodonte cochlear.* En el Cañón de Carchuna-Jolúcar, destacan además las paredes tapizadas por zoantarios aún por describir, algunos de ellos pertenecientes al género *Epizoanthus,* pero otros de clasificación incierta. Se trata de un hábitat eminentemente relicto, detectado por ahora únicamente en entornos de la provincia de Granada.



Colonia de escleractinios sobre pared rocosa vertical con fauna asociada

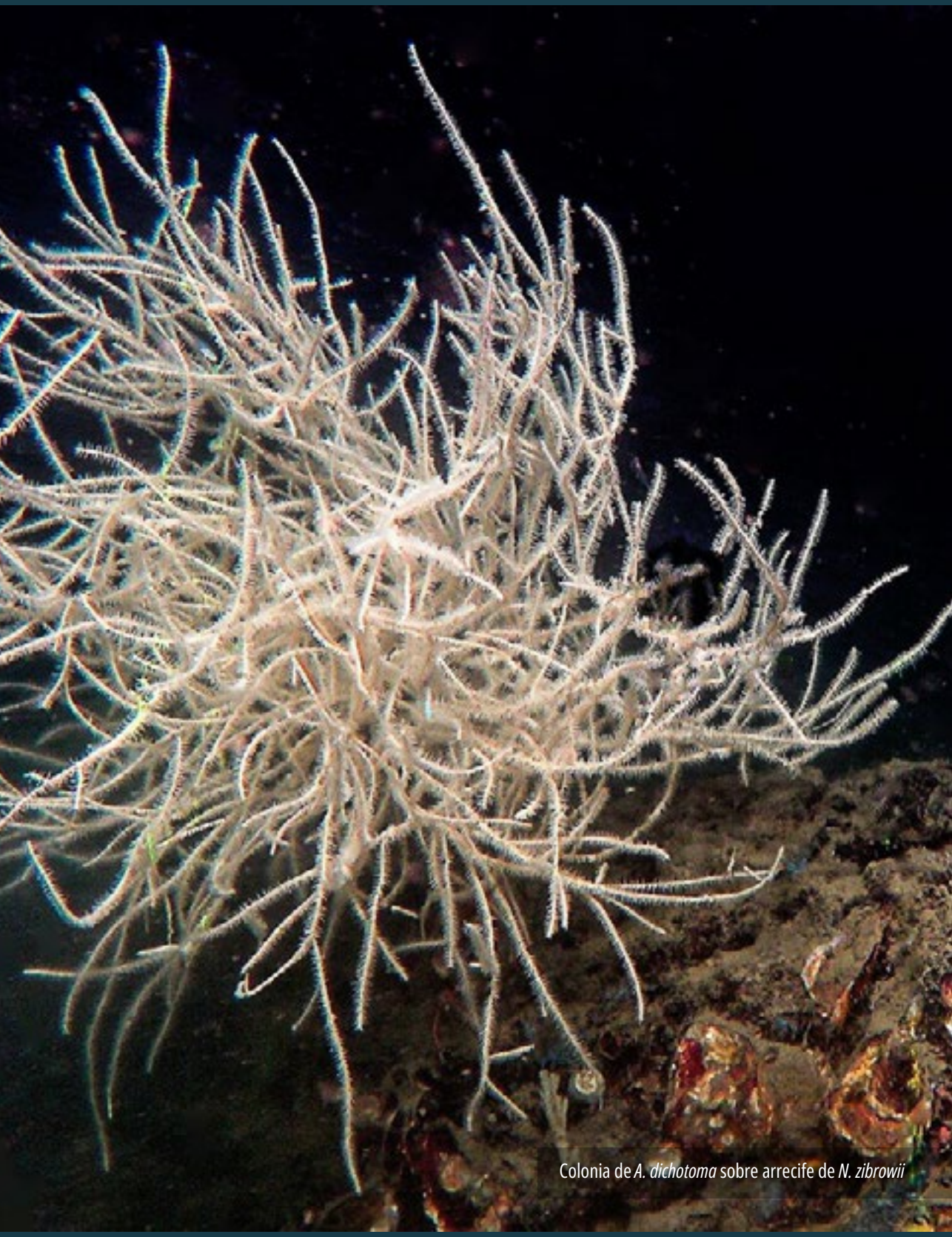
## Roca batial colmatada de sedimentos con corales negros (*Antipathes dichotoma* y *Parantipathes larix*) y *Neopycnodonte zibrowii* (500-550 metros)

Descripción general:
Aunque este hábitat trasciende el rango batimétrico objeto de esta guía, su especial singularidad y novedad dentro del ámbito de Alborán, así como sus posibles implicaciones para la comprensión de la historia natural de la zona, hacen de interés su inclusión en el documento. El hábitat propuesto debiera incluirse dentro de la categoría 040303 Arrecifes de corales profundos, como un nuevo hábitat 04030302 Arrecifes de corales profundos con *Desmophyllum pertusum*, *Madrepora oculata*, *Antipathes dichotoma*, *Parantipathes larix* y *Neopycnodonte zibrowii*.

Descripción de la comunidad:
Se trata de una comunidad que se desarrolla sobre arrecifes rocosos aislados en fondos detríticos batiales (550 metros) con bloques conglomerados de aluvión y sedimento fino. Estos afloramientos rocosos parecen mostrar deposiciones polimetálicas y se encuentran altamente tapizados por diferentes especies de invertebrados. Destacan los crecimientos arrecifales de la ostra *Neopycnodonte zibrowii*, sobre la que se detectan corales zoantharios comensalistas aún por clasificar, así como los crecimientos de los madreporarios *D. pertusum* y *M. oculata*. Son también singulares las grandes colonias de los antipatarios *Antipathes dichotoma* y *Parantipathes larix*, así como colonias de *Acanthogorgia armata*. La compleja estructura tridimensional del espacio, derivada de las formaciones arrecifales, favorece la proliferación de una rica comunidad de invertebrados vágiles, especialmente de la quisquilla *Plesionika edwarsii*, que podría encontrar aquí un importante reservorio poblacional.



Detalle de *Acanthogorgia armata*



Colonia de *A. dichotoma* sobre arrecife de *N. zibrowii*

## 6.2.3. HÁBITATS ASOCIADOS A LA CIMA DE MONTAÑAS SUBMARINAS (SECOS)

### Coralígeno circalitoral con *Paramuricea clavata* y *Eunicella cf. cavolllini* (65-80m)

Descripción general:
Se trata de un hábitat incluido en la lista patrón como 0302022603 Cimas rocosas de montes submarinos del piso circalitoral con *Paramuricea clavata*

Descripción de la comunidad:
Esta comunidad coloniza la parte central del guyot principal del Seco de los Olivos, entre los 67 y los 80m de profundidad. Se trata de una comunidad con una gran abundancia de bioconstructores y singularmente diversa. El entorno se encuentra dominado por *P. clavata*, que alcanza grandes portes en zonas sin afecciones. Además, aparecen colonias de *E. cavollini* y *Leptogorgia sarmentosa*. Son comunes las parasitaciones de *Alcyonium* cf. *coralloides* sobre las colonias de *Paramuricea*, apareciendo colonias epibiontes de dos colores, rosa y amarillo. Se observan además de forma dispersa colonias de *Antipathella subpinnata* y *Gerardia savaglia (=Savalia savaglia)*. Es una comunidad muy rica en invertebrados vágiles, especialmente en los sistemas de cuevas que horadan los diferentes escarpes de la estructura y en las bahías con fondo arenoso. Se observan también grandes meros y brótolas, si bien, en número inusitadamente bajos en relación con la biomasa de bioconstructores que se desarrolla en el espacio, lo que podría relacionarse con el alto esfuerzo pesquero al que está sometida la zona.



Detalle de *A.* cf. *coralloides*

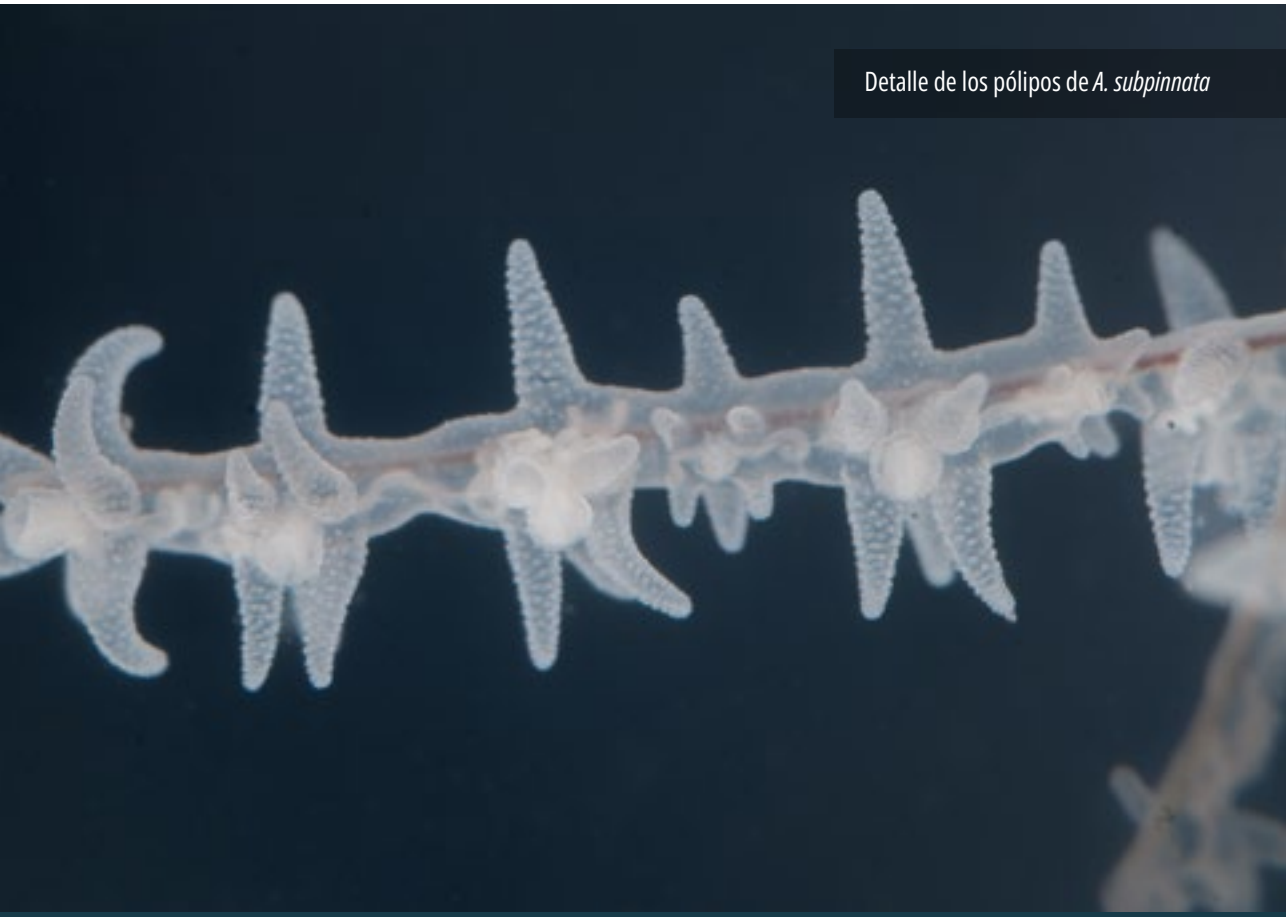


Banco de *P. clavata* y *E. cavollini*

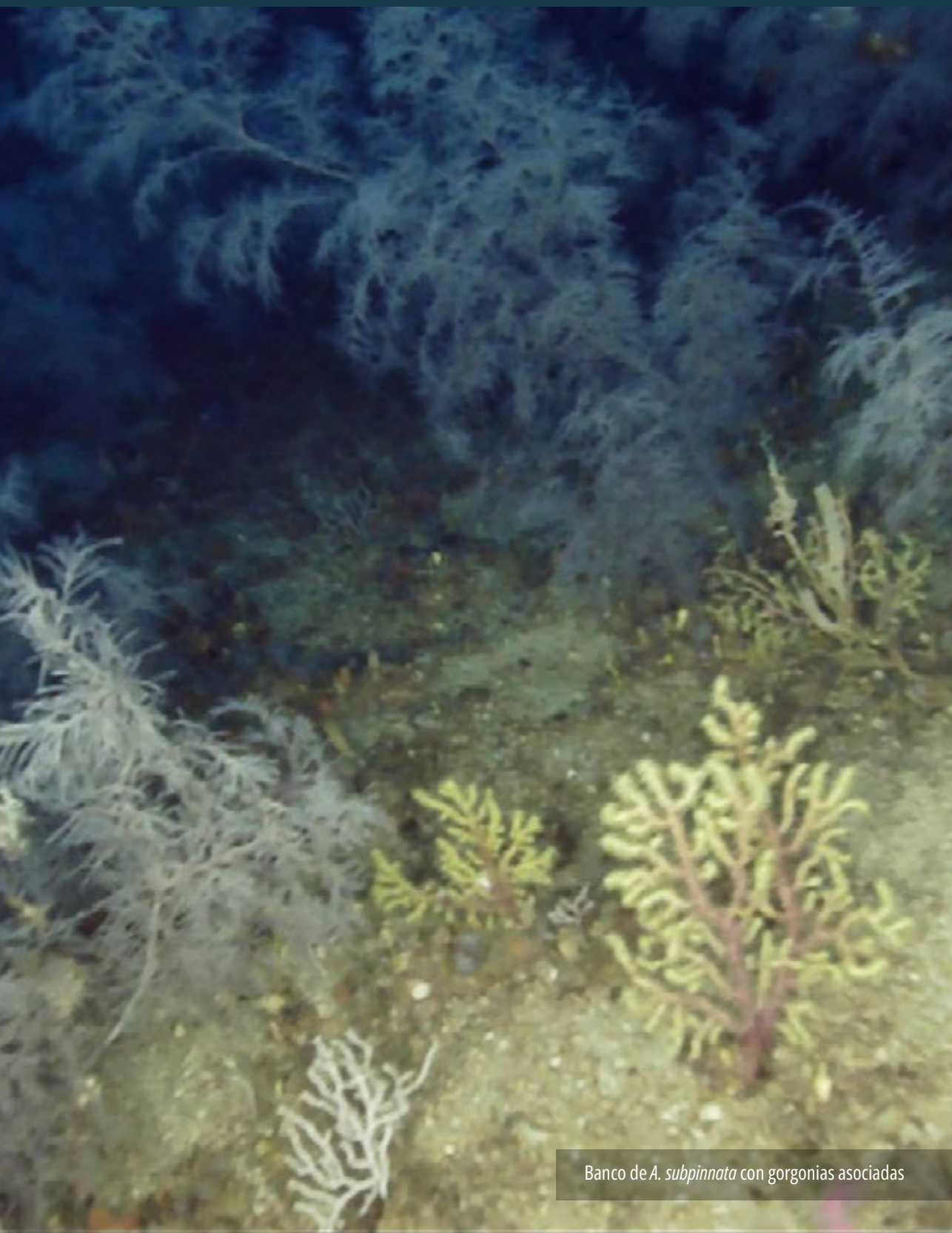
## Cimas rocosas de montes submarinos del piso circalitoral con *Antipathes subpinnata* (80m)

Descripción general:
Se trata de un hábitat incluido en la lista patrón como 0302022612 Cimas rocosas de montes submarinos del piso circalitoral con *Antipathes subpinnata*.

Descripción de la comunidad:
En puntos concretos de la cima del Seco de los Olivos se pueden observar bosquetes especialmente densos y monoespecíficos del coral negro *A. subpinnata*. Se trata de espacios únicos en el Mar de Alborán, presentes únicamente en tal densidad en regiones internas del Mediterráneo. Aunque *A. subpinnata* aparece asociada al macizo rocoso central, los bosques se desarrollan en la base de este, sobre plataformas rocosas con sedimentación moderada, en una profundidad que ronda los 85m. La singularidad de esta comunidad la convierte en un espacio especialmente susceptible a alteraciones, por lo que es uno de los puntos principales que debieran ser protegidos de forma estricta en el espacio.



Detalle de los pólipos de *A. subpinnata*



Banco de *A. subpinnata* con gorgonias asociadas

## Fondos de rodolitos circalitorales con *Alcyonium palmatum* y *Paralcyonium spinulosum* (70-90m)

Descripción general:
Se trata de un hábitat incluido en la lista patrón como 0304051301 Fondos de rodolitos y cascajo infralitorales y circalitorales dominados por invertebrados con *Alcyonium palmatum,* siendo común además en el Seco de los Olivos la presencia de *Paralcyonium spinulosum*

Descripción de la comunidad:
Esta comunidad se extiende sobre los fondos sedimentarios que cubren la meseta central de la montaña submarina, desde el macizo central rocoso hasta el inicio de los taludes de la misma. Es una comunidad con una riqueza moderada, si bien en ella aparecen de forma esporádica agrupaciones de las comunidades superiores e inferiores, sirviendo de ecotono entre las mismas.



*Balssia* sp. sobre *Paramuricea* cf. *baetica*



Campo de rodolitos con gorgonias asociadas y *P. spinulosum*

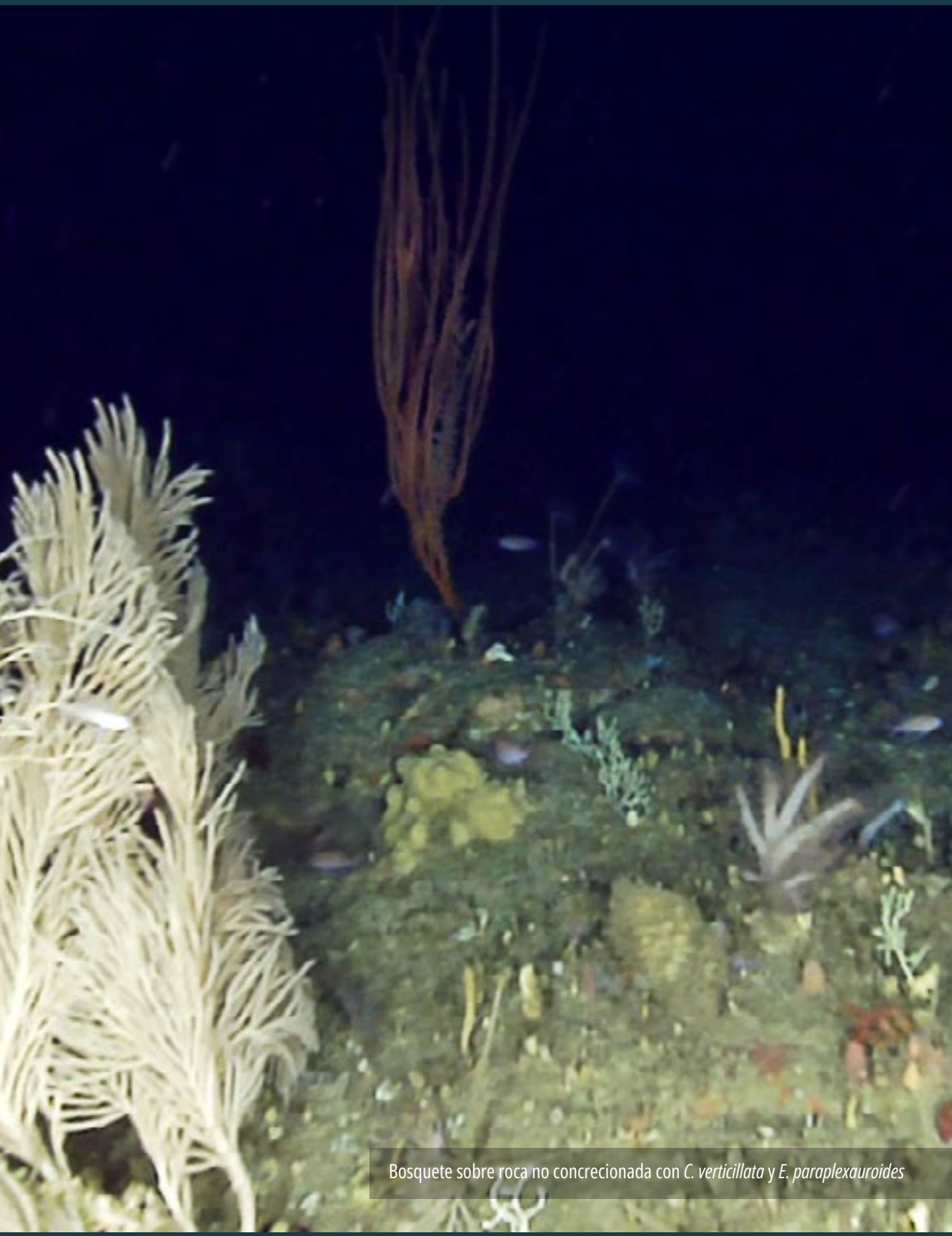
## Roca circalitoral no concrecionada dominada por invertebrados con *Ellisella paraplexauroides* y *Callogorgia verticillata* (90-110m)

Descripción general:
Aunque este hábitat podría ser incluido dentro del ya descrito en la lista patrón como 0302022311 Roca circalitoral no concrecionada dominada por invertebrados con *Ellisella paraplexauroides,* la coexistencia de Ellisella con *Callogorgia verticilata* en el mismo es una singularidad que promueve la creación de un nuevo hábitat, el 0302022311 Roca circalitoral no concrecionada dominada por invertebrados con *Ellisella paraplexauroides,* la coexistencia de *Ellisella* con *Callogorgia verticilata,* 0302022314 Roca circalitoral no concrecionada dominada por invertebrados con *Ellisella paraplexauroides* y *Callogorgia verticillata.*

Descripción de la comunidad:
En los bordes rocosos del cono que compone esta montaña submarina, previo al talud, entorno a los 90-110m, aparecen grandes bloques de roca sobre los que se desarrolla una comunidad muy singular, en la que coexisten la gorgonia látigo *E. paraplexauroides* y la gorgonia abanico *C. verticillata.* Además, aparecen otros corales acompañantes como *Eunicella cavollini* y *Acanthogorgia hirsuta.* Se trata igualmente de una comunidad de ecotono entre las comunidades masivas centrales y someras y otras comunidades de crecimiento masivo más profundas.



Detalle de *Acanthogorgia hirsuta*



Bosquete sobre roca no concrecionada con *C. verticillata* y *E. paraplexauroides*

## Roca limpia batial con *Viminella flagellum* y *Callogorgia verticillata* (100-180m)

Descripción general:
Se trata de un hábitat incluido en la lista patrón como 04010119 Roca limpia batial con *Viminella flagellum* y *Callogorgia verticillata*

Descripción de la comunidad:
Esta comunidad muestra en algunos puntos de la montaña submarina del Seco de los Olivos, entre los 150 y los 200m, importantes desarrollos. Se encuentra codominada por los octocorales *C. verticillata* y *V. flagellum*, que crecen sobre bolos de roca basáltica con apariencia de lavas almohadilladas. Además, en las cotas inferiores de la misma se observan ejemplares esporádicos de la esponja *Asconema setubalense*.



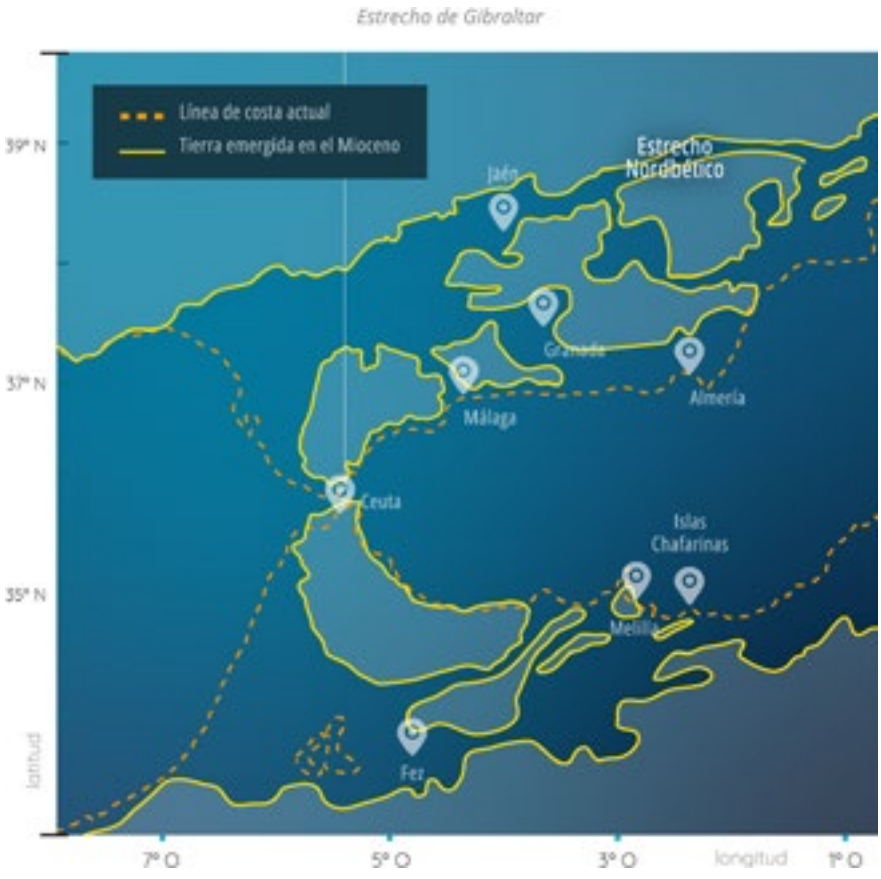
Colonias de *C. verticillata* y *V. flagellum* sobre lavas almohadilladas

## 6.3. MELILLA E ISLAS CHAFARINAS

### *Descripción del entorno*

Si los diferentes estados de apertura y cierre de estrechos entre el Atlántico y el Mediterráneo parecen haber sido si no la principal, uno de los principales condicionantes para los fenómenos de aislamiento y especiación en el Mar de Alborán, especialmente en la fachada sureste, el antiguo estrecho conocido como los Corredores Rifeños o Pasillos Rifeños (traducción literal del término Rifian Corridors) debieron condicionar de forma muy marcada el flujo de especies entre ambas masas de agua.

Estos Corredores existieron durante el mioceno tardío, siendo una de las principales vías marítimas profundas de conexión entre las masas de agua. Se extendían, aproximadamente, a lo largo de la llanura de Kenitra, remontando los actuales valles sureños del actual Rif para conectar con las cuencas de los ríos Ghis y Muluya (Miguez-Salas *et al*., 2021) (Figura XXX).




Modificado de Miguez Salas *et al*., 2021. Sistema de estrechos rifeños. Reconstrucción paleogeográfica del Mediterráneo occidental del Mioceno tardío con la ubicación de los corredores. Las flechas muestran las ramificaciones del flujo de agua paleomediterráneo (paleo-MOW).

Sin embargo, estas vías se fueron cerrando progresivamente debido al levantamiento tectónico. Así, durante el Tortoniense tardío, la vía marítima se convirtió en un corredor estrecho y profundo que albergaba una compleja interacción de procesos, siendo posiblemente una de las vias de intercambio de aguas que permaneció abierta durante más tiempo a lo largo del Messiniense. (Capella *et al*., 2018)

Estos Corredores no solo debieron condicionar el intercambio de las masas de agua. La situación de los mismos y su posible orografía rocosa, con zonas profundas, pero mayoritariamente someros y con un clima templado, debió permitir un intercambio importante de especies entre las masas de agua, siendo probablemente una causa más de la singularidad de las cosas rocosas que se extienden desde Alhucemas hasta, al menos, las Chafarinas.

Las islas Chafarinas están enclavas en un entorno muy particular altamente influenciado por las descargas del poderoso río Muluya, uno de los más importantes de Marruecos. Este pequeño archipiélago es un enclave muy diferenciado en el contexto del Alborán explorado por su rareza y que conserva hábitats singulares y únicos en la región. La cercanía a Cabo de Aguas y su historia volcánica condiciona notablemente el medio marino bentónico estudiado. A esto hay que añadir su situación, muy cerca del límite oriental de la cuenca de Alborán, lo que se traduce en la existencia de un circalitoral que también está poblado por comunidades mixtas de invertebrados y algas provenientes de otras cuencas del Mediterráneo occidental, como el llamativo caso, por sus notables recubrimientos, de las especies *Eunicella singularis* y *Treptacantha squarrosa*. En las aguas que circundan las Islas Chafarinas se produce un medio anquialino debido a las mezclas de agua dulce y salada que oscurecen fácilmente la columna de agua y facilitan la presencia de cinturones de la especie *Ellisella paraplexauroides* únicos en el contexto mediterráneo. A todo esto, hay que sumar los paisajes de *Gerardia savaglia* que llega a formar pequeños bancos a favor de paredes verticales, también únicos en la cuenca de Alborán. El hallazgo de nuevos zoantideos del género *Parazoanthus* afines morfológicamente a la especie *Parazoanthus franciscae* descrita exclusivamente en la región de Granada incrementa el valor de la región, así como la gorgonia recientemente descrita *Paramuricea tingitana*.

Los fondos marinos de la Ciudad Autónoma de Melilla son especialmente singulares a nivel biológico, pero también por la disputa territorial que existe sobre sus aguas. Las exploraciones llevadas a cabo en los entornos mesofóticos de esta Ciudad, principalmente en el entorno del Roqueo de la Plaza, han mostrado la presencia de importantes acumulaciones de conglomerados de gran porte y lajas mesetarias que se elevan sobre un fondo fangoso hasta 5 metros. La cercanía a la Mar Chica y el Cabo Tres Forcas condicionan las comunidades presentes, existiendo una elevada turbidez que puede derivar, al igual que ocurre en otras zonas de Alborán, de la resuspensión del sedimento marino, constituido en esta zona por fangos y limos de muy bajo calibre, por la acción de corrientes de marea, afloramiento o de origen climático.

Aparecen en Melilla dos paisajes mesofóticos de gran valor, con predominancia de gorgonias y de manera singular de la especie *Elisella paraplexauroides*, constituyendo muy probablemente uno de los principales reservorios de esta especie en el Mar de Al-

borán, apareciendo ejemplares de gran porte, que pueden llegar a superar los 2 metros, así como ejemplares de pequeño tamaño, indicadores de un notable reclutamiento. No obstante, es una zona impactada de forma grave por basuras marinas, apareciendo también mutilaciones en multitud de colonias de octocorales relacionadas probablemente con la pesca recreativa, pudiendo observarse hilos y artes enredados sobre la roca o las gorgonias.





## Paredes y plataformas rocosas del circalitoral superior (25-30 metros) afectadas por sedimentos dominadas por ***Eunicella singularis***, algas hemifotófilas y otros invertebrados.

Descripción general:
Coincide con el hábitat 0302022303: Roca circalitoral no concrecionada con invertebrados dominada por *Eunicella singularis*. Sin embargo, debido a la presencia importante de *Tetracantha squarrosa* y otras algas hemifotófilas proponemos la denominación 030202230302: Roca circalitoral no concrecionada dominada por facies de *E. singularis* y *T. squarrosa*, otras algas hemifotófilas e invertebrados.

Descripción de la comunidad:
En estas zonas se desarrollan bosques de *E. singularis* con *T. squarrosa* y otras especies hemifotófilas de algas (*Halopteris filicina, Dyctiota dichotoma* y varias especies de algas calcáreas incrustantes). Varias especies de esponjas incrustantes son bien reconocibles (*Phorbas tenacior, Crambe crambe*), los briozoos *Schizomavella spp.*, y *Myriapora truncata*. Sobre el alga *T. squarrosa* se suelen instalar grandes colonias de *Aglaophenia pluma* muy llamativas que pueden estar muy deterioradas y en las bases de las gorgonias *Leptogorgia sarmentosa* y *E. singularis* también se observan colonias de los briozoos *Schizomavella spp., y Frondipora verrucosa*.



Gusano poliqueto *Hermodice carunculata*, un depredador de gorgonias



Campos de *E. singularis*

## Plataformas y paredes verticales de escarpes rocosos circalitorales (30-40 metros) con bancos de *Gerardia savaglia*

Descripción general:
Este hábitat coincide con el 0302022901 del Inventario Español: Escarpes, paredes y laderas rocosas de elevaciones submarinas y cañones del piso circalitoral con antozoos (escleractinios, gorgonias, antipatarios), queremos proponer un apartado más dentro del anterior, 030202290103: Escarpes, paredes y laderas rocosas de elevaciones submarinas y cañones del piso circalitoral con bancos de *Gerardia savaglia*.

Descripción de la comunidad:
Este es un ambiente colonizado por algas hemifotófilas de poco porte (*H. filicina, Mesophyllum alternans, Lithophyllum* spp., *Dyctiota dichotoma, Flabelia petiolata*), las esponjas (*Phorbas tenacior, Crambe crambe, Oscarella lobularis, Chondrosia reniformis, Clathrina coriacea, Irciniar variabilis*), los antozoos (*Clavularia ochracea, A. coralloides, A. acaule, E. singularis, P. clavata, Ellisella paraplexauroides, Astroides calycularis*) y pequeños crecimientos del poliqueto *Salmacina dysteri*. La presencia de un buen número de colonias de *G. savaglia* en un espacio tan reducido de paredes justifica la propuesta de una categoría de hábitat bentónico novedoso.



Detalle de los pólipos de *G. savaglia*



Colonias de *G. savaglia* creciendo sobre *E. paraplexauroides* y otras gorgonias

## Plataformas rocosas inclinadas en el circalitoral (35-50 metros) dominados por ***Ellisella paraplexauroides***, algas calcáreas incrustantes y otros invertebrados.

Descripción general:
Coincide con el hábitat 03020223: Roca circalitoral no concrecionada dominada por invertebrados, 0302022310: Roca circalitoral no concrecionada dominada por invertebrados con *Ellisella paraplexauroides*, *Eunicella* spp., *Leptogorgia* spp. y *Paramuricea clavata*. Sin embargo, debido a la presencia de otra especie de gorgonia proponemos incluir una modificación que incluya el siguiente hábitat típico se esta región de Chafarinas: 030202231001: Roca circalitoral no concrecionada dominada *E. paraplexauroides*, y presencia de la gorgonia *Paramuricea tingitana*.

Descripción de la comunidad:
Este hábitat está caracterizado por varias especies de gorgonias (*E. paraplexauroides*, *Eunicella singularis*, *Eunicella gazella, Paramuricea clavata* y *P. tingitana, Leptogorgia sarmentosa*), las esponjas *Oscarella lobularis, Crambe crambe, Phorbas tenacior, Crella elegans* y *Axinella* spp., las algas hemiesciáfilas (*Dyctiopteris* spp., *Rhodymenia* sp., *Dyctiota dichotoma, Halopteris filicina, Zonardinia typus*), los briozoos *Myriapora truncata, Shizomavella spp.*, y *Frondipora verrucosa*, las ascidias *Didemnum* sp., y *Didemnum commune*, los hidroideos *Eudendrium* sp., y *Aglaophenia pluma*, los corales solitarios *Balanophyllia* sp., *Caryophyllia smithi* y el alcyonáceo *Alcyonium coralloides*. Se pueden observar también ejemplares del zoantídeo parásito *Gerardia savaglia* creciendo sobre gorgonias.



*Hermodice carunculata* depredando un ejemplar de *E. paraplexauroides*



Ejemplar de gran tamaño de *E. paraplexauroides*

## Extraplomos y pequeñas cuevas del circalitoral situadas en las paredes de los escarpes sumergidos (30-50 m) colonizados mayoritariamente por corales y esponjas.

Descripción general:
Coincide con el hábitat 0302023003: extraplomos y cuevas situadas en los bordes rocosos de elevaciones submarinas del piso circalitoral con escleractinios (*Leptosammia, Caryophyllia*), proponemos un apartado más dentro de este para reflejar nuestro hábitat: 030202300301: extraplomos y cuevas situadas en los bordes rocosos de elevaciones submarinas del piso circalitoral con escleractinios (*Leptosammia*, *Caryophyllia*, *Astroides calycularis*) y varias especies de esponjas.

Descripción de la comunidad:
Se caracteriza por la presencia de poblamientos esciófilos formados por *Leptosammia pruvoti* y *A. calycularis* que puede formar pequeños bancos circalitorales. Este tipo de bancos solo se desarrollan en la costa africana, aunque en las Chafarinas realmente sean raros y muy poco densos en comparación con lo que ocurre en Ceuta o en las cercanías del litoral de Melilla. Se observa una elevada diversidad de esponjas entre las que destacamos por caracterizar el ambiente las siguientes: *Aplysina cavernicola*, *Spirastrella cunctatrix, Ircinia oros, Paraplysilla spinifera, Hexadella topsenti*, Ircinia variabilis, *Dysidea avara* y *Dysidea fragilis*. El poliqueto *Salmacina dysteri* también puede estar presente en estos ambientes. Se han observado colonias del coral exótico *Oulastrea crispata*.



Colonia del coral exótico *O. crispata*, detectado en las Islas Chafarinas durante MESO_Alborán 1



Paredes colonizadas por *L. pruvoti* y *A. calycularis*

## Paredes rocosas circalitorales (40-60 metros) y escarpes afectados de turbidez y sedimentación fina colonizadas por bancos mixtos de *Dendrophyllia ramea*, *Ellisella paraplexauroides* y otras especies de gorgonias

Descripción general:
Este hábitat coincide con el 0302022901 del Inventario Español: Escarpes, paredes y laderas rocosas de elevaciones submarinas y cañones del piso circalitoral con antozoos (escleractinios, gorgonias, antipatarios), queremos proponer un apartado más dentro del anterior, 030202290102: Escarpes, paredes y laderas rocosas de elevaciones submarinas y cañones del piso circalitoral con bancos mixtos de *Ellisella paraplexauroides, Dendrophyllia ramea, Paramuricea tingitana* y otras gorgonias.

Descripción de la comunidad:
Este hábitat está caracterizado por las facies de *D. ramea, E. paraplexauroides* y *P. tingitana* de intenso color amarillo. Otras especies de gorgonias se pueden observar (*Eunicella singularis, Eunicella verrucosa, Eunicella labiata, Eunicella gazella, Paramuricea clavata y Leptogorgia sarmentosa*), las esponjas *Oscarella lobularis, Spongia agaricina, Crambe crambe, Phorbas tenacior, Crella elegans* y *Axinella* spp., las algas hemiesciáfilas (*Dyctiopteris* spp., *Rhodymenia* sp., *Dyctiota dichotoma*, *Halopteris filicina, Zonardinia typus*), los briozoos *Myriapora truncata, Shizomavella* spp., *Frondipora verrucosa* y *Reteporella sudbournensis*, las ascidias *Didemnum* sp., y *Didemnum commune*, los hidroideos *Eudendrium sp.*, *Nemertesia* cf. *antennina*, *Aglaophenia pluma* y *Sertularella* spp., los corales solitarios *Balanophyllia* sp., *Caryophyllia smithi*, *Polyciathus muellerae*, el zoantídeo *Parazoanthus franciscae*, y el alcyonáceo *Alcyonium coralloides*. Se pueden observar también ejemplares del zoantídeo parásito *Gerardia savaglia* creciendo sobre gorgonias.



Detalle de un pólipo de *D. ramea*



Colonias de *D. ramea* junto a *E. paraplexauroides*

# Bancos de *Leptogorgia sarmentosa* en plataformas rocosas circalitorales (40-60 m) con *Dendrophyllia ramea* y *Ellisella paraplexauroides*

Descripción general:
Este hábitat coincide con el 0302022901 del Inventario Español: Escarpes, paredes y laderas rocosas de elevaciones submarinas y cañones del piso circalitoral con antozoos (escleractinios, gorgonias, antipatarios), queremos proponer un apartado más dentro del anterior, 030202290105: Escarpes, paredes y laderas rocosas de elevaciones submarinas y cañones del piso circalitoral con bancos mixtos de *Leptogorgia sarmentosa* y *Ellisella paraplexauroides* con *Dendrophyllia ramea* y *Paramuricea tingitana*.

Descripción de la comunidad:
Este hábitat está caracterizado por la presencia de varias especies de gorgonias (*E. paraplexauroides*, *Eunicella verrucosa*, *Eunicella gazella*, *Paramuricea clavata*, *P. tingitana*, *Placogorgia* sp., *Leptogorgia sarmentosa*), dominando especialmente *L. sarmentosa* y *Eunicella verrucosa*. Aparecen también, aunque de forma dispersa, ejemplares de *Dendrophyllia ramea* y esponjas del género *Axinella*, parasitadas por el zoantídio *Parazoanthus axinellae*.



Bancos *de D. ramea* junto a *E. paraplexauroides*, *P. tingitana* y *L. sarmentosa* afectados por la sedimentación



Gran colonia de *D. ramea* junto a *L. sarmentosa*

## Paredes de bloques y grandes conglomerados (70-80 metros) afectados por sedimento fino caracterizado por varias especies de cnidarios

Descripción general:
Dentro de este paisaje proponemos un nuevo hábitat para integrar en el inventario español de hábitats marinos. Dentro del genérico 03040515 Fondos detríticos enfangados infralitorales y circalitorales: proponemos 0304051313 Fondos detríticos enfangados circalitorales con cantos y bloques dominados por hidrozoos con varias especies de hexacorales y octocorales.

Descripción de la comunidad:
Se trata de un fondo enfangado, con sedimentos muy finos de fácil resuspensión, sobre el que aparecen bolos y cantos de gran tamaño de origen sedimentario. Los principales macroinvertebrados bioconstructores en la zona son los cnidarios. Sobre las paredes y algunas de las cimas de estas rocas se desarrollan especialmente colonias del hidrozoo *Sertularella* sp., así como los hexacorales *Dendrophyllia cornigera, Dendrophyllia ramea* y *Parazoanthus axinellae.*, que parasita esponjas del género *Axinella,* y en menor medida la gorgonia *Paramuricea tingitana*. En la base, sobre el sedimento, se desarrollan colonias de *Filigorgia guineensis* y *Spinumuricea atlantica*. Hay también una importante densidad del erizo *Centrostephanus longispinus*.



Una colonia de *D. ramea* actua como refugio para alevines de peces



Paredes de conglomerados tapizadas por invertebrados

## Plataformas rocosas circalitorales (70-85 metros) y escarpes afectados de turbidez y sedimentación fina colonizadas por bancos mixtos de *E. paraplexauroides*, *D. ramea*, y otras especies de gorgonias

Descripción general:
Este hábitat coincide con el 0302022901 del Inventario Español: Escarpes, paredes y laderas rocosas de elevaciones submarinas y cañones del piso circalitoral con antozoos (escleractinios, gorgonias, antipatarios), queremos proponer un apartado más dentro del anterior, 030202290102: Escarpes, paredes y laderas rocosas de elevaciones submarinas y cañones del piso circalitoral con bancos mixtos de *Ellisella paraplexauroides*, *Dendrophyllia ramea, Paramuricea tingitana* y otras gorgonias.

Descripción de la comunidad:
Este hábitat está caracterizado por las facies de grandes ejemplares *E. paraplexauroides* y *P. tingitana* de intenso color amarillo, con individuos *D. ramea,* que colonizan las cimas de los grandes bloques de conglomerados descritos en el hábitat anterior. Se pueden observar otras especies de gorgonias, como *Eunicella verrucosa,* que aparece de forma dispersa, o *Leptogorgia sarmentosa*, dominante en algunos de los bloques. Aparece también de forma profusa una esponja del género *Phorbas*.



Detalle de los pólipos de *E. paraplexauroides*



Bancos de *E. paraplexauroides* junto a *P. tingitana*

# 7. IMPACTOS ANTRÓPICOS Y PROPUESTAS DE MITIGACIÓN

En los capítulos previos se ha tratado de exponer de manera científica la especial singularidad de los hábitats mesofóticos del Mar de Alborán, mostrando ejemplos además de la importante productividad de estos espacios. Estos valores son el fruto de una serie de variables concretas, principalmente la situación del Mar de Alborán en el contexto atlanto-mediterráneo, su localización, separando los continentes de África y Europa y la compleja historia natural que deriva de estas.

Sin embargo, existe otra variable que ha jugado otro papel crucial configurando los hábitats y paisajes del Mar de Alborán: el ser humano. La historia del ser humano occidental y, tras la globalización, del ser humano como especie, ha estado estrechamente ligada al Mar de Alborán desde sus inicios.

Nadie que haya tenido la fortuna de poder pasear por alguna de las orillas del Estrecho de Gibraltar ha observado el continente que se extiende al otro lado del horizonte, casi a un tiro de piedra, sin pensar en la cercanía de este y en la facilidad con la quizás pudiese ser alcanzado. Este sentimiento explorador tan humano, que hoy aún nos negamos a abandonar, debió estar presente también en nuestros ancestros más remotos. Buena prueba de ello es que sabemos que se aventuraron a travesías y viajes que aún hoy nos parecerían imposibles, como la salida de África, la conquista de los archipiélagos del Pacífico o la rápida expansión *sapiens* por las llanuras heladas de Europa.

Además de esta justificación basada en una comparación simple, algunos hechos parecen significativos para entender el inicio de la aventura humana en el Mar de Alborán. Por un lado, los primeros asentamientos conocidos de humanos *sapiens* con caracteres modernos, es decir, los más antiguos (hace unos 317.000 años), se encuentran en las cuevas del norte de Marruecos (Smith *et al*., 2007; Gibbons, 2017). Por otro, se cree que las últimas poblaciones globales de humanos *neanderthalensis* (Muñiz *et al*., 2019) desaparecieron de los espacios aledaños a Algeciras y el Peñón de Gibraltar hace aproximadamente 41.000 años. Es, además, interesante para comprender esta situación, el hecho de que en el periodo en el que estas dos especies convivieron separadas por una franja marina de unos 14 Km tuvo lugar la última glaciación, en la que el nivel del mar pudo llegar a descender entorno a 100m., a juzgar por los depósitos sedimentarios aterrazados comunes en la cuenca de Alborán, tal y como se deduce del estudio de Martinez-Campos *et al*., 2016. Esto debió acortar las distancias entre ambas orillas en un momento propenso a la de escasez derivada de cambios climáticos bruscos, lo que probablemente impulsó a las poblaciones humanas a tomar medidas poco ortodoxas para sobrevivir. De hecho, parecen existir una serie de puntos comunes marcados entre las poblaciones humanas ibéricas y las poblaciones del norte de África (más detalle en Ramos *et al*., 2011)

Aunque aún existe debate entre la posibilidad de la conexión marina, sí se conoce con ro-

tundidad el hecho de que las poblaciones humanas del Mar de Alborán han tenido siempre estrecho vínculo con el medio marino, usando los productos del mar como alimento, joyería y objetos rituales (Cortés-Sánchez *et al*., 2011; Hoffmann *et al*., 2018; Bicho & Steves, 2022). Uno de los registros más antiguos de este proceso se encuentra en el Abrigo de Benzú, en Ceuta, ocupado por los humanos desde hace al menos 250.000 años, donde se observan rastros de consumo de gasterópodos y peces espáridos, existiendo también otras cuevas o abrigos que se extienden por la costa de Andalucía, encontrándose en la Cueva de Nerja, hasta 39 especies de peces y artes para su captura como mediante el uso de arpones o anzuelos rectos (García *et al*., 2001; Ramos *et al*., 2011; Clemente-Conte *et al*., 2022). Pese a que el impacto de estas interacciones fuese muy inferior al actual, este ya debió iniciar un proceso de transformación del medio, que se fue acrecentando conforme aumentaba la complejidad de las técnicas extractivas y el tamaño poblacional de los asentamientos en las costas.

El avance tecnológico propiciado por la llegada del bronce posibilitó el establecimiento de asentamientos de mayor tamaño poblacional. Estas poblaciones tempranas debieron establecer relaciones con el mar basadas en artes menores, habiéndose encontrado restos de cabañas de ahumado, jábegas (Martín, 2019). Estos asentamientos no solo proveían de bienes marinos a los espacios inmediatamente aledaños a la costa, pues la mejora de las técnicas de extracción y conserva debieron favorecer el aumento de excedentes, propiciando el establecimiento de redes comerciales. A este respecto es explicativo el yacimiento del Cerro de la Encina, en Monachil, Granada, situado a más de 80Km de la costa, donde se han encontrado restos de grandes peces como el dentón (*Dentex dentex*), el mero (*Ephinephelus* marginatus) o el pargo (*Pagrus pagrus*) (Lauk, 1976).

Con la llegada de los fenicios y, posteriormente, los romanos, se comienza a intensificar aún más esta industria pesquera en la zona, quedando constatada en yacimientos arqueológicos. Destacan las factorías de salazones y garum. Aunque se desconoce a ciencia cierta las modalidades extractivas practicadas en el entorno, se han encontrado anzuelos en el entorno de las factorías de salazón de la zona, que podría relacionarse con la existencia de palangres, así como agujas y utensilios de hueso que podrían emplearse para reparar diferentes tipos de redes. Además, la mejora significativa de las técnicas agrícolas, el aumento de las actividades de extracción maderera y el aterrazamiento de las laderas de los espacios cercanos a la costa iniciaron modificaciones de la dinámica sedimentaria de la zona, alterando el estado de los fondos marinos costeros.

Las industrias de salazón y secado se mantuvieron en el tiempo, existiendo referencias de la importancia de estas para la economía de al-Andalus, especialmente la de los túnidos mediante el uso de almadrabas. Igualmente, los sistemas y artes pesqueros se mantuvieron moderadamente estables en el tiempo hasta que durante el siglo XIX y XX se inicia un proceso de industrialización, favoreciendo la implantación de artes como el arrastre.

En este contexto, podemos observar que, aunque muchos de estos impactos no fuesen especialmente disruptivos, la acumulación de estos durante más de dos milenios ha debido alterar de forma significativa el estado natural del espacio.

A esta alteración antrópica histórica y prehistórica, que podríamos considerar el esta-

do basal, se han sumado en los últimos 50 años una serie de impactos masivos de origen antrópico de especial poder destructivo para el medio marino. Destacan impactos derivados de la pesca profesional industrializada (y artesanal), la pesca recreativa, los vertidos de aguas residuales controlados y descontrolados por toda la cuenca, especialmente acuciantes en zonas de alta carga poblacional estable y vacacional, los vertidos de residuos tanto de forma directa al medio marino como a ramblas, especialmente residuos plásticos de la agricultura bajo plástico, el aumento exponencial del tráfico marítimo pesado, de pasajeros y ligero, actividades recreativas como las motos náuticas o el buceo o el turismo de masas asociado a los espacios naturales costeros (playas) y sus servicios.

De forma concreta, los hábitats mesofóticos se encuentran sometidos a impactos directos e indirectos. Respecto a los indirectos, la profundidad y lejanía de estos hábitats de la costa, los aleja de la mayoría de los impactos derivados de vertidos de aguas residuales y contaminantes costeros. Esta lejanía y profundidad, asimismo, favorece la disminución o desaparición de impactos recreativos no extractivos como el buceo, si bien, en puntos donde los hábitats sufren un proceso de somerización y cercanía a la costa, como el litoral ceutí o la Punta de la Mona, en Granada, ambos impactos parecen generar problemas palpables.

Sin embargo, la naturaleza intrínseca de estos hábitats como entornos en los que se suelen refugiar los principales reproductores de especies pesqueras promueve la proliferación de impactos extractivos que buscan de forma sistemática hábitats mesofóticos con proliferaciones de bioconstructores. A este respecto, aunque parece existir una tendencia en el sector extractivo profesional en los últimos años a alejarse de estos espacios, buscando cotas más profundas, propiciada por la mecanización de los útiles para el despliegue e izado de los artes, así como por el uso de sondas de levantamiento del fondo, estos mismos factores han propiciado la proliferación de los usos extractivos recreativos sobre los mismos, especialmente desde la democratización del uso de embarcaciones ligeras, carretes eléctricos y sondas de levantamiento del fondo de bajo coste.

Además, estos suelen ser ecosistemas que actúan a modo de oasis en el desierto, pues se desarrollan sobre afloramientos rocosos de pequeño tamaño sobre llanuras de arenas o fangos. Estos oasis, son más productivos en puntos por los que las corrientes marinas conducen un mayor volumen de agua rica en nutrientes. Corrientes, que en los últimos años arrastran también por las llanuras de fondos blandos grandes volúmenes de basuras y residuos que quedan enredados sobre las estructuras arrecifales.

Por ello, a lo largo de los proyectos MESO_Alborán, y especialmente durante MESO_Alborán 2 se ha llevado a cabo un seguimiento de impactos directos sobre los hábitats mesofóticos en general y especialmente sobre especies sensibles, protegidas o en peligro.

## 7.1. LOS IMPACTOS DETECTADOS DURANTE EL PROYECTO MESO_ALBORÁN 2

El análisis de los impactos antrópicos durante el proyecto MESO_Alborán 2 se ha basado en la realización de transectos mediante ROV sobre diferentes hábitats mesofóticos de la cuenca de Alborán. Durante estos transectos se realizaba una grabación constante del fondo marino y las variables de este. Tras esto, los técnicos del proyecto realizaron un análisis de categorización, estableciendo si el entorno se encontraba incluido dentro de espacios naturales protegidos, tipos de fondo, presencia de especies bioconstructoras, especies de interés pesquero y otras especies, anotando estas variables asociadas a cada impacto registrado para poder constatar si existía una distribución diferencial de cada uno de los impactos y proponer medidas específicas de mitigación de estos. La categorización de estos impactos, así como su trazabilidad y origen fue corroborada con el sector pesquero profesional, mediante la realización de reuniones en colaboración con la Organización de Productores Pesqueros 85 de Motril.

Así mismo, se realizó un análisis simultaneo de presencia de especies sensibles, clasificándolas en función a su taxonomía, su tamaño y los diferentes impactos observados sobre las mismas.

En base a estos datos se han realizado análisis estadísticos de correlación entre variables físicas como la profundidad o el tipo de fondo, variables biológicas y variables de origen antrópico.

### 7.1.1. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS IMPACTOS DE LAS BASURAS MARINAS SOBRE LOS FONDOS MESOFÓTICOS

Para este análisis, además de la profundidad, se ha establecido una categorización de los fondos marinos y de los distintos tipos de basuras marinas observadas. Se enumeran a continuación las definiciones establecidas para las distintas categorías:

| **Fondos marinos** | Definición |
|---|---|
| **Arenas finas** | Sedimentos de carácter arenoso con granulometría variable. |

| | |
|---|---|
| **Arenas finas y roca cubierta por sedimentos** | Entornos con sedimento de carácter arenoso mayoritario, con granulometría variable, y afloramientos de rocas sedimentarias planas o grandes lajas cubiertas de sedimentos. |
| **Bolos rocosos** | Rocas de morfología variable, de más de 20cm de radio, posiblemente derivadas de meteorización costera o de origen volcánico. En este último caso, se incluyen aquí las formaciones de lavas almohadilladas del Seco de los Olivos, pues constituyen a nivel tridimensional un sustrato similar a los bolos rodados de origen sedimentario. |
| **Gravas** | Sedimentos conformados por **fragmentos de roca de tamaño aproximado entre 2 y 64 mm de diámetro**, normalmente tapizados por rodofíceas incrustantes (no rodolitos). |
| **Lajas** | Afloramientos rocosos planos de tamaño variable. En algunos puntos, estas lajas presentan levantamientos del fondo de hasta 2 metros, generando grietas y aumentando la complejidad estructural del paisaje. |
| **Pared vertical** | Paredes de roca con una inclinación superior a los 70 grados, aproximadamente. |
| **Roca cubierta por sedimentos** | Fondos rocosos de morfología mayoritariamente plana cubiertos por sedimentos de granulometría variable. |
| **Fango y arenas fangosas** | Sedimentos muy finos de fácil resuspensión. |

| **Fondos marinos** | Definición |
|---|---|
| Alcatruz | Término local que define una trampa especializada en la captura del pulpo, construida en forma de jarra, olla o recipiente en general, con una abertura que permite que la presa entre en el compartimento interior. |
| Ancla o rezón | Instrumento de hierro compuesto por una barra de la que sobresalen unos ganchos, que, unida a una cadena, se lanza al fondo del agua para sujetar la embarcación. |
| Ánfora | Una jarra alta, estrecha y de cuello largo con dos asas, puntiaguda en el extremo, muy utilizada por los antiguos griegos y romanos. |
| Bloque de construcción | Mampostería prefabricada, hecha de hormigón fino o mortero de cemento, utilizada en la construcción de muros y tabiques. |

| | |
|---|---|
| Bolsa de plástico | Una especie de saco hecho de tela u otro material (en este caso plástico), utilizado para transportar o almacenar algo. |
| Cabo fino | Conjunto de hilos entrelazados que forman un único cuerpo largo y flexible utilizado para atar, suspender pesos, etc. Consideramos fino aquel cabo cuyo diámetro es inferior a aproximadamente medio centímetro. Origen indeterminado, posiblemente mixto, siendo instrumentos empleados por la pesca artesanal y la pesca recreativa como parte de diferentes tipos de aparejos, así como por la agricultura intensiva para suspensión de plantas en cultivos bajo plástico. |
| Cabo grueso | Conjunto de hilos entrelazados que forman un único cuerpo largo y flexible utilizado para atar, suspender pesos, etc. Se considera grueso un cabo con un diámetro superior a aproximadamente 2 centímetros, o una red de cabos entrelazados. Origen indeterminado, posiblemente mixto, siendo instrumentos empleados por la pesca artesanal y la pesca recreativa. No obstante, el importante grosor de estos en muchos casos hace pensar que su despliegue está asociado a grúas o cabestrantes, por lo que es más probable que provengan de actividades profesionales. |
| Cabo mediano | Conjunto de hilos entrelazados que forman un único cuerpo largo y flexible utilizado para atar, suspender pesos, etc. Consideramos como mediano un cabo con un diámetro comprendido entre aproximadamente medio centímetro y 2 centímetros. Origen indeterminado, posiblemente mixto, siendo instrumentos empleados por la pesca artesanal y la pesca recreativa para usos variados, como cabos de anclaje, partes de aparejos, marcas de fondo, etc. |
| Garrafa | Recipiente de plástico de cierta capacidad con una tapa en la parte superior, destinado a contener líquidos. |
| Lata | Recipiente de metal o hojalata en el que se guarda algo como comida, bebida o pintura. |
| Línea de nasa | Línea de trampas o trampa construida en forma de cesta, barril o jaula, compuesta por un armazón rígido o semirrígido, que puede estar recubierto con una red, y provista de una o más aberturas o bocas que permiten la entrada de las presas en el compartimento interior, con trampillas con su correspondiente cámara y una bolsa para el cebo. |
| Neumático | Pieza de caucho que se monta sobre una rueda, con o sin llanta. |
| Plomo de pesca | Pieza o trozo de plomo que se coloca en redes y otros objetos para darles peso. En el caso de estudio, todos los plomos observados se pueden asociar a la pesca recreativa. |
| Saco | Recipiente hecho de tela, cuero, papel, etc., normalmente de forma rectangular o cilíndrica, abierto por un lado. |

| | |
|---|---|
| Sedal | Hilo fino y muy resistente que se ata por un extremo al anzuelo y por el otro a la línea que cuelga de la caña de pescar. |
| Tela | Ropa y piezas de tela. |
| Trasmallo | Se trata de artes de pesca en las que las presas quedan atrapadas al enredarse o enredarse en la red que las forma. Se colocan verticalmente para formar una pared en la que las presas tropiezan y quedan enredadas. |
| Otros | Cualquier otro ser humano produce residuos. |

| Grado de cobertura | Definición |
|---|---|
| Bajo | La estructura completa del objeto es clara y limpiamente visible. |
| Medio | La estructura del objeto, que se observa cubierto por una película de sedimentos o cobertura moderada de especie, puede ser vista. |
| Alto | La estructura del objeto es difícilmente reconocible, estando cubierto por especies de gran tamaño o crecimiento lento, o semienterrada en el fondo. |
| Indefinido | La calidad del video o la distancia a la estructura no permite ver el grado de cobertura. |

| Densidad | Definición |
|---|---|
| Único | Un único residuo o impacto. |
| Bajo | De 2 a 3 residuos o impactos de la misma naturaleza en el mismo espacio cercano (±1$m^2$). |
| Medio | De 4 a 7 residuos o impactos de la misma naturaleza en el mismo espacio cercano (±1$m^2$). |
| Alto | 7 o más residuos o impactos de la misma naturaleza en el mismo espacio cercano (±1$m^2$). |

## Resultados

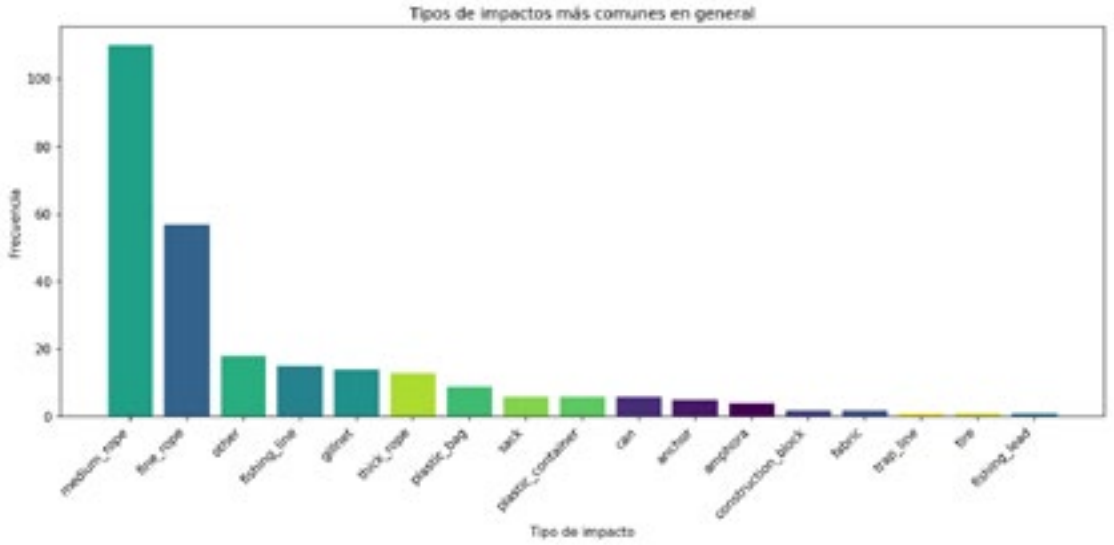
Se han contabilizado un total de 270 residuos a lo largo de los transectos realizados. Algunos de ellos, como las ánforas, han sido observados especialmente en entornos fuera del rango del buceo autónomo al uso, lo que las ha protegido del expolio. Son estas especialmente interesantes, pues actúan como testigos de la importante relación que ha existido entre las poblaciones que habitaron las costas del Mar de Alborán y sus fondos. La mayoría de estas piezas se corresponden con ánforas olearias o vinarias de manufactura fenicia o romana. Sin embarga, algunas otras, fueron reconocidas por los pescadores entrevistados como antiguos alcatruces de pulpo. Si bien estos podrían ser relativamente recientes, el grado de cobertura por diferentes especies de algunos de ellos hace suponer que se trata de artes pesqueros que pudieron llegar a ser perdidos hace cientos de años, lo que ya muestra el origen antiguo de los impactos derivados de actividades extractivas sobre estos arrecifes.

En base a las variables previamente definidas, la caracterización de los residuos antrópicos en el fondo marino del mar de Alborán ha revelado un paisaje de impactos complejo, altamente condicionado por la geomorfología del sustrato, la profundidad y la intensidad de uso pesquero histórico y contemporáneo en la zona.

El análisis inicial, basado en la cuantificación directa de todos los objetos observados durante los transectos de ROV, mostró de forma inmediata patrones no aleatorios en la distribución de los impactos, apareciendo ciertos tipos de residuos y artes perdidos de manera consistente en unas áreas y no en otras, respondiendo su presencia claramente a la configuración del hábitat. Esta primera aproximación ha permitido obtener una imagen general de la abundancia relativa de cada categoría de residuo, pero también ha evidenciado el riesgo interpretativo que puede suponer ignorar el sesgo que podría generarse en función del tiempo de trabajo por cada profundidad y área. Por ello, además del análisis de los datos brutos, se ha llevado a cabo un segundo análisis complementario, normalizando los impactos por minuto de muestreo y analizando su variación con la profundidad, lo que ha permitido depurar estos sesgos derivados de la duración variable de los transectos y reforzar la robustez de las conclusiones.

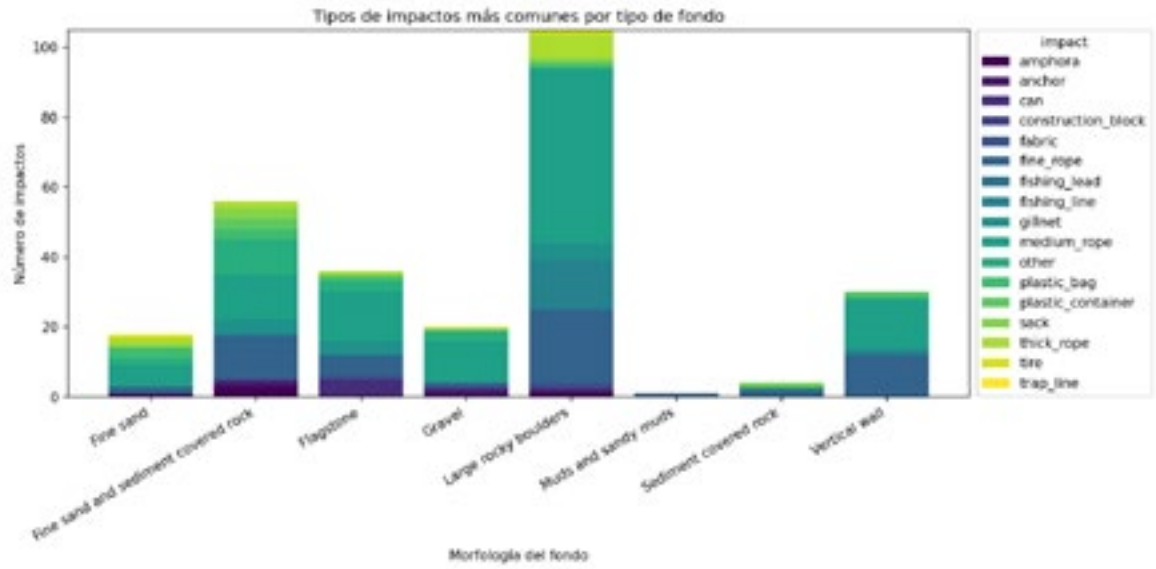
En ambos enfoques los resultados son inequívocos. Los cabos, especialmente cabos de grosor medio, constituyeron el residuo más ubicuo y dominante en toda la región. Estas han sido asociadas tanto por el equipo científico como por los pescadores entrevistados a artes de pesca artesanal como el trasmallo, el palangre o la línea de nasas, así como a posibles sistemas de anclaje caseros usados por pequeñas embarcaciones pesqueras y embarcaciones recreativas. Los grados de cobertura de estos residuos, discutidos más adelante, así como la presencia de artes actualmente no usados en ciertas zonas, como los palangres de fondo, mostrarían que quizás no todos sean recientes, teniendo una perdurabilidad en el tiempo muy superior a otros residuos, siendo por tanto el impacto más preocupante sobre los hábitats mesofóticos rocosos por la gravedad de las modificaciones que produce en el momento en el que contacta con el fondo, pero también por su baja degradación.

Tras los cabos de grosor mediano, los residuos más comunes han sido los cabos finos, monofilamentos y restos de redes. Los dos primeros estarían principalmente ligados a la pesca recreativa, por lo que el impacto de esta se muestra como nada desdeñable, siendo en algunos puntos muy superior al impacto de la pesca profesional.




Residuos más comunes. Nombres en inglés: medium rope= cabo mediano, fine rope= cabo fino, other= otros, fishing line= sedal de pesca, gillnet= trasmallo, thick rope= cabo grueso, plastic bag= bolsa de plástico, sack= saco, plastic container= recipiente plástico, can= lata, anchor= ancla, amphora= ánfora, construction block= bloque de construcción, fabric= tela, trap line= línea de nasas o alcatruces, tire= rueda y fishing lead= plomo de pesca.

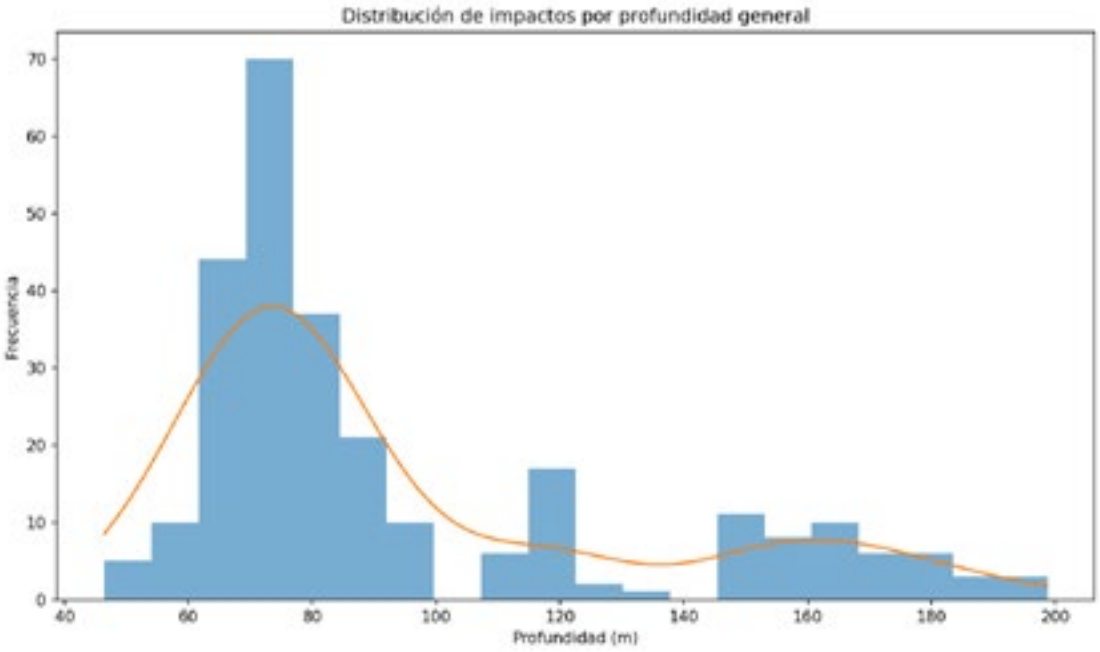
La elevada representación de estos residuos en sustratos duros y complejos coincidió con los resultados del análisis de independencia entre morfología y tipo de impacto, que indicó una asociación altamente significativa entre ambas variables ($\chi^2 = 176.40$, $p \approx 10^{-4}$), lo que confirma que los impactos no se distribuyen de forma aleatoria en el paisaje bentónico, sino que responden a puntos de enganche preferentes determinados por la estructura física del fondo.




Tipos de residuos más comunes por tipo de fondo. Nombres en inglés de los fondos: fine sand= arenas finas, fine sand and sediment covered rock= arenas finas y roca cubierta por sedimentos, flagstone= lajas, gravel= grava, large rocky boulders= bolos rocosos, muds and sandy muds= fangos y arenas fangosas, sediment covered rock= roca cubierta de sedimentos y vertical wall= pared vertical. Nombres en inglés de los residuos: medium rope= cabo mediano, fine rope= cabo fino, other= otros, fishing line= sedal de pesca, gillnet= trasmallo, thick rope= cabo grueso, plastic bag= bolsa de plástico, sack= saco, plastic container= recipiente plástico, can= lata, anchor= ancla, amphora= ánfora, construction block= bloque de construcción, fabric= tela, trap line= línea de nasas o alcatruces, tire= rueda y fishing lead= plomo de pesca.

Los espacios con grandes bloques rocosos y las arenas y rocas cubiertas por sedimentos, especialmente frecuentes en la franja mesofótica superior del mar de Alborán, actuaron como auténticos receptores de residuos, acumulando cabos, redes y otros aparejos que en muchas ocasiones permanecían tensados, indicando interacciones continuadas con el complejo hidrodinamismo local o episodios repetidos de arrastre pasivo.

La misma tendencia se evidenció al analizar la profundidad. La distribución de los impactos mostró un claro sesgo hacia cotas comprendidas entre los 60 y los 100 metros, justo donde se disponen muchas de las terrazas rocosas heredadas de antiguos descensos del nivel del mar. Este patrón es observable tanto en el análisis descriptivo como en los modelos inferenciales. La correlación entre profundidad e impactos totales fue moderadamente negativa y estadísticamente significativa (Pearson $r \approx -0.25$; Spearman $\rho \approx -0.29$), lo que indica que, conforme aumenta la profundidad, la abundancia de residuos tiende a disminuir.




Distribución de los impactos por profundidad y línea de tendencia.

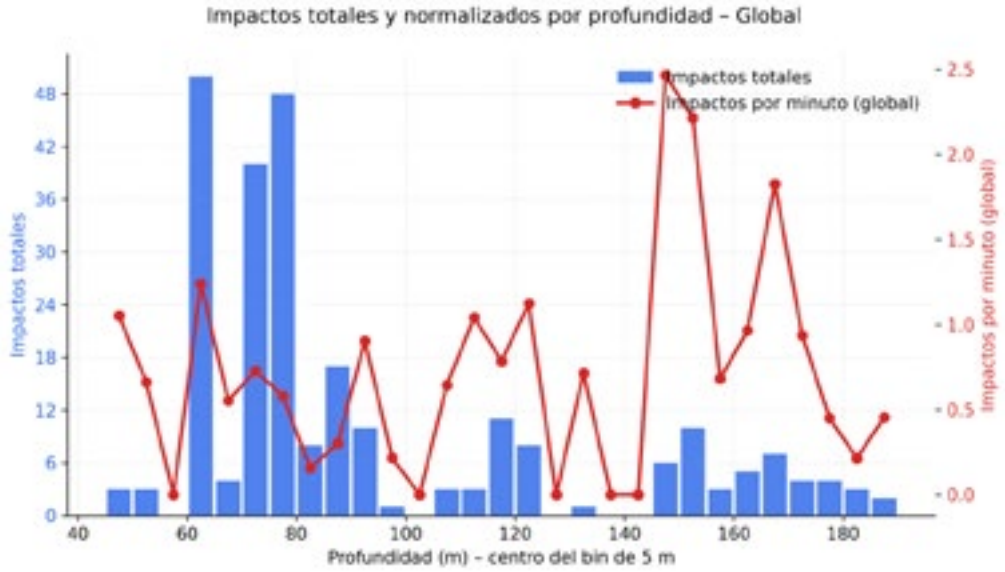
Esta tendencia se mantuvo incluso tras controlar estadísticamente los efectos de la localización y del tipo de fondo. La correlación parcial siguió siendo significativa (r parcial de Spearman ≈ −0.17, $p < 0.01$), lo que demuestra que la profundidad ejerce un efecto propio independiente. Esta conclusión se reforzó mediante un modelo de regresión lineal que confirmó una relación negativa entre profundidad y número de impactos (coeficiente de la profundidad ≈ −0.0063, $p = 0.001$).

Aunque la magnitud del efecto es modesta, su consistencia entre análisis sugiere un fenómeno estructural. Según nuestros resultados, los residuos y artes perdidos se concentran preferentemente en zonas del mesofótico superior, donde interactúan con mayor frecuencia la pesca deportiva y artesanal, mientras que las cotas más profundas albergan menos objetos abandonados, probablemente debido a una menor intensidad de uso, mayor lejanía de la costa y un régimen de corrientes menos favorable a la acumulación.

No obstante, cuando se aplica la metodología previamente comentada para eliminar el posible sesgo generado por el número de minutos que se ha estudiado una profundidad estos valores cambian, concentrándose el mayor número de residuos entre los 140 y los 180m. Este cambio se debe al muy importante número de residuos observados en las paredes verticales y arrecifes del Cañón de Jolucar, Granada, por cada minuto de grabación en el espacio, lo que desplaza las gráficas. Este espacio, de gran singularidad en el Mar de Alborán, está especialmente impactado por artes pesqueros artesanales

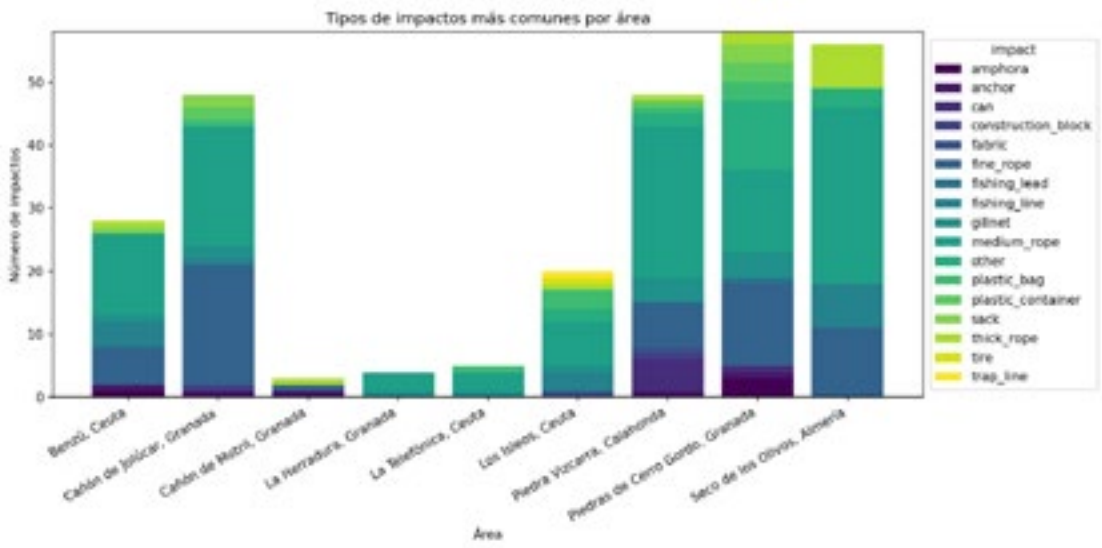
como trasmallos o líneas de nasas y por artes deportivos, siendo el punto en el que es más acuciante aplicar medidas de conservación y protección en toda la cuenca.

Otros espacios que a primera vista parecían moderadamente afectadas, mostraban también tasas elevadas de acumulación de residuos cuando se corregía por el esfuerzo de muestreo. Piedra Vizcarra (Calahonda-Castell de Ferro) y el Seco de los Olivos (Almería) destacaron como puntos importantes a este respecto, con tasas sensiblemente superiores al resto de estaciones, lo que sugiere dinámicas locales de retención o acumulación favorecidas por la geomorfología y por la intensidad histórica de actividades pesqueras sobre estos. En cambio, otras zonas como La Herradura o el Cañón de Motril presentaron tasas notablemente menores, en concordancia con su estructura más arenosa o su menor exposición a usos pesqueros recurrentes.




Impactos provocados por presencia de residuos a distintas profundidades totales frente a impactos provocados por residuos a distintas profundidades por minuto de grabación.

Las diferencias entre áreas geográficas han sido igualmente marcadas. Los análisis de varianza confirmaron que la profundidad media a la que se registraron impactos difiere significativamente entre localizaciones ($F \approx 126$, $p \ll 0.001$), reflejando la heterogeneidad geomorfológica y etnográfica del mar de Alborán.




Tipos de impactos provocados por residuos más comunes en cada una de las áreas de estudio en el Mar de Alborán.

Del mismo modo, el tipo de fondo mostró diferencias significativas en las profundidades asociadas a cada categoría ($F \approx 41$, $p \ll 0.001$), lo que subraya la existencia de paisajes bentónicos profundamente estratificados en función de la profundidad donde las comunidades mesofóticas alternan plataformas arenosas, paredones verticales y campos de grandes bloques. Como se ha comentado previamente, esta compleja orografía submarina, en el caso de la estratificación en diferentes terrazas, está ligada a episodios de transgresión marina en el Pleistoceno, mientras que, en el caso de las paredes verticales y cañones, estos se originaron al final del Mioceno y principio del Pleistoceno. De hecho, las diferentes terrazas también se aprecian en las cabeceras de los cañones, donde se pueden observar rastros de erosión por oleaje.

Analizando en detalle cada zona de estudio, el mapa de impactos se vuelve aún más nítido. La Piedra Vizcarra, frente a la zona de Especial Conservación de Calahonda-Castell de Ferro, es quizá el ejemplo más ilustrativo de cómo la normalización por tiempo transforma la lectura de los datos. En términos absolutos, el número de residuos registrados es moderado si se compara con otros enclaves; sin embargo, cuando se tienen en cuenta los minutos de filmación, esta estación emerge como la que presenta la mayor tasa de impactos por unidad de tiempo. Los gráficos de barras normalizadas y las distribuciones por tipo de suelo señalan que una proporción muy elevada de los impactos se concentra sobre fondos rocosos de bloques y lajas, típicos de antiguas terrazas sumergidas, donde además se concentran también las principales poblaciones de especies especialmente singulares en la zona, como *E. paraplexauroides* o *P. baetica*. Esta combinación de alta densidad relativa y relieve complejo sugiere que la Piedra Vizcarra actúa como un pequeño sumidero local de artes perdidos,

donde cabos y sedales quedan atrapados de forma sistemática y dañan una de las comunidades más únicas y sensibles de la zona.

El Seco de los Olivos, en Almería, refuerza esta interpretación, pero a otra escala. Tanto los recuentos totales como las tasas por minuto sitúan a este volcán submarino entre las áreas más afectadas del conjunto. La mayor parte de los impactos corresponden a cabos de grosor medio y redes fragmentadas enredadas entre las ramas de grandes gorgonias y sobre estructuras coralinas consolidadas. La estadística por tipos de fondo confirma que los "large rocky boulders" son el escenario dominante de estos impactos, y que casi toda la franja mesofótica superior del Seco funciona como un entramado tridimensional extremadamente eficiente para retener residuos. El hecho de que, tras la corrección por tiempo, el Seco se mantenga entre las primeras posiciones en tasa de impacto indica que no se trata solo de un efecto de mayor esfuerzo de muestreo, sino de una presión real y sostenida. Este problema es especialmente vergonzoso si se tiene en cuenta que esta es una de las zonas marinas protegidas de mayor extensión del Mar de Alborán.

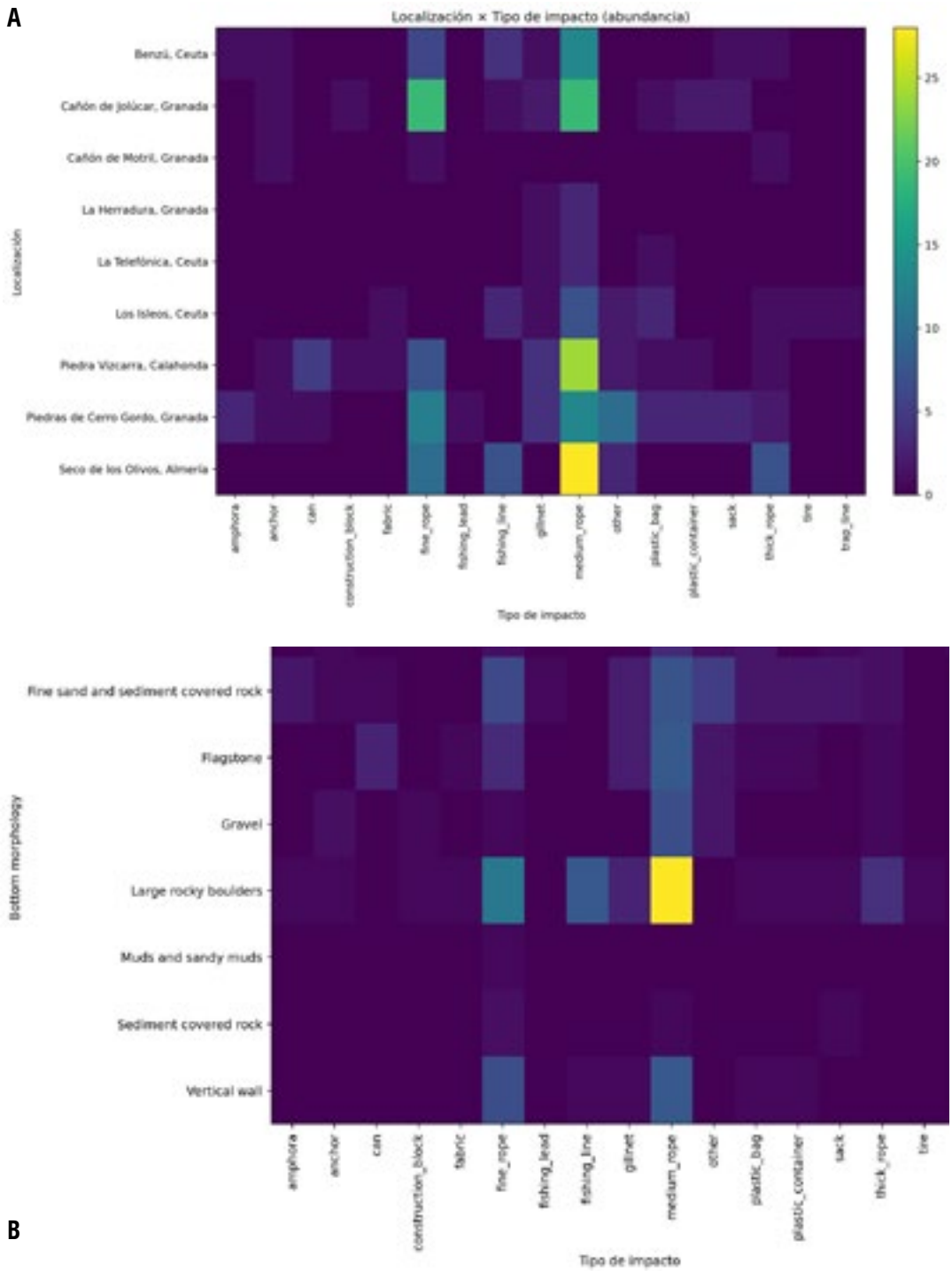
El Cañón de Jolúcar, en la costa de Granada, muestra un comportamiento algo distinto. Aquí, los valores absolutos de impactos son muy elevados, y la tasa normalizada por minuto continúa siendo alta, aunque no tan extrema como en Piedra Vizcarra o el Seco. El cañón presenta un fuerte gradiente batimétrico y una alternancia de plataformas y paredes que favorecen la retención de materiales en distintos niveles. Los análisis de profundidad por tipo de fondo sitúan gran parte de los impactos en la horquilla de 70 a 110 metros, donde afloran terrazas rocosas escalonadas, pero también se detectan cabos y redes enganchadas en paredes más profundas, en el límite del mesofótico inferior. El resultado es un perfil vertical de impactos que acompaña al propio cañón, con residuos acumulados en varios "pisos" del relieve, que llega a forzar los valores gráficos hacia las profundidades medias en las que se acumulan residuos en sus paredes.

El arrecife de nueva detección durante este proyecto nombrado Piedras de Cerro Gordo, frente al Paraje Natural de Maro-Cerro Gordo, en las provincias de Málaga y Granada, representa, por su parte, uno de los máximos en abundancia total de residuos. Las curvas de distribución y las tablas de frecuencias indican una clara dominancia de cabos y sedales, con una presencia más discreta, aunque visible, de plásticos y otros residuos. Cuando se normaliza por tiempo de grabación, la tasa de impactos sigue siendo alta, no obstante, en este caso el efecto está algo más repartido entre distintos transectos. La geomorfología del área, una sucesión de promontorios rocosos, plataformas y grandes bloques explica en buena medida esta homogeneidad: prácticamente cualquier tramo de fondo ofrece puntos de enganche a los aparejos perdidos, de modo que el impacto no se concentra en un único "punto caliente", sino que se difumina a lo largo de la zona. Además, la gestión terrestre de la zona protegida aledaña favorece la reducción de vertidos de residuos en la costa, lo que reduce de forma significativa los residuos detectados sobre el fondo marino. Es esta zona la prueba de que, el principal problema en el área es la gestión en el medio marino.

Las estaciones situadas en torno a Ceuta de Benzú, La Telefónica y Los Isleos, presentan un panorama intermedio. El número total de impactos es menor que en las grandes estructuras rocosas del norte central de Alborán, y las tasas normalizadas por minuto

confirman esta menor intensidad. Sin embargo, los análisis cualitativos y los histogramas por tipo de impacto muestran una presencia constante de cabos finos y sedales, indicativa de una presión pesquera continua, aunque más difusa. En Benzú, por ejemplo, los impactos se concentran en terrazas rocosas someras donde pequeños cabos y líneas de pesca se enredan en gorgonias y esponjas aisladas. Son, además, en base al criterio técnico del equipo científico del proyecto y de los pescadores consultados, artes de origen marroquí, que se usan en estos espacios de forma furtiva ante la impasividad de los gestores responsables. La Telefónica presenta un patrón similar, pero con una mayor participación de fondos mixtos de arena y roca cubierta de sedimento, lo que podría explicar una menor retención de grandes restos de redes. Es asimismo un entorno de más difícil acceso a cualquier usuario del medio, pues se encuentra dentro de una zona de alta actividad de bunkering y tráfico marítimo pesado (ferrys, entre otros). Los Isleos, por su parte, aparecen en los análisis como una de las áreas con menor abundancia y tasa de impactos, lo que quizás esté condicionado por las muy importantes corrientes submarinas de la zona, que llegarían a arrancar y arrastrar los artes perdidos junto con las especies enredadas sobre los mismos. De hecho, esta situación fue observada durante el proyecto MESO_Alborán 1 en el espacio aledaño de la Preciada, donde se vió un trasmallo siendo arrastrado por el fondo arrecifal por las fuentes corrientes, arrancando de forma sistemática la mayoría de gorgonias que encontraba a su paso.

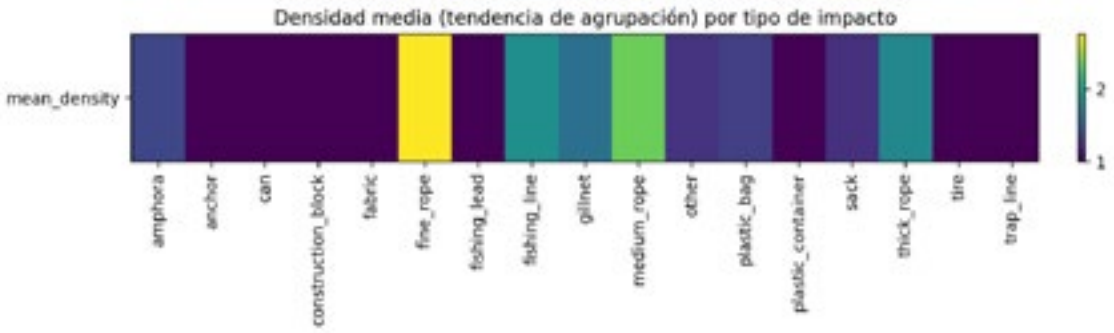
Por último, el Cañón de Motril y la zona de frontal de la Bahía de La Herradura, ambas en Granada, constituyen los extremos bajos del gradiente de impacto. Tanto los recuentos totales como las tasas por minuto sitúan estos enclaves en la parte inferior de la distribución, con valores claramente inferiores a los observados en otros cañones o en montes submarinos. En La Herradura, la presencia de amplias áreas de arena y gravas, intercaladas con afloramientos rocosos más discretos, reduce la probabilidad de retención de residuos. En el Cañón de Motril, aunque la estructura geomorfológica menos abrupta que en el aledaño Cañón de Jolucar, favorece en menor medida la acumulación de residuos en la cabecera, si bien en transectos más profundos, como los realizados durante el proyecto SANIMED, de la Universidad de Granada y el Instituto Andaluz de Ciencias de la Tierra CSIC, se aprecia acumulación de residuos en su base, siendo muy probablemente arrastrados desde cotas someras por las corrientes.




Mapas de calor. A) Distribución de residuos en función del área de trabajo. B) Distribución de residuos en función del tipo de fondo.

Además de caracterizar la distribución espacial y batimétrica de los residuos, resultaba necesario conocer otros descriptores. Por ello, se caracterizó la tendencia de agrupación de los residuos y se evaluó también su grado de cobertura biológica o sedimentaria ("clogged"). Este parámetro mide el grado en que el propio residuo aparece incrustado, colonizado o parcialmente enterrado bajo capas de sedimentos, esponjas, algas, briozoos u otros organismos. Se trata de un indicador indirecto, pero extremadamente útil para estimar el tiempo de permanencia del residuo en el ecosistema, pues cuanto mayor es la cobertura, mayor es la antigüedad probable del objeto o mayor ha sido su estabilidad en esa posición concreta.

Los mapas de calor mostraron que determinados impactos presentan densidades medias especialmente elevadas. Los cabos finos son el caso más extremo, alcanzando valores cercanos a densidad media, lo que implica que rara vez aparecen de forma aislada y tienden a agruparse formando racimos de sedales entrelazados. También destacaron en densidad los cabos gruesos y algunos tipos de restos plásticos, que superan valores de densidad baja en múltiples transectos. Por el contrario, objetos metálicos pesados como anclas, bloques de construcción o lastres aparecen casi siempre de manera individual. Las diferencias en la estructura de agrupación fueron evaluadas mediante un ANOVA que comparó la densidad según tipo de impacto. Aunque se detectaron tendencias, el análisis no alcanzó diferencias significativas a nivel estadístico ($F = 1.62$, $p = 0.0805$), lo que indica que, en términos estrictos, no puede afirmarse que la densidad varíe de manera sistemática entre unos tipos de residuo y otros. Esto no invalida las observaciones descriptivas, pero sí sugiere que la variabilidad interna entre transectos es tan alta que diluye las diferencias entre categorías.

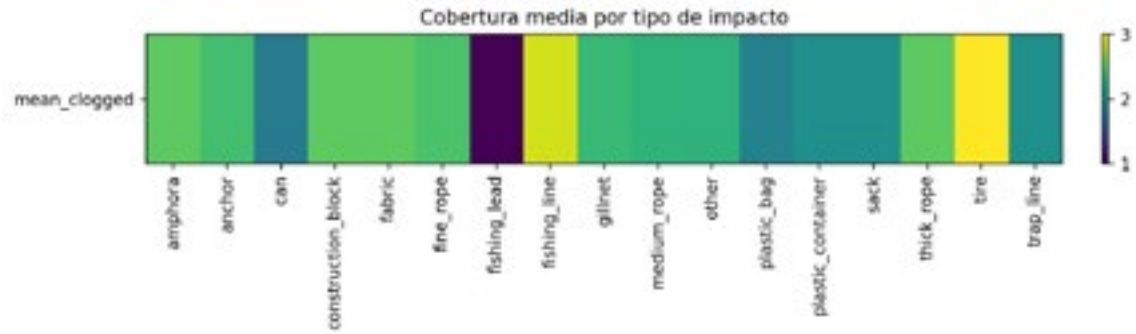



Mapa de calor de densidad media, o tendencia a agruparse, de los impactos derivados de residuos antrópicos en el Mar de Alborán.

El análisis del grado de cobertura de los residuos sí mostró diferencias claras entre tipos de impacto. Los residuos con mayor grado de cobertura media fueron los neumáticos y los cabos gruesos, con valores que alcanzan las máximas categorías de la escala, seguidos por determinados restos plásticos. Estos objetos suelen presentar superficies rugosas que favorecen el asentamiento biológico, o bien una gran inercia estructural que evita su desplazamiento, permitiendo que queden parcialmente enterrados con el tiempo. Son, a su vez, impactos que han debido verse reducidos en los últimos años por cambios en las medidas de gestión de los mismos, por lo que serían más antiguos. En contraposición, los sedales y cabos finos presentan los valores de cobertura más bajos, pues su naturaleza ligera y móvil, sometida al efecto de las corrientes, hace que queden raramente incrustados o colonizados, siendo también residuos con tendencia al desplazamiento que son arrastrados a cotas más profundas, lo que sugiere que gran parte de ellos son residuos relativamente recientes. De igual modo, residuos de naturaleza tóxica, como los plomos de pesca, presentan una cobertura muy baja, pues las diferentes especies biológicas ven muy limitada su proliferación sobre estas estructuras por su toxicidad.

La prueba de ANOVA confirmó que estas diferencias no son anecdóticas, sino estadísticamente significativas ($F = 2.14$, $p = 0.0126$). Es decir, el tipo de residuo determina de forma consistente el nivel de cobertura biológica o sedimentaria que presenta, y por extensión, su permanencia temporal en el ambiente.

Al examinar la relación entre cobertura y profundidad, no se encontró correlación significativa ($\rho = 0.0099$, $p = 0.874$). Esto implica que la "antigüedad" o estabilidad de los residuos no depende de la cota batimétrica. Un neumático puede llevar años en una cornisa a 70 metros, igual que un cabo grueso puede permanecer incrustada en un sustrato profundo. Lo relevante no es el ambiente físico, sino la naturaleza del material y su interacción con el relieve local. Las correlaciones parciales confirmaron este resultado ya que, incluso estudiando los residuos por localidad y tipo de fondo, no emergió ninguna relación significativa entre profundidad y cobertura (r parciales entre −0.03 y −0.05; $p > 0.4$). Así, la cobertura biológica o sedimentaria es un rasgo intrínseco del residuo más que del contexto ambiental donde aparece.

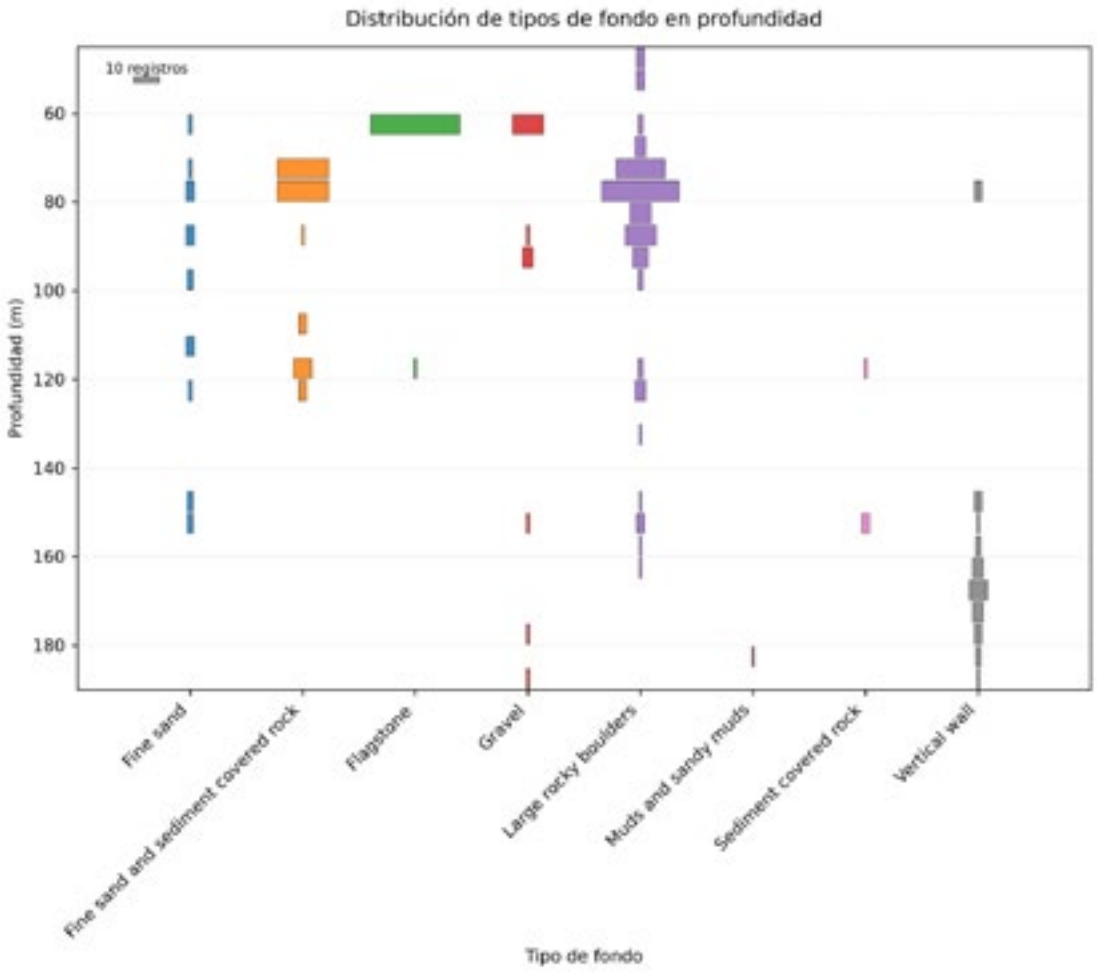



Mapa de calor de cobertura media de los impactos derivados de residuos antrópicos en el Mar de Alborán.

En conjunto, estos análisis añaden nuevas dimensiones al diagnóstico general, pues no solo importa cuántos residuos hay ni dónde se encuentran, sino cómo se comportan una vez depositados en el fondo. Los objetos aislados generan un impacto puntual, pero las acumulaciones densas pueden formar auténticos "puntos negros" de degradación ecológica, capaces de retener sedimentos, estrangular fauna sésil o crear microhábitats artificiales que alteran la dinámica del ecosistema. Por otro lado, el grado de cobertura aporta una dimensión temporal al análisis global del impacto: residuos muy cubiertos tienden a ser antiguos, de origen probablemente pesquero o deportivo histórico, y han permanecido lo suficientemente estables como para ser colonizados por fauna o quedar parcialmente enterrados. En cambio, los residuos con baja cobertura, especialmente sedales, cabos finos y otros elementos ligeros, representan una contaminación de incorporación reciente, posiblemente vinculada a prácticas actuales.

Por último, se ha realizado un análisis de distribución de las especies más comunes observadas en los entornos en los que se aprecian residuos, con el fin de conocer cuáles son las especies que presentan más impactos derivados de estos. Para ello, a la hora de contabilizar los impactos también se tuvieron en cuenta las tres especies más comunes en el momento de observar el impacto en cuestión.

El análisis ha revelado un mosaico ecológico extremadamente estructurado por la morfología del fondo, condicionando los hábitats y las comunidades biológicas. Las figuras obtenidas muestran con claridad que no todos los hábitats ofrecen las mismas oportunidades ecológicas, y que la biodiversidad se organiza siguiendo patrones recurrentes que permiten comprender mejor la complejidad del ecosistema mesofótico. Los datos cuantitativos refuerzan esta idea: los fondos de grandes bloques rocosos son el hábitat de mayor riqueza de especies, con 32 especies distintas registradas y 105 observaciones, seguido por el sustrato de arena fina con roca cubierta de sedimentos, con 21 especies y 56 registros y, por detrás, las plataformas de flagstone, que albergan 19 especies y 36 registros. En el extremo opuesto, los fondos de fango y arena fangosa son los más pobres, lo que concuerda con su baja estabilidad geométrica y limitada complejidad tridimensional.

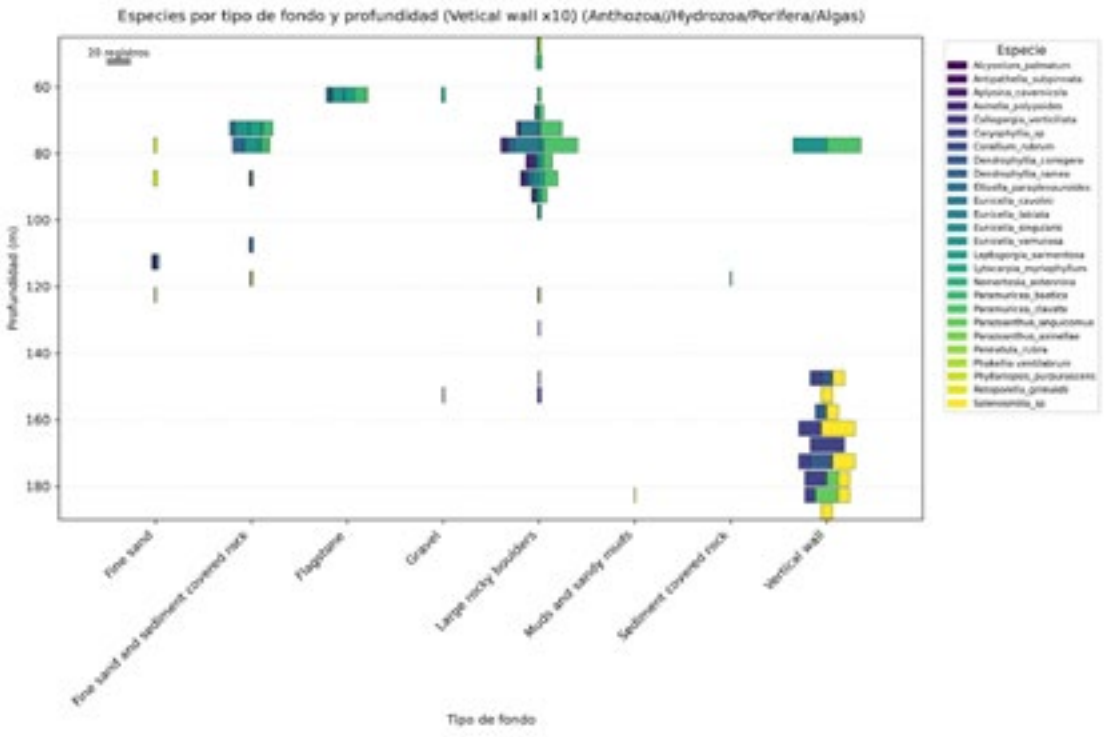



Número de especies comunes detectadas por profundidad para un tipo de fondo concreto.

Estos números, sin embargo, son solo el punto de partida. La profundidad introduce un gradiente adicional que segmenta aún más las comunidades. Las paredes verticales, aunque registran una riqueza intermedia (15 especies, 30 observaciones), concentran muchas de sus especies en el rango más profundo del muestreo (entre 150 y 190 m). Este hábitat, al multiplicar por diez la representación visual, evidencia una comunidad especializada y adaptada a condiciones de menor luz y mayor hidrodinamismo, dominada de forma diferencial por escleractinios de crecimiento lento en Granada y corales negros junto a grandes gorgonias y esponjas en Ceuta.

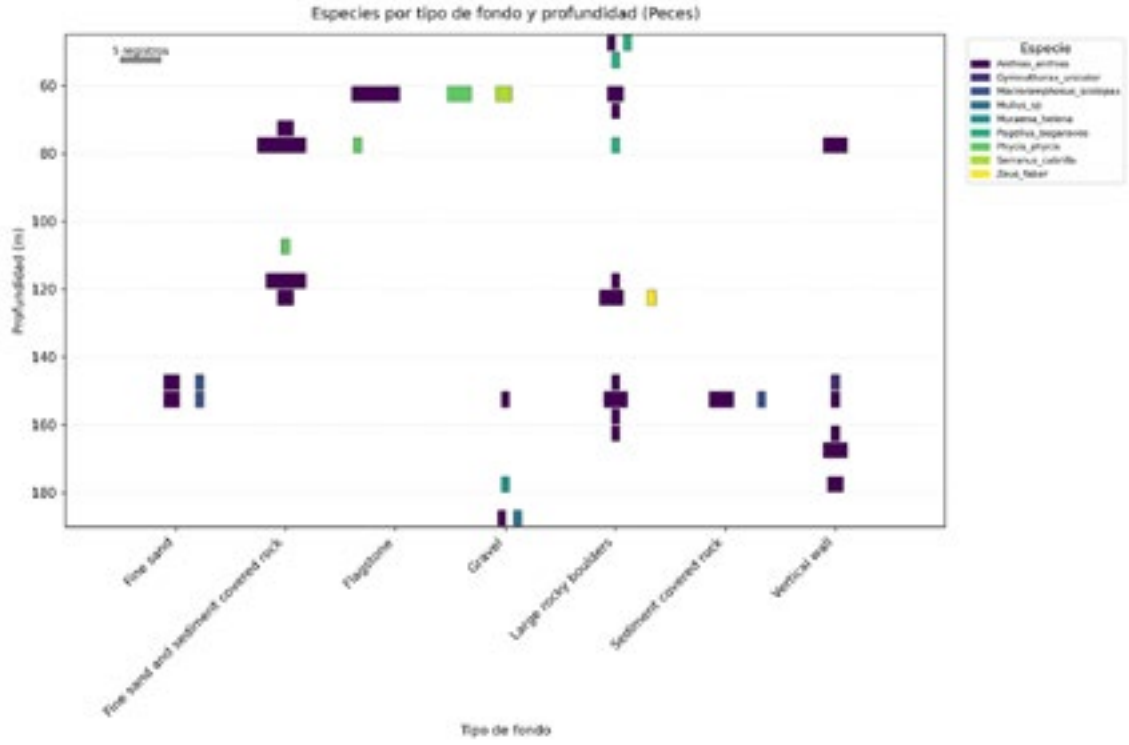
Al subdividir la comunidad en grandes grupos taxonómicos, emergen patrones aún más definidos. Entre los principales bioconstructores y biomoduladores (corales, hidrozoos, poríferos y macroalgas), los fondos rocosos complejos y las paredes verticales albergan la mayor diversidad. Destaca la

presencia de especies como *Corallium rubrum, Paramuricea clavata, Ellisella paraplexauroides, Leptogorgia sarmentosa* o *Phyllariopsis purpurascens* y diversas esponjas incrustantes, todas ellas dependientes de un sustrato sólido y estable para asentarse. Es particularmente notable la concentración de gorgonáceos y corales negros en los grandes bloques rocosos y en las paredes de Ceuta, lo que concuerda con la preferencia de estos organismos por zonas de fuertes corrientes, donde el alimento en suspensión es más abundante.



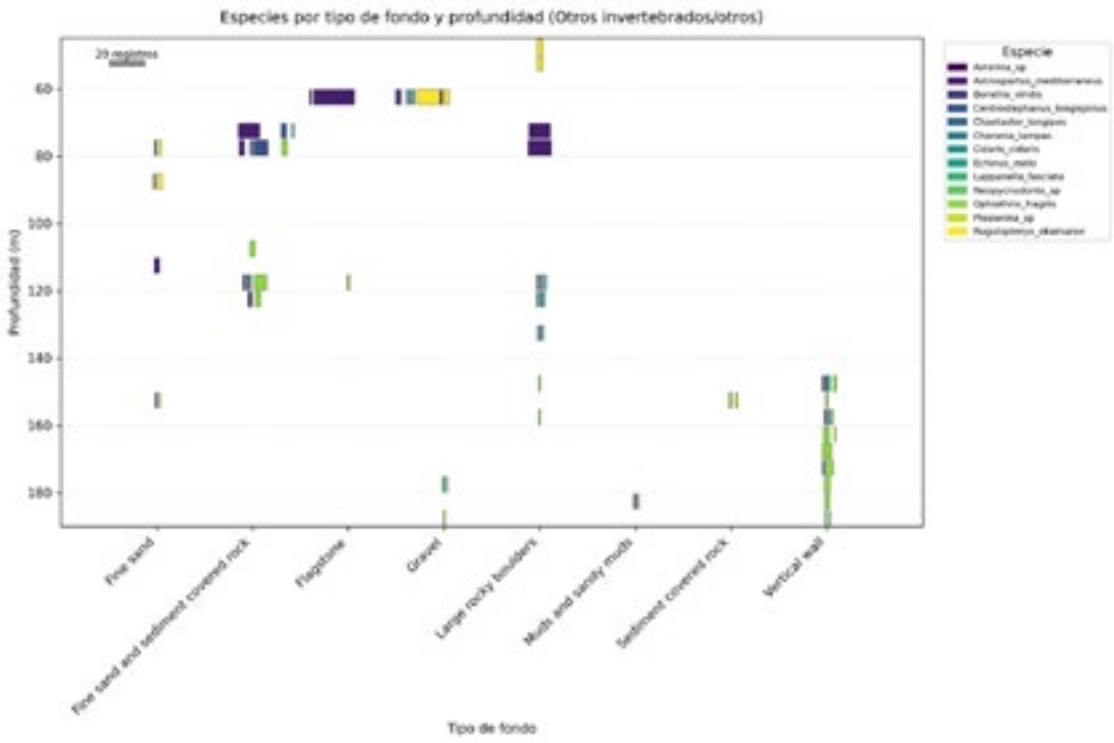

Especies de bioconstructores y biomoduladores por tipo de fondo. Nótese que los valores de la columna "vertical wall" representativos de paredes verticales han sido multiplicados por 10 para mejorar su visualización.

Los peces muestran un patrón diferente, más dependiente tanto de la complejidad del hábitat como de microzonas donde pueden refugiarse o alimentarse. La morena *Muraena helena*, *Anthias anthias* o el besugo de la pinta *Pagellus bogaraveo* aparecen preferentemente en fondos rocosos y paredes profundas, mientras que especies como *Mullus s*p, ocupan zonas mixtas y transicionales. La representación de peces en arenas finas es testimonial, lo que subraya la importancia estructural de los hábitats duros en la franja mesofótica.




Especies de peces por tipo de fondo.

Los invertebrados bentónicos vágiles (equinodermos, gasterópodos o sipuncúlidos) y otros invertebrados sésiles de menor desarrollo en la zona como (poliquetos y ascidias) presentan el patrón más disperso, ocupando desde arenas compactas hasta fondos rocosos, aunque con una preferencia marcada por áreas donde coexisten superficies duras y pequeños parches de sedimento. Especies como *Cidaris cidaris, Neopycnodonte* sp., *Ophiothrix fragilis, Asterina* sp. o *Chaetaster longipes* reflejan esa versatilidad ecológica. Sin embargo, incluso dentro de este grupo existe una concentración notable en fondos rocosos complejos, dejando claro que la heterogeneidad del sustrato es el motor fundamental de la riqueza específica en estas zonas.




Especies de invertebrados no bioconstructores principales y otras especies por tipo de fondo.

Al integrar los diagramas de distribución por especie, tipo de fondo y profundidad, los patrones se vuelven aún más claros. La franja entre 60 y 100m, correspondiente al mesofótico superior, concentra la mayor diversidad taxonómica, particularmente sobre plataformas rocosas y lajas. Esta franja coincide, a su vez, con la zona donde se registró la mayor acumulación de residuos pesqueros, lo que introduce una correspondencia preocupante entre biodiversidad y exposición al impacto humano. A mayor complejidad y riqueza, mayor vulnerabilidad.

Por su parte, las comunidades profundas (150–190 m), aunque menos diversas, están caracterizadas por especies de alto valor ecológico y baja resiliencia, como escleractinios de especial fragilidad, cuya presencia restringida a paredes y grandes bloques profundos las convierte en elementos críticos del ecosistema mesofótico inferior. La dependencia de estos organismos de sustratos duros y verticales explica por qué apenas aparecen en fondos sedimentarios, incluso cuando la profundidad es similar.

La integración de las métricas cuantitativas de riqueza y número de registros, con la distribución vertical revela la existencia de dos "núcleos ecológicos" aparentes en el mesofótico del mar de Alborán. Un núcleo somero–intermedio (60–100 m), altamente diverso, asociado con el mesofótico superior, dominado por corales y esponjas, con importantes comunidades asociadas de peces, y un núcleo profundo (150–190 m) asociado al mesofótico profundo y batial superior, me-

nos diverso, pero ecológicamente singular, dominado por corales formadores de arrecifes y paredes biogénicas.

Estos patrones explican por qué los análisis anteriores mostraban que los impactos se concentran precisamente en las zonas de mayor riqueza y complejidad. Allí donde la vida es estructuralmente más rica, grandes bloques rocosos, paredes, lajas, es también donde se concentrarán las actividades extractivas y donde los residuos tenderán a permanecer atrapados, creando coincidencias espaciales que aumentan la vulnerabilidad de las comunidades.

El análisis conjunto de todas estas líneas de evidencia ha permitido comprender la estructura del problema: los impactos provocados por residuos no solo son más frecuentes en ciertos hábitats y profundidades, sino que también varían en función del uso humano y de la forma en que los objetos abandonados interaccionan con el relieve submarino.

La coincidencia entre los resultados observacionales, los contrastes estadísticos (incluyendo regresiones, correlaciones parciales, chi-cuadrado y ANOVAS) y la coherencia ecológica del sistema fortalece notablemente la solidez de estas conclusiones. En conjunto, los datos revelan un patrón espacialmente estructurado de acumulación de residuos en el mar de Alborán, dominado por cabos, sedales y fragmentos de artes de pesca, con especial incidencia en plataformas rocosas del mesofótico superior. La integración del análisis bruto y el análisis corregido por tiempo de muestreo permite afirmar con claridad que la distribución de estos impactos no responde al azar, sino a una combinación compleja de factores geomorfológicos, profundidades preferentes, dinámicas hidrodinámicas y usos humanos históricos. Estos datos contrastan de forma contundente con los argumentos empleados por diferentes sectores extractivos de la zona, que argumentan la sostenibilidad de sus prácticas en base al bajo impacto de estas sobre el fondo. Ante estos argumentos basados más en voluntades y palabras vacías, el análisis científico matemático parece mostrar conclusiones abrumadoras.

Uno de los resultados más ilustrativos procede del examen conjunto entre el tipo de fondo y el tipo de impacto registrado. La prueba chi-cuadrado aplicada a esta matriz arrojó un valor de $\chi^2 = 176.40$, con un nivel de significación extremadamente bajo ($p = 9.95 \times 10^{-5}$, $gl = 112$).

Este resultado indica que la probabilidad de observar una distribución como la registrada, con cabos medianos concentrados en grandes bloques rocosos, sedales adheridos a paredes verticales, muy pocos restos en fondos arenosos, es prácticamente nula si ambos factores fueran independientes. Dicho de otro modo, tipo de fondo y tipo de residuo están profundamente asociados: las estructuras tridimensionales rugosas atrapan artes complejas, mientras que los sedimentos finos apenas retienen residuos.

La profundidad añadió un segundo eje igualmente significativo. Tanto la correlación de Pearson ($r = -0.2498$, $p = 0.00067$) como la de Spearman ($\rho = -0.2927$, $p = 6.08 \times 10^{-5}$) mostraron una tendencia negativa clara entre número de impactos y profundidad: los residuos se acumulan con mayor densidad en la franja mesofótica superior (60–100 m) y disminuyen de forma progresiva hacia cotas más profundas. La coincidencia entre ambas métricas, una sensible a relaciones lineales estrictas y la otra capaz de detectar tendencias monótonas generales, refuerza

la solidez del patrón. La fuerte concentración superficial no es solo perceptible visualmente en los histogramas, sino que se confirma estadísticamente.

Para descartar que esta relación descendente estuviera condicionada por diferencias entre localidades o tipos de fondo, se aplicó una correlación parcial controlando simultáneamente ambas variables. Incluso tras este control, la profundidad mantuvo una relación negativa y significativa con el número de impactos (Pearson parcial $r = -0.1203$, $p = 0.0495$; Spearman parcial $r = -0.1750$, $p = 0.0041$). Esto significa que no importa ni a qué profundidad se mire ni sobre qué tipo de sustrato: a mayor profundidad, la densidad de residuos disminuye de forma independiente. La profundidad, por tanto, ejerce una influencia propia y no derivada de factores de confusión.

La regresión lineal aplicada al conjunto de datos confirmó esta tendencia: el coeficiente asociado a la profundidad fue negativo, con una pendiente sutil, pero estadísticamente significativa, lo que refuerza que por cada metro de profundidad se espera una ligera disminución del número total de impactos detectados. Aunque el efecto es moderado, su consistencia a lo largo de todos los análisis indica que responde a dinámicas reales, probablemente relacionadas con la menor intensidad de pesca en cotas profundas. Las diferencias entre localidades también quedaron cuantificadas con claridad. El ANOVA realizado sobre la profundidad de los impactos en función de la zona arrojó un valor de $F = 125.97$, con una significación prácticamente absoluta ($p = 1.49 \times 10^{-84}$).
Esto implica que no todas las localidades presentan el mismo rango profundo de impactos ni la misma estructura vertical de acumulación: existen zonas caracterizadas por rampas rocosas someras saturadas de residuos y otras en las que la mayor parte de los objetos perdidos aparece solo a profundidades intermedias. La variabilidad interna de cada zona es mínima comparada con las diferencias entre zonas, lo que muestra que cada área constituye un sistema distinto.

Un patrón similar se observó al analizar el tipo de fondo y la profundidad mediante otro ANOVA, que mostró un valor estadístico igualmente elevado ($F = 41.32$, $p = 8.11 \times 10^{-39}$). Esto confirma que las morfologías no están distribuidas al azar en la columna de agua: las paredes verticales se sitúan sistemáticamente entre 150 y 180 m, los grandes bloques rocosos en torno a 70–90 m y los fondos arenosos en cotas variables, pero generalmente alejados de los enclaves de acumulación de residuos pesqueros. La consecuencia directa es que el tipo de residuo observado en una zona es inseparable de su contexto geomorfológico.

Finalmente, el segundo análisis de conversión a “impactos por minuto” de vídeo para reducir sesgos, permitió corregir el hecho de que algunas localidades parecían tener menos residuos simplemente porque el tiempo de filmación había sido menor. La normalización reveló que zonas como Piedra Vizcarra (Calahonda), que ya destacaba en impactos totales, pasa a mostrar una intensidad notablemente superior a la de otras áreas, alcanzando valores próximos al 0.85 impacto/minuto, mientras que zonas inicialmente identificadas como moderadas disminuyen su importancia relativa. Este ajuste no es meramente técnico: transforma la interpretación, permitiendo priorizar zonas donde la presión antrópica es más intensa por unidad de tiempo, no solo aquellas donde se ha acumulado mayor cantidad de residuos de manera histórica.

En conjunto, la combinación de estos análisis de chi-cuadrado, correlaciones simples y parciales, regresión lineal, ANOVAs y normalización temporal, ha dibujado un escenario robusto en el que la distribución de los impactos está regulada por la interacción entre topografía, profundidad y actividad humana. Ninguno de los patrones observados podría explicarse por azar: los valores estadísticos muestran asociaciones claras y significativas, y sus magnitudes, extremadamente superiores a las esperadas en escenarios aleatorios, apuntan a procesos antrópicos bien definidos. Los sedales, cabos y redes abandonadas no se distribuyen al capricho del mar, se acumulan donde las actividades humanas, la corriente, la rugosidad del fondo han creado trampas efectivas y persistentes.

## 7.1.2. ESPECIES BIOCONSTRUCTORAS O BIOMODULADORAS SENSIBLES E IMPACTOS

Para este estudio se han analizado especies bioconstructoras o biomoduladoras cuya longevidad, rareza, singularidad o importancia para el medio las convierten en especies especialmente sensibles a alteraciones. Asimismo, se han tenido en cuenta los listados y catálogos de especial protección autonómicos y nacionales.

Estas especies han sido: *Antipathella subpinnata, Antipathella wollastoni, Astroides calycularis, Callogorgia verticillata, Dendrophyllia cornigera, Dendrophyllia ramea, Desmophyllum pertusum, Ellisella paraplexauroides, Madrepora oculata, Savalia savaglia* (=*Gerardia savaglia)* así como dos taxones cuya clasificación es aún incierta, pero de especial singularidad, nombrados como Scleractinia sp. Jolucar y *Tanacetipathes* sp. Respecto a estos últimos, Scleractinia sp. Jolucar es un coral escleractinio posiblemente cercano o integrado en el género *Solenosmilia*, que forma arrecifes masivos monoespecíficos en las paredes verticales del Cañón de Jolúcar y las cabeceras de otros cañones de la provincia de Granada. Solo ha sido observado en estos puntos, siendo especialmente sensible a impactos generados por líneas y cabos. En *Tanacetipathes* sp. se incluyen varias especies del género de corales negros, descubiertas en Ceuta a lo largo de este proyecto, aún por clasificar.

Cada una de estas especies ha sido estudiada de manera individual anotando el tamaño relativo de los ejemplares observados y los impactos que se observan. Del mismo modo que en los demás apartados, este análisis se ha realizado únicamente a partir de los transectos de ROV realizados y no se han utilizados los datos recabados durante transectos realizados mediante equipos de

buceo autónomo, con el fin de evitar sesgos e introducir ruido.

| Categorías | Definición |
|---|---|
| Sin impactos | La colonia no muestra impactos aparentes. |
| Laceración | Los tejidos muestran cicatrices o heridas abiertas derivadas impactos por fricción. |
| Mutilación | La colonia muestra ramas arrancadas o se observan estas ramas sobre el fondo. |
| Enrredado | Se observan líneas o cabos enredadas sobre la colonia o su base, pero esta aún permanece unida por su base al sustrato del que crece. |
| Arrancado | La colonia se encuentra suelta sobre el fondo marino o enredadas en aparejos, cabos o líneas de pesca sueltas en el fondo. |
| Muerto | Colonias muertas de origen inderterminado. |

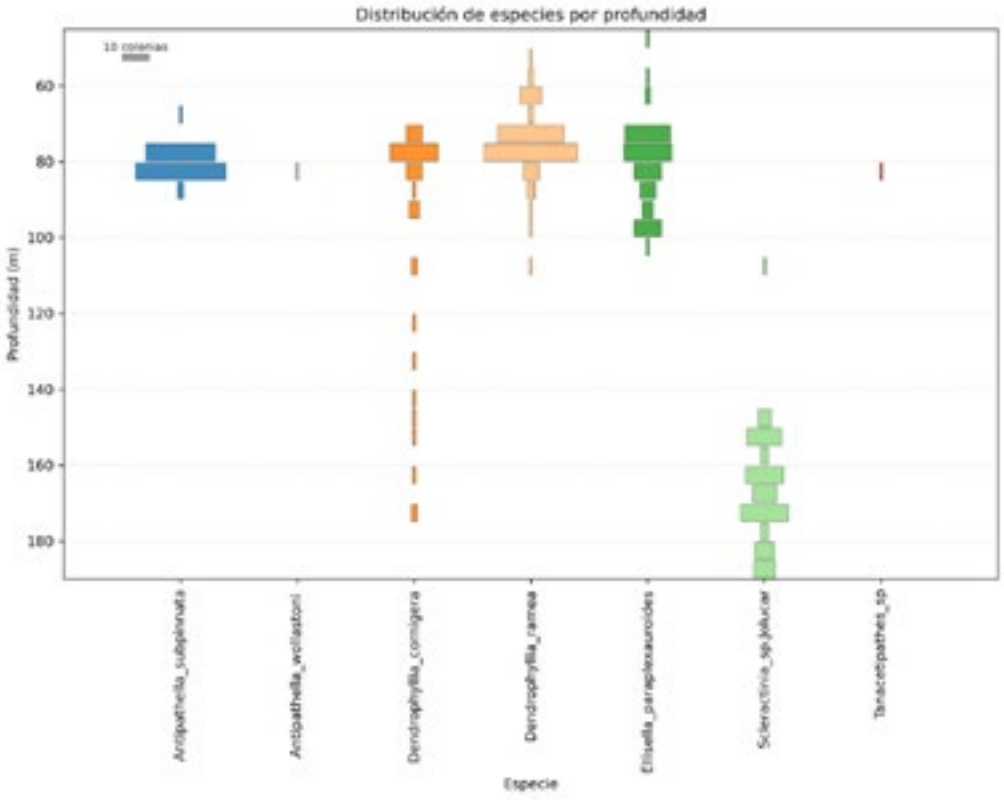
## Resultados

De las especies inicialmente planteadas, cuya distribución era conocida en los espacios de trabajo, únicamente se observó presencia en las imágenes de ROV de 7 de ellas (*A. subpinnata, A. wollastoni, D. cornigera, D. ramea, E. paraplexauroides, Scleractinia* sp. *Jolucar y Tanacetipathes* sp.). Esto prueba la escasez de muchas de ellas (*A. calycularis, D. pertusum, M. oculata, S. savaglia)*, pues para poder observar estas especies debe realizarse un muestro dirigido, no siendo observadas en muestreos aleatorios. No obstante, cabe destacar que algunas de las especies no observadas mediante transectos de ROV (*A. calycularis* y *S. savaglia*), sí que se han observado durante las inmersiones realizadas a través de equipos de buceo autónomo, lo que recalca la importancia que tiene el estudio *in situ* de estos entornos a través de buceadores científicos con capacidad de sumergirse a profundidades mesofóticas.

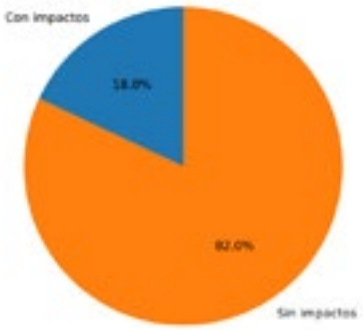
De las especies observadas mediante ROV, se han contabilizado un total de 350 colonias distribuidas en un rango de profundidad que va desde los 45 a los 200 metros. En cuanto a la distribución de estas especies, la mayor parte de ellas aparecen asociadas a los hábitats del mesofótico superior, entre los 45 y los 105 metros. Esto puede deberse en el caso del mar de Alborán a la presencia de diferentes terrazas rocosas asociadas a los episodios de regresión marina comentados al inicio de este capítulo. Solamente la especie nombrada como Escleractinia sp. Jolúcar

(a falta de un estudio taxonómico completo), parece presentar una afinidad mayor por profundidades del circalitoral inferior y el batial superior. Esta distribución puede estar muy condicionada a la localización de paredes verticales profundas. La especie observada con un rango de distribución más amplio es *D. cornigera*, con colonias contabilizadas entre los 50 y los 175 metros de profundidad.

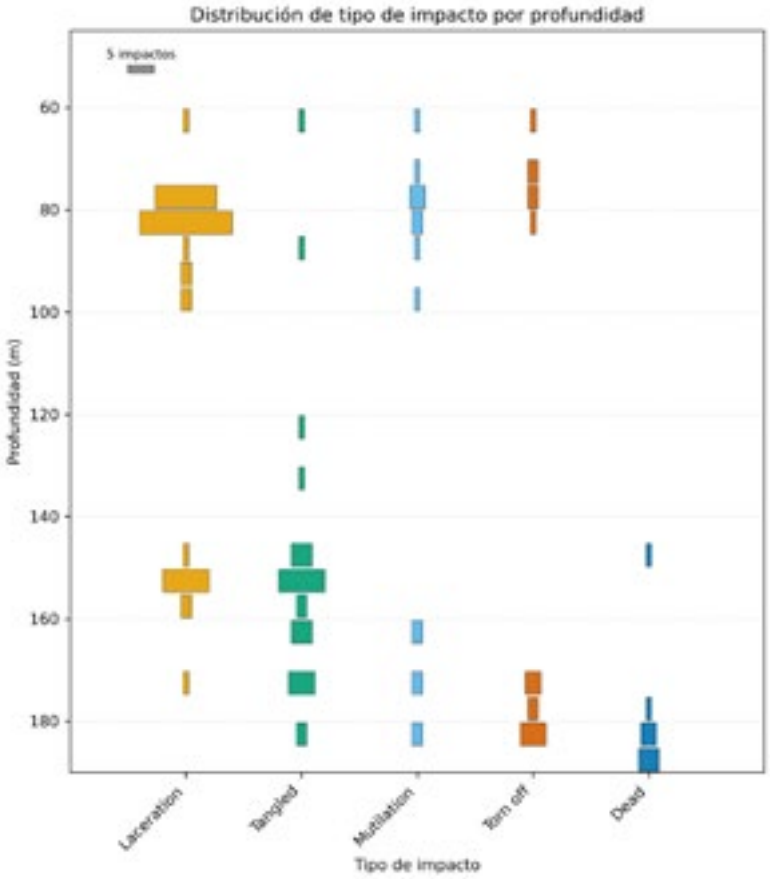
Estos datos muestran también que las principales agregaciones de especies sensibles se encuentran entre los 65 y los 100 metros de profundidad en el mar de Alborán.




Respecto al volumen de impacto, casi el 20% de las colonias observadas habían sufrido algún tipo de afección.



El origen de estas varía, siendo los impactos más comunes las laceraciones, seguidos de enredos, mutilaciones, arranques y, finalmente, muerte de la colonia. Estos presentan una distribución diferencial en profundidad. En las comunidades del mesofótico superior la mayor parte de los impactos se concentran entorno a los 80 metros. En el inferior, estos parecen concentrarse en torno a los 150-160 metros de profundidad, observándose además en estas comunidades las únicas colonias muertas observadas, dispuestas en la base del arrecife entorno a los 200m de profundidad.

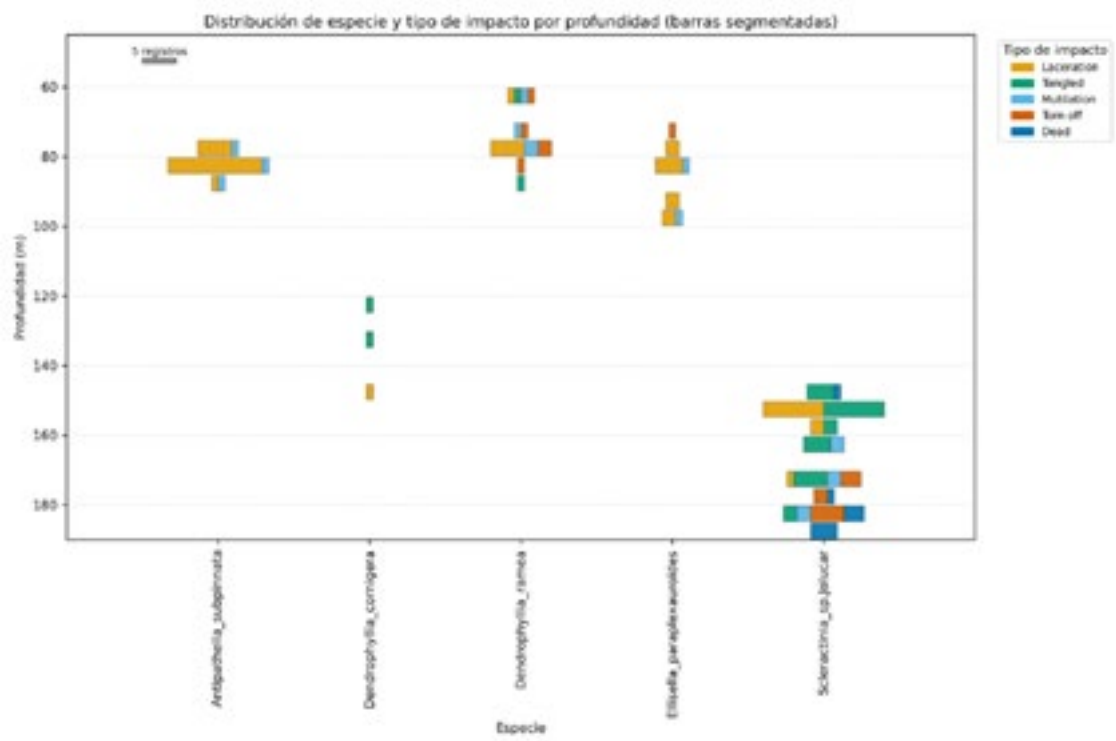



Los análisis estadísticos realizados revelaron patrones significativos en la distribución de los impactos entre las especies sensibles evaluadas. La asociación entre la identidad taxonómica y la probabilidad de presentar afectación resultó altamente significativa ($\chi^2 = 50.42$, $p < 0.001$), lo que indica que los impactos no se distribuyen de manera aleatoria en la comunidad, sino que ciertas especies son desproporcionadamente más susceptibles a sufrir alteraciones y, por tanto, más vulnerables. Asimismo, la relación entre especie y tipo de impacto fue también significativa ($\chi^2 = 60.07$, $p < 0.001$), mostrando que cada taxón tiende a experimentar categorías de impacto específicas, probablemente vinculadas a su ecología, morfología o microhábitat.

En términos de incidencia, la especie más afectada parece ser Scleractinia sp. Jolúcar, con aproximadamente la mitad de las colonias muestreadas mostrando algún tipo de daño (~52 %), seguida por *A. subpinnata* (~32 % de colonias impactadas), mientras que *D. ramea* y *E. paraplexauroides* presentaron niveles de afectación intermedios (~14–15 %) y *D. cornigera* una incidencia claramente menor (~6 %), sin registrarse impactos en *A.wollastoni* ni en *Tanacetipathes sp.*

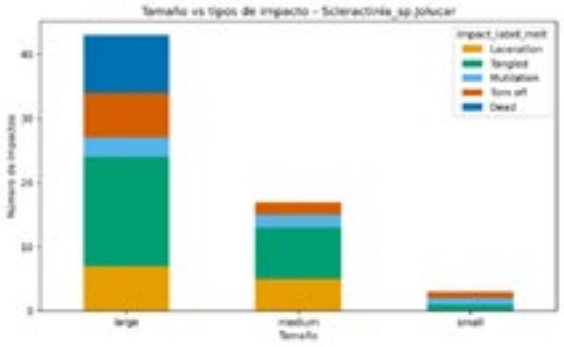
Respecto al tipo de daño, las laceraciones parecen concentrarse en las especies con un mayor desarrollo tridimensional, especialmente en *A. subpinnata*, *E. paraplexauroides* y *D. ramea*, lo que sugiere procesos reiterados de rozamiento y corte parcial de ramas por el contacto con artes de pesca. *D. ramea* mostró una combinación de laceraciones, mutilaciones, enredos y arrancamientos compatible con una acumulación de impactos de distinta intensidad a lo largo del tiempo, mientras que en A. *subpinnata* predominaron claramente las laceraciones, coherente con un escenario de contactos repetidos, pero no necesariamente letales.

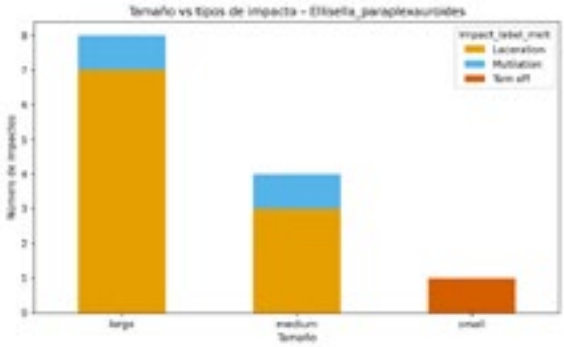
En contraste, los episodios de enredo y arrancamiento se relacionaron de forma predominante con Scleractinia sp. Jolúcar que, además, fue la única especie en la que se registró un número apreciable de colonias muertas atribuibles a impactos recientes, evidenciando una especial vulnerabilidad estructural frente a interacciones intensas con aparejos. Esto es especialmente preocupante, pues la especie que parece sufrir el mayor número de impactos aún no ha sido, ni siquiera, clasificada por la ciencia, estando a nuestro parecer en peligro claro de extinción.

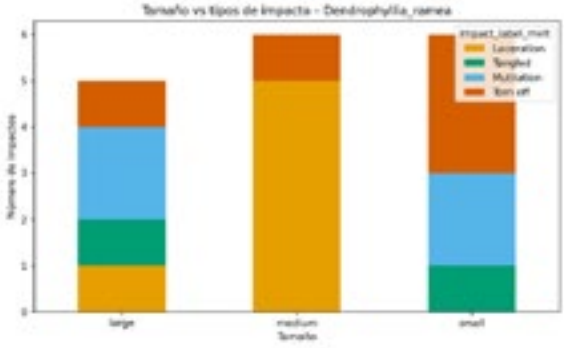


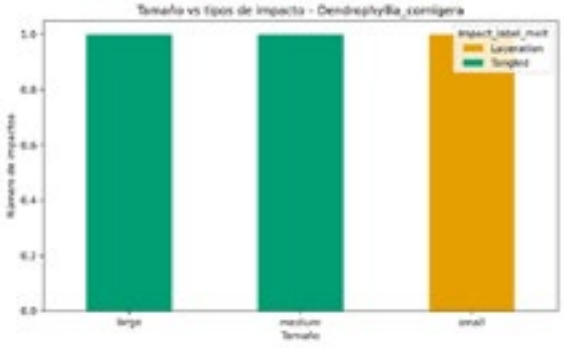
Las colonias fueron igualmente categorizadas por tamaños en pequeñas, medias y grandes. El análisis del tipo de impacto en función del tamaño de las colonias reveló un patrón claro y consistente entre especies. En Scleractinia sp. Jolúcar, las colonias grandes concentraron la mayor parte de los daños registrados, incluyendo no solo laceraciones, mutilaciones y enredos, sino también la casi totalidad de los episodios de arrancamiento y mortalidad, lo que sugiere que las estructuras más desarrolladas actúan como puntos de enganche preferentes para artes de pesca móviles. Asimismo, este patrón de mayor vulnerabilidad en colonias grandes se observó en *E. paraplexauroides*, donde los daños se limitaron a laceraciones y mutilaciones, mientras que las colonias pequeñas registraron únicamente episodios de arrancamiento. Esto puede deberse a que las grandes colonias tienen placas basales más desarrolladas, anclándose al sustrato con la fuerza suficiente para resistir impactos de tracción, partiéndose antes una sección que el total de la colonia. Sin embargo, en ejemplares juveniles en los que la placa basal está aún en formación y es del mismo grosor que el esqueleto, un impacto de tracción retira la colonia por completo del arrecife, pues los enlaces dentro de la estructura proteica del esqueleto suelen ser más estables que los enlaces aún no asentados de las proteínas basales con la roca y, especialmente, con las partes de la roca que aún se encuentran tapizadas por antiguos colonizadores. Por ello, esta especie parece ser especialmente susceptible a este tipo de impactos, estando en mayor riesgo los ejemplares recientemente reclutados. En *D. ramea*, los tres tamaños mostraron impactos, pero con perfiles diferenciados. Las colonias grandes exhibieron una combinación de mutilaciones y enredos, las medianas estuvieron dominadas por laceraciones, y las pequeñas por arrancamientos, reflejando formas distintas de interacción física según la morfología y el grado de exposición. *D. cornigera* presentó una incidencia reducida y sin un patrón claro, con solo laceraciones y enredos aislados, que podría deberse a que esta es la especie con el menor desarrollo tridimensional de las especies estudiadas. Por último, en *A. subpinnata*, las colonias grandes concentraron casi exclusivamente las laceraciones y algunas mutilaciones, mientras que las de menor tamaño mostraron niveles muy bajos de daño, consistentemente con la mayor probabilidad de interacción entre artes de pesca y ramas largas y flexibles. No obstante, estos últimos datos se encuentran sesgados, pues representan el estado de la mayoría de las colonias observadas durante el proyecto, concentradas en el bosque monoespecífico de *A. subpinnata* del Seco de los Olivos. En este, las grandes colonias ofrecen cobertura a las colonias de menor porte, que crecen en los espacios libres entre las mismas. Esto haría que las grandes colonias actúen como paraguas, protegiendo a las pequeñas de un impacto que vendría con componentes verticales.

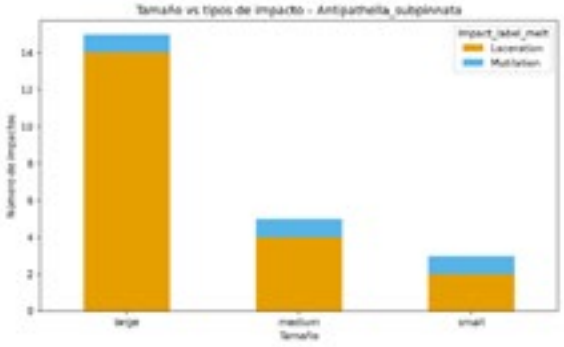
En general, las colonias grandes son, de forma desproporcionada, las más afectadas en número y diversidad de impactos, mientras que las medianas y, especialmente, las pequeñas experimentan daños más esporádicos, aunque normalmente más graves. Estos patrones sugieren que el desarrollo tridimensional colonial y el tamaño influyen fuertemente en la susceptibilidad a impactos y deben considerarse explícitamente en la evaluación del riesgo y en el diseño de medidas de conservación.

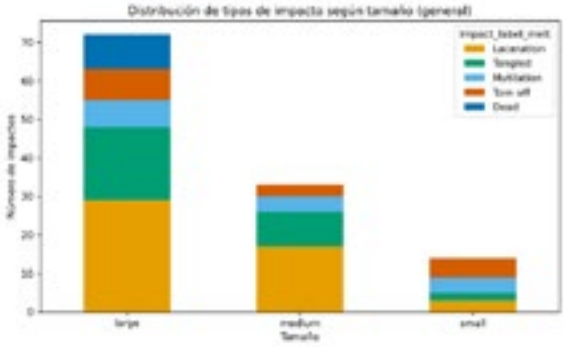

Tamaño vs tipos de impacto - Scleractinia_sp.1chocar
impact_label_melt
Laceration
Tangled
Mutilation
Torn off
Dead
Número de impactos
large
medium
small
Tamaño


Tamaño vs tipos de impacto - Ellisella_paraplexauroides
impact_label_melt
Laceration
Mutilation
Torn off
Número de impactos
large
medium
small
Tamaño


Tamaño vs tipos de impacto - Dendrophyllia_ramea
impact_label_melt
Laceration
Tangled
Mutilation
Torn off
Número de impactos
large
medium
small
Tamaño


Tamaño vs tipos de impacto - Dendrophyllia_cornigera
impact_label_melt
Laceration
Tangled
Número de impactos
large
medium
small
Tamaño


Tamaño vs tipos de impacto - Antipathella_subpinnata
impact_label_melt
Laceration
Mutilation
Número de impactos
large
medium
small
Tamaño


Distribución de tipos de impacto según tamaño (general)
impact_label_melt
Laceration
Tangled
Mutilation
Torn off
Dead
Número de impactos
large
medium
small
Tamaño

## 7.1.3. PROPUESTAS DE MITIGACIÓN DE IMPACTOS

Los diferentes análisis estadísticos, así como el estudio aparente del fondo marino realizado durante el proyecto muestran una serie de tendencias especialmente preocupantes, tal y como se ha mostrado durante este capítulo.

Para resolver estas tendencias, la medida principal propuesta pasa por la ordenación del fondo marino, con la creación de zonas de reserva estricta en las que se prohíban, en casos necesarios, la mayoría de los usos. Es paradójico a este respecto el hecho de que muchas de las alteraciones estudiadas se están produciendo dentro de zonas actualmente protegidas carentes de una regulación que ordene que usos se permiten en una zonación concreta, de forma que de forma efectiva no se está aplicando ningún tipo de protección sobre las mismas.

Es particularmente necesario aumentar la vigilancia para garantizar el cumplimiento de la ley, aportando todas las herramientas jurídicas que los técnicos o agentes encargados de aplicar esta normativa requieran.

Asimismo, es necesaria una revisión de las zonas protegidas existentes actualmente. Muchas de estas zonas fueron planteadas hace varias décadas y, actualmente, tras la nula gestión de estas, han dejado de cubrir los valores que protegían en el momento en que fueron propuestas. Además, los hábitats mesofóticos se encuentran en todo el mar de Alborán justo al límite de la mayoría de las zonas protegidas costeras, pues en el momento en el que estas fueron planteadas sobre el papel, muchas de las labores de exploración se basaron en las técnicas de buceo disponibles en el momento, con fondos máximos de 40 metros. Destacan a este respecto los entornos mesofóticos de Benzú, frente al LIC de Calamocarro-Benzú, los arrecifes sobre sustratos planos de la Piedra Vizcarra y las Piedras de Cerro Gordo, aledaños al límite exterior de la Zona de Especial Conservación de los Acantilados y Fondos Marinos de Calahonda-Castell de Ferro y el Paraje Natural de Maro-Cerro Gordo, respectivamente, aunque fuera de estas.

Por último, se hace necesaria, de forma general, una mejora significativa de la concienciación ambiental y de los valores que aportan estos entornos naturales. Sin el conocimiento del valor, sensibilidad y riqueza de los hábitats que se desarrollan sobre el fondo, la mayoría de las personas nos relacionamos con nuestro entorno siguiendo los usos y costumbres transmitidos de forma cultural, sin incluir datos novedosos que nos hagan reflexionar sobre nuestros comportamientos y adaptarlos para mejorar nuestra relación con un valor que, por otro lado, todo usuario con raciocinio desea preservar.

Por ello, la principal medida para mejorar la protección de estas zonas pasa por un aumento aplicado a las mismas por parte de las diferentes administraciones implicadas en su gestión y protección, pero también en la difusión de los valores y motivos que han desencadenado estas regulaciones.

No obstante, también cabe realizar una serie de recomendaciones para los diferentes colectivos que desarrollan sus actividades profesionales y recreativas en estas áreas.

- **Mitigación de impactos derivados de la actividad pesquera profesional**

Los resultados del análisis estadístico realizado han mostrado a la pesca profesional como uno de los principales responsables acumulados de los residuos e impactos que aparecen sobre los entornos del mesofóticos en el Mar de Alborán. Destacan a este respecto, sobre los entornos rocosos, los impactos generados por artes menores como el trasmallo o las líneas de nasas, cuya persistencia en el tiempo es muy notable.

No obstante, cabe destacar que los grados de cobertura y las tendencias en el sector parecen mostrar una dinámica de reducción en el impacto.

Ningún pescador impacta de forma voluntaria los entornos en los que faena, sufriendo de forma muy significativa en el caso de pequeñas embarcaciones la pérdida de aparejos de elevado coste. Por ello, desde la introducción de sistemas que permiten ver y conocer el fondo marino en el que se actúa, los impactos han debido seguir una tendencia a la reducción. Por ello, la principal recomendación pasa por la regulación de las zonas de operación en áreas especialmente sensibles, elaborándose áreas de reserva estricta que desplacen los lances con artes de fondo a distancias prudenciales de los entornos rocosos, de al menos 200m, de forma que incluso ante situaciones de deriva estos no acaben enredándose en las estructuras arrecifales, o con el uso de artes que operen en la columna de agua lejos del fondo marino.

- **Mitigación de impactos derivados de la actividad pesquera recreativa**

En cuanto a la pesca recreativa, el análisis muestra una tendencia preocupante, pues los impactos más recientes parecen estar asociados a este sector, nada desdeñable en algunos puntos en los que estaría superando en destrucción a las actividades profesionales.

A este respecto, la primera medida pasa por regular de forma eficaz el número de licencias emitidas, teniendo en cuenta la capacidad de carga de estos ecosistemas, promoviendo además la protección y prohibición de estas actividades sobre zonas rocosas en las que de manera clara son especialmente perniciosas.

De igual manera, la reducción de los contactos con el fondo depende de la distancia, por lo que teniendo en cuenta la actual democratización del uso de sistemas de levantamiento del fondo marino, sería recomendable que en el caso de aparejos de fondo estos fuesen lanzados igualmente a más de 200m de las áreas de roca.

- **Mitigación de impactos derivados de las basuras marinas**

La reducción de los impactos por basuras marinas pasa directamente por una mejora de la conciencia social al respecto y una mejora de los servicios en playas y entornos costeros, de forma que se reduzca de forma significativa el vertido puntual de residuos.

No obstante, el principal problema detectado a este respecto, especialmente en Granada y Almería, es el vertido descontrolado de un volumen abrumador de residuos agrícolas a los cauces estacionales. Estos residuos tienden a desplazarse durante los comunes fenómenos de lluvia torrencial al espacio

marino cercano, moviéndose por las corrientes hasta entornos con mayor desarrollo tridimensional, donde quedan enredados. Por ello, a este respecto y especialmente en estas provincias, se hace necesario una mejora en el control de esta problemática, no solo mediante la sanción de estas prácticas, sino mediante el aumento de espacios en los que los agricultores puedan deshacerse de estos residuos.

- **Mitigación de impactos derivados de vertidos de aguas residuales**

Se trata este de uno los problemas más flagrantes, pues depende directamente de la falta de gestión pública. En Ceuta, los vertidos derivados de la Estación Depuradora de Aguas Residuales (EDAR), se realizan al espacio protegido LIC del Monte Hacho y, sin embargo, carecen de control. Durante el transcurso de este proyecto se han detectado fenómenos de floculación masiva en el entorno del lugar de interés, con picos muy superiores a los valores legales en coliformes fecales. Esta situación es especialmente preocupante ya que afecta al espacio natural, pero también a las aguas de baño de todas las playas de la península de la Almina. La principal medida para mitigar este impacto pasa por controlar cómo se produce.

Asimismo, son comunes los vertidos de aguas residuales en municipios con un bajo número de habitantes censados en las costas de Málaga, Granada y Almería. Estos municipios carecen de EDAR al no superar el número de habitantes requeridos por la ley para la obligatoriedad de implantación de estas plantas de depuración. Sin embargo, en verano, cuando los municipios ven multiplicada de forma muy significativa su población por la afluencia masiva de turistas, los emisarios submarinos continúan vertiendo volúmenes muy preocupantes de aguas residuales. Este fenómeno se hace patente en toda la costa del litoral oriental andaluz. En municipios como Salobreña o Carchuna, en Granada, ha llevado en los últimos años al cierre de playas por superación de los valores legales de coliformes fecales. En el caso del municipio de Torrenueva Costa, este se ve beneficiado por el efecto tamponante del estudiado Cañón de Jolúcar, que no obstante se estaría viendo muy afectado por la llegada masiva de contaminantes, nutrientes y residuos plásticos como toallitas. Es especialmente alarmante a este respecto, pues afecta a algunas de las principales pesquerías de crustáceos en la zona, como la gamba blanca y la quisquilla.

A este respecto, la principal medida de mitigación pasa por mejorar la depuración de las aguas, de forma que se garantice la conservación de los espacios naturales, pero también la seguridad sanitaria de las playas aledañas a estos y la seguridad alimentaria de los productos que se extraen de los mismos.

- **Mitigación de impactos derivados del buceo recreativo y otras actividades de carácter recreativo**

El auge de ciertas actividades recreativas como el buceo y el uso de las motos de agua u otras actividades náuticas, principalmente, generan alteraciones directas e indirectas sobre los hábitats marinos. Si bien los hábitats mesofóticos pueden parecer, en un primer momento, desconectados o lejanos de la superficie, estos entornos están estrechamente relacionados con los hábitats someros, aunque también generen ecosistemas propios y hábitats únicos, tal y como se ha comentado a lo largo de esta guía.

El impacto generado por parte de estas actividades, *a priori* con magnitudes menores a las derivadas de actividades extractivas, puede comprometer la integridad de comunidades bioconstructoras de especial sensibilidad dada la gran recurrencia que pueden tener en puntos concretos, unido al aumento del turismo en época estival. Por un lado, el impacto ambiental que genera el buceo recreativo está cada vez mejor documentado (degradación del fondo, rotura de organismos bentónicos, etc.) y ha dado lugar a la aprobación de criterios de buceo responsable en reservas marinas (Orden APA/126/2019). Por otro lado, el reciente aumento en el uso de motos acuáticas, a su vez, genera un impacto negativo por posibles vertidos de combustible/aceite y por contaminación acústica, pudiendo modificar e interferir patrones de conducta habitual y movimientos coordinados de bancos de peces y cetáceos, entre otros.

La Zona Especial de Conservación (ZEC) Acantilados y Fondos Marinos de la Punta de la Mona, la ZEC Acantilados y Fondos Marinos de Calahonda-Castell de Ferro y el Lugar de Importancia Comunitaria (LIC) de la zona marítimo-terrestre del Monte Hacho son zonas especialmente sensibles a estos impactos debido al incremento que este tipo de actividades recreativas tienen en verano y, asimismo, dada la cercanía a la costa a la que se encuentran los hábitats mesofóticos en estas localidades. Otras zonas estudiadas como, por ejemplo, el Seco de los Olivos y otros cañones o microescarpes estudiados, a diferencia de las anterior, se encuentran más alejadas de la costa y/o más profundas, siendo menos proclives a estos impactos.

Las principales propuestas de mitigación se relacionan directamente con una mejor gestión, ordenación y vigilancia de los espacios marinos protegidos. En este sentido, un ejemplo claro del que se están pudiendo observar resultados positivos para los hábitats marinos ha sido la aprobación de la Orden de 7 de enero de 2025, por la que se regulan diversas actividades dentro de la Zona Especial de Conservación Acantilados y Fondos Marinos de la Punta de La Mona. Regulación que carecen muchas otras áreas como la ZEC Acantilados y Fondos Marinos de Calahonda-Castell de Ferro y el LIC de la zona marítimo-terrestre del Monte Hacho. Esta Orden reúne varias medidas que, bajo una buena vigilancia, pueden llegar a mitigar gran parte de los impactos. Algunos de estas medidas son:

- *Prohibición de fondeo libre fuera de las zonas definidas.*
- *Prohibición del uso de motos náuticas dentro de las ZECs.*
- *Control y seguimiento de las actividades de buceo con equipo autónomo en aguas de la ZEC.*
- *Autorización necesaria para actividades organizadas de ocio, deporte o turismo activo, sean realizadas por empresas o por cualquier otro tipo de colectivo.*

# 8. GLOSARIO

Como se mencionó anteriormente la descripción de los paisajes y hábitats se han centrado en el estudio de los cinco grupos de seres bioconstructores (algas, ascidias, briozoos, esponjas y cnidarios) con especial dedicación al último grupo también conocido como Anthozoa por ser los que pueden alcanzar mayor desarrollo tridimensional y estructural, proveyendo de infinidad de pequeños hábitats al resto de organismos. Además, en estas descripciones se pueden incluir otros organismos asociadas en función de la información que se disponga de ellos.

Para el mejor entendimiento de la guía creemos indispensable aclarar los siguientes términos:

- **Afloramiento (upwelling)**: Proceso oceanográfico mediante el cual aguas profundas, frías y ricas en nutrientes ascienden hacia la superficie, favoreciendo una alta productividad biológica.
- **Aguas Atlánticas Modificadas (MAW)**: Masas de agua de origen atlántico que penetran en el Mediterráneo y cuyos valores de temperatura y salinidad se modifican progresivamente.
- **Aguas Intermedias Levantinas (LIW)**: Masas de agua mediterráneas que se forman en el Mediterráneo oriental y circulan a profundidades intermedias, ricas en nutrientes y con elevada salinidad.
- **Aguas Profundas del Mediterráneo Occidental (WMDW)**: Masas de agua frías y densas que se originan por hundimiento en el Golfo de León y circulan por las zonas más profundas del Mediterráneo occidental.
- **Ambiente mesofótico**: Zona marina caracterizada por una iluminación débil, situada entre los ambientes bien iluminados y la oscuridad profunda.
- **Ambientes reófilos**: Hábitats marinos sometidos a corrientes intensas, donde predominan especies adaptadas a vivir en condiciones de fuerte hidrodinamismo.
- **Antozoos**: Grupo de invertebrados marinos del filo Cnidaria que incluye corales, gorgonias, anémonas y zoantídeos.
- **Batimetría**: Medición y representación de las profundidades del fondo marino.
- **Bentos**: Conjunto de organismos que viven asociados al fondo marino.
- **Bioconstructoras (especies)**: Especies capaces de generar estructuras físicas complejas en el fondo marino, creando hábitats para otros organismos.

- **Biomoduladoras (especies)**: Organismos que modifican las condiciones físicas o biológicas del hábitat sin generar estructuras rígidas.

- **Bionomía bentónica**: Disciplina que estudia la distribución y organización de las comunidades de organismos del fondo marino en relación con el medio.

- **Cañón submarino**: Valle profundo excavado en el fondo marino que actúa como vía de circulación de sedimentos y corrientes profundas.

- **Circalitoral (piso circalitoral)**: Franja del fondo marino situada por debajo del infralitoral, donde la luz llega muy atenuada y dominan comunidades de invertebrados.

- **Circulación termohalina**: Movimiento de las masas de agua oceánicas impulsado por diferencias de temperatura y salinidad.

- **Clado**: Grupo de organismos que comparten un ancestro común y todos sus descendientes.

- **Corales negros:** Orden de hexacorales caracterizados por un esqueleto interno proteico, de color oscuro, que habitan principalmente en ambientes mesofóticos y profundos.

- **Coralígeno**: Hábitat marino caracterizado por la acumulación de algas calcáreas e invertebrados que forman estructuras duras y complejas.

- **Corrientes anticiclónicas y ciclónicas**: Movimientos circulares de las masas de agua que giran en sentido horario (anticiclónicas) o antihorario (ciclónicas).

- **Criptodiversidad**: Diversidad biológica oculta, formada por especies distintas que no han sido descritas por falta de análisis profundos o similitud aparente a un taxón previamente descrito.

- **Crisis salina del Messiniense (MSC)**: Periodo geológico ocurrido hace unos 6 millones de años caracterizado por un aumento extremo de la salinidad del Mediterráneo.

- **Detritus**: Materia orgánica muerta que se deposita en el fondo marino y constituye una fuente de alimento para numerosos organismos.

- **Endemismo**: Condición de una especie que solo se encuentra de forma natural en una región geográfica concreta.

- **Endosimbiosis**: Proceso evolutivo mediante el cual un organismo vive dentro de otro estableciendo una relación beneficiosa, origen de las células eucariotas.

- **Entornos eutróficos**: Ambientes marinos ricos en nutrientes y con alta productividad biológica.

- **Entornos oligotróficos**: Ambientes marinos pobres en nutrientes y con baja productividad biológica.
- **Escarpe rocoso**: Pendiente abrupta del fondo marino o levantamiento del mismo formada por sustrato rocoso.
- **Esciáfilo / esciáfila**: Organismo adaptado a vivir en condiciones de baja iluminación.
- **Escleractinios**: Grupo de hexacorales que poseen un esqueleto externo calcáreo, responsable de la formación de arrecifes y estructuras rígidas en el fondo marino.
- **Estaciones Centinela**: Puntos de seguimiento ambiental donde se realizan observaciones periódicas para detectar cambios ecológicos a largo plazo.
- **Explosión Cámbrica**: Periodo de rápida diversificación de la vida animal ocurrido hace unos 540 millones de años.
- **Facies**: Expresión particular de un hábitat en función de su composición biológica o condiciones ambientales.
- **Flujo génico:** Intercambio de material genético entre poblaciones de una misma especie o especies en proceso de aislamiento.
- **Fondos detríticos**: Fondos marinos compuestos por sedimentos sueltos como arenas, gravas o restos biogénicos.
- **Giro oceánico**: Gran sistema de circulación marina en forma de remolino que condiciona la distribución de masas de agua.
- **Guyot**: monte submarino de forma troncocónica. Sus cimas suelen ser planas en comparación con el resto del relieve y suelen contener los restos de islas volcánicas antiguas que, en un pasado lejano, sobresalían del nivel del mar.
- **Hidrodinamismo**: Conjunto de fuerzas y movimientos del agua que afectan a los organismos y al fondo marino.
- **Llanura abisal**: Zona extensa y profunda del océano caracterizada por relieves suaves y escasa pendiente.
- **Macro-hábitat**: es un cuadro natural repetitivo dentro de un paisaje determinado que abarca varios metros de extensión y está constituido normalmente por los cinco grupos de especies características.
- **Macrobentos**: Conjunto de organismos bentónicos de tamaño relativamente grande, visibles a simple vista.

- **Maërl**: Fondo marino formado por algas rojas calcáreas libres que crean estructuras tridimensionales denominadas rodolitos.

- **Meso-hábitat:** es un cuadro natural repetitivo dentro de un macrohábitat que abarca un metro de extensión aproximadamente y está constituido normalmente por varias de los cinco grupos de especies características.

- **Mesofótico**: Relativo a la zona del océano con iluminación intermedia entre la superficie y la oscuridad profunda.

- **Micro-hábitat:** son pequeños cuadros naturales repetitivos dentro de un meso-hábitat que abarcan centímetros de extensión aproximadamente y está constituido normalmente por una o dos especies estructurales que conforman los hábitats.

- **Microhábitat**: Espacio de pequeña escala con condiciones ambientales particulares dentro de un hábitat mayor.

- **Nano-hábitat**: son espacios muy pequeños de milímetros de extensión que suelen pasar desapercibidos y se suelen encontrar muy camuflados en una pequeña parte de los principales organismos estructurales con estructuras calcáreas.

- **Nieve marina**: Agregados de materia orgánica que descienden desde la superficie hacia el fondo marino.

- **Orogenia**: Proceso geológico de formación de montañas debido a movimientos tectónicos.

- **Paisaje**: es un gran ámbito bentónico que se suele repetir en el espacio, caracterizado por la presencia de varias especies relevantes de invertebrados, normalmente corales. A veces una sola especie puede caracterizar un paisaje. Forman amplios cuadros naturales que cubren hectáreas de extensión.

- **Pelágico**: Relativo a los organismos que viven en la columna de agua, alejados del fondo marino.

- **Placa basal**: disco basal de una gorgonia, que conecta el esqueleto con el sustrato sobre el que se desarrolla. Común en especies que habitan sobre sustratos duros. Esta placa tiene normalmente una forma circular, agrandándose conforme crece la colonia.

- **Plataforma continental**: Extensión sumergida del continente que se prolonga desde la costa hasta el talud continental.

- **Producción primaria**: Generación de materia orgánica por organismos fotosintéticos a partir de energía solar.

- **Radiación evolutiva**: Proceso por el cual un grupo de organismos se diversifica rápidamente ocupando distintos nichos ecológicos.
- **Red trófica**: Conjunto de relaciones alimentarias que conectan a los organismos de un ecosistema.
- **Refugio marino**: Área que mantiene condiciones ambientales estables durante periodos adversos, permitiendo la supervivencia de especies.
- **Reófilo/ reófila**: Organismo adaptado a vivir en condiciones de elevado hidrodinamismo o corriente.
- **Resiliencia ecológica**: Capacidad de un ecosistema para resistir perturbaciones y recuperarse tras ellas.
- **Rodolito**: Nódulo calcáreo formado por algas rojas que crece libremente sobre el fondo marino.
- **Sedimentación**: Proceso de deposición de partículas sólidas en el fondo marino.
- **Sensu lato**: Expresión latina que indica un concepto usado en sentido amplio.
- **Servicios ecosistémicos**: Beneficios directos o indirectos que los ecosistemas proporcionan a la sociedad.
- **Talud continental**: Pendiente pronunciada que conecta la plataforma continental con las grandes profundidades oceánicas.
- **Termoclina**: Capa del océano donde se produce un cambio brusco de temperatura con la profundidad.
- **Zoantídeos**: Grupo de antozoos hexacoralarios coloniales o solitarios que no forman esqueleto rígido aunque pueden incorporar partículas en sus tejidos y suelen vivir asociados a otros invertebrados o sobre el sustrato.

# 9. AGRADECIMIENTOS

La elaboración de esta guía, como reflejo del trabajo realizado durante el proyecto MESO_Alborán 2, no habría sido posible sin la ayuda de instituciones y personas. Queremos aquí agradecerles esta ayuda incondicional.

A la Fundación Biodiversidad, cuyo apoyo y asesoramiento es crucial para el buen devenir de proyectos de esta envergadura. Al Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, encargado de facilitar las autorizaciones para la realización de las diferentes tareas. A la Cofradía de Pescadores de Motril y la Organización de Productores Pesqueros 85, aliados de forma abierta en la conservación del medio en las provincias de Granada y Almería, que han proporcionado su conocimiento sobre un sector crucial para la economía Azul. A la Universidad de Granada, y más concretamente al grupo BIO-200 de Genética Molecular por su colaboración en las labores de análisis genético, al Aula del Mar CEI·MAR UGR por su ayuda en la organización de actividades de transferencia y los investigadores del Departamento de Estratigrafía y Paleontología que junto al Instituto Andaluz de Ciencias de la Tierra nos invitaron a colaborar en las campañas de exploración del proyecto SANIMED. A las Autoridades Portuarias de Ceuta y Motril, cuya implicación y cesión de espacios ha facilitado de forma importante la logística del proyecto, permitido además la realización de jornadas para abrir el proyecto a la ciudadanía. A los centros de buceo, Buceo Burbujas, Buceo Calahonda, Scubasur Dive Center y Buceo Andalucía, por su labores e implicación, que han trascendido de forma desinteresada lo inicialmente contratado.

No podemos dejar de nombrar a personas, tan implicadas e integradas en este proyecto como los propios miembros de la Fundación Museo del Mar de Ceuta. A Emilio Ortíz Guerrero y Gustavo Romero Riverira, expertos en el entorno subacuático granadino, cuya labor no solo ha garantizado la seguridad de los técnicos en el entorno submarino, sino que ha ampliado el conocimiento de los entornos mesofóticos de esta provincia. Javier Galán Jaramillo, contraparte submarina en Ceuta, cuya generosidad a la hora de proporcionar conocimiento experto y apoyo técnico ha sido crucial para el buen devenir de las campañas de exploración tingitanas.

# 10. BIBLIOGRAFÍA


- Bache, F., Popescu, S. M., Rabineau, M., Gorini, C., Suc, J. P., Clauzon, G., ... & Çakır, Z. (2012). A two-step process for the reflooding of the Mediterranean after the Messinian Salinity Crisis. *Basin Research*, *24*(2), 125-153.
- Bicho, N., & Esteves, E. (2022). Pleistocene hunter-gatherer coastal adaptations in Atlantic Iberia. *Frontiers in Earth Science*, *10*, 957214.
- Booth-Rea, G., R. Ranero, C., & Grevemeyer, I. (2018). The Alboran volcanic-arc modulated the Messinian faunal exchange and salinity crisis. *Scientific Reports*, 8(1), 13015.
- Bourillot, R., Vennin, E., Rouchy, J., Durlet, C., Rommevaux, V., Kolodka, C., ... & Knap, F. (2010). Structure and evolution of a messinian mixed carbonate-siliciclastic platform: the role of evaporites (sorbas basin, south-east spain). Sedimentology, 57(2), 477-512. https://doi.org/10.1111/j.1365-3091.2009.01092.x
- Camerlenghi, A., Del Ben, A., Hübscher, C., Forlin, E., Geletti, R., Brancatelli, G., ... & Facchin, L. (2020). Seismic markers of the Messinian salinity crisis in the deep Ionian Basin. *Basin Research*, *32*(4), 716-738.
- Cita, M. B., WBF, R., & LONGINELLI, A. (1978). Messinian paleoenvironments. Initial rep. Deep Sea Drill. *Proj*. 42A, 1003–1035.
- Clemente-Conte, I., Ramos-Muñoz, J., Vijande-Vila, E., Jesús, J., Cabrera-Castro, R., Cuenca-Solana, D., ... & Barrena-Tocino, A. (2024). Hunting and fishing weapons, land and marine resources, technology and ways of life in the Neolithic sites of the Strait of Gibraltar region. *Hunting and Fishing in the Neolithic and Eneolithic*, 254.
- Comas, M. C., Platt, J. P., Soto, J. I., & Watts, A. B. (1999). 44. The origin and tectonic history of the Alboran Basin: insights from Leg 161 results. In *Proceedings of the ocean drilling program scientific results* (Vol. 161, pp. 555-580).
- Cortés-Sánchez, M., Morales-Muñiz, A., Simón-Vallejo, M. D., Lozano-Francisco, M. C., Vera-Peláez, J. L., Finlayson, C., ... & Bicho, N. F. (2011). Earliest known use of marine resources by Neanderthals. *PloS one*, *6*(9), e24026.
- Criado-Aldeanueva, F., Soto-Navarro, F. J., & García-Lafuente, J. (2012). Seasonal and interannual variability of surface heat and freshwater fluxes in the Mediterranean Sea: Budgets and exchange through the Strait of Gibraltar.
- de Stephanis, R., Cornulier, T., Verborgh, P., Sierra, J. S., Gimeno, N. P., & Guinet, C. (2008). Summer spatial distribution of cetaceans in the Strait of Gibraltar in relation to the oceanographic context. *Marine Ecology Progress Series*, 353, 275-288.

– Deli, T., Fratini, S., Ragionieri, L., Said, K., Chatti, N., & Schubart, C. D. (2016). Phylogeography of the marbled crab Pachygrapsus marmoratus (Decapoda, Grapsidae) along part of the African Mediterranean coast reveals genetic homogeneity across the Siculo-Tunisian Strait versus heterogeneity across the Gibraltar Strait. *Marine Biology Research*, 12(5), 471-487.

– Doughty, C. L., Quattrini, A. M., & Cordes, E. E. (2014). Insights into the population dynamics of the deep-sea coral genus Paramuricea in the Gulf of Mexico. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, *99*, 71-82.

– Fukumori, I., Menemenlis, D., & Lee, T. (2007). A near-uniform basin-wide sea level fluctuation of the mediterranean sea. Journal of Physical Oceanography, 37(2), 338-358. https://doi.org/10.1175/jpo3016.1

– García-Alix, A., Minwer-Barakat, R., Suárez, E. M., Freudenthal, M., & Martín, J. M. (2008). Late Miocene–Early Pliocene climatic evolution of the Granada Basin (southern Spain) deduced from the paleoecology of the micromammal associations. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, *265*(3-4), 214-225.

– Garcia-Castellanos, D., & Villaseñor, A. (2011). Messinian salinity crisis regulated by competing tectonics and erosion at the Gibraltar arc. *Nature*, *480*(7377), 359-363.

– Gibbons, A. (2017). Oldest members of our species discovered in Morocco. *Science*, *356*(6342), 993-994.

– Gil-Lopez, M. J., Segarra-Moragues, J. G., & Ojeda, F. (2014). Population genetic structure of a sandstone specialist and a generalist heath species at two levels of sandstone patchiness across the Strait of Gibraltar. *PloS one*, 9(5), e98602.

– González-Duarte, M. M., Megina, C., Piraino, S., & Cervera, J. L. (2013). Hydroid assemblages across the Atlantic–Mediterranean boundary: is the Strait of Gibraltar a marine ecotone?. *Marine Ecology*, 34, 33-40.

– Harris, P. T., & Whiteway, T. (2011). Global distribution of large submarine canyons: Geomorphic differences between active and passive continental margins. *Marine Geology*, *285*(1-4), 69-86.

– Hoffmann, D. L., Angelucci, D. E., Villaverde, V., Zapata, J., & Zilhão, J. (2018). Symbolic use of marine shells and mineral pigments by Iberian Neandertals 115,000 years ago. *Science advances*, *4*(2), eaar5255.

– Hsü, K. J., Montadert, L., Bernoulli, D., Cita, M. B., Erickson, A., Garrison, R. E., ... & Wright, R. (1977). History of the Mediterranean salinity crisis. *Nature*, *267*(5610), 399-403.

– Krijgsman, W., & Garces, M. (2004). Palaeomagnetic constraints on the geodynamic evolution of the Gibraltar Arc. *Terra Nova*, *16*(5), 281-287.

– Krijgsman, W., Capella, W., Simon, D., Hilgen, F. J., Kouwenhoven, T. J., Meijer, P. T., ... & Flecker, R. (2018). The Gibraltar corridor: Watergate of the Messinian salinity crisis. *Marine Geology*, *403*, 238-246.

– Krijgsman, W., Garcés, M., Agustı, J., Raffi, I., Taberner, C., & Zachariasse, W. J. (2000). The 'Tortonian salinity crisis' of the eastern Betics (Spain). *Earth and Planetary Science Letters*, *181*(4), 497-511.

– Lauk, H. D. (1976). Tierknockenfunde aus bronzezeitlichen Siedlungen bei Monachil und Purullena (Provinz Granada) (Doctoral dissertation).

– Martín, J. M., Braga, J. C., & Sánchez-Almazo, I. (1999). The Messinian record of the outcropping marginal Alboran basin deposits: significance and implications. In *Proceedings of the Ocean Drilling Program. Scientific Results* (Vol. 161, pp. 543-551).

– Martín, R. M. (2019). La explotación de los recursos pesqueros en la costa mediterránea de la península ibérica: del Neolítico a época ibérica. In *Recursos marins en el passat* (pp. 135-164). Museu de Prehistòria de València.

– Martinez-Martos, M., Galindo-Zaldivar, J., Lobo, F. J., Pedrera, A., Ruano, P., Lopez-Chicano, M., & Ortega-Sánchez, M. (2016). Buried marine-cut terraces and submerged marine-built terraces: the Carchuna-Calahonda coastal area (southeast Iberian Peninsula). *Geomorphology*, *264*, 29-40

– Martínez-García, P., Comas, M., Soto, J. I., Lonergan, L., & Watts, A. B. (2013). Strike-slip tectonics and basin inversion in the Western Mediterranean: The Post-Messinian evolution of the Alboran Sea. *Basin Research*, 25(4), 361-387.

– Muñiz, F., Cáceres, L. M., Rodríguez-Vidal, J., de Carvalho, C. N., Belo, J., Finlayson, C., ... & Ruiz, F. (2019). Following the last Neanderthals: Mammal tracks in late Pleistocene coastal dunes of Gibraltar (S Iberian Peninsula). *Quaternary Science Reviews*, *217*, 297-309.

– Myers, P. G., & Haines, K. (2002). Stability of the Mediterranean's thermohaline circulation under modified surface evaporative fluxes. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 107(C3), 7-1.

– Ocaña Vicente, O., Benhamú Vachilón, C., Moro Abad, L., Monterroso Hoyos, O. & Rosales Ruiz, A. (2025). *Historia natural del coral Astroides calycularis*, Fundación Museo del Mar de Ceuta.

– Ocaña Vicente, O., Bethencourt, D. C., Ruiz, A. R., Herrera, R., Pérez, A., Abad, L. M., ... & García, M. (2022). Morphotaxonomical and ecological study on circalitoral crypto-species of Paramuriceidae genera in the Northeast Atlantic and Mediterranean. *Revista de la Academia Canaria de Ciencias*, *34*, 129-182.

– Ocaña, O., Ramos, A., & Templado, J. (2009). Paisajes sumergidos de la región de

Ceuta y su biodiversidad. *Fundación Museo del Mar de Ceuta*. 254.

– Pons, M., De Stephanis, R., Verborgh, P., & Genovart, M. (2022). Sharp decreases in survival probabilities in the long-finned pilot whales in Strait of Gibraltar. *Marine Biology*, 169(4), 44.

– Popescu, S. M., Dalibard, M., Suc, J. P., Barhoun, N., Melinte-Dobrinescu, M. C., Bassetti, M. A., ... & Floodpage, J. (2015). Lago Mare episodes around the Messinian–Zanclean boundary in the deep southwestern Mediterranean. *Marine and Petroleum Geology*, *66*, 55-70.

– Ramos, J., Domínguez-Bella, S., Cantillo, J. J., Soriguer, M., Pérez, M., Hernando, J., ... & Bernal, D. (2011). Marine resources exploitation by Palaeolithic hunter-fisher-gatherers and Neolithic tribal societies in the historical region of the Strait of Gibraltar. Quaternary international, 239(1-2), 104-113.

– Rodrigo García, M. J., Jordá Pardo, J. F., Aura Tortosa, J. E., & Pérez Ripoll, M. (2001). Sobre dunas, playas y calas: los pescadores prehistóricos de la Cueva de Nerja (Málaga) y su expresión arqueológica en el tránsito Pleistoceno-Holoceno. *Archivo de Prehistoria Levantina*, *24*, 9-40.

– Rosales Ruiz, A., Ocaña, O., de la Herrán, R., Navajas-Pérez, R., Ruiz Rejón, C., Congil Ross, A., & Robles, F. (2025). Going deep into Parazoanthus axinellae (Anthozoa: Zoantharia) complex: description of two species in the Alboran Sea based on an integrative approach. *Marine Biodiversity*, *55*(1), 15.

– Roveri, M., Manzi, V., Bergamasco, A., Falcieri, F., Gennari, R., Lugli, S., ... & Schreiber, B. (2014). Dense shelf water cascading and messinian canyons: a new scenario for the mediterranean salinity crisis. American Journal of Science, 314(3), 751-784. https://doi.org/10.2475/05.2014.03

– Sánchez-Garrido, J. C., & Nadal, I. (2022). The Alboran Sea circulation and its biological response: A review. *Frontiers in Marine Science*, *9*, 933390.

– Smith, T. M., Tafforeau, P., Reid, D. J., Grün, R., Eggins, S., Boutakiout, M., & Hublin, J. J. (2007). Earliest evidence of modern human life history in North African early Homo sapiens. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *104*(15), 6128-6133.

– Soler, M., Martín, J., Sánchez Tocino, L., Carranza, J., Cordero, A., Moreno, A., Senar, J. C., Valdivia, M., & Bolivar, F. (2006). Fauna en acción: Guía para observar comportamiento animal en España.

– Zduniak, P., Yosef, R., Bensusan, K. J., Perez, C. E., & Tryjanowski, P. (2015). Biometry and phenology of two sibling Phylloscopus warblers on their circum-Mediterranean migrations. *ZooKeys*, (530), 113.

– Margalef, R. (1989). El Mediterráneo Occidental. *Ediciones Omega, Barcelona*.

– Sonnenfeld, P., & Finetti, I. (1985). Messinian evaporites in the Mediterranean: a model of continuous inflow and outflow. In *Geological Evolution of the Mediterranean Basin: Raimondo Selli Commemorative Volume* (pp. 347-353). New York, NY: Springer New York.

– Martín, J. M., Braga, J. C., Sánchez-Almazo, I. M., & Aguirre, J. (2012). Temperate and Tropical Carbonatesedimentation Episodes in the Neogene Betic Basins (Southern Spain) Linked to cLimatic Oscillations and Changes in Atlantic-Mediterranean Connections: Constraints from Isotopic Data. *Carbonate systems during the Oligocene–Miocene climatic transition*, 49-69.

– Gofas, S. (1998). Marine molluscs with a very restricted range in the Strait of Gibraltar. *Diversity and Distributions*, 255-266.




MESO Alborán 20

EXPLORANDO LA PENUMBRA

FUNDACIÓN
MUSEO DEL MAR
CEUTA



# MESO Alborán 20

EXPLORANDO LA PENUMBRA

Este proyecto se desarrolla con l colaboración de la Fundación Biodiversidad del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, a través del Programa Pleamar, y se cofinancia por la Unión Europea por el FEMPA (Fondo Europeo Marítimo, de Pesca y Acuicultura).

Esta guía/libro/publicación se produce enmarcada dentro de un proyecto cofinanciado por el Fondo Europeo Marítimo, de Pesca y de Acuicultura.

Cofinanciado por la Unión Europea

MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN

Fondos Europeos