

Historia natural
del coral

Astroides *calycularis*



Historia natural
del coral

Astroides *calycularis*

FUNDACIÓN MUSEO DEL MAR CEUTA

Redacción: Oscar Ocaña Vicente y Alfredo Rosales Ruiz
Dirección: Oscar Ocaña Vicente
Edición: Fundación Museo del Mar de Ceuta
Maquetación y Diseño: María Delia Sierra

Autores: Oscar Ocaña Vicente [1], Clara Benhamú Barchilón [1], Leopoldo Moro Abad [2], Oscar Monterroso Hoyos [3] y Alfredo Rosales Ruiz [1].

[1] Fundación Museo del Mar Ceuta. [2] Servicio de Biodiversidad del Gobierno de Canarias.
[3] Centro de Investigaciones Medioambientales del Atlántico S.L. (CIMA)

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

La redacción, maquetación e impresión de esta obra ha sido financiada por el Ministerio Para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico a través del proyecto "Observatorio de la Biodiversidad del Mar de Alborán y la Macaronesia 2" 2024-2025. Prohibida su venta.

Depósito legal: GR_1092-2025
ISBN: 978-84-09-75617-9
© 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.

Indice

Prefacio 7

Cap. I - Breve introducción a *Astroides calycularis* 13

Cap. II - Las comunidades de *Astroides calycularis* 23

Cap. III - Un caso singular: la producción de *Astroides calycularis* en fondos detríticos 33

Cap. IV - El ciclo de vida *Astroides calycularis*. Un ejemplo de seguimiento 39

Cap. V - Fauna asociada a *Astroides calycularis* 51

Cap. VI - Catálogo fotográfico de especies de microfauna detectadas 71

Cap. VII - Parásitos, predadores y competidores por el espacio 201

Cap. VIII - *Astroides calycularis* en la Región de Ceuta 215

Cap. IX - *Astroides calycularis* en la Región de Melilla y el Cabo Tres Forcas 223

Cap. X - Conclusiones 231

Agradecimientos 234

Bibliografía 236

Prefacio

Desde que en el año 2003 tuvimos la oportunidad de desarrollar el proyecto "Biología y divulgación para la conservación y mejor gestión de la especie *Astroides calycularis* y sus hábitats en los litorales de Ceuta y Melilla", hemos seguido trabajando incansablemente para acrecentar nuestro conocimiento sobre esta especie, patrimonial en el Mar Mediterráneo.

Aquel proyecto sirvió para establecer la importancia de los bancos superficiales y profundos del coral anaranjado en las dos ciudades autónomas españolas. Además, pudimos observar el doble papel ecológico del coral anaranjado tanto cuando forma bancos como cuando desarrolla fondos rodados de interés.

Por último, este proyecto financiado por el ministerio posibilitó que pudiéramos hacer una labor educativa y divulgativa sobre el valor científico, ecológico, estético y patrimonial de *A. calycularis* tanto en Ceuta como en Melilla.

Con posterioridad, pusimos en marcha investigaciones destinadas a estudiar la variabilidad genética de las poblaciones mediterráneas de *A. calycularis* llevadas a cabo en colaboración con el Museo Nacional de Ciencias Naturales en Madrid y cuyo resultado ha sido publicados (Merino-Serrais *et al*., 2012). También y fruto de las colaboraciones internacionales con investigadores franceses del CNRS y de la Universidad de Niza decidimos explorar la diversidad química que alberga un coral tan antiguo y con gran capacidad de supervivencia (Cachet *et al*., 2013).

En estos momentos, son también colaboradores de nuestro proyecto investigadores de la Universidad de Alicante, la Universidad de La Laguna, la Universidad de Alcalá de Henares, la Universidad de Granada, así como también de universidades y centros de investigación de Argelia y de Túnez (RAC/SPA), desarrollándose en diversos entornos de la Cuenca Mediterránea.

En los últimos años, los objetivos de estudio de la distribución ecológica, del seguimiento de los bancos y fondos rodados y de la fauna asociada han sido tan satisfactorios que, uniendo todos los datos junto con el anterior proyecto mencionado de 2003, se cuenta actualmente

con suficiente información para desarrollar un libro que concentre todos estos conocimientos sobre esta importante especie.

No obstante, es bien cierto que la reducción presupuestaria ha provocado ciertas renuncias técnicas que también han afectado a la extensión de los muestreos de seguimiento. No obstante, se ha procurado no perder la información esencial para cumplir con el objetivo primordial que se refiere a la conservación y buena gestión de los bancos de *A. calycularis* dentro de los espacios protegidos por la Red Natura 2000.

Aunque el principal aspecto de la ordenación solamente afectará al LIC de la Ciudad Autónoma de Ceuta, pues desafortunadamente en el litoral de la Ciudad Autónoma de Melilla no existen ni bancos ni colonias sueltas dentro del espacio marino del LIC de los acantilados de Aguadú. Esto ha sido un obstáculo insalvable que ha imposibilitado que pudiéramos estudiar comparativamente la especie en Melilla. No obstante, hemos desarrollado una propuesta de protección para estos bancos superficiales que ha tenido una buena aceptación en la autoridad ambiental de la Ciudad Autónoma.

A modo de resumen podemos decir que sumando todos los datos conocidos sobre el coral anaranjado tanto publicados por nosotros (Ocaña, 2003; Ocaña *et al*., 2007; Ocaña *et al*., 2009; Merino-Serrais *et al*., 2012; Cachet *et al*., 2013) como por otros investigadores (Zibrowius, 1980; López-González, 1993; Kruzic *et al*., 2002; Grubelic *et al*., 2004; Bianchi, 2007; León Muéz y Terrón Sigler, 2009; Goffredo *et al*., 2011; Casado de Amezúa, 2012; Casado de Amezúa *et al*., 2013; Ledoux *et al*., 2021) sabemos que es una especie antigua del Mar Mediterráneo, variable desde el punto de vista genético ya que según los microsatélites analizados existen diferencias entre poblaciones distantes del coral anaranjado, portadora de moléculas con potencial médico según análisis químicos y muy cercana al género *Tubastrea*, tanto desde el punto de vista morfológico como del químico. Los estudios de reproducción han indicado claramente los rangos de temperatura en los que el desarrollo gonadal y la formación de plánulas son posibles. La distribución general del coral anaranjado es conocida a muy grandes rasgos.

En general, podemos decir que sabemos bastante con relación a la biología necesaria para desarrollar planes de conservación que salvaguarden a las poblaciones someras del coral anaranjado y, sin embargo, todavía quedan muchas cuestiones por descubrir respecto a los bancos

profundos de *A. calycularis* y también a los superficiales pero situados en diferentes áreas geográficas.

La capacidad de producción de larvas es mucho más dilatada en la región geográfica estudiada e indica que los bancos de *A. calycularis* están respondiendo de una manera pormenorizada a las variaciones de las masas de agua en la región de Alborán. Por esto, hemos detectado larvas a lo largo de ocho meses desde mayo hasta el mes de octubre. Posiblemente los investigadores italianos considerarían a la luz de estos nuevos datos al coral anaranjado como mucho más "R" desde el punto de vista de la reproducción de lo que podrían haber supuesto. Es también bajo nuestro criterio una especie muy capaz de competir en medios iluminados soportando y adaptándose plásticamente a la competición con las algas; en los medios de penumbra compite exitosamente con las esponjas y se adapta a las circunstancias mostrando una gran capacidad para superar las dificultades a las que ciertas esponjas someten a las colonias. Las diferencias entre las colonias superficiales y profundas van mucho más allá de la morfología de los pólipos y representa una enorme adaptación a los medios batidos y no batidos por reducción del peso de los esqueletos. Esto no se puede apreciar en las colonias que se desarrollan en Italia dónde solo existe comunidad superficial, al menos en la mayor parte de los ambientes dónde se conoce a la especie. En cualquier caso, los investigadores italianos hablan de una distribución en profundidad de hasta 50 metros, pero no aportan investigaciones con este tipo de material.

Una combinación de morfología incrustante, pólipos con esqueletos cortos y un peso exiguo por la escasa acumulación de carbonato cálcico son las características de las poblaciones someras del coral anaranjado en nuestra región. Esta morfología se muestra contrapuesta con la que acontece en profundidad donde las colonias son gruesas, con mayor número de pólipos y también presentan esqueletos más largos, de peso mucho mayor cuando se comparan las colonias caídas en zonas profundas o someras. De hecho, son el peso y la diferente adaptación morfológica de la colonia al substrato los factores que aceleran o disminuyen las caídas de las colonias al fondo. De esta forma, de manera natural los bancos profundos de *A. calycularis* situados en substratos inclinados o en paredes verticales sufren mucho más las caídas de colonias que aquellos bancos que se desarrollan en superficie. Por estos motivos, el coral anaranjado es capaz de formar fondos detríticos de valor ecológico en aquellas zonas profundas dónde las condiciones son propicias.

Nuestros datos de crecimiento de colonias adultas, larvas y pequeñas colonias muestran algunos aspectos a tener en cuenta.

En primer lugar, nos reafirma en la convicción biológica de que nos encontramos ante un coral ahe rmatípico, con crecimiento lento en las colonias adultas y con datos variables con respecto a las larvas y pequeñas colonias según la estación estudiada. En un primer momento, el éxito reproductivo inmediato es patente por la gran cantidad de pequeños pólipos que se observan en las estaciones estudiadas. Sin embargo, es la competencia con otros organismos una de las mayores dificultades que deben afrontar los pequeños pólipos afianzados. En una superficie del bentos, colonizada por especies ramificadas o incrustantes, la supervivencia de las larvas es baja a menos que se sitúe en una plataforma elevada como por ejemplo los esqueletos dejados por otras colonias que murieron. En superficies plenas de bentos abigarrado la tasa de supervivencia después de haberse alcanzado el éxito reproductivo inmediato es de uno a cuatro. Según nuestras observaciones son las superficies lisas y con ausencia de competidores por el substrato las que permiten la supervivencia de las larvas y el incremento de estas con nuevos reclutamientos. De tal manera, que en este tipo de superficies llegan a convivir larvas producidas en diferentes años como hemos mostrado con nuestros datos. Ciertamente, en general, los cambios más significativos observados a lo largo del seguimiento han sido los cambios de grosor, pero sin división del pólipo o con una sola división. Las pequeñas colonias aumentan su tamaño en el periodo comprendido entre el verano y el otoño.

Por otra parte, los competidores más importantes detectados de *A. calycularis* son las algas y algunas esponjas incrustantes. Estas últimas desarrollan unas estrategias muy especializadas para competir con el substrato con el coral anaranjado. Asimismo, hemos detectado mortandades masivas de colonias en fondos someros que pueden estar directamente relacionados con un proceso infeccioso.

También creemos que nuestra investigación ha sido pionera en sacar a la luz la gran concentración de diversidad que se produce entorno a las colonias del coral anaranjado. Nuestros datos muestran que los datos de diversidad ecológica pueden ser comparables a los de los ecosistemas más ricos y diversos del planeta. El papel ecológico como bioconstructor de gran importancia mediterránea está bien demostrado.

En definitiva, y además de todo lo expuesto sobre las colonias que han sido objeto de seguimiento, nuestra investigación aporta datos de interés en cuanto a la distribución ecológica y su gran capacidad de colonización de fondos someros y profundos a lo largo de la fachada africana del Mediterráneo. Yendo más lejos, pensamos al igual que algunos investigadores especializados en los fenómenos de variaciones climáticas y procesos biológicos, que esta especie puede ser una de las llamadas a protagonizar cambios importantes en los fondos rocosos infralitorales y circalitorales del Mediterráneo.

A niveles más prácticos, la ordenación de los bancos en las zonas protegidas por la UE en Ceuta y otros lugares del Mar de Alborán, como la costa de Granada, ha quedado bien planteada. Si bien, todo estudio científico que se precie posibilita que se abran otros nuevos horizontes en el conocimiento de esta especie y en los ámbitos de estudio del coral anaranjado.

En cuanto a su acción como especie indicadora de fluctuaciones climáticas, es interesante destacar que la capacidad de colonización que desarrolla en los lugares donde las condiciones les son favorables es un factor a su favor. Sin embargo, necesitamos proyectos de exploración que aporten más datos para completar la distribución mediterránea de esta especie. De cara al futuro, se deberían desarrollar estudios de colonización y de velocidad de ocupación de substratos, además también se deben realizar estudios sobre zonas de distribución límite.

Por otra parte, nuestros análisis no permiten estudiar la potencia reproductiva a partir de la generación de larvas, la producción de las colonias y el éxito de afianzamiento de estas requiere estudios combinados de histología y de ecología experimental que implante albergues larvarios incluidos el cultivo de colonias en acuarios experimentales. Se trata de unos estudios más avanzados que sobrepasan la temporalidad de nuestro seguimiento y la metodología comprometida. Un estudio pormenorizado de química e histología comparando colonias someras y profundas nos puede ofrecer datos interesantes sobre las diferencias de los bancos en estos dos hábitats. Los bancos profundos de *A. calycularis* necesitan mayor atención y desarrollo de estudios histológicos y químicos que aumenten nuestros conocimientos sobre la reproducción y el potencial competitivo de este tipo de bancos. De la misma manera se necesitan estudios más precisos de temperatura, contaminación por aguas fecales y microbiológicos que nos ayuden a comprender los epi-

sodios de muertes masivas y cuáles son las causas que los producen. También necesitamos comprender más profundamente la relación de competición con ciertas esponjas y también los refuerzos ecológicos de asociaciones que algunas de estas esponjas mantienen con otros organismos. Los estudios comparados de genética y de morfología aportarán luz a las relaciones de parentesco de *A. calycularis* con las especies filogenéticamente más cercanas y los estudios de paleobiogeografía y paleoclimatología unidos a los geológicos sobre la evolución de la cuenca mediterránea serán decisivos para entender la historia evolutiva de esta emblemática especie.

Oscar Ocaña Vicente
Director de la Fundación Museo del Mar de Ceuta

Capítulo I

Breve introducción a *Astroides calycularis*

Conocido comúnmente como coral naranja, *Astroides calycularis* es un coral hermatípico (constructor de arrecifes) carente de zooxantelas. Aunque esta definición, acuñada por Wells (1933), se usa erróneamente para designar únicamente a corales zooxantelados constructores de arrecifes, las revisiones del término remarcan la presencia de grandes bioconstructores coralinos libres de simbiontes (Schuhmacher & Zibrowius, 1985). En el caso de Astroides, como se verá en los siguientes capítulos, esta capacidad de construir ecosistemas ha quedado completamente constatada, generando sustratos sobre paredes con diferentes inclinaciones, pero también fondos rodados en los esqueletos senescentes se concentran formando acúmulos que aglutinan una importante diversidad.

Entender la naturaleza de una especie tan singular como *A. calycularis* es una labor compleja, más aún resumirla de forma abierta, tratando de alejarla de tecnicismos, acercándola a un lenguaje científico más amable.

Quizás, para empezar a comprender una especie, es interesante comenzar abordando su historia natural. Las especies presentes hoy día son fruto de una historia propia directa, pero también indirecta. Esta historia indirecta, no solo depende de las interacciones que sus antecesores desarrollaron con otros competidores biológicos, sino también de eventos geológicos, climáticos e incluso planetarios.

En este sentido es *Astroides* una especie relicta, un fósil viviente que nos muestra la existencia de un periodo en el que el actual Mediterráneo se comportó como un mar tropical en el que dominaban las especies coralinas al igual que ocurre hoy día en mares más cálidos. Por ello, es de interés, una breve descripción del Mar de Tethys y como este se fue desarrollando hasta el Mediterráneo actual.

El Tethys fue un mar arcaico que se desarrolló desde hace 250 millones de años, inundando en el eje este-oeste el canal presente entre los dos grandes continentes Gondwana y Laurasia, derivados de la división transversal del megacontinente Pangea, hasta hace aproximadamente 50 millones de años.

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 mediterránea dos eventos más recientes. 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, siendo 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 del Mar de Alborán, 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 la Península Ibérica (Corredor Bético) y el norte de África (Corredor Rifeño), apareciendo numerosas islas precursoras de las sierras y cordilleras de la zona (Braga *et al*., 1990; Martín & Braga, 1994; Krijgsman *et al*., 2018).

La existencia de estos mares cálidos culmina hace 6 Ma, cuando se produce el cierre casi total de estos estrechos, generándose una importante situación de evaporación y aumento de la salinidad en algunas regiones del Mediterráneo que perdura al menos medio millón de años. Esta situación, conocida como Crisis de salinidad del Messiniense (MSC, siglas en inglés de Messinian Salinity Crisis), irá revirtiendo con la apertura del Estrecho de Gibraltar, para conformar la situación que conocemos actualmente.



Localización de los canales conocidos entre el Mediterráneo y el Atlántico que existieron durante el Mioceno tardío y el Plioceno. Modificado de Krijgsman *et al*., 2018.

Conocer a ciencia cierta como las especies de corales ahermatípicos como *A. calycularis* sobrevivieron a este periodo, en el que el Mediterráneo afrontó importantes cambios es muy complicado, pero se están abordando una serie de hipótesis que permiten explicar este sorprendente evento.

Destaca aquí la hipótesis que plantea la posible existencia de lagunas o cuencas menores, en las que se refugiaron los antecesores de multitud de especies que han perdurado en el Mar Mediterráneo. No obstante, en el caso de *Astroides,* no se conocen yacimientos anteriores

al Pleistoceno, aunque sí se han detectado especímenes del género *Paleoastroides*, posible antecesor de este, que se extienden hasta el Mioceno medio (Vertino *et al., 2014)*.

Durante el Pleistoceno, *A. calycularis* parece comenzar un proceso de radiación por el Mediterráneo. Los yacimientos más antiguos conocidos se encuentran en Italia, en zonas en las que actualmente la especie no habita, esta parece haber presentado un rango de distribución que se extendió en periodos interglaciares incluso por la costa norte de la Cuenca Occidental Mediterránea (Zibrowius, 1995).

Este proceso de radiación reciente ha sido estudiado en los últimos años mediante herramientas genéticas.

Las investigaciones llevadas a cabo por Merino-Serrais *et al.* (2012) utilizando marcadores mitocondriales (COI) y nucleares (ITS) revelaron una leve diferenciación genética entre los límites occidentales y orientales de la distribución de *A. calycularis*. A este respecto, parece existir una homogeneidad genética en la cuenca occidental, mientras que las poblaciones del Tirreno y el norte de África presentan una diferenciación moderada. Esto apunta a un flujo genético restringido. Complementando estos resultados, el trabajo de Casado-Amezúa *et al*. (2012) proporciona una perspectiva detallada sobre la variabilidad genética de *A. calycularis* en el Mediterráneo occidental. Su análisis reveló que existe conectividad genética en poblaciones cercanas, siendo más moderada en poblaciones distantes, lo que sugiere que, aunque existe conectividad, también hay señales de aislamiento histórico o contemporáneo. Este patrón parece estar vinculado a la biología de la especie, con una capacidad baja de dispersión, así como a factores oceanográficos, como corrientes que limitan la dispersión larval y a procesos históricos de colonización y fragmentación de hábitats, basándose la colonización de esta especie en el modelo "Stepping Stone" (Kimura & Weiss, 1964).

Más recientemente, en Ledoux *et al.* (2021), los cálculos estadísticos realizados apoyan la hipótesis de la expansión postglacial del área de distribución, lo que sugiere una intrincada historia evolutiva de *A. calycularis*. El escenario evolutivo más probable implicó una fundación secuencial. En este escenario, un primer evento de divergencia desde la población refugio propuesta condujo a la subpoblación del sur de Italia oriental, potencialmente concomitante con la divergencia de la subpoblación tunecina, y seguido por las divergencias de las subpoblaciones

del Mar de Alborán y entornos aledaños. No obstante, es necesario seguir ampliando la información al respecto pues parece probable que la elevada diversidad de modos de vida que muestra la especie en el Mar de Alborán tenga un significado en cuanto a la historia natural. Más aun teniendo en cuenta la singular riqueza en especies endémicas que muestra este mar, así como la especial tendencia al mantenimiento de poblaciones relictas para octo y hexacoralarios, que podría tener una explicación en la existencia, durante los periodos de desecación del Mediterráneo, de entornos de refugio, en los que se han podido desarrollar criptoespecies o poblaciones aisladas.

Actualmente, la especie parece estar envuelta en un fenómeno expansivo que podría verse potenciado por el Cambio Global. Con el incremento de las temperaturas medias en las masas de aguas mediterráneas su expansión sería esperable.

Es llamativo el aumento significativo de poblaciones conocidas tras el Evento Transitorio del Mediterráneo Oriental (conocido como EMT, siglas en inglés de "Eastern Mediterranean Transient Event"). Este evento, de consecuencias dramáticas para la circulación de corrientes en todo el Mar, tuvo lugar en el mar Egeo entre 1988 y 1995 y se produjo por la subducción de aguas superficiales e intermedias repentina más importante de la que se tiene constancia en los registros instrumentales (Incarbona *et al.,* 2016). Tuvo un importante efecto en las corrientes superficiales mediterráneas, viéndose completamente invertidas en el Mar Jónico, lo que pudo promover la entrada de la especie desde el Canal de Sicilia hacia el Adriático, propiciando el asentimiento de las poblaciones recientemente observadas en Croacia.

Actualmente *A. calycularis* se encuentra en un ambiente bentónico libre de grandes corales hermatípicos y debe desarrollarse en aguas templadas o frias. No obstante, se conoce por el registro fósil que esto no debió ser así en el ambiente originario del que provino. En los arrecifes tropicales atlánticos los escleractinios zooxantelados colonizan muy eficientemente los ambientes bentónicos, desplazando a las especies de *Tubastrea*, parientes cercanas de *Astroides* con modos de vida muy similares, a los ambientes de penumbra como cavernas y grietas. De hecho, las especies del género *Tubastrea* pueden llegar también a formar modestos fondos detríticos en la entrada de cuevas y en otros ambientes de penumbra, singularidad que como trataremos más adelante también presenta *Astroides*.



Tubastrea coccinea del archipiélado de Cabo Verde

Por todo ello, y a la luz de las observaciones naturalistas y científicas, *A. calycularis* parece constituir una anomalía ecológica al normal funcionamiento de los corales ahermatípicos de los mares tropicales.

Como consecuencia y a lo largo de la costa mediterránea occidental africana, entre Ceuta y Túnez, el crecimiento y la ocupación bentónica del coral se aprecia algo desequilibrada y solo es frenado por la sedimentación que impide el crecimiento y desarrollo de las colonias. De hecho, en Andalucía, especialmente en las costas de Granada y Málaga, altamente afectadas por procesos de sedimentación, resuspensión y afloramiento de aguas profundas frías, solo se desarrollan algunos bancos en zonas superficiales menos sedimentarias y cálidas.

En Italia las colonias son todas superficiales y posiblemente no descienden en profundidad debido a las bajas temperaturas del invierno y las duras termoclinas veraniegas.

Las temperaturas prolongadas por debajo de los 14ºC no favorecen la expansión del coral anaranjado y parecen ser igualmente uno de los factores principales para la expansión de esta especie a lo largo del Mediterráneo (Zibrowius, 1980). Argumentos similares se han puesto de manifiesto para justificar también la presencia de otras especies de corales termófilos en el Mediterráneo (Ocaña *et al*., 2006). En este sentido, *A. calycularis* puede ser un buen indicador de fluctuaciones de temperatura por su gran potencial ecológico de colonización. En puntos como las islas Eolias se comprueba este fenómeno de restricción térmica.





Astroides calycularis en las Islas Eolias

Pese a esta tendencia expansiva natural, que puede estar viéndose impulsada actualmente por fenómenos del Cambio Global, las poblaciones se encuentran sometidas a presiones y amenazas derivadas en muchas ocasiones de la carencia de planes de ordenación sobre los entornos en los que habita. El estudio de Terrón-Sigler *et al*. (2016) mostró que los bancos costeros de esta especie pueden verse significativamente afectados por actividades recreativas como la pesca deportiva y el buceo recreativo, especialmente en zonas con alta presión turística donde además se unen otros factores como la contaminación, mostrando una elevada vulnerabilidad frente a las presiones humanas costeras. Más recientemente, en Terrón-Sigler (2024), se ha detectado una reducción de hasta el 65% de cobertura en algunas de las poblaciones de A. *calycularis* en la fachada norte del Mar de Alborán influenciada por la colonización altamente invasiva del alga exótica *Rugulopteryx okamurae.*

Capítulo II

Las comunidades de *Astroides calycularis*

La elevada complejidad estructural de los bancos de coral naranja hace que en estos se concentre un número de especies con una compleja red de relaciones tróficas. En muchos casos, por no decir en la mayoría, estas relaciones particulares están todavía por estudiar en detalle. Como consecuencia inevitable del trabajo científico multidisciplinar, gran parte de los análisis de la fauna asociada a los bancos de *Astroides calycularis* están todavía siendo estudiados por diversos especialistas en los distintos grupos taxonómicos.

Sin embargo, en un nivel macroscópico y práctico se han podido distinguir varios tipos de comunidades asociadas a los bancos que es capaz de formar este coral en función de las condiciones ambientales dónde se desarrolla.

Comunidad de acantilados, entrada de grandes cuevas y cañones de fondos muy someros

Estos bancos se caracterizan por el escaso desarrollo que presentan las colonias en grosor, apenas sobresaliendo del sustrato. Están bien caracterizadas por la mayoritaria presencia de algas calcáreas incrustantes y por las colonias del propio coral. El escaso grosor de estas colonias está bastante bien explicado como consecuencia del continuo embate del mar y la elevada pendiente, tratándose de un medio bastante estresante para ser colonizado por un coral colonial de estas características.





Comunidad de extraplomos, paredes y túneles en fondos someros

En la zona infralitoral también pueden darse extraplomos y túneles con una comunidad similar pero no tan desarrollada ni estructurada como la que se desarrolla en el infralitoral profundo y el circalitoral.

En general, en estos ambientes las esponjas y ciertos elementos filtradores han sustituido a las algas calcáreas que no pueden penetrar con las condiciones luminosas demasiado disminuidas.

Las colonias pueden crecer algo más en grosor y las caídas son menos frecuentes debido a la cementación natural que le proporcionan los elementos que lo acompañan. Hay ciertas diferencias en lo que se refiere a las especies acompañantes de esponjas. En general, la comunidad es menos diversa y los elementos que la componen son de menor tamaño.



Comunidad de túneles y entrada de cuevas en el infralitoral profundo y el circalitoral

Las características de estos bancos son distintas a las anteriores, pues las colonias del coral adquieren un gran grosor y sobresalen bastante del sustrato.

Esta comunidad está caracterizada por la presencia de varias especies de esponjas (*Ircinia spp, Aplysina sp, Phorbas tenacior, Petrosia ficiformis),* de ascídias *(Synoicum blochmanni, Polycitor adriaticum y Clavelina),* el coral solitario *Leptopsammia pruvoti* y del poliqueto *Filograna implexa.* En los lugares más prístinos desde el punto de vista ambiental también son frecuentes las colonias de la esponja *Haliclona mediterranea.*





Detalle de la pared con *A. calycularis, Filigrana implexa*, *Aplysina sp, Polycitor adriaticum* y *Clavelina nana*

Comunidad de acantilados sumergidos en el infralitoral profundo y el circalitoral

A. calycularis forma también grandes bancos en comunidades infralitorales profundas y circalitorales, conformando hábitats similares a los que se forman en los grandes túneles sumergidos, pero con una mayor incorporación de especies, sobre todo si en el acantilado aparecen pequeñas cavidades que enriquecen el número de ambientes posibles. Se trata de entornos de especial singularidad. En estas circunstancias, la comunidad se caracteriza por unas colonias de gran tamaño, entre las que aparecen dispersas las mismas especies que en la comunidad anterior, pero con mayor presencia de *L. pruvoti*, y con la incorporación de mayor número de esponjas incrustantes. También se incorporan ejemplares de la gorgonia *Paramuricea clavata* y, en algunos puntos con algo más de penumbra, es posible observar poblaciones de coral rojo (*Corallium rubrum*). Las zonas pobladas con las dos especies de coral son enormemente ricas en biodiversidad. De hecho, algunas zonas de la pared, la especie dominante puede ser incluso el propio coral rojo, desplazando a la especie *A. calycularis*.



Comunidades reófilas de zonas afectadas por un intenso hidrodinamismo del infralitoral profundo y el circalitoral

Se trata de una comunidad formada principalmente por grandes colonias de *A. calycularis,* que conforman uno de los entornos más productivos en lo que a esta especie de coral se refiere. Además, junto con la comunidad que se establece en los acantilados del infralitoral profundo y el circalitoral, es la que mayores aportaciones realiza a la constitución de los fondos detríticos o fondos de coral rodado

Entre estas, al ser zonas muy claras con gran penetración de la luz, se observan placas de algas calcáreas y poblamientos del alga parda *Halopteris filicina*. Además, son comunes algunas especies de hidroideos (*Eudendrium spp., Aglaophenia spp., Antenella spp.* y *Gymnangium montagui*), las esponjas incrustantes y las ascídias coloniales (*Synoicum blochmanni* y *Polycitor adriaticum*). Por otro lado, cuando las condiciones de hidrodinamismo no son especialmente adversas, con intensidades bajas o moderadas, aparecen en esta comunidad elementos erectos. De hecho, la comunidad reófila de la región de Melilla está formada por *Astroides calycularis* y la gorgonia *Eunicella singularis* como especies más características y abundantes.







Capítulo III

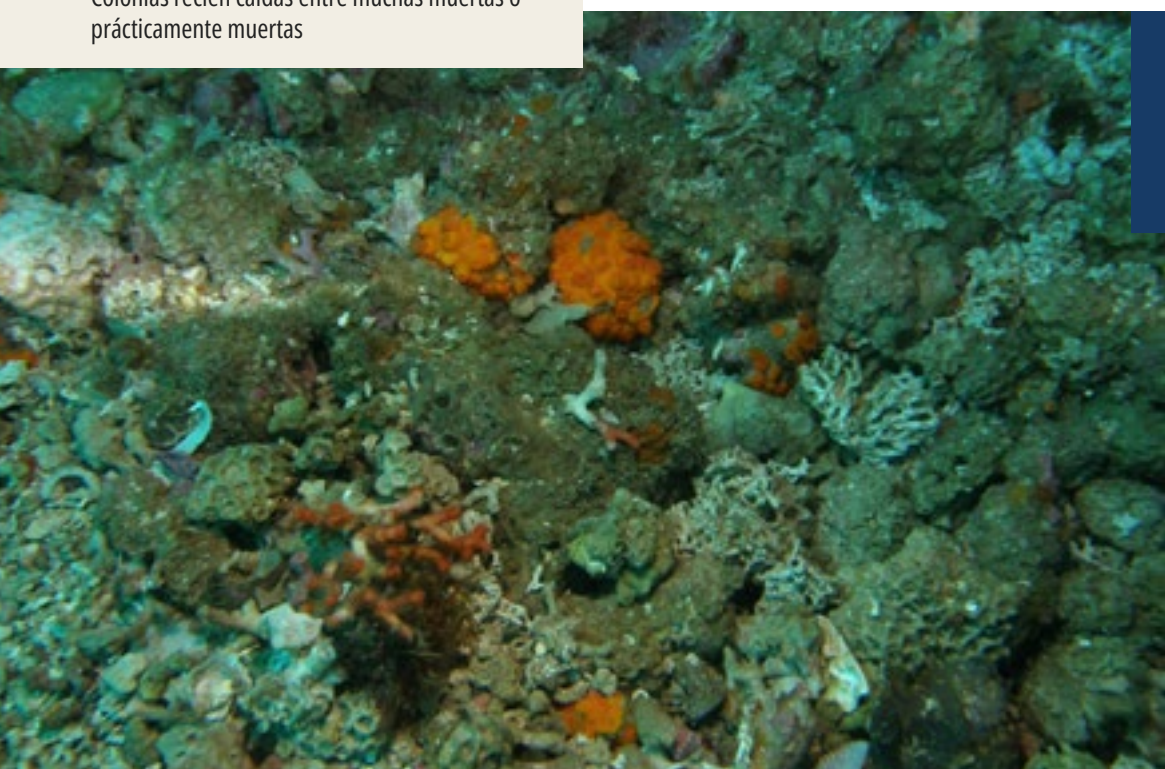
Un caso singular: la producción de *Astroides calycularis* en fondos detríticos

La producción de *Astroides calycularis* en fondos detríticos es un aspecto clave a la hora de enfrentar la gestión y la ordenación de los bancos de esta especie asociados a los lugares protegidos. Dada su importancia, se ha entendido oportuno presentar este punto concreto como un capítulo aparte del anterior.

A. calycularis tiene una tendencia natural a desprenderse de las paredes para crear fondos de corales rodados (detríticos), que constituyen en sí mismos un hábitat como ocurre con otras especies de corales (*Asterosmilia; Tubastrea* o *Coenosmilia*) distribuidas en el océano Atlántico.

A lo largo de las actividades de investigación que han dado lugar a este libro se ha podido establecer la contribución de la especie *A. calycularis* a crear este tipo de fondos en zonas del litoral ceutí, habiendo sido observado igualmente en otras áreas del litoral del Mar de Alborán como los acantilados de la costa granadina o los Farallones, en el Cabo Tres Forcas. Asimismo, también se han estudiado las causas del desplome de las colonias y se han comparado cuantitativa y cualitativamente las especies de microfauna invertebrada que se asocian a este tipo de fondos rodados.

Colonias recién caídas entre muchas muertas o prácticamente muertas



A. calycularis es una especie que en determinados ambientes se desploma con cierta facilidad, dando lugar a una sustitución y renovación, de forma que las colonias que se desploman son sustituidas por otras que vuelven a crecer completando el ciclo de crecimiento y desplome. La contribución de *A. calycularis* a la formación de fondos detríticos constituidos por esqueletos de corales rodados es notable. Si bien la producción de este tipo de fondos es bastante desigual hasta el punto de que solo se llegan a producir, como tales, en aguas a partir de los 25 metros de profundidad.

Es por lo tanto un fenómeno ecológico solo conocido hasta el momento en el infralitoral profundo y el circalitoral superior (entre 25 y 60 metros), pero presenta similitudes con los fondos de maërl o de algas calcáreas libres, así como con fondos de corales tropicales rodados, en tanto que son capaces de concentrar una gran cantidad de especies bentónicas con claras influencias en la producción pesquera.

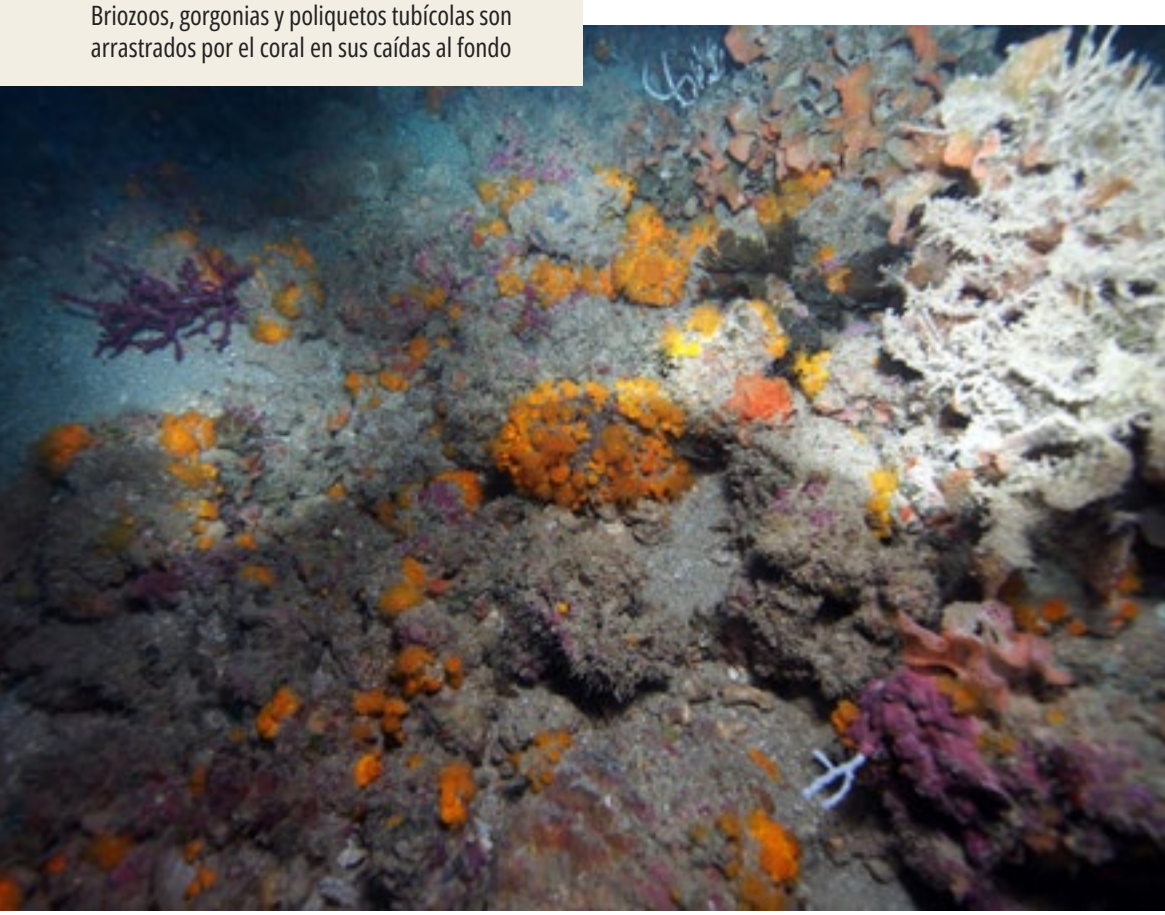
Se trata además de un hábitat perenne con estructura compleja que alberga una elevada diversidad de especies y de grupos al igual que ocurre con ciertas especies de laminarias y fanerógamas marinas (véase Ramos y Luque, 2004). La diferencia fundamental radica en que es la alta densidad de colonias vivas de *A. calycularis* la que por diversos motivos genera este particular fondo detrítico, que se convierte en un hábitat después de haber desarrollado otro papel ecológico previo durante su desarrollo colonial como un coral perteneciente al macrobentos mediterráneo.

Imágenes de un fondo profundo detrítico formado por miles de colonias *A. calycularis*



Además, al ser un bioconstructor de gran importancia, posiblemente el más importante invertebrado bioconstructor macrobentónico de Alborán a profundidades someras, también arrastra en sus caídas a una parte significativa del macrobentos que se asocia a sus esqueletos y forma parte de los bancos de corales.

Briozoos, gorgonias y poliquetos tubícolas son arrastrados por el coral en sus caídas al fondo



Los resultados actuales muestran que solo en la comunidad profunda y reófila se produce un fondo detrítico por acumulación de corales caídos. En Ceuta, este fenómeno ha sido detectado en Punta Almina y parece estar igualmente presente en las paredes más expuestas del frente de la Isla de Tarifa. En la región de Melilla también se han observado este tipo de fondos.

A pesar de que estos datos no tienen entidad estadística, sí tienen un profundo significado ecológico pues muestran la enorme diferencia existente entre las deposiciones de colonias en superficie y en la profundidad de ciertos enclaves afectados por intensas corrientes de marea. Por lo tanto, según nuestros datos, se vienen a producir en un área de 1 m x 1 m más de 30 colonias caídas al mes (33.6) en este tipo de zonas reófilas mientras que en las otras estaciones, las caídas varían entre 1 y 2 al mes (0.8; 1.5; 2).

Sin embargo, la contribución del coral anaranjado a la formación de este tipo de fondos está condicionada por algunos factores: la densidad de las colonias; el tipo de asociación que formen con otros macro-invertebrados; las proporciones de la colonia, las condiciones hidrodinámicas que afecten a la zona en concreto y la inclinación del substrato en la que se desarrollen las colonias. De esta manera, podríamos indicar que en estas zonas de grandes densidades de colonias e hidrodinamismo intenso el coral tiene más espacio para crecer y menos competidores que puedan soportar el intenso estrés hidrodinámico.

En los enclaves profundos y reófilos, el coral anaranjado recubre mucho más substrato, creciendo en grosor, con colonias mucha más pesadas.

Analizando el peso de las colonias podemos explicar en gran parte por qué se produce la deposición de corales hasta crear un fondo detrítico propio. Desde nuestro punto de vista se trata de un factor clave junto con el crecimiento en altura de las colonias que desarrolla pólipos más gruesos y largos, que pesan más. Sus esqueletos se oponen más a las intensas corrientes y también están más expuestos a los impactos accidentales producidos por los hilos de pesca o el buceo recreativo. De hecho, en algunas zonas del litoral, pese a que se cumplen las condiciones de profundidad, no ocurre esta deposición porque hay menor concentración de colonias, pero también porque estas están mucho menos expuestas a las corrientes.

Además de todo lo comentado con anterioridad, este tipo de fondos es también de gran interés ecológico ya que juegan un papel transicional entre los fondos duros y blandos. Una comunidad es sustituida por otra mientras el coral se va muriendo en el fondo, permitiendo la interacción entre ambos ambientes.

Debido a la gran acumulación de corales muertos se produce una estructuración en capas que favorece diversas interacciones biológicas y el desarrollo de comunidades complejas de organismos bentónicos.

Los fondos de rodolitos en el Atlántico norte alcanzan el espesor de 10 metros. Del mismo modo, en Alborán y más concretamente en el entorno de Melilla, se han detectado espesores de varios metros en los lechos de corales rodados.

Capítulo IV

El ciclo de vida *Astroides calycularis*. Un ejemplo de seguimiento

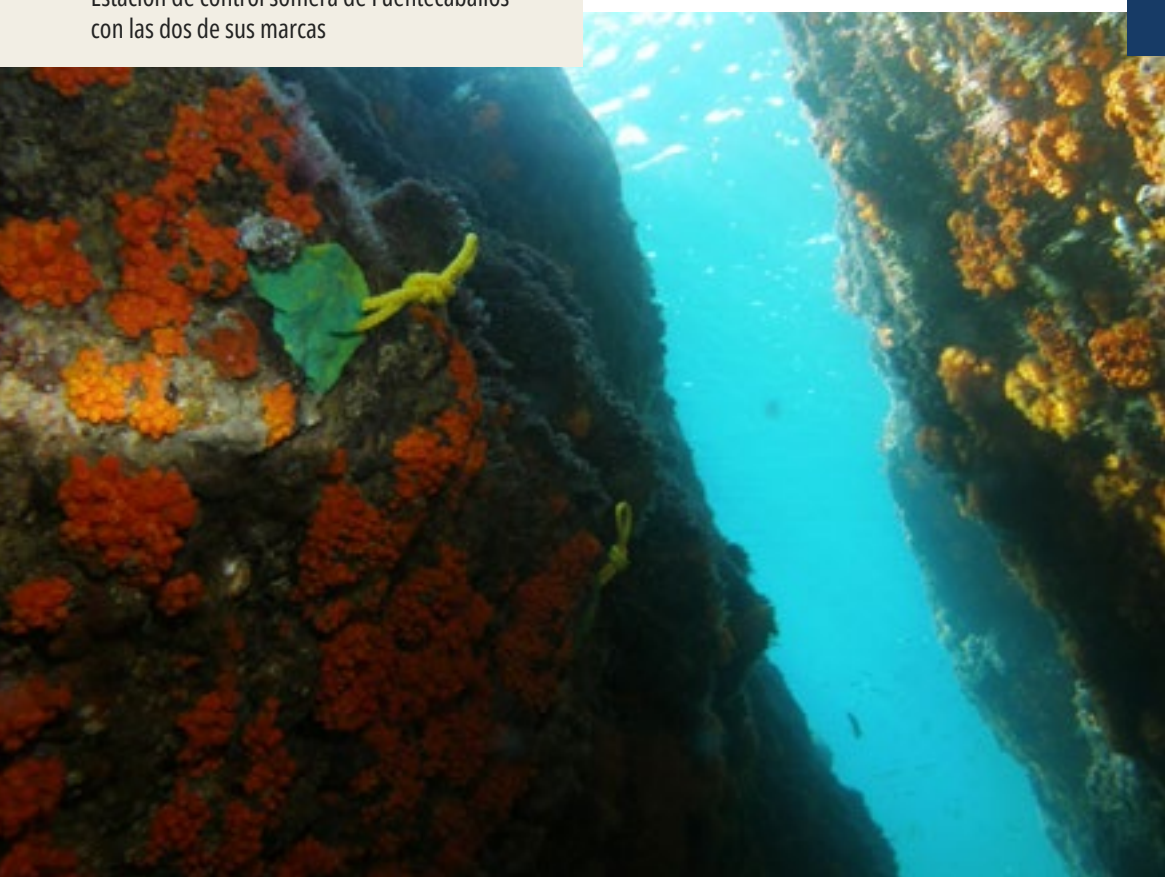
Este capítulo describe los diferentes resultados obtenidos del seguimiento práctico del ciclo de vida de la especie en la Región de Ceuta, si bien se entiende que este comportamiento debiera mostrarse similar en otras regiones.

Se añaden por otro lado algunas observaciones útiles para comprender los resultados obtenidos y las contingencias encontradas, de forma que la metodología pueda ser replicada en otros entornos del Mediterráneo.

¿Cómo seguir el crecimiento y ciclo de vida de Astroides?

Las tareas de seguimiento se centraron en medir la colonización de los fondos marinos por parte de *Astroides calycularis,* sus relaciones con las otras especies macrobentónicas y su capacidad de crecimiento

Estación de control somera de Fuentecaballos con las dos de sus marcas





Estación de control de Punta Almina profundo con una de las colonias marcadas para su seguimiento

asexual y de reproducción sexual. A lo largo del seguimiento también se pusieron de manifiesto los diferentes tipos de impactos que están afectando a la supervivencia de los bancos del coral anaranjado y todas aquellas incidencias que se registradas en las estaciones de control establecidas. La actuación también abordó aspectos fundamentales para la ordenación de los bancos de *A. calycularis*, ya que sobre todo se observó la capacidad de crecimiento, expansión y los impactos negativos que sufren los bancos de esta emblemática especie.

Metodológicamente, para la realización de esta actuación es conveniente el establecimiento de estaciones control fijas. En nuestro caso, se establecieron cuatro estaciones con bancos de *A. calycularis.* En concreto, dos en fondos someros entre 3 y 8 metros de profundidad y otras dos en 30 metros de profundidad. Las estaciones se establecieron todas en paredes verticales acotando un área de 1 metro x 1 metro, identificándose con unas marcas a base de masilla epoxílica de dos componentes. Para evitar problemas ulteriores de detección de las marcas, por

efecto del fouling acumulado, se incluyeron en las masas unos cabos de color amarillo que facilitan la localización de las estaciones.

Dentro de las áreas establecidas también se marcaron colonias de manera particular para controlar sobre todo la capacidad de crecimiento asexual, realizándose mediciones con un calibre y seguimiento fotográfico. La periodicidad de los muestreos fue mensual.

En un litoral tan pequeño como el ceutí es difícil esquivar las zonas que no estén afectadas por algún tipo de impacto antrópico dado que estos existen a lo largo de todo el perímetro litoral. Por este motivo, se localizaron zonas con buenas condiciones de naturalidad en las que se sabía el tipo y la intensidad de los impactos negativos que se estaban produciendo. Así la estación somera de Punta Almina solo estaba afectada de forma rara, indirecta y poco intensa por aguas fecales, pese a la cercanía al vertido incontrolado de la EDAR de Ceuta. La estación profunda de Punta Almina estaba afectada por la pesca de palangre y caña deportiva desde barco. La estación del Ciclón tenía impactos intermitentes provocados por aguas fecales y también sufrió impactos de pesca deportiva y por buceo deportivo. Por último, la estación somera de Fuentecaballos sufrió indirectamente los vertidos incrontrolados de aguas fecales.

Para la captación de imágenes submarinas y realizar el seguimiento pormenorizado de las colonias seleccionadas, los organismos macrobentónicos competidores, las larvas, la duración temporal de las colonias con larvas y la expansión del coral anaranjado dentro de las zonas de control se usaron cámaras digitales con cajas estancas. Para todo este estudio solo se tuvieron en cuenta las zonas litorales dónde la especie formaba bancos de corales, es decir las colonias cubren una amplia zona del sustrato rocoso, a diferencia de otras zonas dónde solo existían colonias aisladas sin la continuidad ni la densidad característica de los bancos.

De larva a colonia

Como resultados de este seguimiento, se detectaron transformaciones de colonias adultas, larvas y pequeñas colonias a lo largo del espacio y del tiempo en las estaciones de control propuestas.



Seguimiento del crecimiento de una colonia en la estación de Fuentecaballos, la primera imagen tomada en enero de 2013 y la segunda en octubre de 2013

Respecto al crecimiento somático de las colonias a lo largo del tiempo, parecen no producirse variaciones detectables en cuanto a las dimensiones de la colonia ni al número de pólipos en las colonias marcadas objeto de este tipo de seguimiento, lo que indica la gran lentitud del proceso de crecimiento de esta especie. Esto ha sido igualmente detectado en pequeñas colonias de escasos pólipos. Este fenómeno parece mantenerse tanto en las colonias de las estaciones someras como de las profundas.

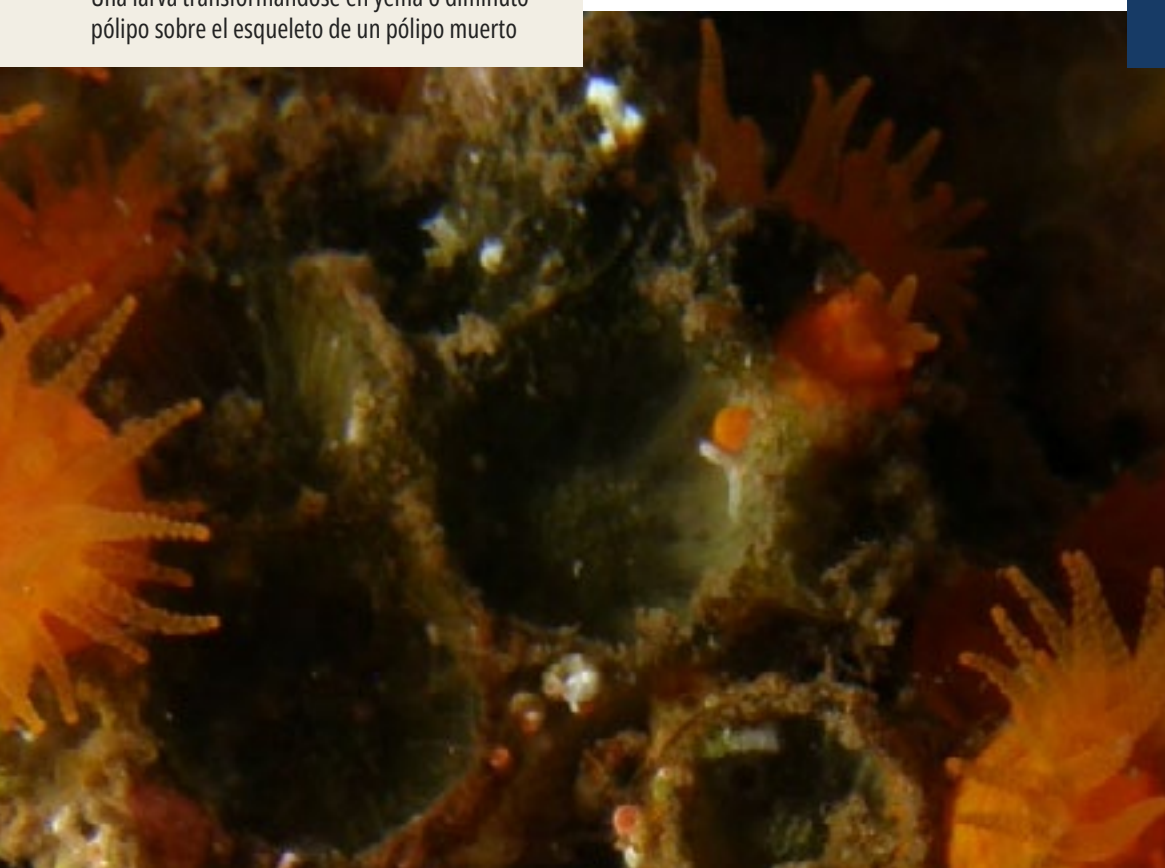
Seguimiento del crecimiento de una colonia en la estación de Punta Almina profundo, la primera imagen tomada en enero de 2013 y la segunda en octubre de 2013

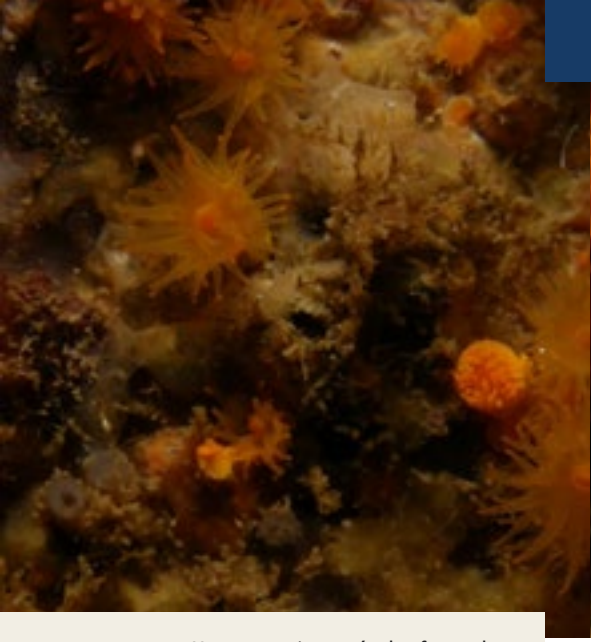


Es interesante destacar cómo las pequeñas colonias afianzadas alrededor de la mayor, posiblemente descendientes de la misma, tampoco muestran crecimientos somáticos espectaculares, aunque si aumento del tamaño de algunos pólipos que hace que las colonias reduzcan la distancia entre ellas. Por lo tanto, nuestros datos indican un proceso de crecimiento muy lento con colonias longevas, lo que recalca la especial necesidad de conservar y regular las actividades que puedan afectar a los bancos de esta especie.

En cuanto al proceso de reclutamiento larvario y formación de nuevas colonias, el ciclo se inicia con la liberación al medio marino de una larva plánula con forma vermiforme, ciliada y de color intensamente anaranjado, que se desarrolla en un pequeño pólipo en el que las partes fundamentales pueden distinguirse. Es decir, se produce el reclutamiento de nuevos candidatos a formar colonias. Las larvas se adhieren a muchos tipos de substratos bentónicos variados (algas, macroinvertebrados y zonas muertas de otros esqueletos de *A. calycularis).*

Una larva transformándose en yema o diminuto pólipo sobre el esqueleto de un pólipo muerto





Una yema sin tentáculos formados



Dos larvas en el centro y abajo a la derecha de la imagen, una yema en la parte superior creciendo sobre la placa de un cirrípedo

Larva buscando lugar para fijarse



El éxito reproductivo inmediato es elevado, observandose una una gran cantidad de pequeños pólipos creciendo sobre todo tipo de substratos bentónicos.

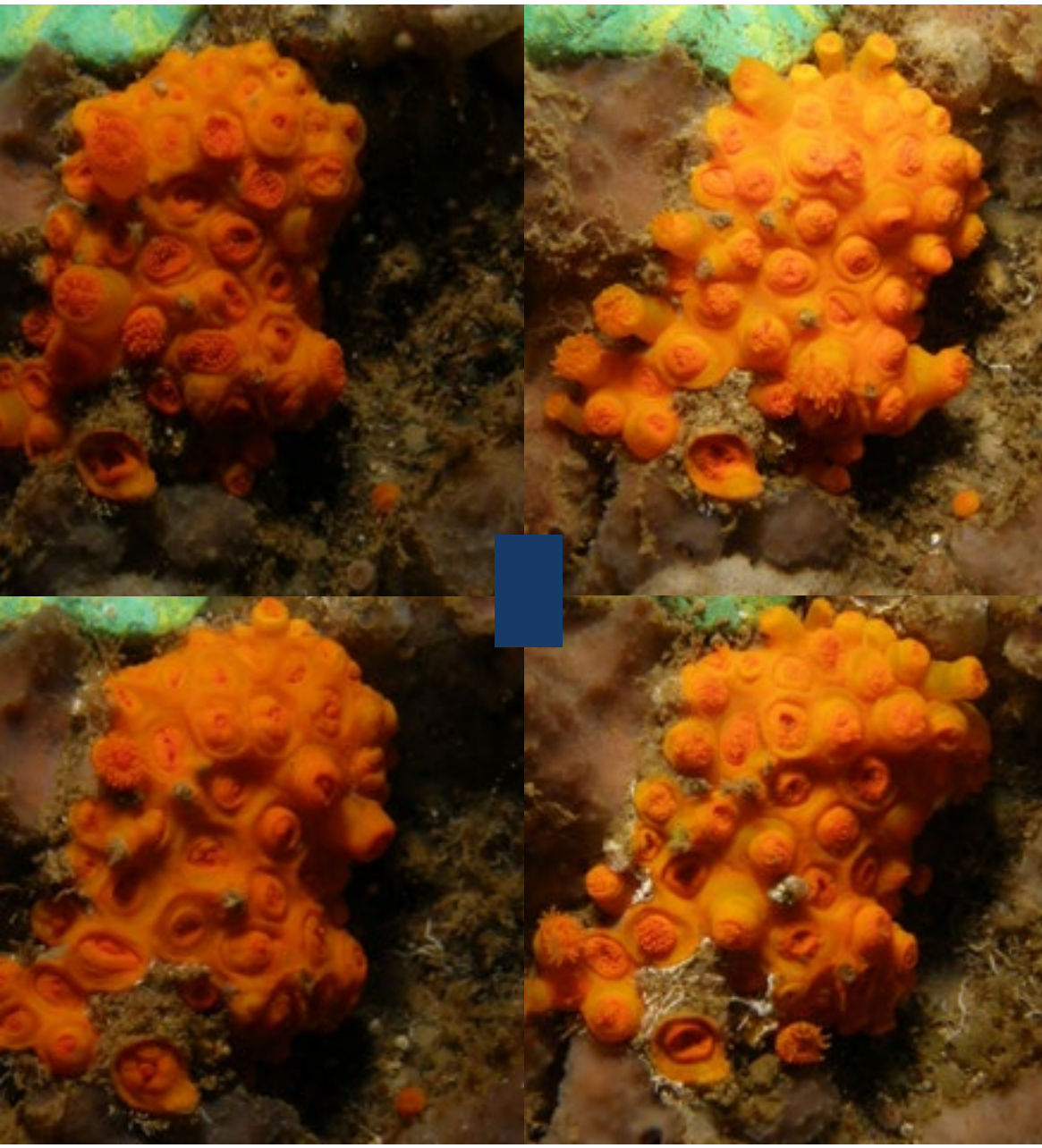
En el caso de estudio, se detectaron más de cien pequeños pólipos en las cuatro estaciones y su persistencia a lo largo de varios meses indica el éxito reproductivo inmediato, si bien no se conoce aún la capacidad de producción larvaria para evaluar este fenómeno con suficiente perspectiva.

Sin embargo, a lo largo del tiempo no se produce crecimiento significativo, al menos mensurable con nuestra metodología, ni transformaciones importantes desde el punto de vista del recubrimiento del substrato. Aunque sí se diferencian tamaños distintos en los pólipos aislados que indican estados de desarrollo y edades aparentemente diferentes.

De hecho, se pueden observar larvas afianzadas (convertida en pequeño pólipo) que pasan un ciclo anual sin dividirse, pero creciendo en grosor.

En la siguiente secuencia se muestra el desarrollo de un grupo de larvas, en el tiempo y en el espacio, durante todos los muestreos realizados. Cada imagen corresponde a un mes, desde enero hasta octubre.





En general, la supervivencia el primer año es de ¼. De cuatro larvas transformadas en pequeños pólipos solo una suele sobrevivir y engrosa el pólipo, no habiéndose cuantificado la tasa de supervivencia tras este primer año debido a la lentitud del proceso de crecimiento. De hecho, durante los seguimientos realizados en entornos someros no se observó ninguna colonia nueva generada a partir de una larva afianzada, por lo que solo podemos hablar de éxito reproductivo afianzado refiriéndonos a aquellas larvas convertidas en corales que han sobrevivido, pero no hemos detectado el paso de pólipo afianzado a pequeña colonia.

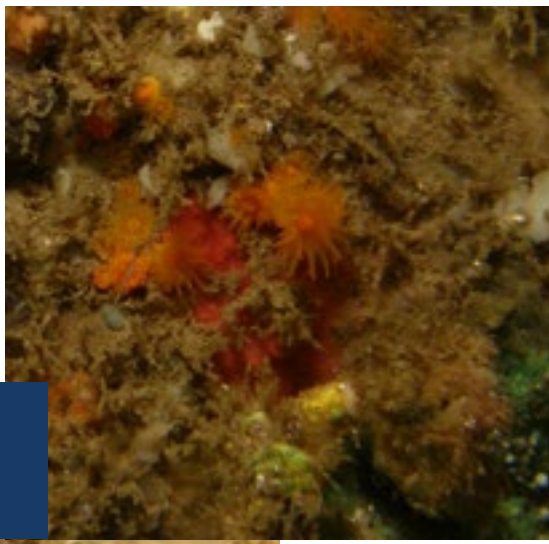
Mientras que en fondos duros someros las larvas parecen mostrar una especial capacidad para asentarse, son los fondos con abundancia de esponjas y de otro bentos de pequeñas dimensiones y ramificado los que más dificultan el asentamiento larvario. De hecho, los estudios realizados han puesto de manifiesto lo comentado anteriormente pues las larvas reclutadas se mantuvieron todas en una superficie sin esponjas u otros organismos de pequeño porte. No obstante, en estos fondos sí se observó la división en dos de algunas de los pólipos de nuevo asentamiento, formando verdaderas colonias incipientes. Además, durante este periodo se detectó el reclutamiento de nuevas larvas.

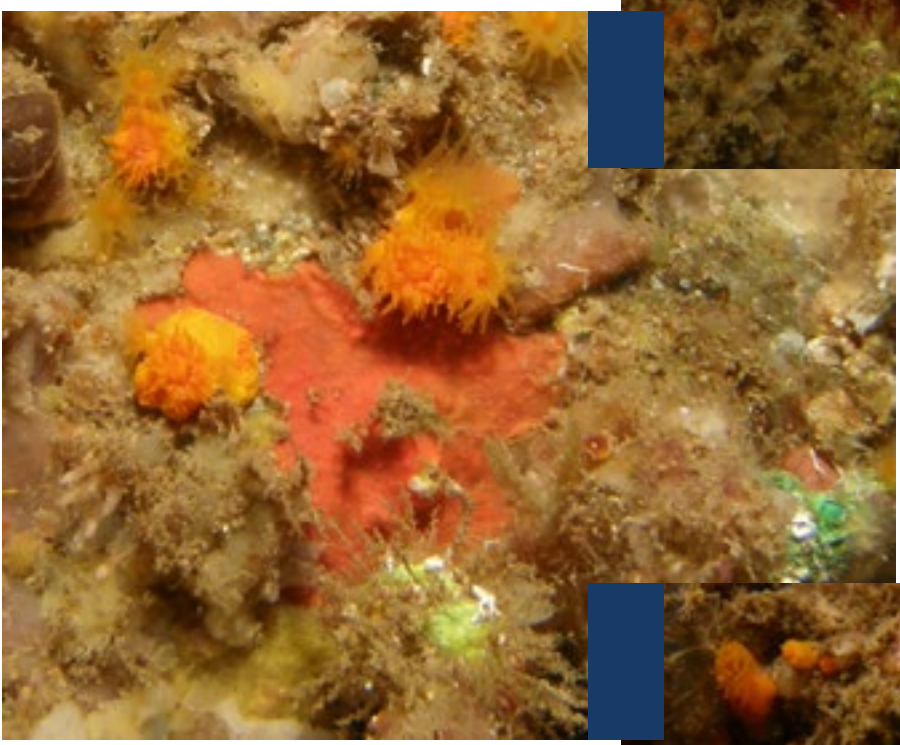
En las estaciones de profundidad la estructura de las comunidades se muestra abigarrada por lo que las larvas reclutadas tienen dificultades para desarrollarse en colonias. En la zona profunda de Punta Almina, las larvas objeto de seguimiento continuaban en moratoria biológica en cuanto a su desarrollo y en el caso de la estación del Ciclón de Tierra, la larva desapareció en el mes de octubre.

Con respecto a las pequeñas colonias (al menos dos pólipos unidos) ya existentes, es importante destacar que no se muestra común la desaparición de estas a lo largo de los ciclos anuales. Además, su crecimiento no sigue la pauta de lentitud generalizada observada en las colonias grandes. Aunque no todas las colonias observadas crecieron durante el periodo de seguimiento, las que sí lo hicieron presentaron un periodo de reposo en meses fríos. Sin embargo, en los meses más cálidos desde mayo hasta octubre, se produce en algunas pequeñas colonias la generación de nuevos pólipos y cambios en la morfología colonial.

En la siguiente secuencia se muestra un seguimiento de pequeñas colonias de una estación somera y se observan las tres pequeñas colonias en enero en la zona superior izquierda; en julio en la imagen su-

perior derecha dónde ya han aumentado los pólipos de dos colonias; en octubre en la imagen inferior se observan aumentos de pólipos y de morfología en la colonia inferior izquierda.







No hay duda de que el éxito reproductivo de *Astroides calycularis* es evidente por la gran cantidad de substrato que es capaz de colonizar en los distintos ambientes en los que se observan sus bancos. La persistencia de las colonias, como de las larvas a lo largo del tiempo es un hecho que lo corrobora. Además, se han observado larvas en las colonias de *A. calycularis* recién caídas y llevadas a los acuarios, en ocho meses desde mayo hasta diciembre, con lo cual tiene en nuestra región geográfica un largo y prolongado periodo para la emisión de larvas.

A la luz de los datos recabados, parece claro que presenta dos ciclos de crecimiento bien diferenciados, uno inicial, en el que la larva afianzada se transforma en un pequeño pólipo y las pequeñas colonias aumentan el número de pólipos y transforman su morfología, que va ligado al periodo estival y otoñal (mayores temperaturas y bonanza climática en nuestra área geográfica). El otro sobrepasa el año o no responde a una escala temporal concreta sino a situaciones favorables pero complejas.

Capítulo V

Fauna asociada a *Astroides calycularis*

Los aumentos de complejidad espacial redundan en un aumento de las posibilidades ecológicas y en el número de nichos ecológicos diferentes que pueden ocupar las especies de organismos asociados a los esqueletos del coral. Se trata por tanto de un ámbito crucial para la gestión y buena ordenación de los bancos y las poblaciones de *Astroides calycularis.*

Durante las diferentes investigaciones de las que mana este libro, se estudió la fauna que se encuentra de alguna forma asociada a las colonias del coral anaranjado, rastreándose tanto las especies macrobentónicas como las especies de pequeño tamaño.

En este sentido, hay que aclarar que no solamente se trata de listados de fauna, sino que también aportan toda la información de los organismos en vivo que se pueda deducir de las imágenes tanto submarinas, como de las obtenidas en los trabajos de laboratorio de las especies de microfauna.

Así, tanto de las observaciones como de la información fotográfica se han obtenido datos interesantes sobre la autoecología de las especies catalogadas y de su relación con el microhábitat dónde se desarrollan, esto es, las colonias del coral *A. calycularis*. Además, se ha realizado por primera vez una colección zoológica de ejemplares de especies de microfauna asociada a los esqueletos de *A. calycularis.*

¿Cómo seguir las comunidades faunísticas asociadas a Astroides?

Para el seguimiento de la comunidad macrobentónica que se relaciona con el coral anaranjado, esta puede ser estudiada con metodologías directas en el medio marino sobre las estaciones en las que se realiza seguimiento de las colonias de *A. calycularis,* mediante la toma de fotografías subactuáticas del entorno. Para todo este estudio solo se han tenido en cuenta las zonas litorales dónde la especie forma bancos de corales, es decir las colonias cubren una amplia zona del sustrato rocoso. A diferencia de otras zonas dónde solo existen colonias aisladas sin la continuidad ni la densidad característica de los bancos.

En el caso de las especies de microfauna, la cuestión es mucho más compleja pues existe una gran cantidad de especies asociadas y por lo

tanto se requiere un tiempo de observación de las colonias en acuarios para detectar a las diferentes especies de microfauna que se relacionan con el coral anaranjado. Las deben ser tomadas con un sistema sofisticado de fotografía, de forma que permita la realización de fotografías macro de alto aumento, preparado para captar pequeños invertebrados. Estas fotografías permiten elaborar un catálogo fotográfico de estas especies, posibilitando la determinación rápida de algunas de ellas, facilitando a su vez el trabajo de identificación de otras con la ayuda inestimable de los especialistas en los distintos grupos zoológicos. Los ejemplares zoológicos recogidos deben ser fijados convenientemente en formol al 8% en agua de mar y luego se pasaron a alcohol de 70% de forma que puedan ser analizados morfológicamente, siendo recomendable igualmente la fijación de porciones de la muestra o duplicados de la misma en etanol 70% o superior para la realización de análisis genéticos.

Puntos de recolección de las muestras

Concretamente, en el estudio realizado, se recogieron muestras tanto en zonas muy someras de unos 4 a 8 m, como en zonas algo más profundas de entre 25 y 35 m de profundidad situadas en las estaciones establecidas para el estudio de los bancos de *A. calycularis* en Ceuta. También se tomaron muestras de algunos otros puntos cercanos de manera oportunista, ya que la intención fue la realización de un catálogo de la fauna asociada a la especie en sentido amplio. A fin de evitar impactos innecesarios sobre el medio, se recolectaron solo colonias recién caídas para estudiar la fauna asociada. Una colonia recién caída tiene todos o la mayoría de sus pólipos vivos y mantiene todos sus efectivos de microfauna a diferencia de las colonias que ya llevan tiempo rodadas y han perdido la mayoría o más de la mitad de los pólipos.

Número de muestras y su distribución:

Tabla 1 PUNTOS DE RECOLECCIÓN	FECHAS RECOLECCIÓN	PROFUNDIDAD	Nº DE MUESTRAS	*Nº TOTAL DE MUESTRAS
SANTA TERESA	1-2-12	40 m	1	4
	7-2-12	40 m	1	
	15-2-12	40 m	1	
	29-2-12	40 m	1	
PUNTA ALMINA	23-5-12	20-25 m	2	9
	29-5-12	20-25 m	2	
	11-6-12	25 m	1	
	10-1-13	8 m	1	
	15-3-13	30 m	1	
	22-4-13	30 m	1	
	25-5-13	8 m	1	
CABO ESPARTEL	20-7-12	15 m	1	1
PUNTA CIRES	23-10-12	20 m	1	4
	13-12-12	8- 10 m	1	
	13-12-12	35 m	2	
FUENTECABALLOS	10-1-13	4 m	1	2
	23-5-13	4 m	1	
CICLÓN DE TIERRA	29-5-13	25 m	2	2
TOTAL			22	

Análisis de las muestras

Todas las muestras fueron analizadas minuciosamente para la localización y aislamiento de los especímenes de la microfauna que contenían. Para la manipulación de especímenes se emplearon pinzas flexibles y pipetas Pasteur, visualizando las muestras a través de una lupa de brazo articulado con luz LED. Tras comprobar que la supervivencia en las cubetas variaba mucho de unos grupos zoológicos a otros, se procuró extraer, siempre que fue posible, en primer lugar, los más sensibles, (picnogónidos y caprélidos), seguidos de los anfípodos y de los isópodos. A continuación, los nematodos, nemertinos y platelmintos. Los que mejor resisten las condiciones de cautividad son los decápodos, todos los equinodermos y, entre los moluscos, los prosobranquios, aunque también se pudo comprobar que muchos de los opistobranquios que, en un principio están escondidos y pasan desapercibidos, comenzaban a ser visibles en las paredes de las cubetas cuando ya ha transcurrido una semana. Como último paso, antes de desechar las muestras, se disgregaron los esqueletos calcáreos, en cuyos recovecos se suelen localizar la mayoría de poliquetos.

Simultáneamente al registro de especies se tomó nota de aquellas muestras en las que han aparecido larvas de *Astroides calycularis.*



Investigadora aislando microfauna

Registro fotográfico "in vivo"

El registro fotográfico se realizó mediante una cámara NIKON D300S, con objetivo NIKKOR AF MICRO de 60 mm, acoplado mediante seis anillos extensores KENCO. Para la iluminación se emplearon dos unidades externas de flash NIKON SB-R200. En lugar de trípode, se empleó un tablero de reproducción HAMA REPRO, con columna de 75 cm.

Se puso especial interés en que las imágenes mostrasen las partes blandas o, al menos la cabeza, en el caso de los prosobranquios, dada la carencia de información que a este respecto se ha encontrado en la bibliografía consultada, puesto que todas las guías hacen referencia, de modo casi exclusivo a las características de la concha de estos animales.

Investigadora tomando las imágenes de microfauna



Autoecología y macroinvertebrados asociados a los fondos dónde se desarrollan los bancos de *Astroides calycularis*

En principio cabe indicar los diferentes tipos de bancos o hábitats en los que se desarrolla la especie *A. calycularis.* A este nivel macroscópico se han podido distinguir una serie de especies macrobentónicas asociadas a los bancos de este bioconstructor que de forma general van cambiando en función de las condiciones ambientales dónde se desarrollan. Es decir, existe un amplio número de especies macrobentónicas relacionadas con las colonias de *A. calycularis.* Sin embargo, no se han encontrado especies macrobentónicas creciendo sobre los esqueletos de los corales vivos. De esta manera, lo que se describe a continuación son los invertebrados y las algas que la acompañan.

Los datos cualitativos obtenidos indican varias cuestiones que deben ponerse de manifiesto.

Lo primero es la metapresencia de la especie a lo largo de todo el litoral estudiado formando bancos desde escasos metros de profundidad hasta los 60 metros en la zona de Punta Almina, Ceuta u otras zonas del Estrecho de Gibraltar. Estos datos de formación de bancos en profundidad son corroborados en la región de Melilla y también en los litorales de Túnez y Argelia. En el resto de las zonas mediterráneas dónde existe presencia de esta especie solo se conocen bancos superficiales que no profundizan más allá de los 20 metros de profundidad.

En segundo término, se trata de una especie vigorosa en su crecimiento, que se desarrolla en todos aquellos ambientes con luz atenuada pero que solo forma bancos en las zonas de penumbra (entrada de cuevas, túneles, paredes verticales, extraplomos y otros ambientes similares) o bien expuestos a partir de los 25-30 metros de profundidad en los que coloniza no solo superficies inclinadas sino también perfiles llanos.

Por último, su capacidad de colonización favorece la formación de poblaciones con otros macroinvertebrados que aumentan la complejidad de los ambientes favoreciendo una elevada diversidad de organis-

mos bentónicos sésiles, así como especies asociadas de vida nectónica o bentónica marchadora.

Bancos en acantilados, entrada de grandes cuevas y cañones de fondos muy someros y batidos

En los bancos en acantilados, entrada de grandes cuevas y cañones de fondos muy someros y batidos, se desarrollan unos recubrimientos monótonos formados por especímenes muy planos y con poco crecimiento en grosor, lo cual se relaciona bien con la resistencia al estrés producido por el embate del oleaje. Se caracterizan por la mayoritaria presencia de las algas calcáreas incrustantes *Mesophyllum expansum* y *Mesophyllum alternans*. En algunas zonas se introducen también *Plocamium cartilagineum* y pequeños crecimientos de la esponja *Crambe crambe*.



Bancos en zonas angostas y pequeños túneles en fondos muy someros pero protegidos del mayor embate de la mar

En los bancos en zonas angostas y pequeños túneles en fondos muy someros, pero protegidos del mayor embate de la mar, las colonias están más desarrolladas en grosor debido a que no están directamente

expuestas a los embates de la mar. Las especies características de macroinvertebrados encontrados son las esponjas (*Dysidea avara, Dysidea sp., Ircinia variabilis, Clathrina clathrus, Oscarella lobularis, Phorbas fictitius, Phorbas tenacior, Crambe crambe, Halyclona sp., Chondrosia reniformis*), briozoos (*Turbicellepora magnicostata*) y otros antozoos (*Corynactis viridis* y *Clavularia ochracea*).



Bancos en extraplomos, paredes y túneles en fondos someros

En los bancos en extraplomos, paredes y túneles en fondos someros, el grosor de las colonias está más desarrollado que las que se encuentran en fondos muy someros y batidos. Las esponjas y otras especies de filtradores han sustituido a las algas calcáreas que no pueden penetrar en condiciones de luminosidad demasiado disminuida y la diversidad de especies va aumentando conforme las condiciones de estrés hidrodinámico van disminuyendo. Estos bancos son más ricos en especies de macrobentos que los anteriores más someros. Las especies características de macroinvertebrados encontrados son las algas (*Halopteris filicina, Mesophyllum alternans, Sphaerococcus coronopifoius, Peyssonnelia rubra y Peyssonnelia squamaria*), las esponjas (*Ircinia variabilis, Clathrina coriácea, Cliona viridis., Oscarella lobularis, Phorbas fictitius, Phorbas tenacior* y *Crambe crambe*), el briozoo *Turbicellepora magnicostata*, los antozoos

Corynactis viridis, *Caryophyllia inornata* y *Clavularia ochracea* y las ascidias *Polycitor adriaticum, Aplidium elegans* y *Clavellina dellavalley*.



Bancos en túneles y entrada de cuevas en el infralitoral profundo y el circalitoral

En los bancos en túneles y entrada de cuevas en el infralitoral profundo y el circalitoral, las colonias de *A. calycularis* están acompañadas de varias especies de algas e invertebrados características de estos ambientes. Así, destaca la presencia del alga calcárea *Mesophyllum expansum*, las esponjas *Aplysina cavernicola*, *Petrosia ficiformis, Phorbas tenacior, Acanthella acuta, Dysidea sp., Ircinia variabilis, Ircinia dendroides, Sarcotragrus foetidus* y *Halyclona cf. mediterranea*, el poliqueto *Filigrana implexa*, los cnidarios *Paramuricea clavata* y *Leptosammia pruvoti* y las *ascidias Polycitor adriaticum, Aplidium elegans, Aplidium tabarquensis, Pseudodistoma crucigaster, Synoicum blochmanni, Didemnum sp., Clavelina lepadiformis* y *Clavelina nana*.



Bancos en acantilados sumergidos en el infralitoral profundo y el circalitoral

En los bancos con desarrollo en acantilados sumergidos en el infralitoral profundo y el circalitoral existe una mayor incorporación de especies acompañantes, pues hay más ambientes disponibles para la colonización.

Entre estas destacan la esponjas (*Aplysina cavernicola, Petrosia ficiformis, Phorbas tenacior, Dysidea sp., Dysidea avara, Ircinia variabilis, Sarcotragrus foetidus y Spongia agaricina*, el poliqueto *Filigrana implexa*, los anthozoos *Paramuricea clavata, Caryophyllia inornata, Alcyonium coralloides, Maasella edwardsi, Leptosammia pruvoti* y *Corallium rubrum* y las ascidias *Polycitor adriaticum, Pseudodistoma crucigaster, Synoicum blochmanni, Didemnum sp., Clavelina lepadiformis, Clavelina nana y Stolonica socialis*. Aparecen también los hidroideos *Antenella spp., Sertularella ellisi* y *Sertularella gayi,* y los briozoos *Myriapora truncata, Turbicellepora magnicostata, Aldeonella calveti y Chartella spp*.

Bancos en zonas reófilas de zonas afectadas por un intenso hidrodinamismo del infralitoral profundo y el circalitoral

En los bancos en zonas reófilas de zonas afectadas por un intenso hidrodinamismo del infralitoral profundo y el circalitoral, la dominancia del coral es todavía mayor que en otros enclaves debido a la intensidad de las corrientes que se desarrollan. Solo los invertebrados de poco porte pueden resistir las condiciones, siendo características las esponjas (*Phorbas tenacior, Dysidea sp., Ircinia variabilis, Sarcotragrus foetidus, Spongia agaricina*), las ascidias (*Polycitor adriaticum, Aplidium elegans, Synoicum blochmanni, Didemnum sp., Clavelina lepadiformis, Clavelina nana, Stolonica socialis*), los hidroideos (*Antenella spp., Gymnangium montagui*), Briozoos (*Myriapora truncata, Aldeonella calveti, Chartella spp.*). En estos ambientes son muy frecuentes los ejemplares de la especie *Megabalanus tulipiformis* creciendo sobre las colonias.



Autoecología y faunística de la microfauna asociada a los bancos de *Astroides calycularis*

Los esqueletos de *Astroides calycularis* ofrecen muchas posibilidades de colonización por parte de pequeños invertebrados, la mayoría vágiles, pero también algunos sin capacidad de desplazamiento. Si bien la arquitectura colonial del esqueleto es diferente si se trata de las colonias que se encuentran en fondos superficiales o de las que crecen en fondos profundos. En las superficiales los pólipos son más cortos y no alcanzan tanto grosor a diferencia de los bancos profundos que presentan unos pólipos gruesos y largos.

La morfología colonial es así mismo variada y mantiene diferencias patentes entre las que forman bancos superficiales y profundos: son más planas y poco sobresalientes del substrato las que se instalan en fondos someros y redondeados y sobresalientes en las que se instalan en los fondos profundos. Las especies de microfauna asociada se instalan en diversas áreas de la arquitectura colonial. Por un lado, aparecen en los pólipos y tejido común que los une, pero también dentro de los propios pólipos o sobre ellos y en los huecos e intersticios que se generan en las zonas muertas del coral y bajo el esqueleto. De manera indirecta los bancos de *A. calycularis* también generan hábitats propicios para otras especies de la microfauna, desarrollándose esta asociada a otros macroinvertebrados (esponjas, ascidias e hidroideos) que a su vez están asociados a ciertas partes del esqueleto del coral.

Haciendo una distinción por grupos, relación ecológica y ubicación en microambientes, observamos que los poliquetos y nemertinos están íntimamente relacionados con el esqueleto en el sentido de que muchos viven dentro de galerías o huecos de las zonas muertas del coral. Los nemertinos son en general predadores de poliquetos y la mayoría ocupan diversos hábitats y no son exclusivos de esta especie. Los poliquetos por su lado, tienen unos hábitos tróficos muy variados que van desde la filtración de partículas a la depredación y el aprovechamiento de los restos orgánicos. La mayor parte de los poliquetos asociados a Astroides son carnívoros o carroñeros.

Los moluscos en general están asociados a los esqueletos, pero no generan galerías ni se protegen en huecos, sino que más bien se mue-

ven por las partes muertas del esqueleto buscando organismos asociados a estos, de los que se alimentan, o también asociados a otros elementos estructurales macrobentónicos que se adhieren al esqueleto de *A. calycularis*. Los moluscos son raspadores de películas de microalgas, debido a la presencia de rádulas, pero que también tienen variadas adaptaciones morfológicas en sus aparatos bucales para predar sobre un amplio grupo de invertebrados. La mayor parte de los moluscos asociados a las colonias de *A. calycularis* son carnívoros y carroñeros, con una pequeña proporción de herbívoros.

Algunos pequeños bivalvos se desarrollan protegidos en los huecos que aparecen entre los pólipos y en las partes laterales que conforma la base del esqueleto.

Las planarias son escasas, pero pueden estar asociadas a los fondos circundantes, habiéndose observado en contadas ocasiones.

Los equinodermos también están asociados a partes muertas del esqueleto, como predadores vágiles que buscan pequeños invertebrados (principalmente poliquetos y moluscos prosobranquios) para succionarlos.

Los artrópodos son un variopinto conjunto dentro de los habitantes de los esqueletos del coral naranja. Entre estos se encuentran varios juveniles de decápodos detritívoros que se acercan al coral buscando protección bajo su paraguas de tentáculos, actuando para algunas especies de decápodos como una guardería. Como novedad interesante respecto a la relación simbiótica es la presencia, entre los tentáculos de los pólipos del coral anaranjado, de la pequeña gambita *Balssia gasti* con un perfecto color anaranjado que la hace pasar completamente desapercibida. El resto de los artrópodos observados, tales como anfípodos, isópodos y pignogónidos, también pueden buscar protección, terminando en ocasiones siendo presas del propio *A. calycularis,* que se alimenta de pequeños invertebrados planctónicos y bentónicos o, incluso, pequeños peces. Estos pequeños artrópodos pueden ser también presas de algunos poliquetos de buen tamaño que se mueven activamente entre las colonias.

Resultados del análisis de la microfauna asociada en los bancos de Astroides de Ceuta

El volumen de las muestras recogidas en los bancos de Ceuta fue importante y significativo, pudiendo establecerse una estimación aproximada de la diversidad, riqueza específica y equitabilidad de las comunidades estudiadas. Por otra parte, se estima que, aproximadamente, sólo un 70-75 % de los especímenes de microfauna que contiene cada muestra son aislados para ser fotografiados y conservados. El restante 25-30 % se deteriora, pasa desapercibido o simplemente no se ha podido fotografiar adecuadamente.

Debemos tener en cuenta que los dos grupos que cuentan con mayor número de especies son los moluscos y los poliquetos y en estos grupos la función trófica dominante es la carnívora. Por otra parte, los crustáceos constituyen un grupo muy heterogéneo de líneas evolutivas y en algunos casos es difícil conocer la relación trófica existente por simple falta de información bibliográfica y de observación directa.

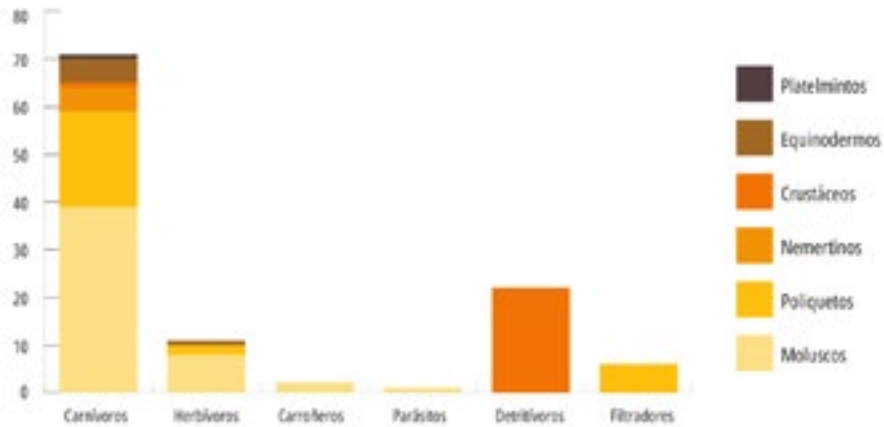


Gráfico que muestra las principales relaciones eco-tróficas de los grupos de microfauna asociada a las colonias de *A. calycularis*

Los moluscos son el grupo más numeroso de especies, apreciándose claramente la gran cantidad de carnívoros que se asocian a los bancos del coral anaranjado. Los poliquetos son el segundo grupo en importancia en relación al número de especies y el primero en términos de biomasa debido al tamaño de algunas especies, siendo igual de notable el número de predadores dentro de este grupo. La mayoría de los poliquetos estudiados se comportan como especies carnívoras y solo dos especies pertenecientes a la familia Nereididae son herbívoras (*Platyneries dumerilii* y *Websterinereis glauca*). Las especies de Eunicidae también buscan sustratos calcáreos y son taladradoras o tienen tendencia a introducirse en cavidades producidas por otros organismos. Los poliquetos sedentarios incluyen especies de filtradores que muestran unos penachos muy llamativos, habitando, en general, tubos formados por ellos mismos.

Con relación al macrohábitat en los que se encuentran, las especies mostraron una distribución diferencial, con 63 especies en los bancos de fondos profundos que suponen el 52% de todas las especies encontradas, 56 especies en los bancos de fondos someros (46.2%) y 54 especies en los fondos rodados de corales muertos (44.6%). Estos datos indican una mayor concentración de la riqueza específica de microfauna en los fondos profundos al ser un medio menos estresado y con mayor estabilidad hidrodinámica. No obstante, la diferencia es pequeña con respecto a los otros tipos de fondos con lo que se muestra el éxito de *A. calycularis* como bioconstructor con capacidad para acoger a un gran número de especies y procurar, por tanto, estabilidad a un ambiente somero más estresado por los embates de la mar y fenómenos ligados a las afecciones antrópicas.

En cuanto a las especies compartidas entre los bancos superficiales, profundos y los fondos de corales rodados, se detectaron 16 comunes, lo cual supone un 13.22% de las especies compartidas. Los bancos profundos y los fondos de corales rodados muertos comparten 10, lo que significa el 8.2% de las especies compartidas. Por último, 9 son las especies compartidas entre los bancos superficiales y los fondos de corales rodados muertos que significa el 7.4%.

Estos datos indican un escaso número de microfauna compartida entre los diferentes bancos de *A. calycularis,* con un alto componente de

especificidad y posiblemente adaptación. Por otra parte, también ponen de manifiesto la función estructuradora del hábitat que ejerce *A. calycularis* al concentrar la microfauna típica de cada tipo de macrohábitat en el que se desarrolla, siendo uno de los principales bioconstructores y concentradores de biodiversidad en las regiones estudiadas.

La aplicación de índices de diversidad ecológica muestra cantidades muy elevadas que serán comentadas a continuación. Respecto a la riqueza específica se detectaron 121 especies diferentes. Esta es una cantidad muy interesante de microfauna asociada y prueba la gran capacidad de *A. calycularis* como bioconstructor generador de hábitats para otras especies. Sin duda, el número de pequeñas especies asociadas seguirá creciendo a la vez que se realicen más estudios sobre la microfauna asociada.

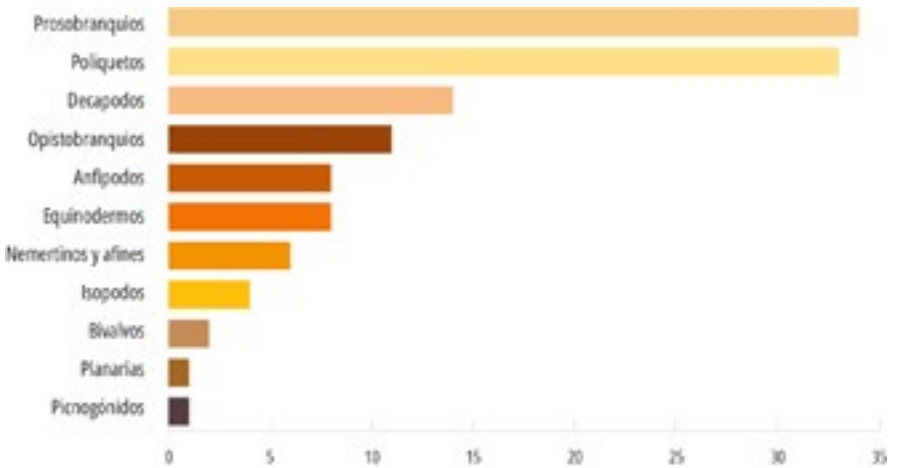
La diversidad ecológica ha sido estimada a través de varios índices. Por un lado el *Índice de Margalef* con valores de S= 121, n= 189, R1= 22,89, el *Índice de Menhinick* con valores de R2= 8,8, el *Índice de Simpson* (Para el cálculo de este índice se tuvo en cuenta, únicamente, las 31 especies de las que se han hallado 2 o más ejemplares) con valores D i= 0,0368. Se ha aplicado también el *Índice de Shannon-Wiener* con valores de H'= - log2, H' = 4,6789918. Por último, se hizo una estimación de la Equidad o Equitabilidad mediante el cálculo del *Índice de Pielou* J'= 0,71898.

El elevado número de especies diferentes encontradas, a pesar del reducido volumen de las muestras, ha permitido constatar que la diversidad ecológica de la microfauna de las comunidades estudiadas es muy elevada, con un valor del Índice de Margalef próximo a 23. No obstante, dadas las conocidas limitaciones que este índice presenta, es mucho más significativa la cifra obtenida para el Índice de Biodiversidad de Shannon-Wiener, cuyo valor resulta próximo a 4,7. Esta es una cifra considerablemente elevada si las comparamos con las estimadas para otras comunidades: entre 1 y 2,5 para el fitoplancton costero; entre 3,5 y 4,5 la del fitoplancton oceánico; entre 3,5 y 4,1 la de bosques templados y entre 5 y 5,2 la de bosques tropicales.

El valor del Índice de Pielou indica un elevado equilibrio entre las diferentes poblaciones de microfauna de los bancos estudiados, ya que los valores de este índice oscilan entre 0 y un máximo de 1.

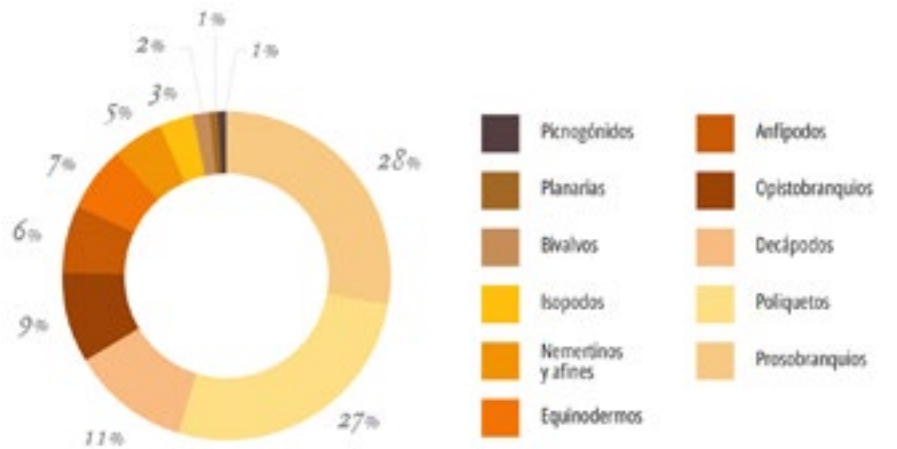
En cuanto a la representación en la microfauna de los diferentes grupos zoológicos encontrados, destaca la riqueza de especies de prosobranquios y poliquetos, con 34 y 33 especies diferentes, respectivamente.

Número de Especies por grupos



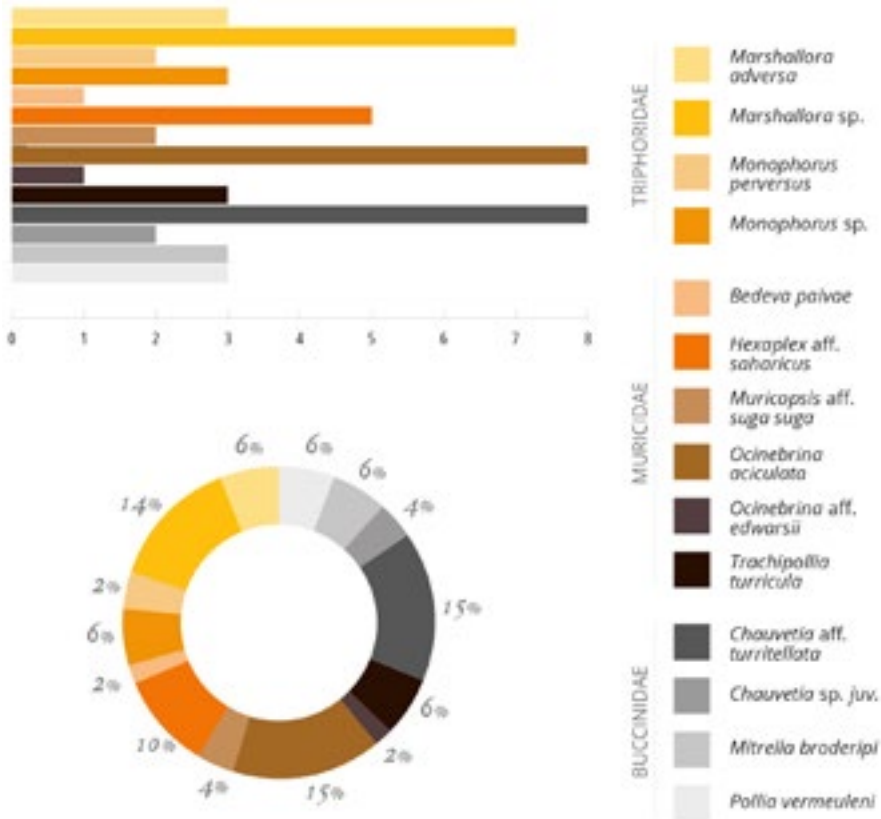
Esto supone que el 54,9 % de las especies halladas en el total de las muestras, son prosobranquios o poliquetos.

Porcentaje de Especies por grupos



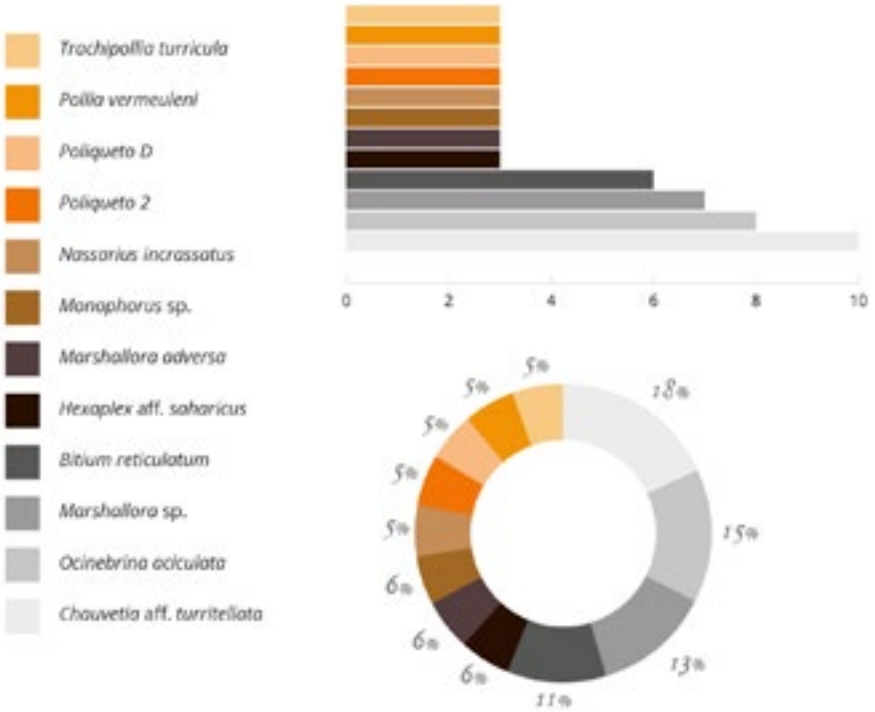
No se ha encontrado ninguna especie que sea ubicua para todas las muestras analizadas. Sin embargo, se observa una clara predominancia de tres familias de prosobranquios. Por un lado, la familia Muricidae, con un total de 20 individuos pertenecientes a 6 especies diferentes, entre las que la mejor representada es *Ocinebrina aciculata,* presente en el 31,8% de las muestras. Por otro, aparece la familia Buccinidae, con un total de 16 individuos pertenecientes a 4 especies, entre las cuales la mejor representada es *Chauvetia aff. turritellata* que aparece, únicamente, en el 13,6% de las muestras, pero con la misma abundancia que *O. aciculata.* Destaca por último la familia Triphoridae, con un total de 15 individuos pertenecientes a los géneros *Marshallora* y *Monophorus*, el primero aparecen en 6 muestras, mientras que el segundo, sólo lo hace en 4.

Número de Especies por grupos



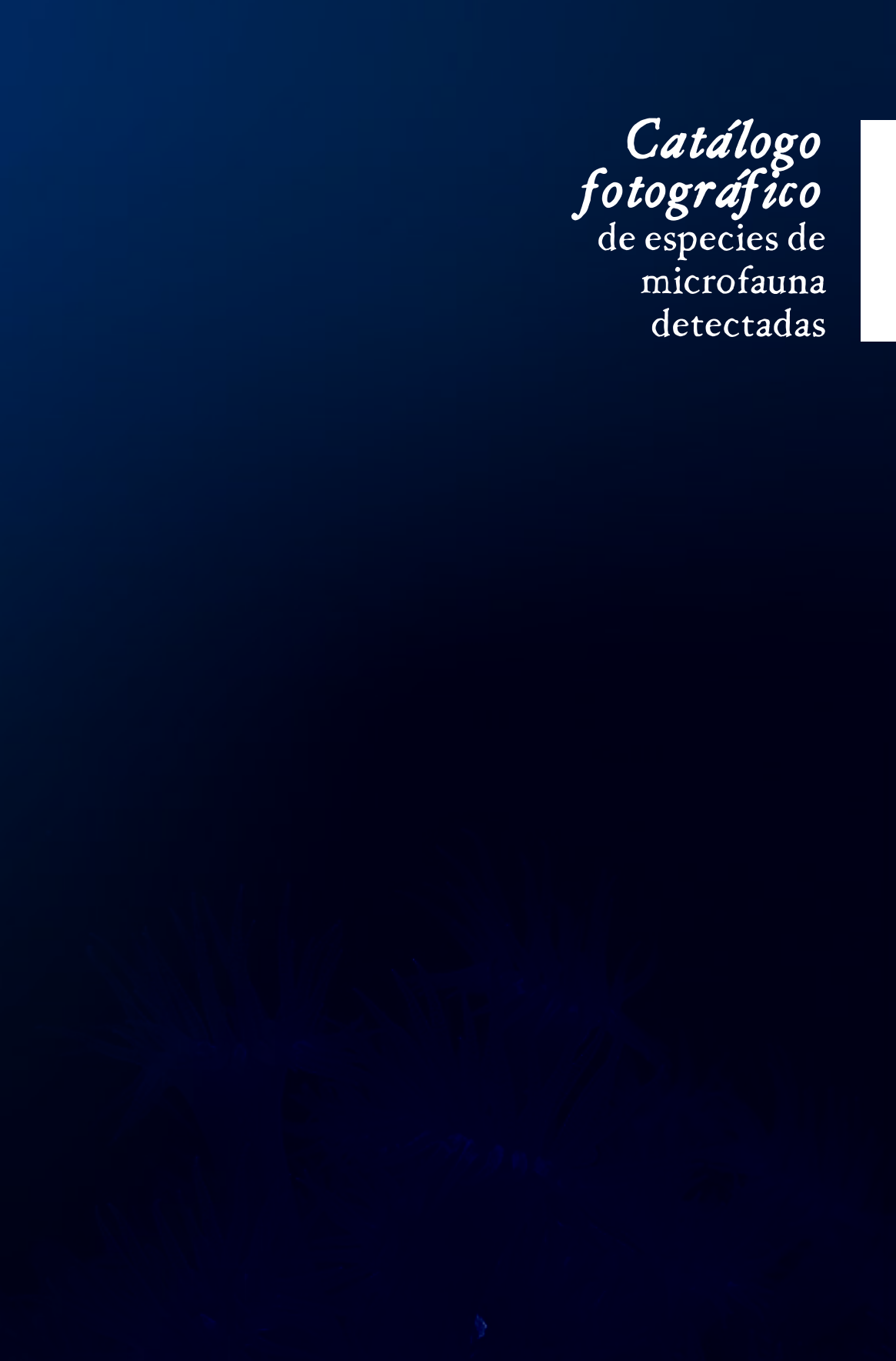
En términos absolutos, es destacable el hecho de que, de las 121 especies encontradas, sólo 12 presenten una abundancia de 3 o más ejemplares y, de éstas, sólo 4 tienen una abundancia de 5 o más ejemplares.

Especies más abundantes



Chauvetia aff. turritellata es la especie que mayor abundancia presenta, con un total de 10 ejemplares localizados en las muestras de Punta Almina, tanto a 8 como a 30 m de profundidad y de Santa Teresa. Le sigue *Ocinebrina aciculata*, de la que llama la atención que, si bien el número de ejemplares por muestra es, como máximo, de 2, aparece en 7 de las 22 muestras analizadas, lo que supone una presencia cercana al 38%. Los 10 ejemplares del género *Marshallora* corresponden únicamente a muestras provenientes de Punta Almina y de Fuentecaballos, sin mostrar una preferencia por localizaciones más o menos someras.

Catálogo fotográfico de especies de microfauna detectadas



Crustáceos

Decápodos

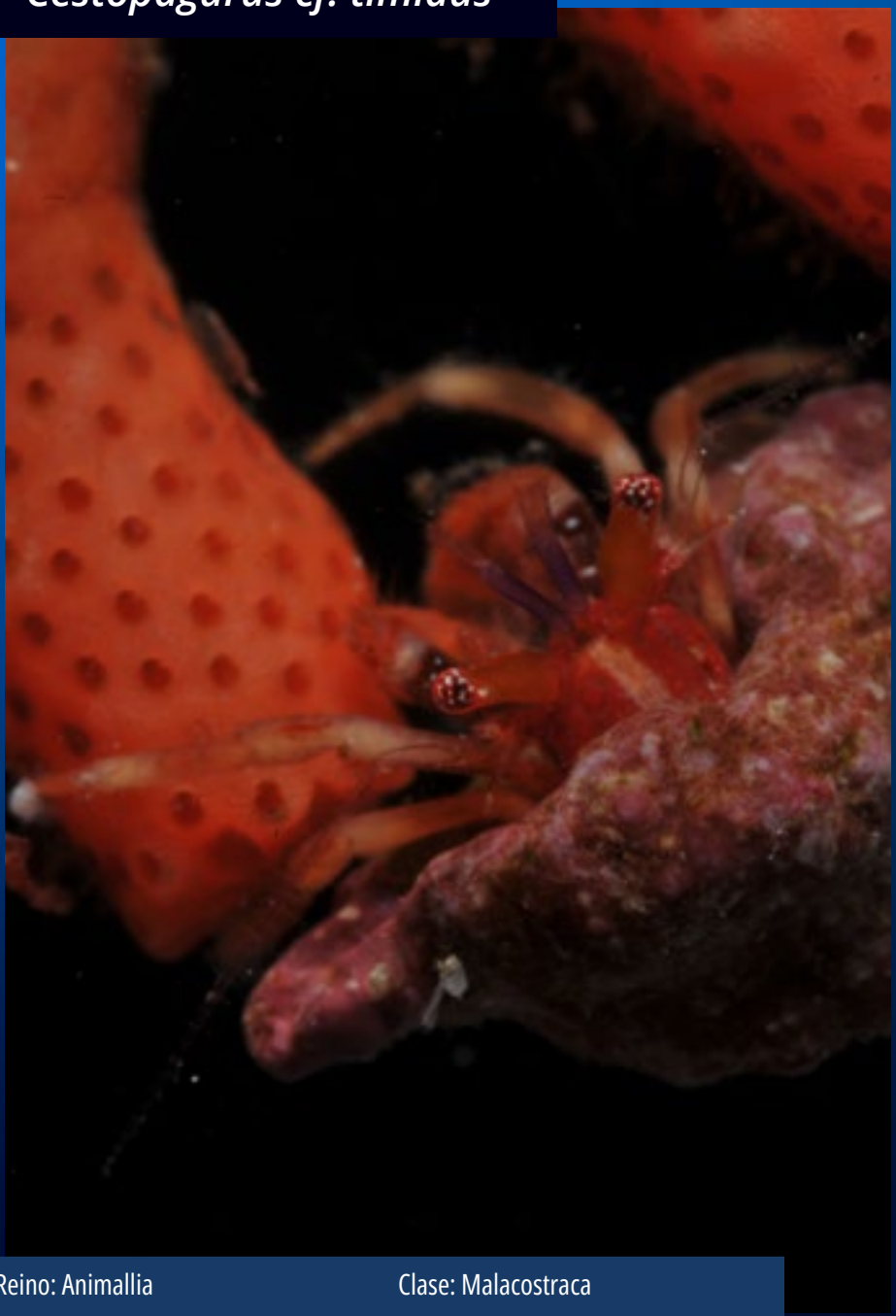


Balssia gasti



Reino: Animallia	Clase: Malacostraca
Filo: Arthropoda	Orden: Decapoda
Subfilo: Crustacea	Familia: Palaemonidae

Cestopagurus cf. timidus



Reino: Animallia	Clase: Malacostraca
Filo: Arthropoda	Orden: Decapoda
Subfilo: Crustacea	Superfamilia: Paguridae

Paguroidea sp. *B*



Reino: Animallia	Clase: Malacostraca
Filo: Arthropoda	Orden: Decapoda
Subfilo: Crustacea	Superfamilia: Paguroidea

Macropodia sp.



Reino: Animallia

Filo: Arthropoda

Subfilo: Crustacea

Clase: Malacostraca

Orden: Decapoda

Infraorden: Bachyura

Familia: Inachidae

Pilumnus sp.



Reino: Animallia	Clase: Malacostraca
Filo: Arthropoda	Orden: Decapoda
Subfilo: Crustacea	Infraorden: Bachyura

cf. *Herbstia* sp.



Reino: Animallia

Filo: Arthropoda

Subfilo: Crustacea

Clase: Malacostraca

Orden: Decapoda

Infraorden: Bachyura

Familia: Epialtidae

Pilumnus sp. *1*



Reino: Animallia	Clase: Malacostraca
Filo: Arthropoda	Orden: Decapoda
Subfilo: Crustacea	Infraorden: Bachyura

Pilumnus sp. *2*



Reino: Animallia	Clase: Malacostraca
Filo: Arthropoda	Orden: Decapoda
Subfilo: Crustacea	Infraorden: Bachyura

Inachidae sp.



Reino: Animallia

Filo: Arthropoda

Subfilo: Crustacea

Clase: Malacostraca

Orden: Decapoda

Infraorden: Bachyura

Familia: Inachidae

Pilumnus sp. *3*



Reino: Animallia	Clase: Malacostraca
Filo: Arthropoda	Orden: Decapoda
Subfilo: Crustacea	Infraorden: Bachyura

Epialtidae sp. *1*



Reino: Animallia

Filo: Arthropoda

Subfilo: Crustacea

Clase: Malacostraca

Orden: Decapoda

Infraorden: Bachyura

Familia: Epialtidae

Epialtidae sp. *2*



Reino: Animallia

Filo: Arthropoda

Subfilo: Crustacea

Clase: Malacostraca

Orden: Decapoda

Infraorden: Bachyura

Familia: Epialtidae

Epialtidae sp. *3*



Reino: Animallia

Filo: Arthropoda

Subfilo: Crustacea

Clase: Malacostraca

Orden: Decapoda

Infraorden: Bachyura

Familia: Epialtidae

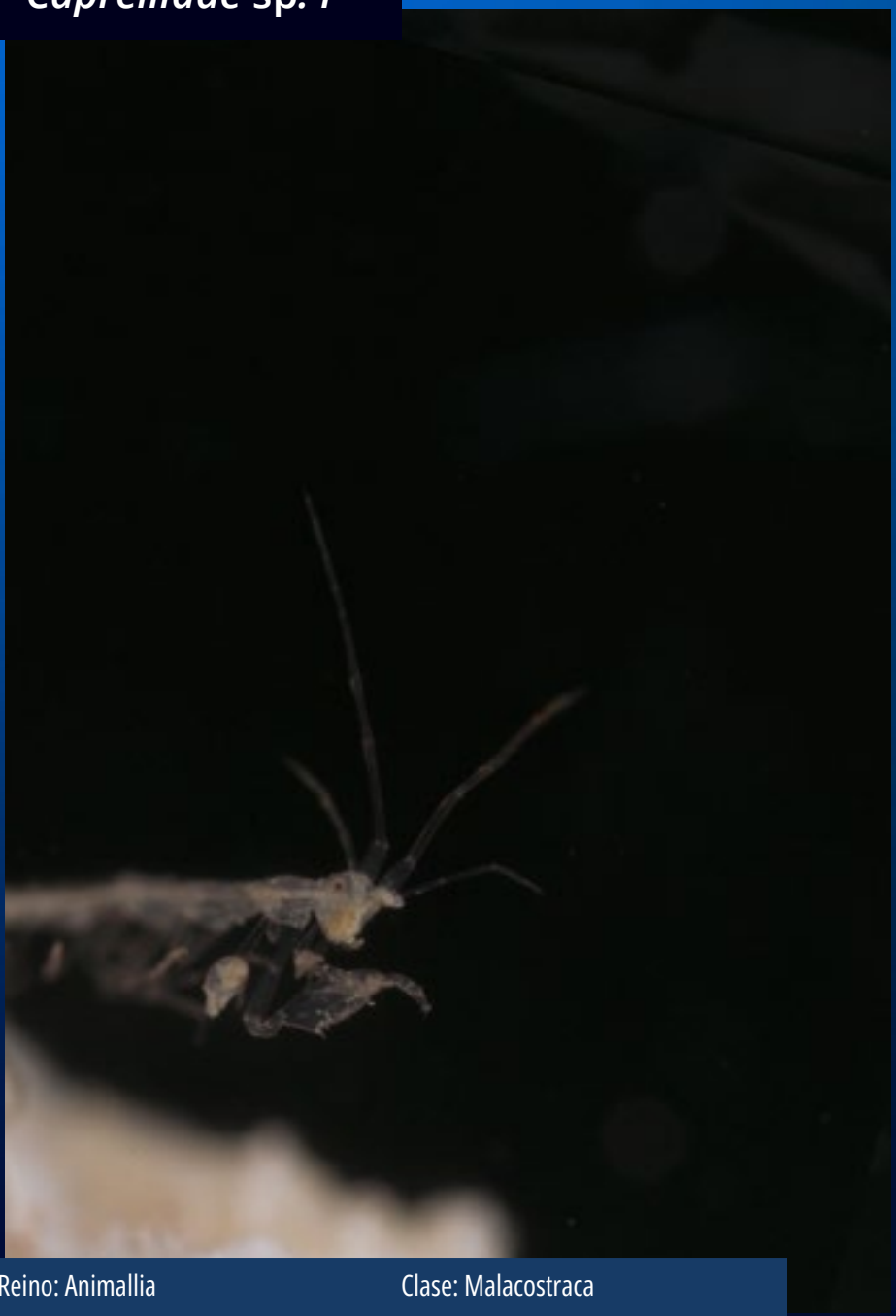
Anfipodos

Phtisica marina



Reino: Animallia	Clase: Malacostraca
Filo: Arthropoda	Orden: Amphipoda
Subfilo: Crustacea	Familia: Caprellidae

Caprellidae sp. *F*



Reino: Animallia	Clase: Malacostraca
Filo: Arthropoda	Orden: Amphipoda
Subfilo: Crustacea	Familia: Caprellidae

Lysianassidae sp.



Reino: Animallia	Clase: Malacostraca
Filo: Arthropoda	Orden: Amphipoda
Subfilo: Crustacea	Familia: Lysianassidae

Liljeborgiidae sp. *1*



Reino: Animallia	Clase: Malacostraca
Filo: Arthropoda	Orden: Amphipoda
Subfilo: Crustacea	Familia: Liljeborgiidae

Liljeborgiidae sp. *2*



Reino: Animallia	Clase: Malacostraca
Filo: Arthropoda	Orden: Amphipoda
Subfilo: Crustacea	Familia: Liljeborgiidae

cf. *Liljeborgiidae* sp. *3*



Reino: Animallia

Filo: Arthropoda

Subfilo: Crustacea

Clase: Malacostraca

Orden: Amphipoda

cf. *Liljeborgiidae* sp.

(posible juvenil de *Liljeborgiidae* sp. *3*)



Reino: Animallia

Filo: Arthropoda

Subfilo: Crustacea

Clase: Malacostraca

Orden: Amphipoda

Tanaidaceos e Isópodos

cf *Gnathia* sp.



Reino: Animallia

Filo: Arthropoda

Subfilo: Crustacea

Clase: Malacostraca

Orden: Isopodat

Chondrochelia sp.



Reino: Animallia	Clase: Malacostraca
Filo: Arthropoda	Orden: Tanaidacea
Subfilo: Crustacea	Familia: Leptocheliidae

Cymodoce sp.



Reino: Animallia	Clase: Malacostraca
Filo: Arthropoda	Orden: Isopoda
Subfilo: Crustacea	Familia: Sphaeromatidae

Quelicerados

Picnogonido 3

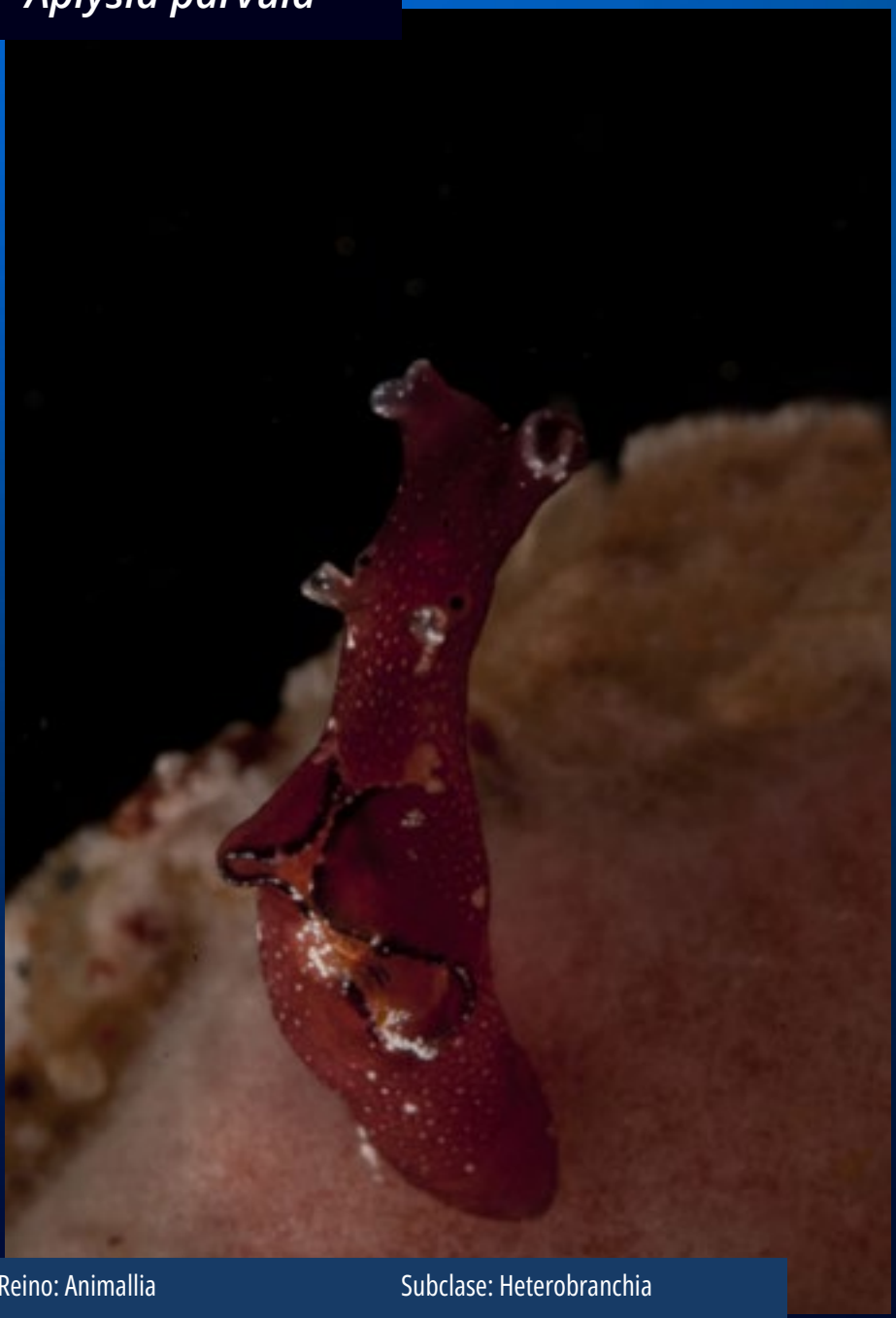


Reino: Animallia	Subfilo: Chelicerata
Filo: Arthropoda	Clase: Pycnogonida

Moluscos

Heterobranquios

Aplysia parvula



Reino: Animallia	Subclase: Heterobranchia
Filo: Mollusca	Orden: Aplysiida
Clase: Grastropoda	Familia: Aplysiidae

Edmundsella pedata



Reino: Animallia	Subclase: Heterobranchia
Filo: Mollusca	Orden: Nudibranchia
Clase: Grastropoda	Familia: Flabellinidae

Tenellia caerulea



Reino: Animallia	Subclase: Heterobranchia
Filo: Mollusca	Orden: Nudibranchia
Clase: Grastropoda	Familia: Trinchesiidae

Facelina auriculata



Reino: Animallia	Subclase: Heterobranchia
Filo: Mollusca	Orden: Nudibranchia
Clase: Grastropoda	Familia: Flabellinidae

Felimare bilineata



Reino: Animallia	Subclase: Heterobranchia
Filo: Mollusca	Orden: Nudibranchia
Clase: Grastropoda	Familia: Chromodorididae

Cadlina pellucida



Reino: Animallia	Subclase: Heterobranchia
Filo: Mollusca	Orden: Nudibranchia
Clase: Grastropoda	Familia: Cadlinidae

Limacia clavigera



Reino: Animallia	Subclase: Heterobranchia
Filo: Mollusca	Orden: Nudibranchia
Clase: Grastropoda	Familia: Polyceridae

Marionia blainvillea



Reino: Animallia	Subclase: Heterobranchia
Filo: Mollusca	Orden: Nudibranchia
Clase: Grastropoda	Familia: Tritoniidae

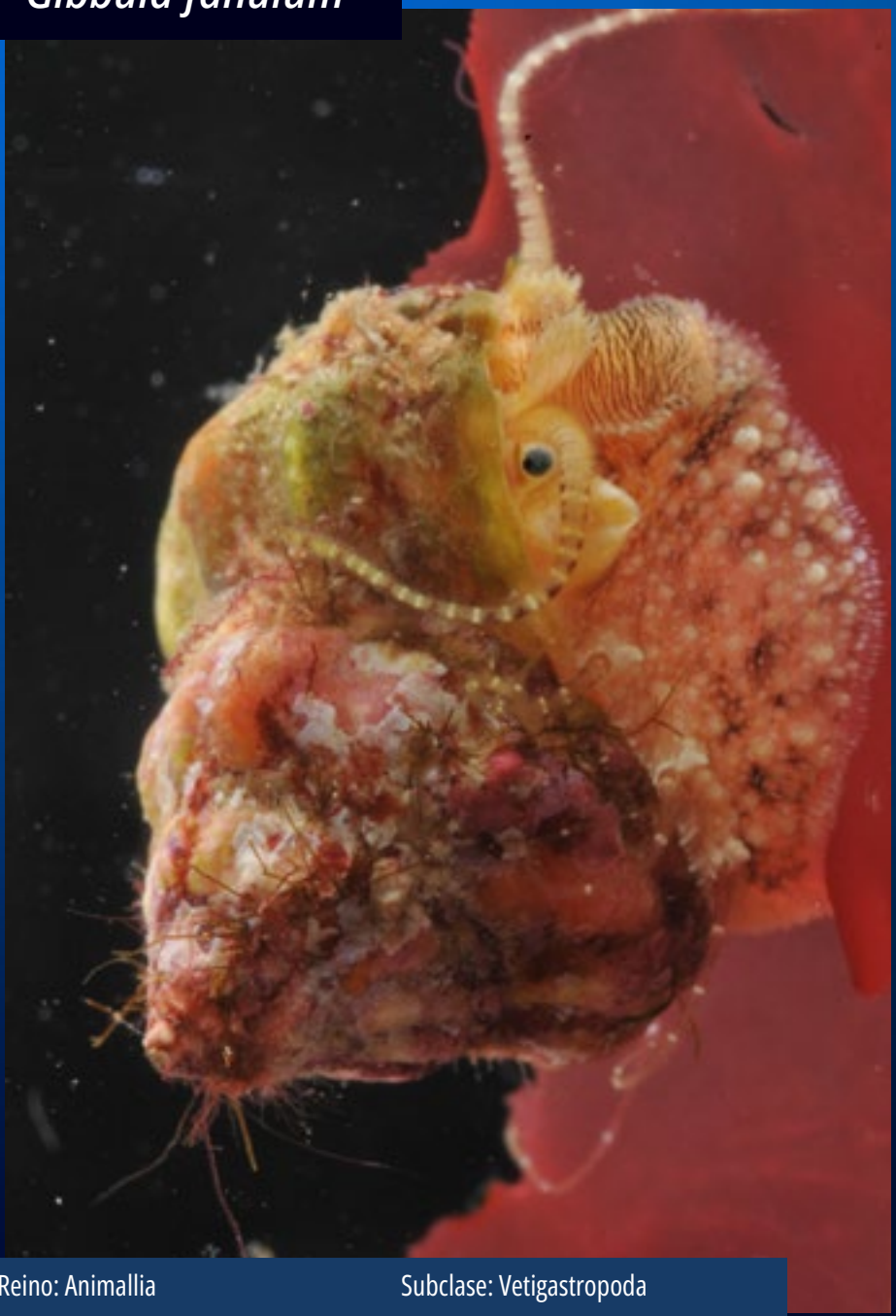
Placida cremoniana



Reino: Animallia	Subclase: Heterobranchia
Filo: Mollusca	Superorden: Sacoglossa
Clase: Grastropoda	Familia: Limapontiidae

Coenogastropodos

Gibbula fanulum



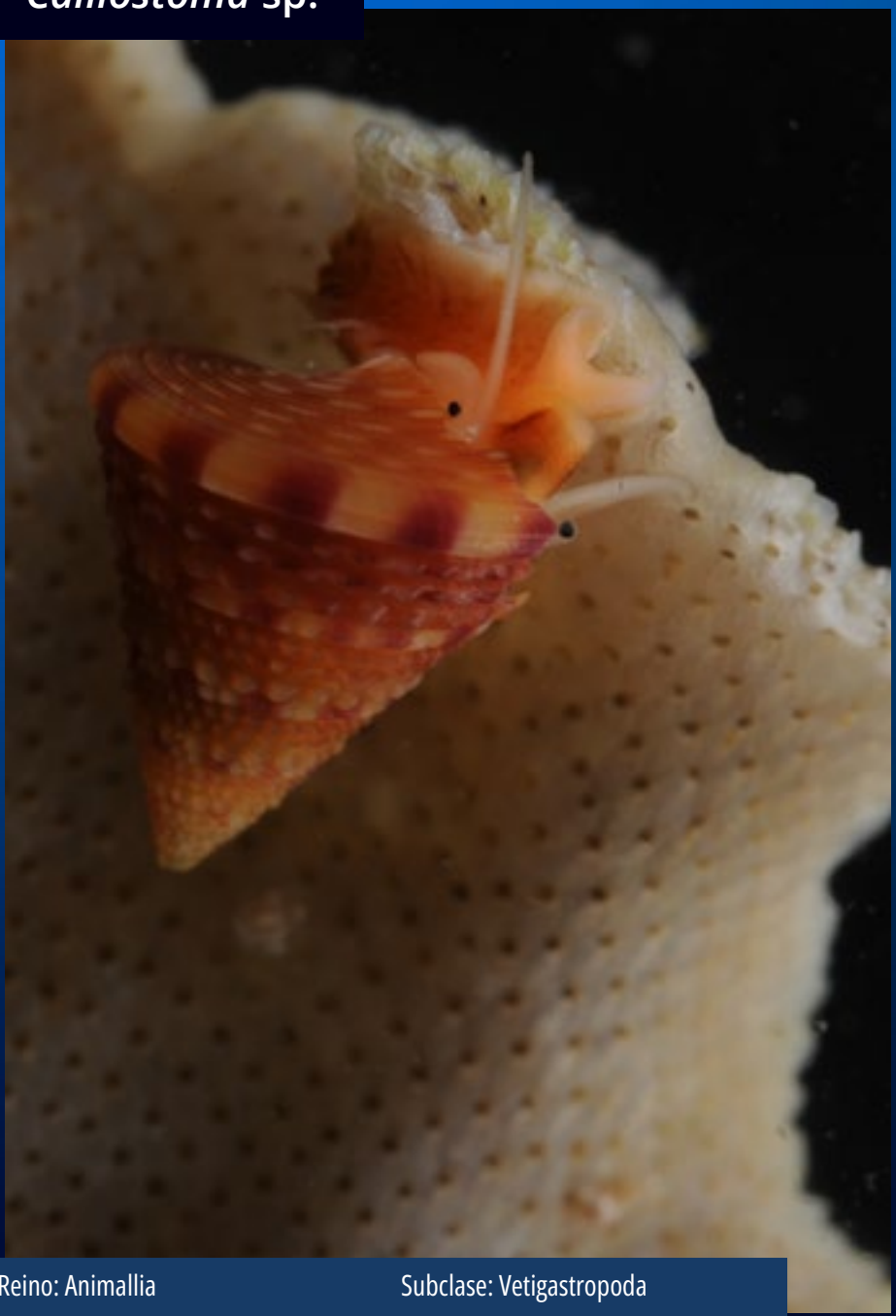
Reino: Animallia	Subclase: Vetigastropoda
Filo: Mollusca	Orden: Trochida
Clase: Grastropoda	Familia: Trochidae

Jujubinus exasperatus



Reino: Animallia	Subclase: Vetigastropoda
Filo: Mollusca	Orden: Trochida
Clase: Grastropoda	Familia: Trochidae

Calliostoma sp.



Reino: Animallia	Subclase: Vetigastropoda
Filo: Mollusca	Orden: Trochida
Clase: Grastropoda	Familia: Calliostomatidae

Bolma rugosa



Reino: Animallia	Subclase: Vetigastropoda
Filo: Mollusca	Orden: Trochida
Clase: Grastropoda	Familia: Turbinidae

Diodora graeca



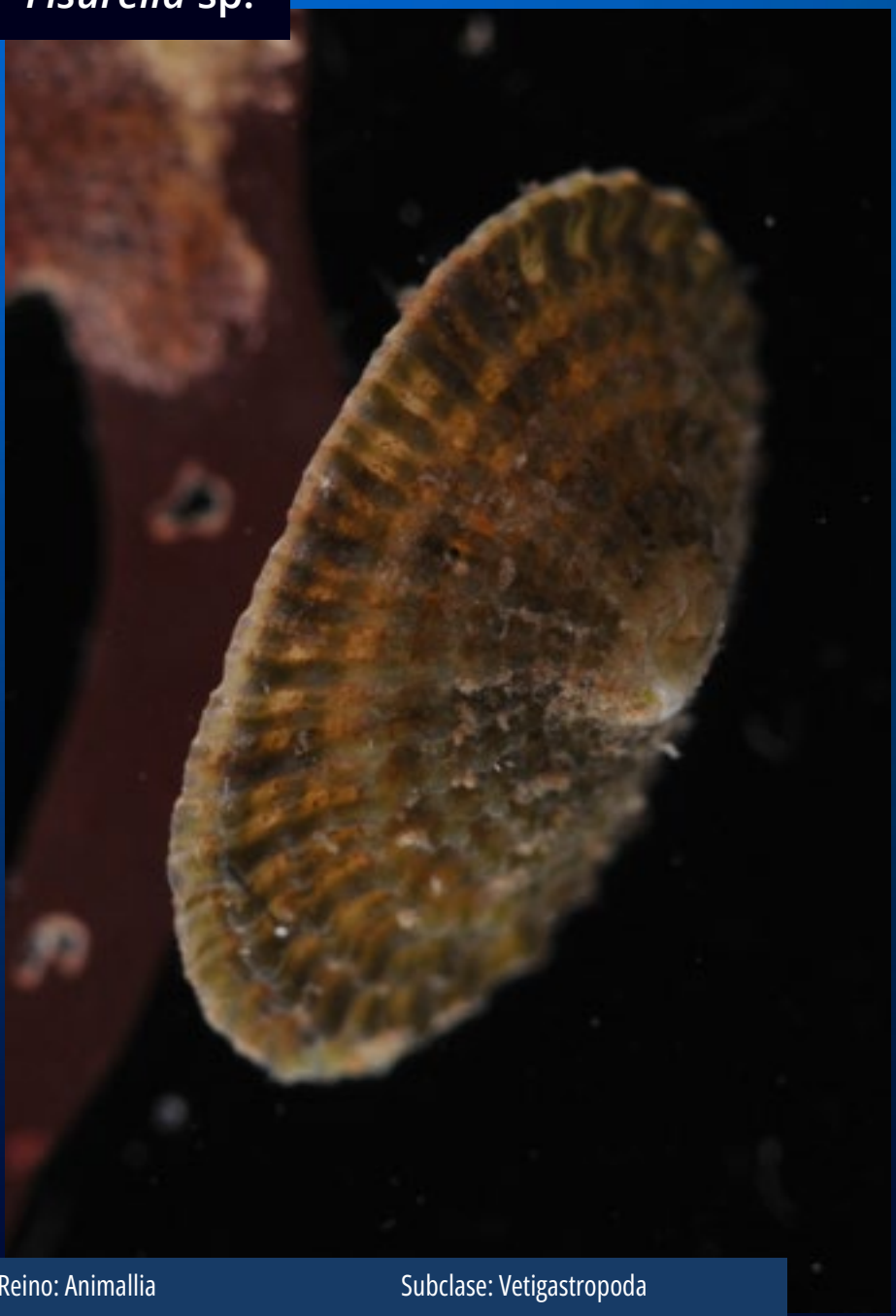
Reino: Animallia	Subclase: Vetigastropoda
Filo: Mollusca	Orden: Lepetellida
Clase: Grastropoda	Familia: Fissurellidae

Emarginula sp.



Reino: Animallia	Subclase: Vetigastropoda
Filo: Mollusca	Orden: Lepetellida
Clase: Grastropoda	Familia: Fissurellidae

Fisurella sp.



Reino: Animallia	Subclase: Vetigastropoda
Filo: Mollusca	Orden: Lepetellida
Clase: Grastropoda	Familia: Fissurellidae

Curveulima dautzenbergi



Reino: Animallia	Subclase: Caenogastropoda
Filo: Mollusca	Orden: Littorinimorpha
Clase: Grastropoda	Familia: Eulimidae

Monophorus perversus



Reino: Animallia	Subclase: Caenogastropoda
Filo: Mollusca	Orden: Triphoroidea
Clase: Grastropoda	Familia: Triphoridae

Monophorus sp.



Reino: Animallia	Subclase: Caenogastropoda
Filo: Mollusca	Orden: Triphoroidea
Clase: Grastropoda	Familia: Triphoridae

Anachis avaroides



Reino: Animallia	Subclase: Caenogastropoda
Filo: Mollusca	Orden: Neogastropoda
Clase: Grastropoda	Familia: Columbellidae

Anachis emergens



Reino: Animallia	Subclase: Caenogastropoda
Filo: Mollusca	Orden: Neogastropoda
Clase: Grastropoda	Familia: Columbellidae

Mitrella broderipi



Reino: Animallia	Subclase: Caenogastropoda
Filo: Mollusca	Orden: Neogastropoda
Clase: Grastropoda	Familia: Columbellidaet

Chauvetia sp.



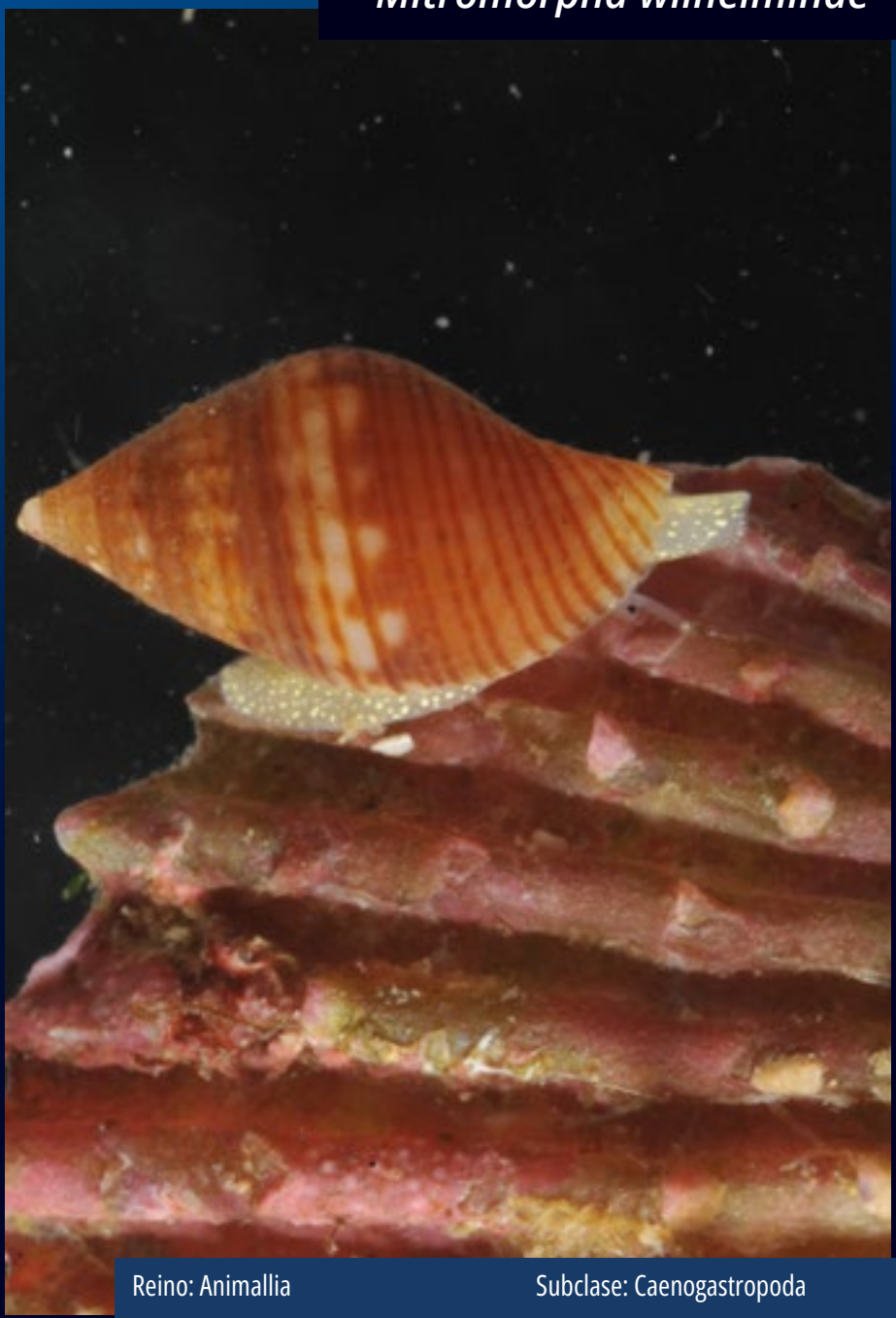
Reino: Animallia	Subclase: Caenogastropoda
Filo: Mollusca	Orden: Neogastropoda
Clase: Grastropoda	Familia: Buccinidae

Euthria cornea



Reino: Animallia	Subclase: Caenogastropoda
Filo: Mollusca	Orden: Neogastropoda
Clase: Grastropoda	Familia: Buccinidae

Mitromorpha wilhelminae



Reino: Animallia	Subclase: Caenogastropoda
Filo: Mollusca	Orden: Neogastropoda
Clase: Grastropoda	Familia: Mitromorphidae

Bedeva paivae



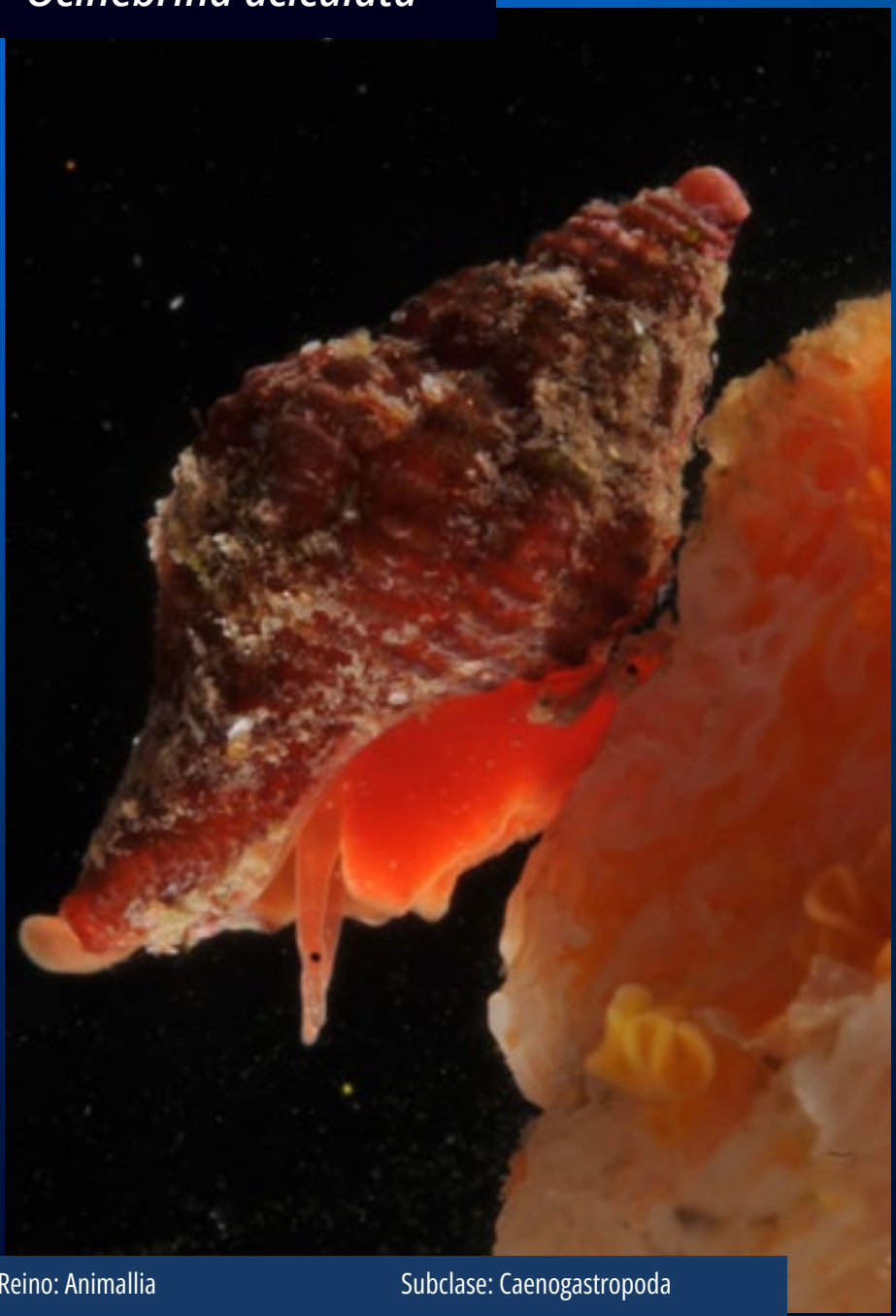
Reino: Animallia	Subclase: Caenogastropoda
Filo: Mollusca	Orden: Neogastropoda
Clase: Grastropoda	Familia: Muricidae

Muricopsis aff. *suga*



Reino: Animallia	Subclase: Caenogastropoda
Filo: Mollusca	Orden: Neogastropoda
Clase: Grastropoda	Familia: Muricidae

Ocinebrina aciculata



Reino: Animallia	Subclase: Caenogastropoda
Filo: Mollusca	Orden: Neogastropoda
Clase: Grastropoda	Familia: Muricidae

Ocinebrina aff. *aciculata*



Reino: Animallia	Subclase: Caenogastropoda
Filo: Mollusca	Orden: Neogastropoda
Clase: Grastropoda	Familia: Muricidae

Ocinebrina aff. *edwarsi*



Reino: Animallia	Subclase: Caenogastropoda
Filo: Mollusca	Orden: Neogastropoda
Clase: Grastropoda	Familia: Muricidae

Trachipollia turricula



Reino: Animallia	Subclase: Caenogastropoda
Filo: Mollusca	Orden: Neogastropoda
Clase: Grastropoda	Familia: Muricidae

Heraplex aff. *saharica*



Reino: Animallia	Subclase: Caenogastropoda
Filo: Mollusca	Orden: Neogastropoda
Clase: Grastropoda	Familia: Melongenidae

Ollia vermeuleni



Reino: Animallia	Subclase: Caenogastropoda
Filo: Mollusca	Orden: Neogastropoda
Clase: Grastropoda	Familia: Raphitomidae

Nassarius cuvierii



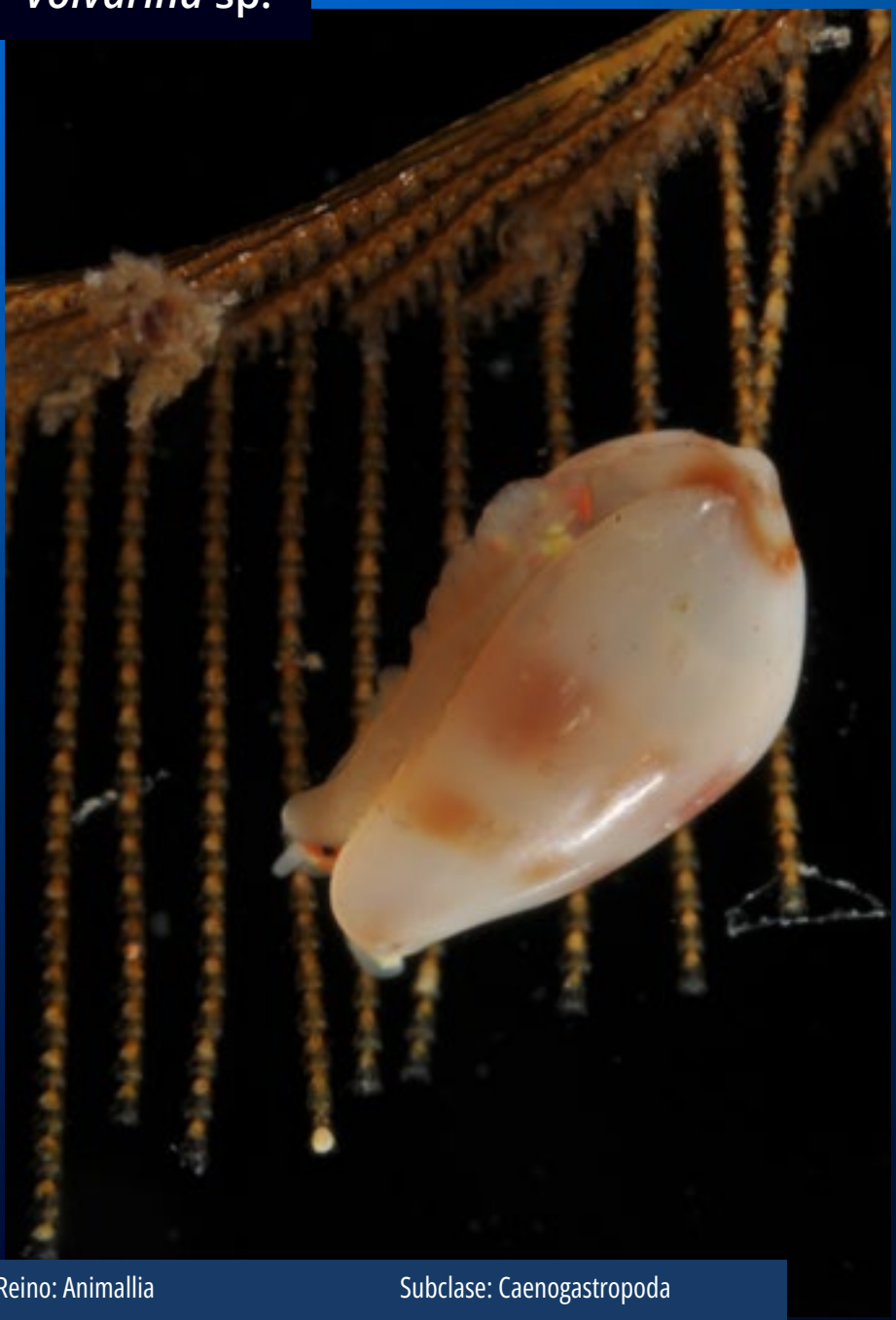
Reino: Animallia	Subclase: Caenogastropoda
Filo: Mollusca	Orden: Neogastropoda
Clase: Grastropoda	Familia: Nassariidae

Tritia incrassata



Reino: Animallia	Subclase: Caenogastropoda
Filo: Mollusca	Orden: Neogastropoda
Clase: Grastropoda	Familia: Nassariidae

Volvarina sp.



Reino: Animallia	Subclase: Caenogastropoda
Filo: Mollusca	Orden: Neogastropoda
Clase: Grastropoda	Familia: Marginellidae

Cancellaria sp.



Reino: Animallia	Subclase: Caenogastropoda
Filo: Mollusca	Orden: Cancellarioidea
Clase: Grastropoda	Familia: Cancellariidaet

Bitium reticulatum



Reino: Animallia	Subclase: Caenogastropoda
Filo: Mollusca	Orden: Cerithioidea
Clase: Grastropoda	Familia: Cerithiidae

Risoella opalina



Reino: Animallia	Subclase: Caenogastropoda
Filo: Mollusca	Orden: Acteonoidea
Clase: Grastropoda	Familia: Rissoellidae

Bivalvos

Bivalvia sp.*1*



Reino: Animallia

Filo: Mollusca

Clase: Bivalvia

Bivalvia sp.2



Reino: Animallia

Filo: Mollusca

Clase: Bivalvia

Poliquetos

Pterocirrus macroceros



Reino: Animallia	Subclase: Errantia
Filo: Annelida	Orden: Phyllodocida
Clase: Polychaeta	Familia: Phyllodocidae

Leodice cf. *harassii*

(fragmento posterior)



Reino: Animallia	Subclase: Errantia
Filo: Annelida	Orden: Phyllodocida
Clase: Polychaeta	Familia: Eunicidae

Harmothoe areolata



Reino: Animallia	Subclase: Errantia
Filo: Annelida	Orden: Phyllodocida
Clase: Polychaeta	Familia: Polynoidae

Lepidonotus clava



Reino: Animallia	Subclase: Errantia
Filo: Annelida	Orden: Phyllodocida
Clase: Polychaeta	Familia: Eunicidae

Branchiomma bombyx



Reino: Animallia	Subclase: Errantia
Filo: Annelida	Orden: Amphinomida
Clase: Polychaeta	Familia: Sabellidae (posiblemente Amphinomidae)

Cirratulidae sp. *1*



Reino: Animallia	Subclase: Sedentaria
Filo: Annelida	Orden: Terebellida (Cirratulida)
Clase: Polychaeta	Familia: Cirratulidae

Cirratulidae sp. *2*



Reino: Animallia	Subclase: Sedentaria
Filo: Annelida	Orden: Terebellida (Cirratulida)
Clase: Polychaeta	Familia: Cirratulidae

cf. *Eunicidae*

(fragmento posterior)



Reino: Animallia

Filo: Annelida

Clase: Polychaeta

Posible familia: Eunicidae

Myrianida cf. *brachycephala*



Reino: Animallia

Filo: Annelida

Clase: Polychaeta

Familia: Syllidae

Placostegus sp.



Reino: Animallia

Filo: Annelida

Clase: Polychaeta

Familia: Serpulidae

Eumida sanguinea



Reino: Animallia

Filo: Annelida

Clase: Polychaeta

Familia: Phyllodocidae

Pilargis cf. *verrucosa*



Reino: Animallia

Filo: Annelida

Clase: Polychaeta

Familia: Pilargidae

Websterinereis glauca



Reino: Animallia

Filo: Annelida

Clase: Polychaeta

Familia: Nereididae

Autolytinae sp.

(estolón reproductor)



Reino: Animallia

Filo: Annelida

Clase: Polychaeta

Familia: Syllidae

Subfamilia: Autolytinae

Amphiglena mediterranea

(sin las radiolas branquiales)



Reino: Animallia

Filo: Annelida

Clase: Polychaeta

Familia: Sabellidae

Chrysopetalum debile



Reino: Animallia

Filo: Annelida

Clase: Polychaeta

Familia: Chrysopetalidae

Syllis sp.

(fragmento medio)



Reino: Animallia

Filo: Annelida

Clase: Polychaeta

Familia:t Syllidae

Disponetus cf. *caecu*



Reino: Animallia

Filo: Annelida

Clase: Polychaeta

Familia: Chrysopetalidae

Syllis gracilis



Reino: Animallia

Filo: Annelida

Clase: Polychaeta

Familia: Syllidae

Lumbrineris aff coccinea



Reino: Animallia

Filo: Annelida

Clase: Polychaeta

Familia: Lumbrineridae

Harmothoe spinifera



Reino: Animallia

Filo: Annelida

Clase: Polychaeta

Familia: Polynoidae

Glycera tesselata



Reino: Animallia

Filo: Annelida

Clase: Polychaeta

Familia: Glyceridae

cf. *Onuphidae* sp.



Reino: Animallia

Filo: Annelida

Clase: Polychaeta

cf. *Polycirrus* sp.



Reino: Animallia

Filo: Annelida

Clase: Polychaeta

Familia: Terebellidae

Subadyte pellucida



Reino: Animallia

Filo: Annelida

Clase: Polychaeta

Familia: Polynoidae

Amblyosyllis aff spectabilis



Reino: Animallia

Filo: Annelida

Clase: Polychaeta

Familia: Syllidae

Syllis sp.



Reino: Animallia

Filo: Annelida

Clase: Polychaeta

Familia: Syllidae

Lysidice ninetta



Reino: Animallia

Filo: Annelida

Clase: Polychaeta

Familia: Eunicidae

Platynereis "complex" dumerilii



Reino: Animallia

Filo: Annelida

Clase: Polychaeta

Familia: Nereididae

Haplosyllis cf. *spongicola*



Reino: Animallia

Filo: Annelida

Clase: Polychaeta

Familia: Syllidae

Phyllodoce mucosa



Reino: Animallia

Filo: Annelida

Clase: Polychaeta

Familia: Phyllodocidae

Lumbrineris sp.

(cf. ejemplar juvenil)



Reino: Animallia

Filo: Annelida

Clase: Polychaeta

Familia: Lumbrineridae

Polychaeta sp. *Z*



Reino: Animallia

Filo: Annelida

Clase: Polychaeta

Equinodermos

Echinoidea

Echinoidea sp. *1*



Reino: Animallia

Filo: Echinodermata

Clase: Echinoidea

Asteroidea

Marthasterias sp.



Reino: Animallia

Filo: Echinodermata

Clase: Asteroidea

Orden: Forcipulatida

Familia: Asteriidae



Ophiuroidea

Ophiuroidae sp. *8*



Reino: Animallia

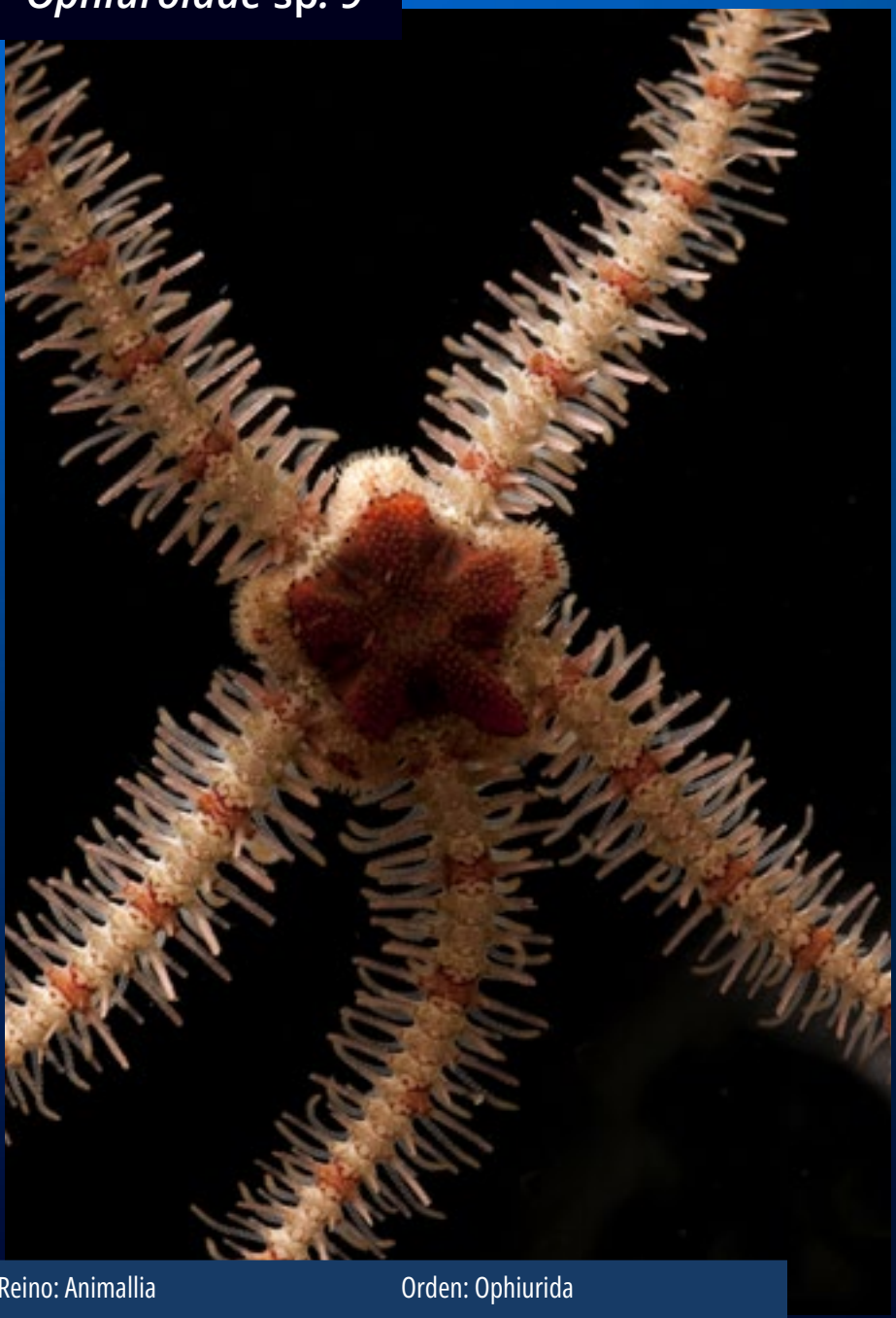
Filo: Echinodermata

Clase: Ophiuroidea

Orden: Ophiurida

Familia: Ophiuridae

Ophiuroidae sp. *9*



Reino: Animallia

Filo: Echinodermata

Clase: Ophiuroidea

Orden: Ophiurida

Familia: Ophiuridae

Ophiuroidae sp. *10*



Reino: Animallia

Filo: Echinodermata

Clase: Ophiuroidea

Orden: Ophiurida

Familia: Ophiuridae

Ophiuroidae sp. *11*



Reino: Animallia

Filo: Echinodermata

Clase: Ophiuroidea

Orden: Ophiurida

Familia: Ophiuridae

Ophiuroidae sp. *D*



Reino: Animallia

Filo: Echinodermata

Clase: Ophiuroidea

Orden: Ophiurida

Familia: Ophiuridae

Ophiuroidae sp. *E*



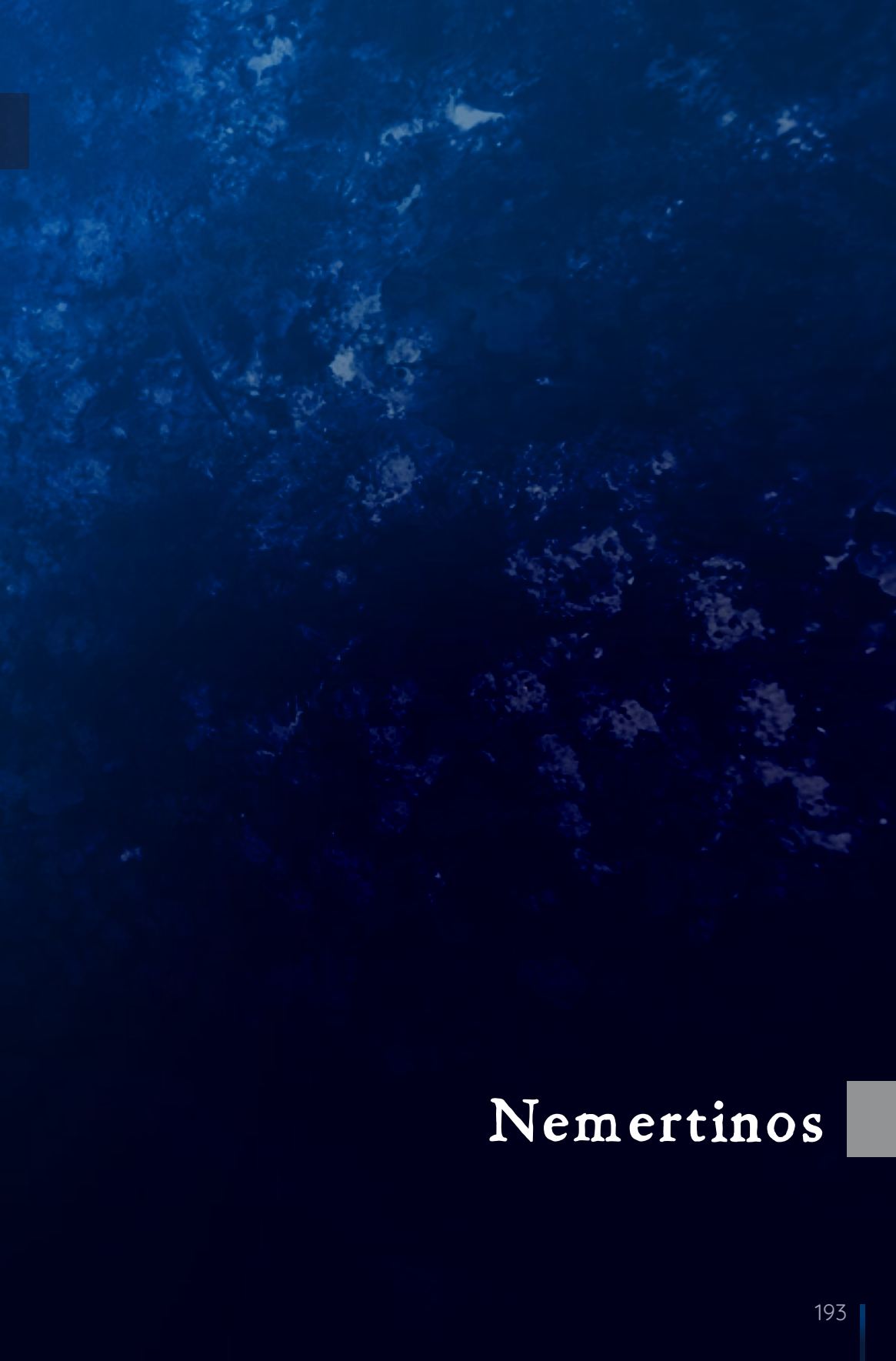
Reino: Animallia

Filo: Echinodermata

Clase: Ophiuroidea

Orden: Ophiurida

Familia: Ophiuridae



Nemertinos

Tetrastemma flavidum



Reino: Animallia

Filo: Nemertea

Clase: Hoplonemertea

Orden: Monostilifera

Familia: Tetrastemmatidae

Nemertea sp. *1*



Reino: Animallia

Filo: Echinodermata

Nemertea sp. 3



Reino: Animallia

Filo: Nemertea

Nemertea sp. *4*



Reino: Animallia

Filo: Echinodermata

Nemertea sp. 5



Reino: Animallia

Filo: Nemertea

Pripulida

Priapulida sp. *1*



Reino: Animallia

Filo: Priapulida

Capítulo VII

Parásitos, predadores y competidores por el espacio

Teniendo en cuenta la mencionada profusión de colonias de *Astroides calycularis* en los diferentes ambientes en los que aparece, y teniendo en cuenta las dinámicas poblacionales más básicas, este podría parecer un buen objetivo para parásitos y depredores

Por otro lado, teniendo en cuenta que los sustratos duros son en el medio marino escasos en comparación con los grandes espacios cubiertos por sedimentos y sustratos móviles, la competencia por tapizarlos ha debido ser una de las principales fuerzas evolutivas que han condicionado la disposición de estos hábitats.

Parásitos y predadores

Desde el punto de vista de las relaciones, debemos indicar que el único parásito conocido hasta el momento es el cirrípedo *Megatrema anglicum* que se suele adherir al margen el cáliz y llega a provocar malformaciones en los septos del coral. En cuanto a los predadores de *A. calycularis*, no se ha podido comprobar la evidencia de una forma definitiva. Pero s**í** se albergan sospechas fundadas sobre dos moluscos coenogastropodos que pueden estar alimentándose del coral. Estas especies son *Hexaplex saharica* y *Ocinebrina aciculata*, ambos abundantes sobre los pólipos. Curiosamente no se ha descubierto todavía ninguna especie de nudibranquio especializada en predar sobre los pólipos de esta especie.

Sobre la presencia del cirrípedo *Megatrema anglicum*, de pequeñas dimensiones, este se encuentra en gran número de especies de corales (Zibrowius, 1980; Zibrowius y Brito, 1984; Ross y Pitombo, 2002; Brito y Ocaña, 2004; Ocaña *et al*., 2017), creciendo sobre el esqueleto y bajo el tejido vivo del coral, causándole acusadas deformaciones.



Dos ejemplares de M. anglicum en el centro de la imagen y otro que ha provocado una gran deformación en un coralito abajo a la izquierda. A la derecha hay un detalle de otro ejemplar creciendo en el cenénquima.

Competidores por el sustrato

A partir de aquí nos centraremos en aquellos organismos que compiten con *A. calycularis* por el espacio bentónico.

Las algas, esponjas y ascidias incrustantes son los grupos que compiten más eficazmente con las colonias de *A. calycularis* y también con los pequeños pólipos que comienzan su desarrollo. En el estrato inferior son los briozoos arborescentes y los crecimientos de *Filograna implexa*, entre otros organismos los que "sepultan" a los pequeños pólipos, impidiendo su desarrollo.



Briozoos y Poliquetos tubícolas rodeando a las colonias del coral anaranjado

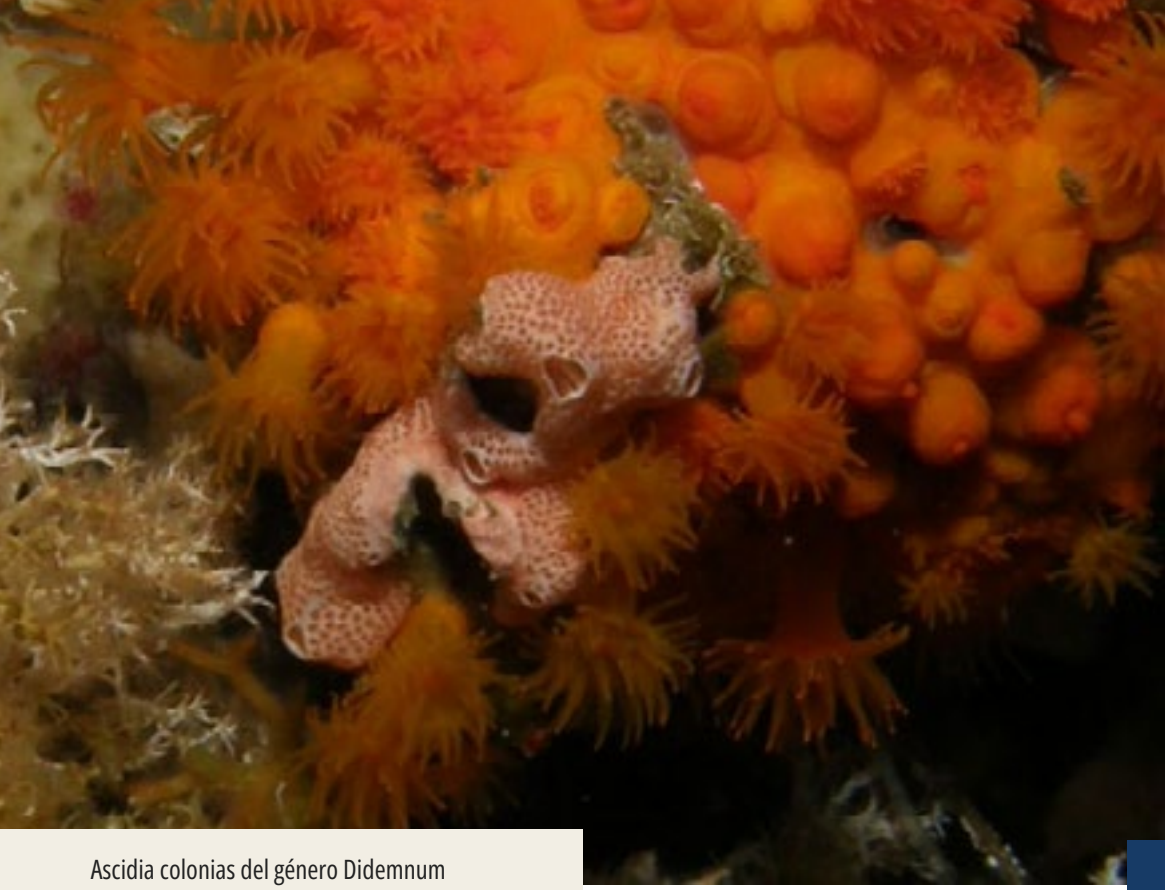
En las colonias más desarrolladas esta competencia por el espacio puede producir secuelas en forma de blanqueamientos parciales, cicatrices y pérdidas de pólipos y tejido común.



Las colonias de *A. calycularis* que crecen en ambientes fotófilos sufren crecimientos de algas cespitosas y algas masivas como *Codium bursa* sobre sus esqueletos. No obstante, los ambientes propiamente fotófilos son menos propicios para el desarrollo del coral, salvo en ambientes dónde también concurran otras características oceanográficas. Por lo tanto, los principales eventos de competencia se producen en las zonas de contacto entre ambientes de penumbra y de mayor luminosidad.



Algunos invertebrados expansivos como las esponjas o las ascidias pueden causar también problemas parecidos a los mencionados para las algas al crecer sobre las colonias.



Ascidia colonias del género Didemnum creciendo sobre una porción de colonia

En el caso de las esponjas, hay dos especies que desarrollan estrategias llamativas a la hora de desplazar al coral o entablar una "batalla" para conseguir mejores perspectivas de expansión. Por un lado, la esponja fibrosa *Ircinia variabilis* despliega una estrategia típica de las esponjas masivas, con flexibilidad y carencia de espículas, consistente en ir recubriendo todas las superficies cercanas, incluyendo a veces a los organismos a los que recubre. No obstante, los recubrimientos de colonias del coral anaranjado son un fenómeno aislado solo aplicable a larvas y pequeñas colonias.

Pese a que los recubrimientos de colonias grandes no se han detectado, *I. variabilis* sí desarrolla otra estrategia efectiva para el desplazamiento de *A. calycularis.* Se ha observado así a la esponja creciendo de forma "zapadora", introduciéndose por debajo de la colonia de *A. calycularis* o por los laterales, hasta que los ósculos y fibras van saliendo a la superficie provocando daños físicos importantes.



Ataque lateral de I. variabilis

Las esponjas fibrosas y fuertes como *I. variabilis* están más capacitadas para actuar de esta forma que otras de esqueleto. No obstante, el coral no está indefenso. Como consecuencia de los ataques del cnidario se observan una serie de necrosis en las fibras de espongina, que toman un color oscuro y textura rugosa, como pustulosa. La superficie de estas especies de arietes de espongina, en general, presentan un aspecto muy diferente al resto de la morfología de la esponja.

En algunas ocasiones, una colonia del coral es aislada y rodeada



por la esponja fibrosa y se percibe la lucha del coral para mantener controlado al hostigador. Que permanezca lo suficientemente alejada es básico para impedir recubrimientos o penetraciones. Esta es una lucha que deben mantener los pólipos con sus baterías de células urticantes.



En cuanto a las larvas, su agrupación parece ser una buena estrategia de defensa contra los avances de este tipo de esponjas.



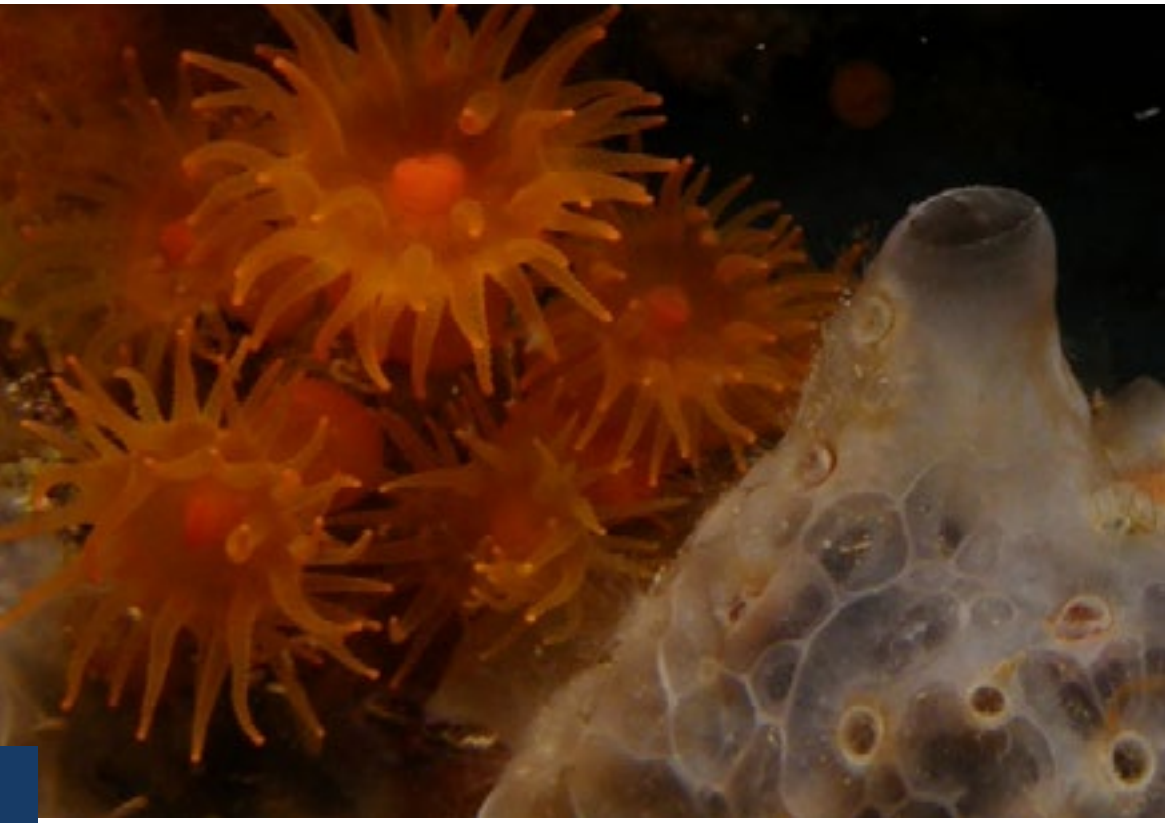
A diferencia de las esponjas cuyo esqueleto está constituido por fibras de espongina, las esponjas con esqueleto de espículas silíceas o calcáreas no tienen en general la misma consistencia. En el caso de *Phorbas tenacior* se trata de una especie que forma láminas delgadas con una textura delicada. Con un sistema de ósculos abundante y llamativo, posee la rareza de desarrollar una estrategia sorprendente, que consiste en albergar pólipos de la medusa *Nausithoe punctata* en el interior de sus canales principales.



Phorbas tenacior en la estación Punta Almina somero mostrando los pólipos de *Nausithoe* alojados en sus ósculos

Esta debe ser una antigua relación de asociación, una alianza establecida entre medusa y esponja en la que el pólipo se beneficia del alojamiento y de las corrientes de agua que provoca la esponja al hacer pasar el líquido a través de sus canales, y la esponja se beneficia de contar con un arsenal defensivo basado en las baterías de cnidocistos de los pólipos, que a modo de arqueros disuaden a posibles predadores como los nudibranquios. Desde el punto de vista de la competencia por el espacio, estos pólipos podrían también cumplir un papel atacante, defendiendo el territorio bentónico de la esponja para facilitar su

expansión. Es aquí donde se aprecia el comportamiento defensivo de estos pólipos frente a *A. calycularis* y viceversa.



Sobre todo, parece ser esta una forma de mantener ciertos límites de distanciamiento, entre esponja y coral, de manera que se establezcan los territorios bentónicos independientes.



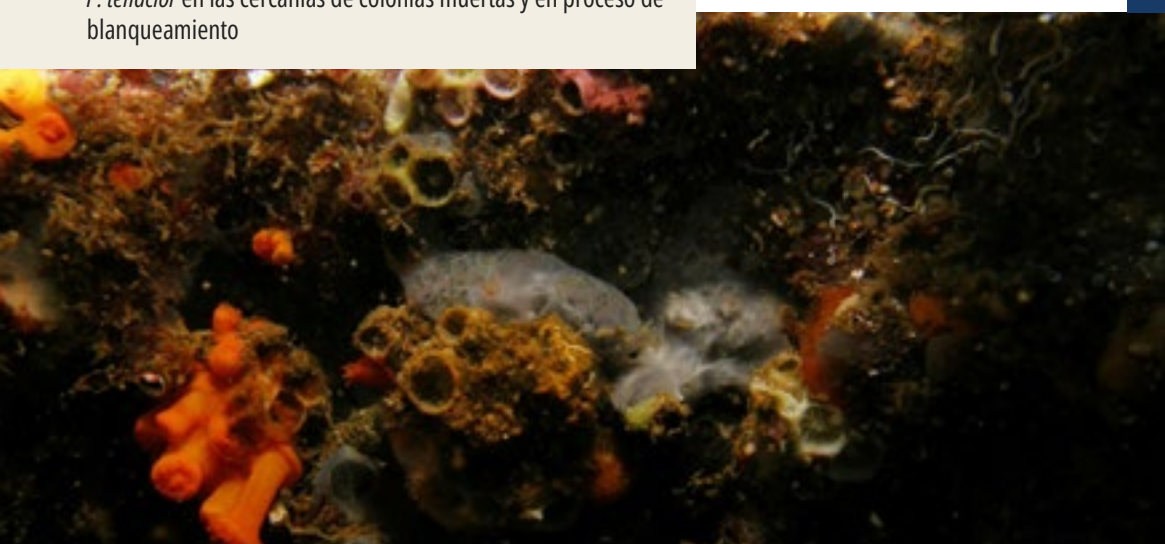


P. tenacior rodeada de colonias de *A. calycularis* que crecen por todas partes y sobre la esponja también

Estos límites respetados cuando existe presencia de los pólipos de medusa en el interior de la esponja se rompen claramente cuando no existen estos pólipos.

También se ha detectado que *P. tenacior* tiene capacidad para recubrir organismos bentónicos completos, produciendo recubrimientos sobre algunos pólipos de poca entidad y también en colonias muertas. De hecho, hemos encontrado a la esponja siempre cerca de las colonias enfermas del coral anaranjado. Sin embargo, no parece que la esponja esté directamente implicada en la muerte de las colonias de *A. calycularis*.

P. tenacior en las cercanías de colonias muertas y en proceso de blanqueamiento



Blanqueamiento en *Astroides calycularis*

La muerte de las colonias y su consecuencia visible es el blanqueamiento, puesto que al perderse la materia orgánica del coral solo queda el esqueleto, de color blanco inicialmente. Con el tiempo este esqueleto se va oscureciendo y es colonizado por numerosos organismos.

Las causas que llevan a la muerte de las colonias son complejas y variadas, pero en todos los casos en los que se ha observado el proceso, y no solo el resultado, la muerte paulatina de los pólipos y tejidos comunes de la colonia ha sido la pauta común.

La impresión general es que la muerte de la colonia o colonias es el resultado de una enfermedad provocada por bacterias, hongos o virus. Tampoco se puede descartar alguna relación con especies de esponjas que pudieran haber intervenido en la rápida muerte y blanqueamiento mediante la acción directa o la guerra química basada en la emisión de compuestos alelopáticos al ambiente.

Una colonia de Punta Almina somero blanqueada y empezando a ser cubierta por una esponja de color amarillo



El proceso de blanqueamiento ha sido de hecho observado de forma contagiosa en alguno de los seguimientos realizados sobre las poblaciones de la especie.

La diferencia entre la estación donde se ha observado este comportamiento de forma más acusada y el resto es bastante notable, e indica claramente unas condiciones radicalmente diferentes en el sentido de la incidencia del blanqueamiento. Es además la estación que por su situación recibe más los impactos antrópicos y las variaciones estacionales de temperatura.

Las causas del blanqueamiento total de una colonia puede que sean variadas y dependan de circunstancias complejas. En el caso de la mencionada estación, una enfermedad contagiosa puede ser la causa del fenómeno. Pero también es posible que la explicación sea más compleja y haya otros organismos que intervengan si coinciden otras condiciones. Ciertas esponjas podrían estar actuando de manera oportunística para desplazar a las colonias de *Astroides* aprovechando otros factores, como la debilidad previa por una enfermedad (desequilibrio vírico o bacteriano), afecciones directas de origen antrópico, épocas de excesivo calentamiento de la columna de agua o bien por la cercanía a una salida de aguas fecales. Incluso, la propia exposición a la luz solar en una ubicación poco adecuada podría ser una explicación para la degeneración y el blanqueamiento de una colonia.

Capítulo VIII

Astroides calycularis en la Región de Ceuta

Astroides en los hábitats someros de Ceuta

En este capítulo se aporta una valoración de cada subzona en base a una serie de criterios ecológicos, culturales y económicos.

Zona de bajas y arrecifes costeros sin presencia de acantilados

Se trata de un amplio sector situado en la bahía sur y comprendido **entre la Piedra del Pineo y la Playa del Sarchal. Aquí** *Astroides calycularis* no forma una comunidad propia, pero se encuentra de forma abundante en los pequeños extraplomos, pequeñas paredes y grietas. Por lo tanto, es un área representativa de este tipo de poblaciones situadas en arrecifes costeros.



Zona de acantilados y arrecifes costeros

Este sector se sitúa mayoritariamente en la Bahía Sur y se extiende **desde la bahía de la antigua Cárcel de Mujeres hasta la Isla de Santa Catalina.** Aquí, el coral forma comunidades propias y también, aunque sin formar comunidad, se puede encontrar de forma abundante en

pequeñas grietas y extraplomos de los arrecifes costeros situados en las cercanías de los acantilados. Por lo tanto, es un área representativa de las comunidades de *A. calycularis* en fondos someros.

En el contexto de la región de Ceuta, esta zona tiene un alto interés ya que se desarrolla una comunidad propia de fondos someros en interacción con algas calcáreas incrustantes. Esta comunidad contribuye a la formación de fondos detríticos costeros y a aumentar la heterogeneidad espacial de los fondos someros. La belleza estética de sus colonias y su abundancia hacen de esta una zona muy acta para las actividades turísticas y educativas siempre que se modere el número de visitantes y se establezcan unos usos del entorno que no dañen a los frágiles bancos de coral. Las mayores amenazas de esta especie en esta zona concreta están en relación con la frecuentación de los hábitats en la época estival.

Zona de bajas y arrecifes costeros sin presencia de acantilados

Se trata de un sector situado en la bahía norte y comprendido **entre la Isla de Santa Catalina y la escollera de levante del puerto de Ceuta.** Solo se han encontrado colonias dispersas siendo muy poco abundante a lo largo de este sector. Solo lo hemos localizado en pequeñas cantidades en grietas y pequeños extraplomos.

Es posiblemente el entorno litoral que más agresiones antrópicas recibe a lo largo del año ya que se producen constantemente salidas efluentes de aguas fecales y la proximidad a las instalaciones portuarias con sus frecuentes escapes de fuel, además frente a esta zona se encuentra la zona de aprovisionamiento de combustibles que hacen los buques en zona portuaria exterior a la bocana del Puerto de Ceuta. Además, en el lugar también se encuentran dos amplias áreas sedimentarias dónde no es posible encontrar a esta especie por simple incompatibilidad de hábitat. En el contexto de la región de Ceuta, esta zona de fondos someros tiene escaso interés en lo que se refiere al coral y sería un sector para recuperar y restaurar. La presencia de buenas poblaciones de esta especie en las cercanías, y a mayores cotas batimétricas, posiblemente ayude a la recuperación de estas poblaciones

costeras una vez que se solucionen los problemas de contaminación y sedimentación. En el sector litoral comprendido entre Santa Catalina y el principio de los arrecifes costeros no existe presencia del coral. La zona de arrecifes costeros termina al comienzo de la playa formada al abrigo de la escollera de levante del Puerto de Ceuta.

Zona de bajas y arrecifes costeros sin presencia de acantilados a lo largo de la bahía norte

Se trata de un amplio sector situado en la bahía norte y comprendido **entre la Playa Benítez y el límite fronterizo con la Bahía de Beliounes** en territorio marroquí. Aquí el coral no forma una comunidad propia, pero se haya presente en los pequeños extraplomos, pequeñas paredes y grietas. Por lo tanto, es un área representativa de este tipo de poblaciones situadas en arrecifes costeros de la bahía norte.

Astroides en los hábitats profundos de Ceuta

A continuación, analizaremos los sectores hallados en zonas profundas del litoral.

Zona de plataformas rocosas y grandes bloques entre Santa Catalina y Punta Almina

Es una zona afectada por el hidrodinamismo dónde se desarrollan grandes poblaciones de algas. En esta zona *A. calycularis* no forma una comunidad propia y tiene que competir por el espacio bentónico con organismos filtradores. Aquí el coral se haya presente en los pequeños extraplomos, pequeñas paredes y grietas. Se trata de una zona de tran-

sición entre las dos bahías y por lo tanto la podríamos considerar como un área representativa de este tipo de poblaciones. Debido a la cercanía del antiguo vertedero de la ciudad, toda el área debe considerarse afectada por la contaminación.

Zona de grandes veriles y plataformas rocosas entre Santa Catalina y La Piedra Gorda

Es una zona muy afectada por el hidrodinamismo y dónde se desarrollan unas comunidades de organismos típicamente reófilos. En estas zonas pocos organismos pueden proliferar pues las condiciones seleccionan a las especies más incrustantes y protegidas frente a las fuertes corrientes. *A. calycularis* forma una comunidad propia de bancos del coral. Aquí el coral se haya presente en la mayoría de los ambientes cubriendo el sustrato de forma masiva. En estas zonas las aguas son muy transparentes y permiten que la luz penetre bastante en profundidad. De esta manera, en las paredes que forman los cañones entre las grandes plataformas y agujas, las coberturas del coral pueden ser altísimas. En estas zonas, *A. calycularis* se asocia con el coral *D. ramea* para formar bancos muy peculiares y representativos de la región. Es uno de los sectores más prístinos y mejor conservados de todo el litoral ceutí. Debido a la gran abundancia del coral, es posible que el entorno juegue un papel ecológico relevante en el mantenimiento del sistema litoral en general. En la Piedra Gorda se forman facies representativas con la gorgonia *Paramuricea clavata.*

Los Ciclones (área con grandes veriles y plataformas rocosas entre Santa Catalina y la escollera de levante del Puerto de Ceuta)

Se trata de una zona colonizada preferentemente por la gorgonia *P. clavata,* donde forma grandes bosques. Este hábitat alberga una gran biodiversidad de elementos bentónicos incrustantes y erectos formando una de las agrupaciones faunísiticas más peculiares de todo el litoral. En este bosque *A. calycularis* forma parte de una comunidad pero también puede generar unas facies propias con la gorgonia *P. clavata*. En las zonas más oscuras (entrada de cuevas, pequeños túneles y extra-

plomos), *A. calycularis* forma una comunidad propia. Esta es una zona altamente representativa de la región de Ceuta y además constituye un ambiente muy raro y singular.



Sistema de acantilados, cuevas y túneles frente a las instalaciones portuarias (área que se corresponde con la zona LIC comprendida dentro de una circunferencia y enfrentado a la bocana del Puerto de Ceuta)

Se trata de una zona colonizada preferentemente por la gorgonia *P. clavata.* En este ambiente de acantilados *A. calycularis,* forma parte de una comunidad, pero también puede generar una comunidad propia colonizando amplias zonas del acantilado entre 15 y 30 metros de profundidad. En este mismo ambiente y en los lugares más prístinos, se puede observar asociado a bosques de coral rojo que colonizan las zonas más oscuras de estos acantilados. En las zonas más oscuras (entrada de cuevas, pequeños túneles y extraplomos), *A. calycularis* forma una comunidad propia. En los túneles que se pueden encontrar en este

sector, *A. calycularis* es también capaz de generar una comunidad propia formando bancos de gran importancia. Esta es una zona altamente representativa de la región de Ceuta y además constituye un ambiente muy raro y singular.

Entorno de la boya de medición portuaria

Como toda la Bahía Norte, en general, está afectada por hidrodinamismo provocado por la corriente de marea. Es un sistema de plataformas rocosas sumergidas con algo de aporte de sedimento. En esta zona *A. calycularis* no forma una comunidad propia y, tal y como sucedía en otras zonas tiene que competir por el espacio bentónico con organismos filtradores. Aquí el coral se haya presente en los pequeños extraplomos, pequeñas paredes y grietas. No hay grandes recubrimientos, pero el coral es abundante a lo largo del sistema de plataformas. En la época de primavera y verano, siempre que las condiciones oceanográficas eran favorables, se formaba en este entorno un bosque de *Saccorhiza polyschides*.

Sistema de acantilados, cuevas y túneles en la Isla del Perejil

En este ambiente de acantilados prístinos y singulares *A. calycularis* genera una comunidad propia de gran importancia ecológica. Es capaz de colonizar amplias zonas del acantilado entre 12 y 30 metros de profundidad. Aquí forma unas colonias de gran tamaño que generan un rico fondo detrítico cuando se producen las frecuentes caídas de las colonias por el sobrepeso. Es, en este lugar, dónde forma una asociación de gran valor ecológico y elevada fragilidad, los bancos mixtos de coral rojo y de *A. calycularis.*

En las zonas más oscuras (entrada de cuevas, pequeños túneles y extraplomos), *A. calycularis* forma una comunidad propia. En los túneles que se pueden encontrar en este sector, *A. calycularis* es también capaz de generar una comunidad propia formando bancos de gran importan-

cia. Los túneles de gran tamaño están completamente tapizados de esta especie. En algunos sectores de estos acantilados también forma parte de la comunidad de *P. clavata*. Se trata de una zona altamente representativa de la región de Ceuta y de la cara norteafricana del Estrecho de Gibraltar. Es un lugar único que ha llegado hasta nuestros días en este estado de pureza ambiental.



Capítulo IX

Astroides calycularis en la Región de Melilla y el Cabo Tres Forcas

Astroides en los hábitats someros de Melilla

A diferencia de lo que acontece en Ceuta, en la costa de Melilla son abundantes los fondos de sedimento, siendo esto uno de los factores que limita la presencia de *A. calycularis.* Toda la zona portuaria y colindante con la frontera oriental de Marruecos está dominada por sedimento y muy antropizada por lo que el coral está ausente. El resto del perímetro litoral de Melilla, es decir, el sector que comprende desde la Cala Galápagos y murallas de "Melilla la Vieja" hasta la laja colorada (que marca el límite occidental con Marruecos) tiene zonas sedimentarias, pero también presenta plataformas rocosas que albergan poblaciones del coral. No obstante, serán poblaciones distintas a las encontradas en la región de Ceuta ya que, en Melilla, la sedimentación es también una constante en el ambiente marino. Se han estudiado además dos estaciones situadas en territorio marroquí. El seguimiento de estas se ha hecho en colaboración con colegas marroquíes que trabajan en biodiversidad marina y también con asociaciones marroquíes que trabajan en el Cabo Tres Forcas.

Zona de acantilado bajo y arrecifes costeros

Es la zona de litoral rocoso más extensa de Melilla y está comprendido **entre la Piscina de Aguadú y el inicio de la Playa a los pies del Acantilado de la M-1. Aquí** *A. calycularis* es poco abundante y se concentra en los pequeños extraplomos, pequeñas paredes y grietas.

Es una zona que conserva calidad ambiental y presenta buenos índices de naturalidad, mejores en los lugares más alejados del sedimento. En el contexto de la región de Melilla, esta zona tiene un gran interés ya que representa una de las dos zonas someras que albergan poblaciones del coral. Sin embargo, las colonias están muy dispersas y en ningún momento forma comunidad propia.





Zona de plataforma rocosa con túneles y sifones

Está situada en el litoral rocoso **cercano al límite norte fronterizo con Marruecos y se denomina la Plancha Colorada.** Se trata de una plataforma de tonalidad rojiza que se encuentra horadada por múltiples sifones. Estos ambientes funcionan a modo de túneles dónde se encuentran numerosas poblaciones del coral, que aquí, sí forma una comunidad propia. En esta zona además se han registrado facies intermareales del coral.

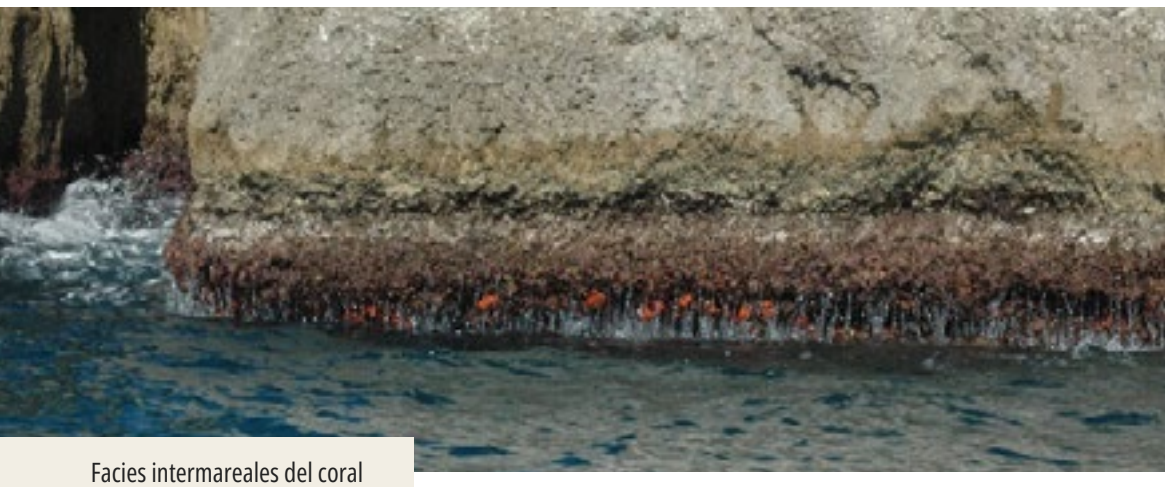


Zona de ensenadas con grandes bloques y túneles

Está situada **en territorio marroquí pero muy cerca de Melilla y se denomina área de Piedra Partida.** Se trata de una zona que presenta numerosos ambientes de penumbra dónde se establece la co-

munidad de *A. calycularis.* Es un entorno de gran calidad ambiental y se pueden observar facies intermareales del coral. Se trata de un ambiente dónde abundan los cañones angostos y extraplomos a poca profundidad.





Facies intermareales del coral

En el contexto de la región de Melilla, esta zona, representa un tipo de costa distinto que debido a la existencia de múltiples ambientes de penumbra favorece la presencia de la comunidad de fondos someros de *A. calycularis.*

Astroides en los hábitats profundos de Melilla y el Cabo Tres Forcas

A continuación, analizaremos los sectores hallados en zonas profundas del litoral.

Sistema de túneles sumergidos entre 10 y 15 metros de profundidad

Se trata de la denominada "la catedral" situados **en los fondos cercanos a la piscina de Aguadú.** Los túneles que albergan a las poblaciones de *A. calycularis* están a situados a unos 15 metros de profundidad. Está situada en territorio marroquí pero muy cerca de Melilla. Se trata de un ambiente dónde abundan los túneles con grandes bóvedas que favorecen que se asiente la comunidad de túneles de *A. calycularis.* En esta zona llega a alcanzar grandes recubrimientos.

En el contexto de la región de Melilla, es una zona de gran importancia puesto que constituye una de las pocas zonas sumergidas con poblaciones importantes de esta especie situada estrictamente dentro de los límites de la Ciudad. La zona está afectada por la sedimentación y está amenazada por los constantes vertidos provenientes del vertedero público y la actual construcción de la desaladora de la ciudad.

Acantilado sumergido con túneles

Está situado en **los fondos frente al acantilado de la m-1,** este acantilado, constituye, el único Lugar de Interés Comunitario presente en el territorio de la Ciudad Autónoma de Melilla.

Los túneles que albergan poblaciones interesantes de *A. calycularis y* están situados entre 15 y 20 metros de profundidad. Se trata de un tipo de biotopo bastante parecido al ya descrito en el apartado anterior. En esta zona llega a alcanzar grandes recubrimientos.



En el contexto de la región de Melilla, es una zona de gran importancia puesto que constituye una de las pocas zonas sumergidas con poblaciones importantes de esta especie situada estrictamente dentro de los límites de la Ciudad. La zona está afectada por la sedimentación, aunque de una forma más natural, y no presenta amenazas importantes, salvo que pueda verse de alguna manera afectada por la construcción de la desaladora de Melilla.

Farallones del Cabo Tres Forcas

Se trata de un sistema de bajas y peñas con acantilados, cuevas y grandes cañones sumergidos: Es el lugar, de los observados en la región de Melilla, que alberga las mayores cantidades de *A. calycularis.* Es un ambiente prístino y muy especial ya que se encuentra afectado por un constante hidrodinamismo. En este lugar *A. calycularis,* genera una comunidad propia de gran categoría ecológica y forma grandes colonias del coral que tienen una gran contribución a la formación de fondos detríticos. Se puede decir que, con excepción de los primeros metros, todos los fondos de los Farallones, a partir de los 8 metros de profundidad, están colonizados por *A. calycularis.* Toda esta zona, incluidos los acantilados del propio Cabo Tres Forcas, forman un sistema ecológico de alto valor y elevada fragilidad. Se trata de una zona altamente representativa de la región de Melilla y de la cara africana del Mar de Alborán.







Capítulo X

Conclusiones

Los exhaustivos estudios realizados en el litoral africano del mar de Alborán han revelado la sorprendente biodiversidad que albergan las comunidades del coral anaranjado (*Astroides calycularis),* situándolo como uno de los invertebrados marinos clave, dado su carácter como bioconstructor y biomodulador entre los 0 y los 60 metros de profundidad. Aunque estos estudios aún no se han replicado con la intensidad necesaria en la fachada norte de Alborán, las distintas exploraciones e investigaciones incipientes corroboran esta importancia en un amplio rango batimétrico, especialmente en otras zonas del Estrecho y en el litoral de Granada, no alcanzando no obstante en este último grandes profundidades.

En los fondos rocosos con escasa sedimentación y fuerte hidrodinámica, *A. calycularis* puede llegar a dominar el paisaje submarino, cubriendo grandes extensiones del sustrato. Especialmente en escarpes litorales expuestos a corrientes intensas forma fondos de "corales rodados" con características similares a los fondos de mäerl, con tasas de deposición que alcanzan hasta 30 colonias por metro cuadrado y por mes.

Sin embargo, este hecho contrasta con los datos de crecimiento, pues el engrosamiento de las colonias adultas durante el periodo de estudio ha resultado prácticamente imperceptible durante la anualidad en la que fueron medidas, lo que sugiere que su desarrollo podría estar sujeto a ciclos más largos. Por otro lado, la supervivencia de las larvas fijadas depende en gran medida del tipo de sustrato y del bentos circundante. Las que se asientan en zonas menos densamente pobladas por otros organismos tienen más probabilidades de prosperar. Las nuevas colonias muestran un crecimiento notable entre verano y otoño, y se ha detectado producción larvaria desde mayo hasta diciembre.

La competencia por el espacio en los bancos dominados por *A. calycularis* es intensa. En zonas iluminadas, las algas son los principales rivales del coral. En áreas de penumbra lo son las esponjas, especialmente aquellas con espículas, que despliegan sofisticadas estrategias defensivas en cooperación con otros invertebrados. Aun así, *A. calycularis* demuestra una notable plasticidad y sus colonias adultas presentan cicatrices que evidencian su resistencia a esta competencia y al epifitismo de otros organismos.

Las colonias de este coral son refugios de vida en sí mismos, habiéndose identificado 121 especies de microfauna asociadas a estos bancos de coral, pertenecientes a una amplia variedad de grupos zoológicos.

Esta riqueza específica convierte a estas comunidades en auténticos oasis submarinos, con una diversidad comparable a la de algunos de los ecosistemas más complejos del planeta.

Los hábitats donde se desarrolla *A. calycularis* presentan características muy diversas. Se han definido seis tipos de bancos distintos según el tipo de sustrato, la presencia de otras macroespecies y las condiciones físicoquímicas del entorno. En todos ellos, dos grupos de habitantes destacan claramente por su abundancia: los moluscos y los poliquetos. Estos representan juntos el 60 % de las especies registradas. De hecho, las especies más frecuentes pertenecen al grupo de los coenogastropodos, mientras que los poliquetos son los más relevantes en cuanto a biomasa.

A pesar de esta gran diversidad, no se ha encontrado ninguna especie que se alimente directamente del coral anaranjado, lo que refuerza la idea de su rol como especie estructurante y no como fuente de alimento directa.

No todo son buenas noticias. Se han registrado mortandades masivas de colonias en aguas someras, posiblemente ligadas a procesos infecciosos, potenciados quizás por otros factores. Destacan entre estos las posibles afecciones derivadas de la pesca, el buceo recreativo, y otras actividades antrópicas con efectos directos sobre las colonias, épocas de excesivo calentamiento de las aguas, o la aguda influencia de vertidos de aguas fecales que abundan especialmente en los meses de verano en toda la cuenca del Mar de Alborán. De hecho, es probable que estas mortandades estén ligadas al acumulo de todas estas causas.

Esto convierte a *Astroides calycularis* no solo en una especie estructurante, sino también en un bioindicador clave de la salud ambiental y de las fluctuaciones climáticas en el Mediterráneo.

El seguimiento de la evolución de sus poblaciones puede ayudarnos a anticipar cambios importantes en los fondos rocosos de la región, permitiendo no solo la protección de una auténtica “joya” natural, sino de buena parte de los hábitats que modula y de los servicios ecosistémicos que estos proveen para el mantenimiento de la Economía Azul.

Agradecimientos

En primer lugar, agradecemos al Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO) por continuar respaldando iniciativas como esta mediante las subvenciones dirigidas al desarrollo de actividades de interés social, en el ámbito de la investigación científica, y de la protección al medio ambiente, en materias de competencia estatal. Este proyecto comenzó hace casi una década gracias a ayudas de este tipo y hoy, en 2025, podemos cerrar un valioso ciclo de conocimiento, condensado en este modesto libro, gracias al mismo apoyo institucional con el que comenzamos esta andadura de estudio y conservación en el litoral ceutí.

Agradecemos también a todos los miembros de la Fundación Museo del Mar de Ceuta por su compromiso inquebrantable con la búsqueda de la verdad científica y, su pasión por la exploración marina y amor por la conservación del mar. Gracias, Fernando Rodríguez Correal, por liderar esta institución con convicción y gran profesionalidad. Gracias, Nuria Jiménez Martínez, por facilitar con eficacia la imprescindible (aunque muchas veces invisible) labor administrativa. Gracias, Dacio Correa Bethencourt, Marichén Navas Ruiz de Castañeda, Blanca Valero Alonso y Hanan Salah, por vuestra pasión y entrega. Sois el motor y la energía que mantiene viva y en crecimiento esta Fundación.

Nuestro reconocimiento también a los centros de buceo, cuyo apoyo y conocimiento sobre el medio garantiza que nuestras campañas de trabajo se desarrollen con seguridad y eficacia. En especial, al centro de nuestra Ceuta, nuestro hogar, Buceo Burbujas, con Javi Galán Jaramillo al frente, y a la incansable Montse Pérez Mesa, siempre dispuesta a ayudar con generosidad. Unimos a todo el equipo de entusiastas buzos técnicos asociados a Burbujas.

Igualmente, queremos agradecer y reconocer a todos los centros de investigación involucrados y en especial a los investigadores Jorge Núñez de la Universidad de la Laguna, Jesús Ortea Rato de la Universidad de Oviedo y Juan Junoy de la Universidad de Alcalá de Henares, que han aportado información decisiva para la determinación de la microfauna. Alfonso Ramos de la Universidad de Alicante y Joaquim Garrabou

del Institut de Ciènces del Mar (CSIC) aportaron información relevante en relación los proyectos de los que deriva la información de este libro. A Guillermo Merino y su hermano por su colaboración durante los buceos en Melilla. A Juan Carlos Rivas por su indispensable colaboración en los buceos profundos y a Manuel Arévalo, por su dedicación al proyecto a cualquier hora y cualquier día de la semana que el mar nos permitía trabajar en las estaciones someras. Por último, desean poner en valor la labor de la Delegación del Gobierno en Ceuta, por su apoyo a los proyectos iniciales de los que deriva esta obra.

Bibliografía

1. A. Faucci, R. J. Toonen and M. G. Hadfield, 2007. Host shift and speciation in a coral-feeding nudibranch. Proc. R. Soc. B (2007) 274, 111–119 doi:10.1098/rspb.2006.3685. Published online 18 October 2006
2. Brito, A. & O. Ocaña, 2004. Corales de las islas Canarias. Francisco Lemus, Editor. La Laguna, 477 páginas.
3. C. N. Bianchi, 2007. Biodivesity issues for the forthcoming tropical Mediterranean Sea. Hydrobiologia 580: 7-21.
4. Casado de Amezúa, P., 2012. Estudio genético de la estructura poblacional y conectividad de dos corales endémicos del Mediterráneo: *Astroides calycularis* y *Cladocora caespitosa*. Tesis doctoral, Universidad de Alcalá, Departamento de Ecología.
5. Casado de Amezúa, P., G. Gasparini & S. Goffredo, 2013. Phenological and morphological variations in the Mediterranean orange coral *Astroides calycularis* between two distant localities. Zoology (in press).
6. Casado-Amezúa, P., Goffredo, S., Templado, J., & Machordom, A. (2012). Genetic assessment of population structure and connectivity in the threatened Mediterranean coral *Astroides calycularis* (Scleractinia, Dendrophylliidae) at different spatial scales. *Molecular Ecology*, *21*(15), 3671-3685.
7. D. León-Muéz y A. Terrón-Sigler, 2009. El coral naranja (*Astroides calycularis*, Pallas 1766); estudio, dinámica de población, medidas de gestión y campaña de sensibilización de un recurso natural endémico. Memoria final, asociación Hombre y Territorio y Caixa Catalunya, Sevilla.
8. García de Celis de la Universidad de Valladolid (2000
9. Goffredo, S., Gasparini, G., Marconi, G., Putignano, M.T., Pazzini, C., Airi, V., Zaccanti, F., 2011. Sexual reproduction in the Mediterranean endemic orange coral *Astroides calycularis* (Scleractinia: Dendrophylliidae). Bulletin of Marine Science, 87 (3): 589-604.
10. Grubelic, I., B. Antolic, M. Despalatovic, B. Grbec & G. Paklar, 2004.

Effect of climatic fluctuations on the distribution of warm-water coral *Astroides calycularis* in the Adriatic Sea: new records and review. *J. Mar. Biol. Ass. U. K.*, 84: 599-602.

11. Hoeksema, B. & O. Ocaña, 2014. Introduction of the Central Indo-Pacific reef coral Oulastrea crispata into the Western Mediterranean Sea. Mediterranean Marine Science (in press).

12. Incarbona, A., Martrat, B., Mortyn, P. G., Sprovieri, M., Ziveri, P., Gogou, A., ... & Mazzola, S. (2016). Mediterranean circulation perturbations over the last five centuries: Relevance to past Eastern Mediterranean Transient-type events. *Scientific Reports*, *6*(1), 1-10.

13. Kimura, M., & Weiss, G. H. (1964). The stepping stone model of population structure and the decrease of genetic correlation with distance. *Genetics*, *49* (4), 561.

14. Ledoux, J. B., Ghanem, R., Horaud, M., López-Sendino, P., Romero-Soriano, V., Antunes, A., ... & Garrabou, J. (2021). Gradients of genetic diversity and differentiation across the distribution range of a Mediterranean coral: Patterns, processes and conservation implications. Diversity and Distributions.

15. López-González, P.J. 1993. Taxonom{a y Zoogeografia de los Antozoos del Estrecho de Gibraltar y Areas proximas. Tesis Doctoral. Universidad de Sevilla.

16. Merino-Serrais, P., Casado-Amezúa, P., Ocaña, Ó., Templado, J., & Machordom, A. (2012). Slight genetic differentiation between western and eastern limits of *Astroides calycularis* (Pallas, 1776)(Anthozoa, Scleractinia, Dendrophylliidae) distribution inferred from COI and ITS sequences. *Graellsia*, *68* (1): 207-218

17. N. Cachet, L. Loffredo, O. Ocaña & O.P. Thomas, 2013. Chemical diversity in the scleractinian coral *Astroides calycularis*. Phytochemistry Letters 6 (2013) 205–208.

18. O. Ocaña, 2003. Biología y divulgación para la conservación y mejor gestión de la especie *Astroides calycularis* y sus hábitats en los litorales de Ceuta y Melilla. Informe del proyecto subvencionado por la Dirección General de Biodiversidad. Ministerio de Medioambiente. Madrid.

19. O. Ocaña, D. M. Opresko & A. Brito, 2007. First record of the black coral Antipathella wollastoni (Anthozoa: Antipatharia) outside of Macaronesian waters**.** Rev. Acad. Canar. Cienc., XVIII (Núm. 4), 125-

138 (2006) (publicado en agosto de 2007).

20. Ocaña, O., de Matos, V., Aguilar, R., García, S., & Brito, A. (2017). Illustrated catalogue of cold water corals (Cnidaria: Anthozoa) from Alboran basin and North Eastern Atlantic submarine mountains, collected in Oceana campaigns. *Rev. Acad. Canar. Cienc*, *29*, 221-256.

21. Ocaña, O., Opresko, D. M., & Brito, A. (2006). First record of the black coral Antipathella wollastoni (Anthozoa: Antipatharia) outside of Macaronesian waters. *Revista de la Academia Canaria de Ciencias*, *18*(4), 125-138.

22. Ocaña, O., Ramos A., Y Templado J., 2009. Los paisajes sumergidos de la regifin de Ceuta y su biodiversidad. Museo del Mar de Ceuta, Ceuta, 254 pp.

23. P. Kruzic, H. Zibrowius & A. Pozar-Domac, 2002. Actiniaria and Scleractinia (Cnidaria, Anthozoa) from the Adriatic Sea (Croatia): first records, confirmed occurrences and significant range extensions of certain species. Ital. J. Zool., 69: 345-353.

24. P. Merino-Serrais, P. Casado-Amezúa, O. Ocaña, J. Templado & A. Machordom, 2012. Slight genetic differentiation between western and eastern limits of *Astroides Calycularis* (Pallas, 1776) (Anthozoa, Scleractinia, Dendrophylliidae) distribution inferred from COI and ITS sequences. Graellsia, 68 (1): 207-218.

25. Ramos Esplá, A. y A. Luque, 2004. Los fondos de "Maërl". En "Praderas y bosques marinos de Andalucía", Luque y Templado (Ed.), Consejería de Medioambiente, Junta de Andalucía.

26. Ross, A., & Pitombo, F. B. (2002). Notes on the coral-inhabiting Megatrematinae and the description of a new tribe, new genus and three new species (Cirripedia: Sessilia: Pyrgomatidae). *Sessile Organisms*, *19*(2), 57-68.

27. Schuhmacher, H., & Zibrowius, H. (1985). What is hermatypic?. *Coral reefs*, *4*(1), 1-9.

28. Terrón-Sigler, A. (2024). Estado actual de las poblaciones de coral naranja (*Astroides calycularis*) tras la invasión del alga invasora Rugulopteryx okamurae en el infralitoral rocoso somero andaluz. *Chronica naturae*, (9), 49-59.

29. Terrón-Sigler, A., León-Muez, D., Peñalver-Duque, P., & Torre, F. E. (2016). The effects of SCUBA diving on the endemic Mediterranean

coral *Astroides calycularis*. *Ocean & Coastal Management*, *122*, 1-8.

30. Vertino, A., Stolarski, J., Bosellini, F. R., & Taviani, M. (2014). Mediterranean corals through time: from Miocene to Present. In *The Mediterranean Sea* (pp. 257-274). Springer, Dordrecht.

31. Wells, J. W. (1933). *Corals of the Cretaceous of the Atlantic and Gulf coastal plains and western interior of the United States*. Harris Company.

32. ZENETOS *et al*...., 2010. Alien species in the Mediterranean Sea by 2010. A contribution to the application of European Union's Marine Strategy Framework Directive (MSFD). Part I. Spatial distribution *Medit. Mar. Sci., 11/2, 2010, 381-493*.

33. Zibrowius, H. (1980). Les Scléractiniaires de la Méditerranée et de l'Atlantique nord-oriental. *Mémoires de l'Institut océanographique, Monaco*.

34. Zibrowius, H. (1980). Les Scléractiniaires de la Méditerranée et de l'Atlantique nord-oriental. *Mémoires de l'Institut océanographique, Monaco*.

35. Zibrowius, H. (1995). The "Southern" *Astroides calycularis* in the-Pleistocene of the northern Mediterranean—An indicator of climatic changes (Cnidaria, scleractinia). *Geobios*, *28*(1), 9-16.

36. Zibrowius, H., & Brito, A. (1984). Dendrophyllia laboreli n. sp. Coralliaire infralittoral et circalittoral de l'Afrique occidentale et des ıles Canaries (Cnidaria, Anthozoa, Scleractinia). *Bulletin du Muséum National d'Histoire Naturelle (Paris)*, 641-657.

MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO

FUNDACIÓN
MUSEO DEL MAR
CEUTA

Esta investigación ha sido financiada por el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, pero no expresa la opinión del mismo.

