



**FACULTAD DE BIOLOGÍA**

**UNIVERSIDAD DE SEVILLA**

**Departamento de Zoología**

**Efectos de la basura marina en las comunidades  
supralitorales del Paraje Natural de  
Maro-Cerro Gordo**

**Trabajo de Fin de Grado**

**Paula Parra Jiménez**

**Tutor: Carlos Navarro Barranco**

Junio 2022

# ÍNDICE

<b>1. RESUMEN.....</b>	<b>1</b>
<b>2. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>2</b>
<b>3. METODOLOGÍA Y PLAN DE TRABAJO.....</b>	<b>7</b>
<b>4. RESULTADOS.....</b>	<b>11</b>
<b>4.1. Caracterización de la comunidad.....</b>	<b>11</b>
<b>4.1.1. Caracterización de la comunidad supralitoral.....</b>	<b>11</b>
<b>4.1.2. Variabilidad espacial.....</b>	<b>13</b>
<b>4.2. Relación entre factores bióticos y abióticos.....</b>	<b>15</b>
<b>4.3. Factores ambientales que afectan a la abundancia de basura marina.....</b>	<b>18</b>
<b>5. DISCUSIÓN.....</b>	<b>20</b>
<b>6. CONCLUSIONES.....</b>	<b>24</b>
<b>7. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>25</b>
<b>8. ANEXOS.....</b>	<b>30</b>
<b>Anexo 1. Comunidad del supralitoral.....</b>	<b>30</b>
<b>Anexo 2. Especies comunes en el intermareal de Maro-Cerro Gordo.....</b>	<b>32</b>
<b>Anexo 3. Ejemplos de basura en litoral muestreado.....</b>	<b>35</b>

## 1. RESUMEN

Este Trabajo de Fin de Grado tiene como principal objetivo la caracterización y estudio de la distribución y posibles efectos de la basura marina en comunidades litorales. Concretamente, el estudio aborda el efecto de este tipo de contaminación sobre las comunidades del supralitoral de las costas rocosas del Paraje Natural de Maro-Cerro Gordo, un área marina protegida situada a caballo entre las costas de Málaga y Granada. Para ello, hemos analizado la estructura de la comunidad biótica y la tipología y abundancia de basura mediante el uso de cuadrículas fotográficas en 6 playas situadas en el entorno de dicho Paraje. Dichas cuadrículas fueron analizadas mediante el programa PhotoQuad, el cual nos permite determinar el porcentaje de cobertura de cada una de las especies o elementos considerados. Además, hemos tenido en cuenta factores abióticos como la rugosidad (medida con un perfilómetro), la exposición al oleaje (basada en índices Fetch), la distancia al emisario más próximo y la inclinación (medida con un inclinómetro), para evaluar la posible influencia de estas variables sobre la estructura de la comunidad y la presencia de basura. Los datos fueron analizados con el programa PRIMER.E 6.0, con el que realizamos diferentes análisis multivariantes (PERMANOVA, MDS, SIMPER...) para explorar las diferencias en la estructura de la comunidad biótica entre playas y los diferentes transectos realizados en cada una de ellas. También se realizó un análisis DISTLM, para evaluar el grado en que nuestras variables ambientales (exposición al oleaje, inclinación, rugosidad, distancia al emisario y cantidad de basura) explicaban las diferencias espaciales observadas en la comunidad biológica del supralitoral. Por último, para saber qué variables afectan a la presencia y abundancia de basura usamos modelos lineales generalizados.

Los resultados ponen de manifiesto la gran variabilidad espacial en la estructura de la comunidad biótica. La comunidad existente en el supralitoral presenta un bajo número de taxones que se encuentran presentes a lo largo de todo el área de estudio, por lo que las diferencias observadas eran principalmente debidas a variaciones en la abundancia relativa de determinados grupos. Sin embargo, las variables abióticas (entre ellas la cantidad de basura marina) no explican las diferencias espaciales de la comunidad. Sí se observaron grandes diferencias en la abundancia de basura, siendo llamativa la elevada abundancia de toallitas en la estación de Caleta de Maro. Los principales factores que resultaron significativos para

explicar la abundancia de basura fueron la rugosidad del sustrato y distancia al emisario más próximo.

## 2. INTRODUCCIÓN

El Mediterráneo es una cuenca semicerrada considerada como uno de los mayores *hotspots* de biodiversidad del mundo, albergando un 7,5% de la biodiversidad global, con un gran porcentaje de endemismo y con numerosas especies y hábitats marinos protegidos y/o amenazados (Coll et al., 2010). Por otro lado, se trata también de una región muy antropizada, con una elevada densidad de población y una intensa actividad (comercial, industrial, turística...) que contribuye de manera notable a la economía global. De hecho, la cuenca Mediterránea atrae al 25% del turismo internacional y alberga el 30% del tráfico marítimo internacional (Angiolillo y Fortibuoni, 2020). Por todas estas razones, el Mar Mediterráneo es uno de los mares más contaminados mundialmente, especialmente en lo referente a basura marina (Deudero y Alomar, 2015). Sin embargo, a pesar de que este tipo de contaminación supone un grave problema en nuestro planeta hoy en día, no ha sido hasta esta última década cuando ha aumentado el interés científico y la atención pública por este problema de acumulación en los fondos marinos (Deudero y Alomar, 2015).

### **La pesca fantasma**

Uno de los efectos más visibles de la basura marina sobre la fauna, además de tratarse de los primeros en acaparar la atención del público, es el frecuente enredo de animales con material pesquero abandonado. Los organismos marinos quedan fácilmente atrapados en redes y otros aparejos de pesca perdidos o abandonados, los cuales les impiden moverse, alimentarse, respirar y/o reproducirse, en un proceso conocido como pesca fantasma (Bergmann et al., 2015). Actualmente, se estima que la cantidad de material pesquero abandonado anualmente supera las 640.000 toneladas, constituyendo un 10% de la basura marina total (Barnes et al., 2009). Los factores que aumentan el riesgo de enredo son el tamaño, tipo de estructura y localización de las redes abandonadas, la presencia de otros objetos no pesqueros como cuerdas y bolsas de plásticos, así como aspectos comportamentales de la fauna presente en la zona (por ejemplo, los leones marinos, de comportamiento curioso, tienden a enredarse con mayor frecuencia en estos materiales al forrajear en la superficie marina) (Bergmann et al., 2015). Incluso en aquellos casos en los que el animal consigue escapar, existe un alto

porcentaje de mortandad debido a infecciones de piel, amputaciones de extremidades y procesos sépticos, etc. (Rojo-Nieto, 2017). El problema de la pesca fantasma se multiplica debido a que los organismos capturados a menudo actúan como cebo, atrayendo a potenciales nuevas víctimas.



**Fig.1.** Un ejemplo de pesca fantasma en la costa de Granada. Un pulpo (*Octopus vulgaris*) se alimenta de un ejemplar de *Ephinephelus costae* atrapado en una red abandonada. Fotografía cortesía de Luis Sánchez Tocino.

### **El plástico en los océanos y sus implicaciones biológicas**

Aunque el enredo accidental y la pesca fantasma son impactos relevantes y llamativos, la mayor problemática relacionada con la basura marina está asociada a la creciente presencia de plástico en nuestros océanos. La rápida expansión del uso de polímeros sintéticos durante los dos últimos siglos ha traído consigo la denominada “Edad de los Plásticos” (Bergmann et al., 2015). Sus propiedades y su relativo bajo coste hace que sean materiales usados mundialmente en multitud de actividades, mientras que su baja densidad y durabilidad les permite dispersarse por viento y agua y hace que permanezcan durante años en el ecosistema. Sin embargo, a pesar del reconocido gran impacto que estos plásticos están teniendo en el medioambiente, la producción de estos compuestos sigue creciendo cerca de un 4% por año (Ostle et al., 2019).

El origen de la contaminación por plástico en los océanos es en un 80% terrestre, siendo las zonas de mayor densidad poblacional y las zonas más industrializadas las más contaminantes (Derraik, 2002). La mayoría de los desechos plásticos y objetos flotantes y varados se originan en actividades recreativas costeras (Lee et al., 2013) derrames accidentales (Redford et al., 1997) y lixiviados de vertederos (Browne et al., 2010). Los sistemas fluviales y las plantas de tratamiento de aguas residuales son las principales vías de entrada de esta basura al medio ambiente marino (Browne et al. 2010; Cole et al., 2011). Además, fenómenos meteorológicos extremos, como los huracanes o las grandes inundaciones, aumentan la transferencia de desechos terrestres al mar (Barnes et al., 2009).

Esta gran llegada de basura terrestre al mar ha provocado que determinadas zonas costeras y los giros oceánicos se conviertan en grandes zonas de acumulación de basura marina flotante. Los compuestos poliméricos de mediano y gran tamaño suponen un porcentaje mayoritario de esta basura flotante, la cual puede actuar como vector de transporte de larga distancia para especies invasoras y patógenos como *Vibrio* sp., *Escherichia coli* o *Bacillus cereus* (Angiolillo y Fortibuoni, 2020). Además, se ha comprobado que grandes masas de plásticos flotantes (acompañados de textiles, papel/cartón, metales, vidrio, desperdicios alimenticios, etc.) pueden reducir los niveles de luz que alcanzan los fondos marinos, con efectos perjudiciales para la vegetación o los arrecifes de coral (Lamb et al., 2015).

Los plásticos pueden fragmentarse y degradarse de forma mecánica (por el efecto del oleaje, por ejemplo), biológica, fónica o química, siendo su degradación generalmente más lenta en el mar que en la tierra, dado que la radiación UV es absorbida rápidamente por el agua. Se ha descubierto que, como fruto de la degradación del plástico, se liberan una variedad de químicos que tienen un efecto negativo en la biota, como pueden ser el metano y el etileno, que contribuyen al efecto invernadero. De hecho, el polietileno, que es el polímero más producido globalmente, es el mayor emisor de estos gases (Royer et al., 2018).

A medida que se van degradando, los plásticos van quedando reducidos en fragmentos más pequeños hasta que se convierten en microplásticos (<5 mm). Mucha de la preocupación relativa a los microplásticos se debe a su introducción en las redes tróficas, ya que algunos de los aditivos de estos plásticos son biológicamente activos, afectando potencialmente al desarrollo y la reproducción (Sharifinia et al., 2020). Además, estos microplásticos tienen la capacidad de adsorber metales tóxicos del medio, entre los que destaca el mercurio. Todos estos compuestos químicos pueden acumularse y biomagnificarse en las redes tróficas

marinas, lo que resulta muy peligroso para los humanos y otras especies depredadoras que se encuentran en la parte superior de la pirámide alimenticia (Li et al., 2016).

### **Basura marina en las zonas litorales**

La basura marina es comúnmente encontrada en la superficie marina o empujada hacia las costas, por lo que gran parte del trabajo sobre esta basura se ha centrado en áreas costeras y principalmente en costas arenosas. Hay poca información del impacto de esta basura en las costas rocosas y los pocos datos disponibles apuntan a que el cristal y los plásticos duros son los compuestos que se acumulan con mayor facilidad en estas zonas (Bergmann et al., 2015; Weideman et al., 2020). Sin embargo, no se sabe casi nada en relación a la basura del intermareal rocoso, al margen de algunas evidencias recientes que describen una tipología especial de contaminación (*plasticrusts*) en estas zonas (Gestoso et al., 2019). Estos *plasticrusts* se generan por el impacto de residuos plásticos sobre rocas rugosas causado por el oleaje. Como consecuencia, pequeños fragmentos de plástico quedan incrustados en la zona intermareal, pudiendo tener efectos sobre la fauna circundante, tales como pequeños invertebrados móviles que pueden ingerir estos plásticos junto con las algas o diatomeas que les sirven de alimento (Gestoso et al., 2019).

La solución al problema de la basura marina se cree que está en la búsqueda de nuevas formas más sostenibles de producción y consumo. En este sentido, el primer paso para atajar el problema sería el estudio científico, con la consiguiente concienciación y educación a la población (Löhr et al., 2017). Si no se actúa con rapidez, las poblaciones de fauna y flora pueden verse afectadas y algunas podrían descender en número con el tiempo, lo que tiene potenciales consecuencias en la salud medioambiental, en la conservación de la biodiversidad, en los servicios ecosistémicos y en la seguridad alimenticia humana (Antao et al., 2018).

### **Impacto medioambiental en el Paraje Natural Maro-Cerro Gordo**

Por tanto, existe una urgente necesidad por evaluar el impacto que la basura marina puede tener sobre las comunidades supralitorales e intermareales en zonas rocosas con diferente presión antropogénica, condiciones biogeográficas, tipologías de sustrato, etc. En este sentido, nuestro trabajo se centra en las costas del Paraje Natural de Maro – Cerro Gordo (PNMCC) (descritas posteriormente), situada en la zona norte del Mar de Alborán. El Mar de Alborán es una zona de estudio de gran interés dado que es la cuenca que conecta el Mar

Mediterráneo con el Océano Atlántico, siendo por tanto una zona de confluencia de fauna y flora de distinto origen biogeográfico (Báez et al., 2021). Se trata además de una zona de afloramiento de aguas profundas, frías y ricas en nutrientes (Sarhan, 2000), lo cual favorece una elevada biodiversidad marina y riqueza de especies en esta zona. Las comunidades supralitorales e intermareales superiores en esta región están habitadas por organismos resistentes a la desecación y al oleaje, como la cochinilla de mar (*Ligia* sp.), las lapas (*Patella rustica*, *Patella ferruginea*), las bellotas de mar o escaramujos (*Chthamalus* sp.), cangrejos y mejillones, entre otros (Rueda et al., 2021). Además, suelen formarse pozas de agua pequeñas que quedan aisladas temporalmente, formándose pequeños ecosistemas con presencia de anémonas, gasterópodos, erizos y pequeños peces (Rueda et al., 2021).

La principal actividad de los habitantes de estas zonas es agrícola (destacando los cultivos bajo plástico y el cultivo de frutos tropicales) y turística, la cual se ha acrecentado en los últimos años. Existe además una falta de depuración de aguas residuales de poblaciones limítrofes (Sánchez et al., 2019). Aunque hay un mayor control pesquero, durante años se han usado redes de arrastre para especies como el pulpo y la jibia, actividad que ha tenido cierto impacto medioambiental. Por último, otra actividad humana frecuente dentro del Paraje Natural es el buceo recreativo, que conlleva impactos sobre las comunidades bentónicas por el fondeo de embarcaciones y el contacto con los buceadores (Cerchiello et al., 2018).

Por tanto, los objetivos del presente trabajo son; 1) Caracterizar la composición y abundancia de especies en el supralitoral rocoso presente en el entorno del PNMCC, así como su variabilidad espacial. 2) Evaluar la abundancia y tipología de la basura marina presente en el litoral rocoso de esta zona, así como su posible impacto sobre las comunidades biológicas. 3) Profundizar en los diferentes parámetros ambientales (inclinación y rugosidad del sustrato, exposición al oleaje y distancia a fuentes de perturbación) responsables de los patrones anteriormente observados. La escasez de datos previos dificulta establecer unas hipótesis de partida claras sobre la influencia de estos factores, si bien esperamos que una mayor rugosidad, grado de embolsamiento y de antropización de la costa favorezca la acumulación de basura. Por otra parte, dada la baja competencia por el sustrato existente en las zonas supralitorales del Mediterráneo (con un alto porcentaje de sustrato desnudo; Hofrichter, 2004) esperamos que las comunidades biológicas no se vean severamente afectadas por la presencia de basura en nuestro estudio.

### 3. METODOLOGÍA Y PLAN DE TRABAJO

#### Zona de estudio y trabajo de campo

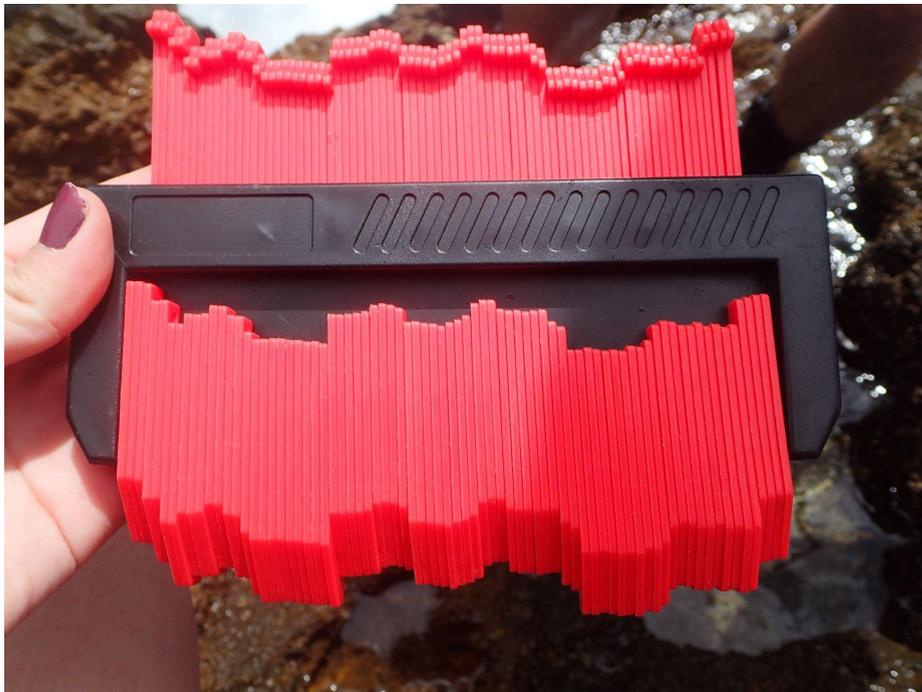
Este estudio se sitúa en el Paraje Natural de Maro-Cerro Gordo, una franja de unos 12 km de costa de gran valor ecológico y que se extiende en su parte marina una milla mar adentro. Se sitúa entre las provincias de Málaga y Granada, en concreto entre los términos municipales de Nerja (pedanía de Maro) y Almuñécar (pedanía de La Herradura). Esta zona de costa está condicionada por la proximidad de las sierras litorales que la bordean, Almijara y Tejeda, que impiden la formación de playas amplias y da lugar a un paisaje costero dominado por acantilados y pequeñas calas. Entre los hábitats marinos más destacables presentes en esta zona encontramos los fondos coralígenos, las cuevas submarinas y las praderas de *Posidonia oceanica*. Todos ellos son ambientes muy heterogéneos y con elevada riqueza de especies, siendo las fanerógamas especialmente relevantes por su función como sumideros de carbono y elemento de protección costera frente a los temporales (Urrea et al., 2015).

Para este estudio, durante los meses de diciembre a marzo, tomamos 6 playas del entorno del PNMCC: Barranco de Maro, Cala de Maro, Cala del Pino, El Cañuelo, Cantarriján y Marina del Este (Fig.2.).



**Fig.2.** Playas de estudio dentro del Paraje Natural de Maro-Cerro Gordo.

Para caracterizar la comunidad del supralitoral y la basura marina en cada una de las playas se realizaron 3 transectos al azar de 10 metros de longitud en cada una de las playas, fotografiando cuadrículas de 20x20 cm en el sustrato rocoso (15 réplicas por transecto). Para ver qué factores influyen sobre la estructura de la comunidad y la abundancia de basura, se tomaron medidas de la inclinación de la roca en cada una de las réplicas (tomadas mediante un inclinómetro digital situado en uno de los márgenes laterales de la cuadrícula), así como 10 medidas de rugosidad de la roca por transecto con un perfilómetro. El perfilómetro presenta aproximadamente 90 unidades independientes de 1mm de grosor, de modo que al presionar la placa contra el sustrato estas recogen el perfil de la superficie, tomándose una fotografía que será posteriormente analizada (*Fig.3.*).



*Fig.3.* Ejemplo de perfil tomado con un perfilómetro en El Cañuelo.

Para reducir la variabilidad entre las muestras, todos los transectos se realizaron en zonas con una inclinación entre 30 y 60 grados, evitando así superficies completamente horizontales, verticales o pozas intermareales. En cualquier caso, se tomaron anotaciones de las principales especies presentes en estos ambientes y en el intermareal superior, así como fotografías de basura marina presentes en la zona pero no incluidas en las cuadrículas (por ejemplo, aquellas atrapadas en pozas o grietas entre grandes bloques de piedra).

## Análisis de los datos

Para analizar las fotografías de las cuadrículas usamos el programa PhotoQuad, que genera 100 puntos al azar dentro de cada cuadrícula fotográfica y permite ir asignando la especie correspondiente o el tipo de basura que encontramos a cada punto determinado (Trygonis et al., 2012). De esta manera obtenemos los valores de cobertura (porcentaje) de cada uno de los taxones o ítems considerados. La basura marina se caracterizó de acuerdo a las tipologías usadas en Bergmann et al., 2015.

A continuación, usamos el programa ImageJ para la medida de los perfiles de microrrugosidad. Una vez tenemos la medida del perfil, calculamos la rugosidad del sustrato con la ecuación de Blanchard and Bourget (1999):  $Rugosidad = Tr/Ts$ , donde Tr es el contorno medido entre dos puntos y Ts la distancia lineal entre dichos puntos, en este caso 15cm (Rivera-Ingraham et al., 2011). Para medir el grado de exposición de cada transecto, usamos el Fetch siguiendo la metodología desarrollada por Howes et al. (1994) y usada previamente en estudios en el intermareal rocoso del mar de Alborán (Sedano et al., 2020). Los datos cuantitativos los obtenemos por la combinación de dos índices, el fetch máximo, que es la mayor distancia en km desde el punto de interés hasta el primer obstáculo, y el fetch efectivo, que se mide con la ecuación  $Fe = [\sum(\cos \theta_i) \times Fi] / \sum \cos \theta_i$ , donde  $\theta_i$  es el ángulo entre la costa y las direcciones 0°, 45° a la derecha y 45° a la izquierda y Fi es la distancia en km hasta el obstáculo más próximo para cada una de esas direcciones. Según los valores obtenidos por la combinación de ambos fetch (máximo y efectivo), se determina la exposición siguiendo la clasificación de Howes et al. (1994). Para evaluar la proximidad a las principales fuentes de contaminación se consideró la distancia lineal (en kilómetros) entre el punto donde se realizó el transecto y la localización de los emisarios submarinos o costeros más próximos (información disponible en la página web de la Junta de Andalucía).

Para los análisis de la variabilidad espacial de la comunidad biológica realizamos un análisis PERMANOVA (*Permutational multivariate analysis of variance*) con dos factores; “Playa”, un factor aleatorio con 6 niveles (cada una de las playas consideradas) y “Transecto” un factor aleatorio, anidado en “Playa” y con tres niveles (cada uno de los tres transectos realizados). Dicho análisis se realizó a partir de la matriz de similitud de Bray-Curtis obtenida con datos no transformados. En el caso de que el análisis detectase diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) para el factor “Playa”, las diferencias entre pares de niveles de este factor fueron

analizadas por medio de tests “Pairwise” (considerando en este caso el valor de la P de MonteCarlo debido al bajo número de permutaciones posibles). Además, dicha matriz de similitud se utilizó para realizar un nMDS (*non-metric Multi-dimensional Scaling*) que nos permite observar de forma gráfica si existe solapamiento en la estructura de la comunidad entre playas y entre transectos. Asimismo, también realizamos un análisis SIMPER para identificar las especies que contribuyeron a la similitud en cada una de las playas.

A continuación realizamos un análisis DISTLM para evaluar el grado en que nuestras variables ambientales (abundancia de basura, inclinación, rugosidad, exposición al oleaje y distancia al emisario más próximo) explican las diferencias espaciales en la comunidad biológica del supralitoral. Para ello usamos los datos medios obtenidos para cada transecto y las variables ambientales fueron convertidas a escala logarítmica ( $\log(x+1)$ ) y normalizadas, siguiendo la metodología descrita en Guerra-García et al. (2021). Previamente al análisis se comprobó la colinearidad de nuestras variables ambientales mediante correlaciones de Spearman. Aquellas variables con un valor de correlación superior al 0.6 ( $p < 0.01$ ) fueron omitidas en el análisis. El modelo fue construido usando la mejor combinación de predictores de acuerdo al criterio de información de Akaike (AIC). Estos análisis fueron llevados a cabo mediante el paquete estadístico PRIMER-E 6.0 (Clarke y Warwick, 1994).

Finalmente, para saber qué variables afectaban a la presencia y abundancia de basura usamos modelos lineares generalizados (GLMs, McCullagh y Nelder, 1989) con una distribución binomial, pues se recomienda usar esta distribución cuando la variable respuesta (cobertura ocupada por basura marina en este caso) está en porcentajes. Previamente al análisis, se comprobó la multicolinealidad de las variables ambientales utilizadas (inclinación, rugosidad, exposición al oleaje y distancia al emisario más próximo) mediante el valor VIF (Variance Inflation Factor; valores próximos a 1 indican ausencia de colinearidad). Una vez introducidas las variables ambientales, se generaron modelos usando tres funciones distintas (logit, log, complementary log-log), y así ver cuál de ellas ofrece el mejor ajuste de los datos, siguiendo la metodología descrita en Espinosa et al. (2018). Estos análisis fueron llevados a cabo mediante el programa SPSS 15.0.

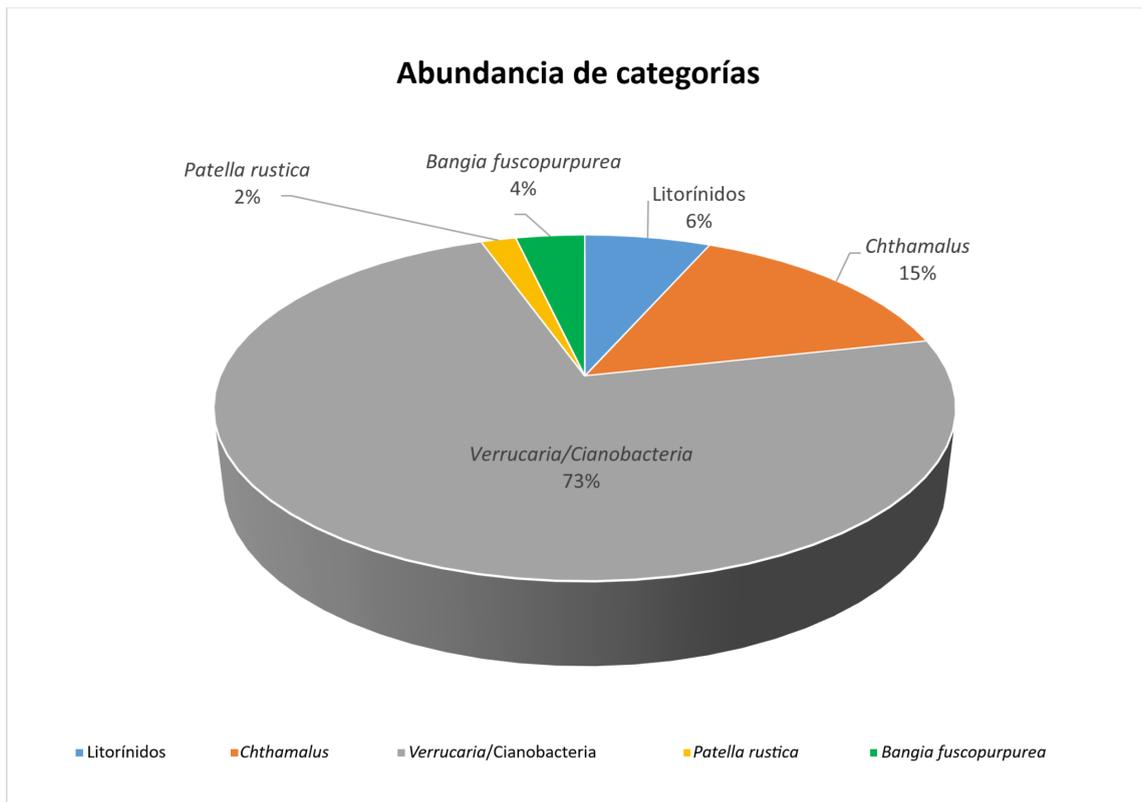
## 4. RESULTADOS

### 4.1. Caracterización de la comunidad

#### 4.1.1. Caracterización de la comunidad supralitoral

En cuanto a la fauna presente en los transectos fotográficos de nuestra zona de estudio, hemos identificado 4 categorías principales: *Chthamalus*, Litorínidos, *Verrucaria*/Cianobacterias y *Patella rustica* (Anexo 1). Adicionalmente, encontramos un alga (*Bangia fuscopurpurea*) que se encontraba principalmente en la Caleta de Maro, aunque aparecía en algún transecto de Marina del Este y de Barranco de Maro.

En concreto, dentro de la categoría *Chthamalus* encontramos 3 especies diferentes: *Chthamalus stellatus*, *Chthamalus montagui* y *Microeuraphia depressa*, siendo el más abundante en nuestras parcelas *Chthamalus stellatus*, que suele encontrarse formando un denso cinturón paralelo a la superficie del agua. En el caso de *Chthamalus stellatus* la unión entre el tergo y el escudo está en ángulo recto con la línea central, presentando una abertura ovalada, lo que nos permite diferenciarlo de *Chthamalus montagui*, que presenta una abertura en forma de cometa, y de *Microeuraphis depressa*, que forma un ángulo agudo en la unión del tergo y el escudo con el eje central (Chan et al., 2010). En el Anexo 1 presentamos fotografías en detalle de estas tres especies pero, para los datos de cobertura, la resolución de las fotografías no permitía la identificación de los ejemplares a nivel de especie. De manera similar, dentro de los litorínidos encontramos *Echinolittorina punctata* y *Melaraphe neritoides*, típicamente refugiadas en las grietas del supralitoral (Anexo 1). Por último, tanto los líquenes *Verrucaria amphibia* y *Verrucaria maura* como cianobacterias epilíticas fueron muy comunes formando manchas oscuras en la zona supralitoral del área de estudio, pero no es posible diferenciarlos con seguridad en los transectos fotográficos.



**Fig.4.** Gráfico de abundancia en porcentajes de las categorías consideradas dentro de la comunidad biótica del supralitoral.

El gráfico (Fig.4.) refleja un 73% de abundancia de *Verrucaria/Cianobacterias*., siendo la categoría más abundante con diferencia, seguida de *Chthamalus*, con un 15%, Litorínidos con un 6%, *B. fuscopurpurea* con un 4%, y finalmente *Patella rustica*, con tan solo un 2% de abundancia dentro de la comunidad.

De manera adicional, se identificaron otros taxones dominantes presentes en pozas supralitorales o la región intermareal de nuestra zona de estudio, los cuales se incluyen dentro del Anexo 2. En las pozas podemos encontrar anémonas como *Actinia echina*, *Anemonia sulcata* o *Bunodactis rubripunctata*, moluscos como *Stramonita haemastoma* o *Chiton olivaceus* o algas como *Ulva lactuta*, entre otras. En las zonas situadas por debajo del cinturón supralitoral encontramos cinturones de algas como *Cystoseira tamariscifolia*, *Caulacanthus* sp., *Ellisolandia elongata* o los mejillones *Mytilus galloprovincialis*. Otras especies presentes incluyen a los moluscos *Phorcus turbinatus*, *Siphonaria pectinata*, *Patella ferruginea* y *Patella caerulea* o las rodófitas *Risoella veruculosa* y *Nemalion helminthoides*.

#### 4.1.2. Variabilidad espacial

Los resultados del análisis PERMANOVA nos indican la existencia de diferencias significativas (para un valor de significación  $p=0,05$ ) entre las comunidades de las distintas playas y de diferentes transectos en cada playa (*Tabla 1*). Sin embargo, los análisis *pairwise* no reflejaron diferencias significativas entre la mayoría de las playas; tan solo los transectos realizados en Barranco de Maro y Marina del Este mostraban diferencias al resto en lo que respecta a la estructura de la comunidad. Un patrón similar refleja el análisis MDS en el que, de acuerdo con la representación de proximidad entre réplicas (*Fig.5.*), vemos que existe bastante solapamiento entre la mayoría de las playas.

PERMANOVA tabla de resultados

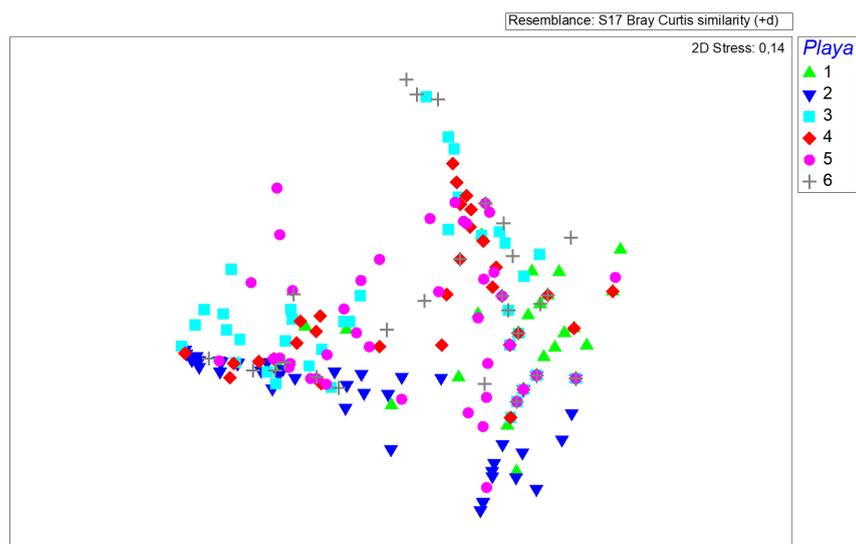
Source	df	MS	Pseudo-F	P (perm)	Unique perms
Pl	5	21786	2,6209	0,0106	9925
Tr (Pl)	12	8312,4	3,8471	0,0001	9854
Res	252	2160,7			
Total	269				

**Tabla 1.** Resultados del análisis PERMANOVA general. Siendo Pl= Playa; Tr(Pl)= Transecto anidado en el factor Playa; Res= Residuales; df= grados de libertad; MS= Media cuadrática; perm= permutaciones.

PAIR-WISE tabla de resultados

Barranco de Maro						
Caleta de Maro	$p<0,01$					
Cala del Pino	$p<0,01$	N.S.				
El Cañuelo	N.S.	N.S.	N.S.			
Cantarriján	$p<0,001$	N.S.	N.S.	N.S.		
Marina del Este	$p<0,05$	$p<0,01$	N.S.	N.S.	$p<0,05$	
	Barranco de Maro	Caleta de Maro	Cala del Pino	El Cañuelo	Cantarriján	Marina del Este

**Tabla 2.** Resultados del análisis pairwise. Siendo N.S.= Diferencias no significativas.



**Fig.5.** MDS de similitud de la estructura de la comunidad entre playas. Siendo Playa 1= Barranco de Maro; Playa 2= Caleta de Maro; Playa 3= Cala del Pino; Playa 4= El Cañuelo; Playa 5= Cantarriján; Playa 6= Marina del Este.

<b>Barranco de Maro</b>		
Similaridad promedio:	28,3	
Especies:	Av. Abund.	Contrib%
Litorínidos	0,76	58,54
<i>Patella rustica</i>	1,27	36,01
<b>Caleta de Maro</b>		
Similaridad promedio:	28.82	
Especies:	Av. Abund.	Contrib%
<i>Verrucaria/Cianobacteria</i>	30,80	78,43
Litorínidos	2,27	14,37
<b>Cala del Pino</b>		
Similaridad promedio:	23,07	
Especies:	Av. Abund.	Contrib%
<i>Verrucaria/Cianobacteria</i>	20,76	42,19
Litorínidos	1,09	30,81
<i>Chthamalus</i>	4,33	26,91
<b>El Cañuelo</b>		
Similaridad promedio:	26,45	
Especies:	Av. Abund.	Contrib%
Litorínidos	1,09	56,24
<i>Chthamalus</i>	3,44	27,93
<i>Verrucaria/Cianobacteria</i>	9,00	14,54
<b>Cantarriján</b>		
Similaridad promedio:	24,52	
Especies:	Av. Abund.	Contrib%
<i>Verrucaria/Cianobacteria</i>	9,62	43,93
<i>Chthamalus</i>	5,33	29,43
Litorínidos	2,09	26,64
<b>Marina del Este</b>		
Similaridad promedio:	24,41	
Especies:	Av. Abund.	Contrib%
Litorínidos	0,69	57,14
<i>Chthamalus</i>	2,78	34,33

**Tabla 3.** Resultados del análisis SIMPER. Siendo Av. Abund= Abundancia media; Contrib%= Porcentaje en que la especie contribuye a la similitud en cada playa.

Los resultados obtenidos en el análisis SIMPER (Tabla 3) nos indican que la similaridad promedio entre las réplicas obtenidas en cada playa es baja (entre el 23 al 28%) y que las categorías que más contribuyen a la similaridad suelen ser similares en todas ellas (lo que es de esperar dada la baja diversidad de estas comunidades): Litorínidos, *Chthamalus* y *Verrucaria*/Cianofíceas. Tanto Barranco de Maro como Marina del Este se caracterizan por la escasa abundancia de *Verrucaria*/Cianobacterias y, en el caso de Barranco de Maro, por la relativamente elevada contribución de *Patella rustica*. En la Fig.6. se observa que la categoría predominante en gran parte de los transectos es *Verrucaria*/Cianobacterias., seguida, aunque en bastante menor medida, de *Chthamalus*. Asimismo, ha de tenerse en cuenta que la abundancia de organismos es muy baja en la mayoría de los transectos; es decir, casi todo el sustrato rocoso está desnudo.

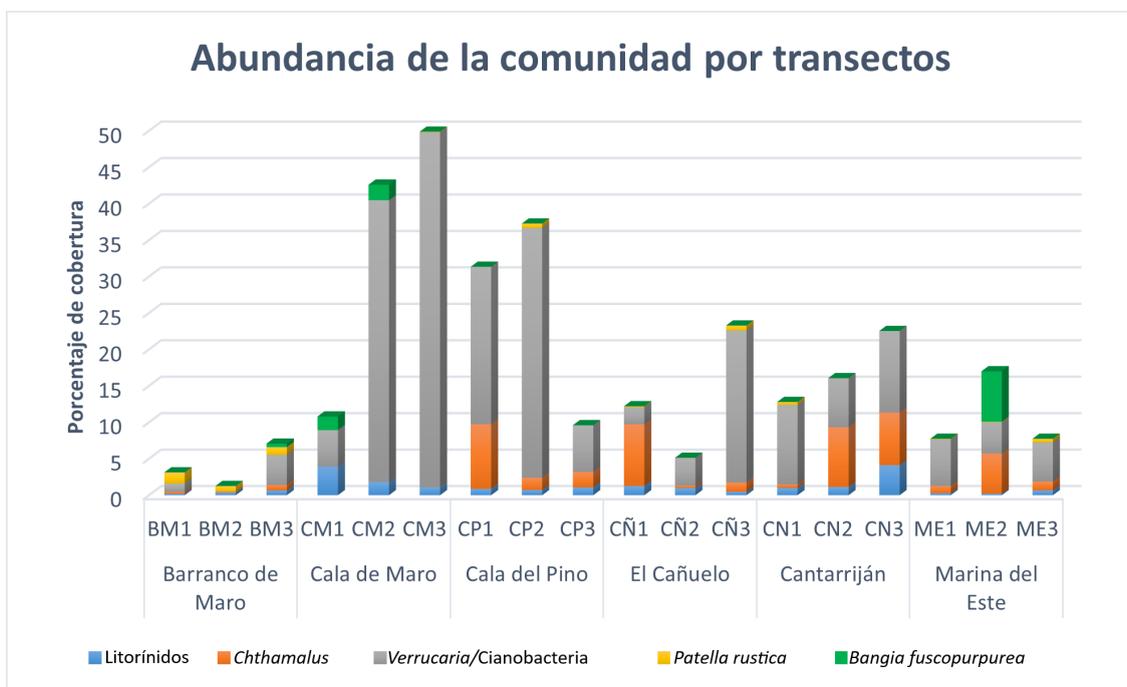


Fig.6. Estructura de la comunidad por transectos.

#### 4.2. Relación entre factores bióticos y abióticos

Entre los factores abióticos tenemos la inclinación, el grado de exposición al oleaje, la rugosidad, la abundancia de basura y la distancia al emisario más próximo. En cuanto a la inclinación, como hemos indicado anteriormente, esta varía entre unos 30 a 60°, alcanzando los valores máximos en Cantarriján (53,8°) y mínimos en Marina del Este (27,8°). En el caso de la exposición al oleaje, siguiendo la clasificación de Howes et al. (1994), los valores nos indican que todos son “semi expuestos”, a excepción de los transectos de Marina del Este y 2

y 3 del Cañuelo que están en la categoría “muy protegidos”. La rugosidad varía entre 1,018 y 1,933, aunque es bastante similar entre playas. Las playas, en orden creciente de rugosidad, son Cala del Pino (1,238 de media), El Cañuelo (1,246 de media), Marina del Este (1,293), Barranco de Maro (1,297), Cantarriján (1,311) y Caleta de Maro (1,399). Para el caso de la proximidad a fuentes importantes de contaminación, los valores más bajos los encontramos en las tres playas situadas fuera de los límites del PNMCC (Caleta de Maro, Barranco de Maro y Marina del Este), situadas entre escasos centenares y un kilómetro de distancia del emisario más próximo, mientras que las playas situadas en el interior del PNMCC se encontraban siempre a más de 2km de distancia.

<b>Playa y transecto</b>	<b>Inclinación (°)</b>	<b>Rugosidad</b>	<b>Exposición al oleaje</b>	<b>Distancia al emisario (km)</b>
BM.1	44,533 ± 15,652	1,178 ± 0,135	Semi-expuesta	1,03
BM.2	34,867 ± 11,350	1,378 ± 0,126	Semi-expuesta	1,08
BM.3	34,933 ± 7,343	1,331 ± 0,113	Semi-expuesta	1,13
CM.1	49,867 ± 12,076	1,54 ± 0,151	Semi-expuesta	0,18
CM.2	42,333 ± 8,666	1,505 ± 0,140	Semi-expuesta	0,15
CM.3	40,4 ± 6,822	1,112 ± 0,056	Semi-expuesta	0,13
CP.1	34,467 ± 5,890	1,275 ± 0,422	Semi-expuesta	3,02
CP.2	44,467 ± 12,397	1,155 ± 0,050	Semi-expuesta	3,04
CP.3	40,467 ± 12,316	1,288 ± 0,167	Semi-expuesta	3,05
CÑ.1	45,667 ± 8,989	1,275 ± 0,112	Semi-expuesta	3,46
CÑ.2	43,6 ± 9,287	1,197 ± 0,084	Muy protegida	3,43
CÑ.3	38 ± 15,330	1,266 ± 0,122	Muy protegida	3,42
CN.1	50,4 ± 9,568	1,358 ± 0,168	Semi-expuesta	2,42
CN.2	53,8 ± 8,670	1,308 ± 0,089	Semi-expuesta	2,43
CN.3	45,467 ± 8,733	1,256 ± 0,118	Semi-expuesta	2,46
ME.1	36,333 ± 7,898	1,338 ± 0,080	Muy protegida	0,52
ME.2	27,8 ± 8,351	1,199 ± 0,106	Muy protegida	0,49
ME.3	39 ± 9,040	1,328 ± 0,080	Muy protegida	0,55

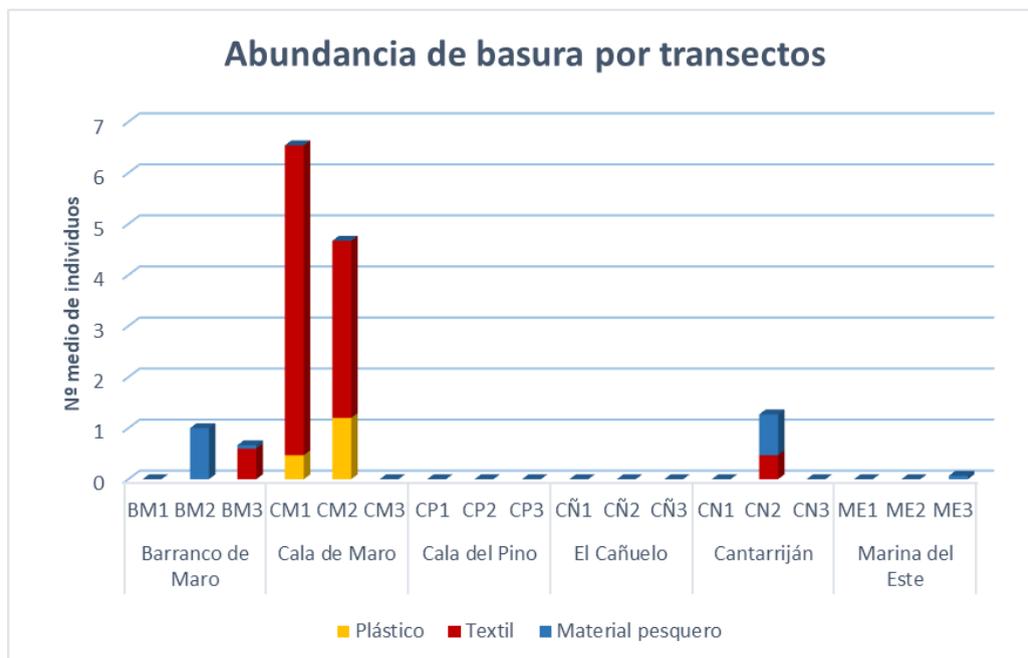
**Tabla.4.** Tabla de valores de factores abióticos por playas y transectos (valores medios ± desviación estándar). Siendo BM.= Barranco de Maro; CM.= Caleta de Maro; CP.= Cala del Pino; CÑ.= El Cañuelo; CN.= Cantarriján; ME.= Marina del Este.

Dentro de la basura marina, en las cuadrículas encontramos principalmente textiles (toallitas), material pesquero (hilo de pescar) y plásticos (*Fig.7*). En cuanto a la distribución espacial de la basura (*Fig.8*) observamos que se concentra principalmente en los dos primeros transectos de Caleta de Maro, destacando especialmente el textil en cuanto a abundancia. También existe presencia de basura en el Barranco de Maro, en concreto en el transecto 2,

caracterizado por la presencia de material pesquero, y en el transecto 3, caracterizado por la presencia de textiles, así como en el transecto 2 de Cantarriján, donde volvemos a encontrar material de pesca y textiles. Cabe decir que fuera del transecto se observó una mayor cantidad y variabilidad de basura que en las cuadrículas consideradas: cuerdas, tapones de plástico, mascarillas, ropa abandonada, vidrios, etc (*Anexo 3*).



**Fig.7.** Abundancia en porcentaje de los distintos tipos de basura.



**Fig.8.** Abundancia de basura marina por transectos.

Para la realización del análisis DISTLM, comprobamos que ninguna de las variables ambientales consideradas presentaban correlaciones significativas y, por tanto, podían ser incluidas en el análisis. Los resultados reflejaron que ninguna variable mostró una relación significativa con la estructura de la comunidad (*Tabla 5*). El mejor modelo obtenido únicamente consideraba a la variable “distancia al emisario más próximo”, pero el valor tan bajo de  $R^2$  nos indica que este modelo explica un porcentaje muy bajo de la variabilidad observada. Vemos, por tanto, que la cantidad de basura observada no parece jugar un papel relevante en la estructura de la comunidad biológica.

Variabes	SS (trace)	Pseudo-F	p	Prop. (%)
SUMA de basura	1377,2	0,72612	0,5938	4,3413E-2
Inclinaciones	916,63	0,47605	0,7675	2,8894E-2
Rugosidad	345,57	0,17621	0,959	1,0893E-2
Fetch	1444,9	0,76353	0,5469	4,5547E-2
Emisario	1984,4	1,0676	0,3726	6,2551E-2
Variable	AIC	R <sup>2</sup>		
Emisario	137,38	6,2551E-2		

**Tabla 5.** Resultados del análisis DISTLM. Siendo AIC= Criterio de información de Akaike; SS= suma de cuadrados; Prop= Proporción de la variabilidad explicada por cada factor.

### 4.3. Factores ambientales que afectan a la abundancia de basura marina.

Pese a que la basura marina parece no jugar un papel relevante sobre las comunidades bióticas, resulta interesante evaluar los factores que determinan la gran variabilidad espacial en la cantidad de basura observada.

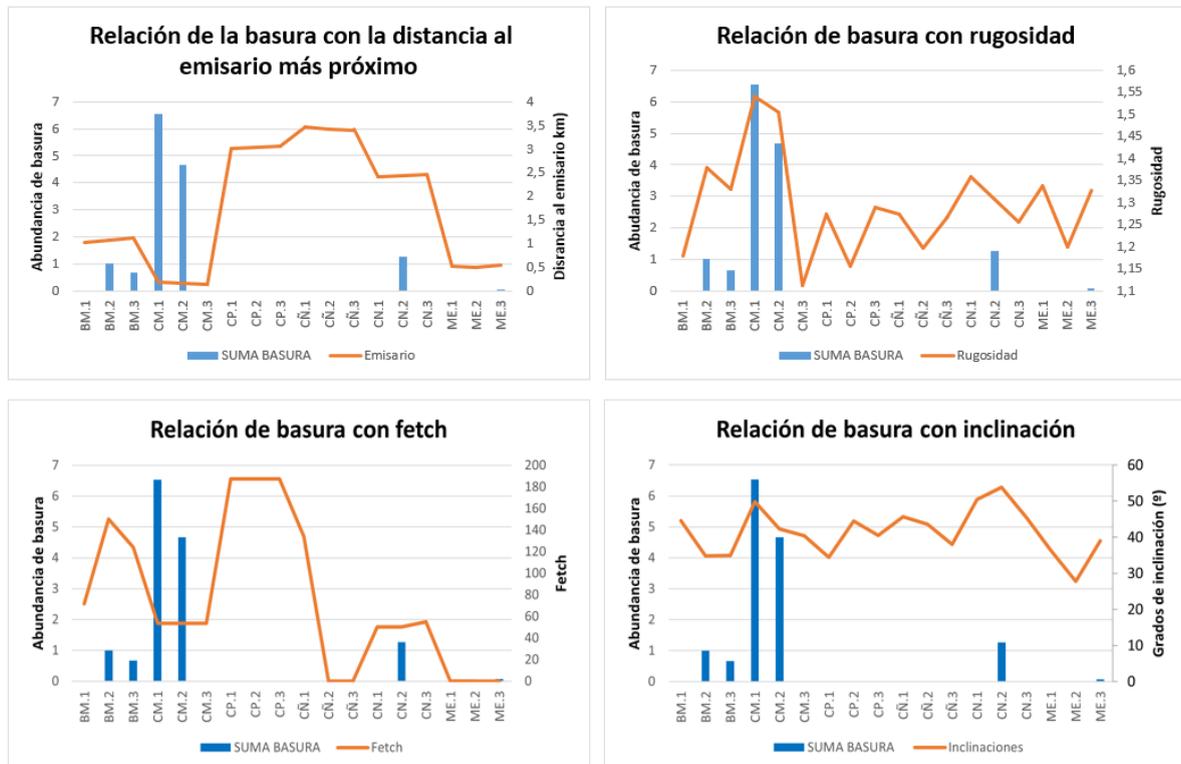
Mejores modelos	$\beta$	AICc	D <sup>2</sup>
<b>Función: Logit</b>			
Rugosidad*** + Fetch* + Emisario*	0,091; 0,013; -0,877	30,509	85,5%
<b>Función: Log</b>			
Rugosidad*** + Emisario*	0,09; -0853	30,614	85,3%
<b>Función: Log-log complementario</b>			
Rugosidad*** + Emisario*	0,091; -0,865	30,543	85,4%

**Tabla 6.** Resultados de los modelos. Siendo Beta= Coeficientes del modelo para las variables significativas; AICc= Criterio de Información de Akaike corregido para un número bajo de muestras; D2= Porcentaje de varianza explicada por el modelo; \*= $p < 0.05$ ; \*\*\*= $p < 0.001$ .

Los modelos obtenidos con las tres funciones de enlace (logit, log y log-log complementario) fueron significativos de acuerdo a la prueba ómnibus, que compara el modelo ajustado con el modelo de solo intersección ( $p < 0.01$  en todos los casos). El porcentaje de varianza que explican los modelos (indicada por  $D^2$ ) es elevado (superior al 85%) y prácticamente el mismo en todos ellos (Tabla 6). Los tres modelos están de acuerdo en reflejar a la rugosidad como la variable más significativa ( $p < 0,001$ ), así como incluir también la distancia al emisario ( $p < 0.05$ ). De acuerdo a estos resultados, una mayor rugosidad y una menor distancia a las fuentes de contaminación son los parámetros más relevantes que nos explican la abundancia de basura en los sustratos litorales considerados en el presente estudio.

La figura 9 refleja unos resultados similares a los obtenidos en los modelos anteriores. La cantidad de basura (especialmente elevada en CM.1 y CM.2) no presenta una relación clara con los valores de inclinación o fetch. En el caso de la gráfica de relación basura-rugosidad (Fig.9.), el valor más alto de rugosidad en CM.1 y CM.2 coincide con la mayor abundancia de basura. Adicionalmente, se observa claramente relación entre la cercanía al emisario más próximo y la presencia de basura. En la Caleta de Maro, el emisario más próximo se encuentra a pocos centenares de metros de distancia de la playa, por lo que la cantidad de basura es muy elevada (ocurre de la misma manera en el Barranco de Maro).

### RELACIÓN DE LA BASURA CON LAS VARIABLES ABIÓTICAS



**Fig.9.** Relación de la abundancia de basura (porcentaje de cobertura) con las variables abióticas (inclinación, rugosidad, fetch y distancia al emisario más próximo) en cada uno de los transectos realizados. Siendo BM= Barranco de Maro; CM.= Caleta de Maro; CP.= Cala del Pino; CÑ.= El Cañuelo; CN= Cantarriján; ME.= Marina del Este.

## 5. DISCUSIÓN

### 4.1. Caracterización y variación espacial de la comunidad biológica

El supralitoral es una zona de altos contrastes, con periodos de desecación y humedad variables, exposición constante al viento y a posibles depredadores (Diez y Lafuente, 2014), de ahí que no esperásemos encontrar mucha abundancia y diversidad de especies. De hecho, tan solo ocho taxones estuvieron presentes en nuestras cuadrículas; *Chthamalus stellatus*, *Chthamalus montagui*, *Microeuraphia depressa*, *Echinolittorina punctata*, *Melaraphe neritoides*, *Verrucaria* spp./Cianobacteria, *Patella rustica* y *Bangia fuscopurpurea*. Las especies que componen nuestras parcelas de estudio eran las que esperábamos encontrar pues son las más comunes del supralitoral del Mar de Alborán (Rueda et al., 2021).

En lo referente a la variabilidad espacial de estas comunidades, nuestros resultados indicaban un efecto significativo del factor playa y transecto, aunque tan solo algunas playas presentaban diferencias significativas con respecto al resto. De manera general, vemos que la composición de la comunidad era bastante homogénea (las escasas categorías consideradas estaban presentes en todas las zonas), por lo que estas diferencias se deben a variaciones en la abundancia relativa de cada una de ellas. Especialmente diferente al resto era Barranco de Maro, que difería de todas excepto de El Cañuelo. Esto tiene sentido pues el Barranco de Maro tiene una abundancia de especies bastante menor al resto, difiriendo sobre todo en cuanto a la baja abundancia de *Verrucaria*/Cianofíceas y mayor abundancia de litorínidos y *Patella rustica*. Marina del Este, por su parte, presentaba diferencias con algunas playas por su menor abundancia de *Verrucaria*/Cianofíceas (Fig.6.). Cabe decir que la abundancia de litorínidos probablemente está muy subestimada, dado que suelen situarse en grietas y otras zonas que en nuestra cuadrículas son difíciles de caracterizar.

Dentro de la comunidad descrita, encontramos especies de relevante importancia como es el caso de *Patella ferruginea*, molusco que corre un serio riesgo de extinción en todo el Mediterráneo occidental, de donde es endémico (Espinosa et al., 2006). Existen indicios de que ha sido consumida por el hombre desde muy antiguo, por lo que su desaparición puede

deberse a la presión humana y al progresivo deterioro de la franja litoral, haciendo que queden menos de un millar de ejemplares distribuidos por el litoral andaluz, donde posiblemente ni siquiera lleguen a constituir núcleos reproductores (Guallart y Templado, 2010). Es importante resaltar la presencia de *Rissoella verruculosa*, que es un alga epilítica típica de la zona mediolitoral del Mediterráneo occidental, en zonas de mucha luz e hidrodinamismo, donde forma asociación con *Nemalion helminthoides* (poco frecuente pero también observada en nuestro estudio) y generalmente se encuentra limitada por *Chthamalus stellatus* en la parte superior (Haroun, 1995). Las poblaciones observadas en nuestro estudio se encuentran próximas al límite de distribución occidental de esta especie. El resto de especies observadas (tales como *S. pectinata*, *E. elongata*, *A. equina*, *M. galloprovincialis*) constituyen la biota característica de las zonas rocosas intermareales del Mar de Alborán (Sedano et al., 2021)

Una vez caracterizada la comunidad, analizamos si existía relación entre los factores bióticos y abióticos. Tras realizar el análisis DistLM, comprobamos que ninguna de las variables de estudio explican las diferencias de la estructura de la comunidad entre playas y transectos. Sin embargo, en estudios previos, como el realizado por Downes et al. (2000), se demostró que la rugosidad de la superficie permite que se creen microambientes y que aumente la habilidad de la fauna para engancharse a las rocas, por lo que una mayor rugosidad suele relacionarse con un aumento de la riqueza de especies. Teniendo en cuenta otras variables abióticas como la exposición al oleaje, en general las especies sésiles del intermareal son resistentes a la turbulencia y por tanto siguen siendo abundantes en zonas de gran oleaje, existiendo numerosos taxones que se ven favorecidos por el aumento del flujo de agua, al proporcionarles una mayor disponibilidad de alimento (Lymperaki et al., 2022). La heterogeneidad espacial causada por la inclinación también es una variable de gran interés en estudios como el de Cárdenas y Montiel (2015), que demuestran que dicha inclinación del sustrato afecta a la cantidad de luz que incide, a la hidrodinámica y a la presencia de depredadores, lo cual tiene una fuerte influencia sobre la diversidad y distribución de organismos en las paredes rocosas. Las diferencias entre nuestros resultados y los estudios previos pueden ser debidas a que las especies presentan comportamientos diferentes en zonas de estudio diferentes (por ejemplo, las costas mediterráneas poseen supralitorales más pobres que otros mares), o que la comunidad es de distinto tipo (por ejemplo, Lymperaki et al. (2022) se centra en arrecifes, y Cárdenas y Montiel (2015), estudian la inclinación hasta los

30 metros de profundidad, mientras que nosotros estamos estudiando el supralitoral únicamente).

#### **4.2. Basura marina en el Paraje Natural de Maro – Cerro Gordo**

Aún son pocos los estudios de impacto de la basura marina en playas, especialmente en las rocosas, pero menos abundantes aún son los datos disponibles para el intermareal y supralitoral rocoso. En nuestras cuadrículas del supralitoral encontramos grandes cantidades de textil (75%, especialmente toallitas), además de material pesquero (13%, generalmente hilo de pescar) y plásticos (12%) (*Fig. 7.*). Fuera de nuestras parcelas, en las zonas cercanas a las orillas, apareció basura de otra tipología como tapones y botellas de plástico, mascarillas desechables (consecuencia de la pandemia del Covid-19), cuerdas y prendas abandonadas, etc. Por tanto, a pesar de haberse realizado el estudio en el interior y el entorno de una zona protegida, podemos afirmar que esta zona no está exenta de este tipo de perturbaciones antropogénicas.

Si comparamos nuestros datos con los de otras playas del Mediterráneo Occidental, según Asensio-Montesinos et al. (2019), en Alicante, la tipología más abundante en sus playas fue el plástico, seguido de papel y cartón. En cuanto a la diferencia entre playas rocosas y arenosas, según los estudios de Weidemann et al. (2020) en ambos tipos de playas, el plástico volvía a ser el tipo de basura más abundante, pero en la costa rocosa había más presencia de vidrio que en las costas arenosas. Es decir, existen diferencias en cuanto a la tipología de basura entre los distintos tipos de playas, pero también entre las propias playas rocosas.

A grandes rasgos, basándonos en la basura como centro de nuestro estudio, esta parece tener muy poco impacto sobre la estructura de la comunidad en el supralitoral, lo cual está de acuerdo con la hipótesis inicialmente planteada en la introducción. Exceptuando dos de los transectos realizados en Maro (*Fig. 10.*), la abundancia de basura era inexistente o muy baja, por lo que no vemos que la basura genere un perjuicio por competencia por el sustrato entre especies sésiles. Sin embargo, es posible que la basura afecte a la tasa de alimentación de los organismos de estudio o que interfiera en el crecimiento de otras especies móviles, por lo que sería interesante plantear futuros estudios que vayan por esta línea.



*Fig.10.* Ejemplo de cuadrícula con abundante basura en Caleta de Maro.

En cualquier caso, resulta interesante hacer análisis de la variabilidad espacial en la abundancia de basura para antepoernos a futuros escenarios en los que la contaminación pueda afectar a los organismos acuáticos en mayor medida y modificar las comunidades naturales tal y como las conocemos. Por ello resulta conveniente saber qué variables explican la abundancia de basura en el supralitoral, y según nuestros resultados, la rugosidad y la distancia al emisario más próximo son las variables más significativas. De hecho, comprobamos cómo son los transectos CM.1 y CM.2 (aquellos con más abundancia de basura) los únicos en los que encontramos la combinación de sustratos muy rugosos y muy próximos a emisarios submarinos. El hecho de que haya zonas rocosas de mayor rugosidad permite que se enganche la basura con mayor facilidad, especialmente textiles como las toallitas. En cuanto a la distancia al emisario más próximo, la Caleta de Maro, perteneciente a Nerja, está a tan solo 700 metros de un emisario que sale directamente del acantilado de Maro, a 2 metros del nivel del mar. Este emisario, junto con otros dos de tipo submarino a la altura de Burriana y Torrecilla, han creado una acumulación de unas 9 toneladas de toallitas en el fondo marino de Nerja, consecuencia de graves irregularidades en el vertido de aguas residuales urbanas que se depositaban en el mar y en cauces públicos sin siquiera haber pasado por un ciclo primario de depuración (Cano, 2019). Esto explica la gran cantidad de toallitas encontradas en el supralitoral e intermareal rocoso de Maro, y hace saltar las alarmas sobre el elevado impacto que está teniendo la basura sobre los ecosistemas acuáticos.

Cabe destacar la importancia de la realización de este tipo de estudios, ya que el crecimiento acelerado de la población y por tanto el incremento en la velocidad de generación de grandes cantidades de desechos y basura, traen consigo nuevos impactos para el medioambiente y más concretamente, para la biodiversidad faunística y florística. De hecho, resulta de interés la aparición de nuevos tipos de polución, como los plasticrusts, nombrados previamente, confundidos con alimento por la fauna, con la posible consecuencia de su introducción en las redes tróficas. El caso del Paraje Natural de Maro-Cerro Gordo es tan solo un ejemplo de que la contaminación por basura en el medio acuático es realmente una problemática grave a la que hay que buscar solución de inmediato.

## **6. CONCLUSIONES**

La comunidad del supralitoral es muy simple, ya que encontramos poca variedad de especies, pero es muy heterogénea, dado que varía entre transectos y entre playas. Sin embargo, ninguna de las variables abióticas tenidas en cuenta explica dicha heterogeneidad, es decir, las diferencias en la estructura de la comunidad deben deberse a otras variables distintas al fetch, inclinación, rugosidad y basura.

Aunque la basura no es un factor relevante a la hora de explicar la estructura de la comunidad, se da también una gran variabilidad entre playas y en cuanto a su abundancia. La tipología más abundante de basura en las playas de estudio es el textil (75%), principalmente acumulado en la Caleta de Maro. Esto es debido a la mayor rugosidad de la zona (que hace que la basura se enganche a la roca con mayor facilidad) y a la poca distancia que existe entre esta playa y el emisario más próximo, que se encuentra en la zona de Nerja, municipio que tiene graves problemas de acumulación de toallitas en su fondo marino por la falta de depuración.

Teniendo en cuenta que cada vez se alcanzan datos mayores de acumulación de basura marina, es de vital importancia plantear futuros estudios sobre esta problemática, teniendo en cuenta además otras variables como la tasa de alimentación, otro tipo de organismos y otras localizaciones.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- Angiolillo, M., & Fortibuoni, T. (2020). Impacts of marine litter on Mediterranean reef systems: From shallow to deep waters. *Frontiers in marine science*, 7, NA. <https://doi.org/10.3389/fmars.2020.581966>
- Antão, L., Vethaak, A., Lavorante, B., Lundebye, A. & Guilhermino, L. (2018). Marine microplastic debris: An emerging issue for food security, food safety and human health. *Marine Pollution Bulletin*, 133, 336-348. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.05.047>
- Arduoso, M., Forero-López, A. D., Buzzi, N. S., Spetter, C. V., & Fernández-Severini, M. D. (2021). COVID-19 pandemic repercussions on plastic and antiviral polymeric textile causing pollution on beaches and coasts of South America. *The Science of the total environment*, 763, 144365. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144365>
- Asensio-Montesinos, F., Anfuso, G., Randerson, P., & Williams, A. T. (2019). Seasonal comparison of beach litter on Mediterranean coastal sites (Alicante, SE Spain). *Ocean & Coastal Management*, 181(104914), 104914. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2019.104914>
- Báez, J. C., Vázquez, J.-T., Camiñas, J. A., & Malouli Idrissi, M. (Eds.). (2021). *Alboran sea - ecosystems and marine resources*. Springer International Publishing.
- Barnes, D. K. A., Galgani, F., Thompson, R. C., & Barlaz, M. (2009). Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, 364(1526), 1985–1998. <https://doi.org/10.1098/rstb.2008.0205>
- Bergmann, M., Gutow, L., & Klages, M. (Eds.). (2015). *Marine Anthropogenic Litter*. Springer International Publishing.
- Browne, M. A., Galloway, T. S., & Thompson, R. C. (2010). Spatial patterns of plastic debris along Estuarine shorelines. *Environmental Science & Technology*, 44(9), 3404–3409. <https://doi.org/10.1021/es903784e>
- Cano, J. (21 de marzo de 2019). El fondo marino de Nerja acumula nueve toneladas de toallitas por los vertidos sin depurar. *Diario Sur*. <https://www.diariosur.es/axarquia/fondo-marino-nerja-20190321203950-nt.html?ref=https%3A%2F%2Fwww.diariosur.es%2Faxarquia%2Ffondo-marino-nerja-20190321203950-nt.html>
- Cárdenas, C. & Montiel, A. (2015). The influence of depth and substrate inclination on sessile assemblages in subantarctic rocky reefs (Magellan region). *Polar Biology*, 38, 1631-1644.
- Cerchiello, G. (2018). La sostenibilidad de la náutica de recreo. Estudio de caso del fondeo de las embarcaciones en Jávea (Alicante). *Revista Investigaciones Turísticas*, 16. <https://doi.org/10.14198/inturi2018.16.09>

- Chan, Benny K.K.; Southward, A. (2010). Sessilia. Accessed through: World Register of Marine Species at <http://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=106033>
- Clarke, K.R. and Warwick, R.M. (1994). Changes in Marine Communities An Approach to Statistical Analyses and Interpretation. *Natural Environment Research Council, Plymouth*.
- Cole, M., Lindeque, P., Halsband, C., & Galloway, T. S. (2011). Microplastics as contaminants in the marine environment: a review. *Marine Pollution Bulletin*, 62(12), 2588–2597. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.09.025>
- Coll, M., Piroddi, C., Steenbeek, J., Kaschner, K., Ben Rais Lasram, F., Aguzzi, J., Ballesteros, E., Bianchi, C. N., Corbera, J., Dailianis, T., Danovaro, R., Estrada, M., Frogli, C., Galil, B. S., Gasol, J. M., Gertwagen, R., Gil, J., Guilhaumon, F., Kesner-Reyes, K., . . . Voultsiadou, E. (2010). The Biodiversity of the Mediterranean Sea: Estimates, Patterns, and Threats. *PLoS ONE*, 5(8), e11842.
- Derraik, J.G.B. (2002) The Pollution of the Marine Environment by Plastic Debris: A Review. *Marine Pollution Bulletin*, 44, 842-852. [http://dx.doi.org/10.1016/S0025-326X\(02\)00220-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0025-326X(02)00220-5)
- Deudero, S. and Alomar, C. (2015) Mediterranean Marine Biodiversity under Threat: Reviewing Influence of Marine Litter on Species. *Marine Pollution Bulletin*, 98, 58-68. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2015.07.012>
- Diez, Y. & Lafuente, Y. (2014). Riqueza y composición de los moluscos del supralitoral rocoso en Santiago de Cuba, Cuba. *Amici Molluscarum*. 22. 15-24.
- Downes, B. J., Lake, P. S., Schreiber, E. S. G., & Glaister, A. (2000). Habitat structure, resources and diversity: the separate effects of surface roughness and macroalgae on stream invertebrates. *Oecologia*, 123(4), 569–581. <https://doi.org/10.1007/PL00008862>
- Espinosa, F., Guerra-García, J. M., Fa, D., & García-Gómez, J. C. (2006). Aspects of reproduction and their implications for the conservation of the endangered limpet, *Patella ferruginea*. *Invertebrate reproduction & development*, 49(1–2), 85–92. <https://doi.org/10.1080/07924259.2006.9652197>
- Espinosa, F., Rivera-Ingraham, G. A., Ostalé-Valriberas, E., & García-Gómez, J. C. (2018). Predicting the fate of the most endangered marine invertebrate of the Mediterranean: The power of long-term monitoring in conservation biology. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 28(6), 1283-1293.
- Gestoso, I., Cacabelos, E., Ramalhosa, P., & Canning-Clode, J. (2019). Plasticrusts: A new potential threat in the Anthropocene's rocky shores. *The Science of the Total Environment*, 687, 413–415. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.06.123>
- Guerra-García, J. M., Navarro-Barranco, C., Ros, M., Sedano, F., Espinar, R., Fernández-Romero, A., Martínez-Laiz, G., Cuesta, J. A., Giráldez, I., Morales, E., Florido, M., & Moreira, J. (2021). Ecological quality assesment of marinas: An

- integrative approach combining biological and environmental data. *Journal of Environmental Management*, 286(112237), 112237. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112237>
- Guallart, J. & Templado, J. (2010). *La lapa Patella ferruginea: un invertebrado marino en peligro de extinción*. Fgcsic.es. Recuperado el 6 de junio de 2022, de [https://fgcsic.es/lychnos/es/es/articulos/lapa\\_patella\\_ferruginea](https://fgcsic.es/lychnos/es/es/articulos/lapa_patella_ferruginea)
- Haroun, R. (18-21 de septiembre de 1995). *Estudio preliminar de la comunidad de Rissoella verruculosa (Bertoloni) J. Agardh (gigartinales, rhodophyta) en la isla de Gran Canaria*. XI Simposio Nacional de Botánica Criptogámica : resúmenes de comunicaciones, Santiago de Compostela, 18-21 de septiembre de 1995, pp. 57-58
- Hofrichter, R. (2004). *El Mar Mediterráneo*. Vol. I, 592 pp. Ediciones Omega S.A, Barcelona.
- Howes, D., Harper, J. R., & Owens, E. H. (1994). Physical shore-zone mapping system for British Columbia. *Report prepared by Environmental Emergency Services, Ministry of Environment (Victoria, BC), Coastal and Ocean Resources Inc.(Sidney, BC), and Owens Coastal Consultants (Bainbridge, WA)*.
- Lamb, J. B., Willis, B. L., Fiorenza, E. A., Couch, C. S., Howard, R., Rader, D. N., True, J. D., Kelly, L. A., Ahmad, A., Jompa, J., & Harvell, C. D. (2018). Plastic waste associated with disease on coral reefs. *Science (New York, N.Y.)*, 359(6374), 460–462. <https://doi.org/10.1126/science.aar3320>
- Lee, J., Hong, S., Song, Y. K., Hong, S.H., Jang, Y.C., Jang, M., Heo, N.W., Han, G.M., Lee, M.J., Kang, D., Shim, W.J. Relationships among the abundances of plastic debris in different size classes on beaches in South Korea. *Marine Pollution Bulletin*. 2013 Dec 15;77(1-2):349-54. [10.1016/j.marpolbul.2013.08.013](https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2013.08.013)
- Liu, J., Liang, J., Ding, J., Zhang, G., Zeng, X., Yang, Q., Zhu, B., & Gao, W. (2021). Microfiber pollution: an ongoing major environmental issue related to the sustainable development of textile and clothing industry. *Environment Development and Sustainability*, 23(8), 11240–11256. <https://doi.org/10.1007/s10668-020-01173-3>
- Li, W. C., Tse, H. F., & Fok, L. (2016). Plastic waste in the marine environment: A review of sources, occurrence and effects. *The Science of the Total Environment*, 566–567, 333–349. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.05.084>
- Löhr, A., Savelli, H., Beunen, R., Kalz, M., Ragas, A., & Van Belleghem, F. (2017). Solutions for global marine litter pollution. *Current opinion in environmental sustainability*, 28, 90–99. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2017.08.009>
- Lymperaki, M. M., Hill, C. E. L., & Hoeksema, B. W. (2022). The effects of wave exposure and host cover on coral-associated fauna of a centuries-old artificial reef in the Caribbean. *Ecological Engineering*, 176(106536), 106536. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2021.106536>
- McCullagh, P., & Nelder, J. A. (2019). *Generalized Linear Models* (2nd Edition). Routledge.

- Ostle, C., Thompson, R.C., Broughton, D., Gregory, L., Wootton, M., & Johns, D.G. (2019). The rise in ocean plastics evidenced from a 60-year time series. *Nature Communications*, 10(1), 1622. <https://doi.org/10.1038/s41467-019-09506-1>
- Redford, D. P., Trulli, H. K., & Trulli, W. R. (1997). Sources of plastic pellets in the aquatic environment. En *Springer Series on Environmental Management* (pp. 335–343). Springer New York.
- Rivera-Ingraham, G., Espinosa, F., & García-Gómez, J. (2011). Ecological considerations and niche differentiation between juvenile and adult black limpets (*Cymbula nigra*). *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 91(1), 191-198. <https://doi.org/10.1017/S0025315410000159>
- Rojo-Nieto, E., & Montoto Martínez, T. (2017). *Basuras marinas, plásticos y microplásticos: orígenes, impactos y consecuencias de una amenaza global*. Ecologistas en Acción.
- Royer, S.-J., Ferrón, S., Wilson, S. T., & Karl, D. M. (2018). Production of methane and ethylene from plastic in the environment. *PloS One*, 13(8), e0200574. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0200574>
- Rueda, J. L., Gofas, S., Aguilar, R., Torriente, A. D. L., García Raso, J. E., Lo Iacono, C., ... & Urra, J. (2021). Benthic fauna of littoral and deep-sea habitats of the Alboran Sea: a hotspot of biodiversity. *Alboran Sea-Ecosystems and Marine Resources* (pp. 285-358). Springer, Cham.
- Sarhan, T. (2000). Upwelling mechanisms in the northwestern Alboran Sea. *Journal of marine systems: journal of the European Association of Marine Sciences and Techniques*, 23(4), 317–331. [https://doi.org/10.1016/s0924-7963\(99\)00068-8](https://doi.org/10.1016/s0924-7963(99)00068-8)
- Sedano, F., Navarro-Barranco, C., Guerra-García, J. M., & Espinosa, F. (2020). Understanding the effects of coastal defence structures on marine biota: The role of substrate composition and roughness in structuring sessile, macro- and meiofaunal communities. *Marine Pollution Bulletin*, 157(111334), 111334. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111334>
- Sedano, F., Pavón-Paneque, A., Navarro-Barranco, C., Guerra-García, J. M., Digenis, M., Sempere-Valverde, J., & Espinosa, F. (2021). Coastal armouring affects intertidal biodiversity across the Alboran Sea (Western Mediterranean Sea). *Marine Environmental Research*, 171, 105475.
- Sharifinia, M., Bahmanbeigloo, Z. A., Keshavarzifard, M., Khanjani, M. H., & Lyons, B. P. (2020). Microplastic pollution as a grand challenge in marine research: A closer look at their adverse impacts on the immune and reproductive systems. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 204(111109), 111109. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.111109>
- Trygonis, V., & Sini, M. (2012). PhotoQuad: A dedicated seabed image processing software, and a comparative error analysis of four photoquadrat methods. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 424–425, 99–108. <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2012.04.018>

- Urra, J., Marina-Ureña, P., Rueda, J. L., Mateo-Ramírez, Á., García-Jiménez, M. T., Baro, J., Gofas, S., Salas, C., & García Raso, J. E. (2015). *Nuevas áreas marinas para la conservación de la biodiversidad bentónica en el Mar de Alborán*. 675–678. <http://www.repositorio.ieo.es/e-ieo/handle/10508/9721?locale-attribute=ca>
- Weideman, E. A., Perold, V., Omardien, A., Smyth, L. K., & Ryan, P. G. (2020). Quantifying temporal trends in anthropogenic litter in a rocky intertidal habitat. *Marine Pollution Bulletin*, 160(111543), 111543. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111543>

## 8. ANEXOS

### ANEXO 1. Comunidad del supralitoral



*Fig.1. Chthamalus stellatus.*



*Fig.2. Chthamalus montagui.*



*Fig.3. Microeuraphia depressa.*

**ANEXO 1.**



*Fig.4. Echinolittorina punctata.*



*Fig.5. Verrucaria sp.*



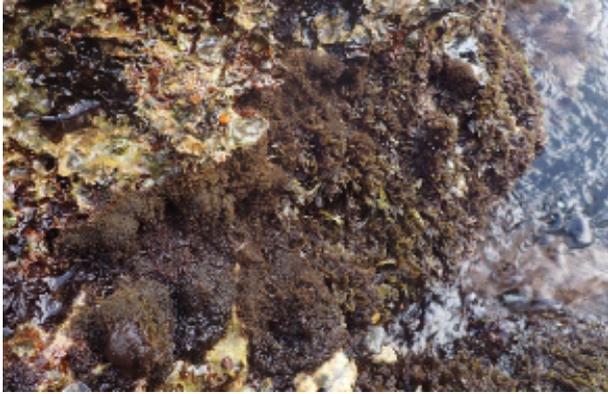
*Fig.6. Patella rustica.*



*Fig.7. Bangia fuscopurpurea.*

## **ANEXO 2. Especies comunes en el intermareal de Maro – Cerro Gordo**

### **·Algas**



***Fig.8.*** Cinturón de *Caulacanthus sp.*



***Fig.9.*** Cinturón de *Cystoseira tamariscifolia.*



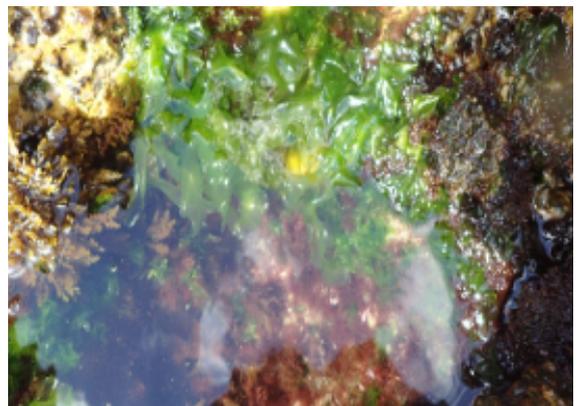
***Fig.10.*** *Ellisolandia elongata.*



***Fig.11.*** *Nemalion helminthoides.*



***Fig.12.*** *Rissoella verruculosa.*



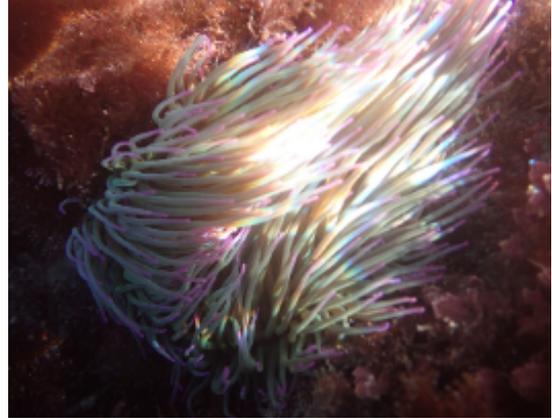
***Fig.13.*** *Ulva lactuca.*

## ANEXO 2.

### ·Cnidarios



*Fig.14. Actinia echina.*



*Fig.15. Anemonia sulcata.*



*Fig.16. Bunodactis rubripunctata.*

### ·Moluscos

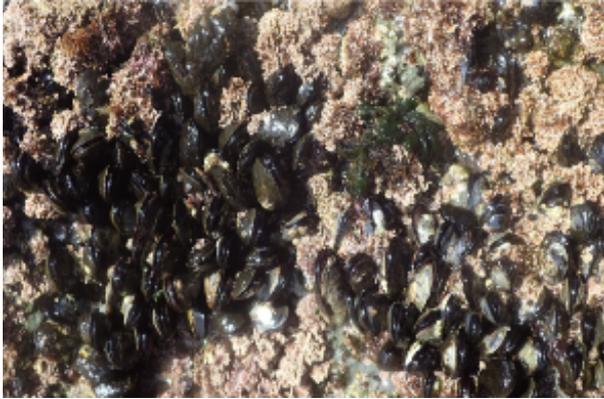


*Fig.17. Stramonita haemastoma.*



*Fig.18. Chiton olivaceus.*

**ANEXO 2.**



***Fig.19.*** Cinturón de *Mytilus galloprovincialis*.



***Fig.20.*** *Phorcus turbinatus*.



***Fig.21.*** *Siphonaria pectinata* sobre *Patella rustica*.



***Fig.22.*** *Patella ferruginea*.



***Fig.23.*** *Patella caerulea*.

### **ANEXO 3. Ejemplos de basura en litoral muestreado**



*Fig. 24.* Basura en El Cañuelo.



*Fig. 25.* Mascarilla desechable en El Cañuelo.



*Fig. 26.* Basura en la Caleta de Maro.



*Fig. 27.* Toallitas enganchadas a la roca.



*Fig. 28.* Cuerda abandonada entre las rocas.