



Puerto de Motril
GRANADA

Autoridad Portuaria de Motril

ESTUDIO AMBIENTAL ESTRATÉGICO DEL PLAN DIRECTOR DE INFRAESTRUCTURAS DEL PUERTO DE MOTRIL

TRABAJO 2. CARTOGRAFÍA Y CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES BENTÓNICAS, INVENTARIO DE
HÁBITATS Y ESPECIES PROTEGIDAS Y EVALUACIÓN DE IMPACTO



 **TECNOAMBIENTE**
A TRADEBE COMPANY

Noviembre 2019

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES.....	1
2	SÍNTESIS DEL PDI Y ALTERNATIVAS PROPUESTAS	2
2.1	ALTERNATIVA LEVANTE	3
2.2	ALTERNATIVA PONIENTE PLAYA	6
2.3	ALTERNATIVA PONIENTE 1.....	8
2.4	ALTERNATIVA PONIENTE 2.....	10
2.5	ALTERNATIVA PONIENTE 3.....	12
2.6	ALTERNATIVA PONIENTE 4.....	12
2.7	ALTERNATIVA EXTERIOR	13
3	METODOLOGÍA.....	15
3.1	ESTUDIOS PREVIOS	16
3.1.1	<i>Levantamiento batimétrico</i>	<i>16</i>
3.1.2	<i>Estudio morfológico mediante SBL</i>	<i>16</i>
3.2	ELABORACIÓN DE LA CARTOGRAFÍA DE COMUNIDADES BENTÓNICAS	16
3.2.1	<i>Vídeo remolcado.....</i>	<i>17</i>
3.2.2	<i>Inmersiones puntuales.....</i>	<i>23</i>
3.2.3	<i>Tratamiento de los datos obtenidos mediante video remolcado e inmersiones</i>	<i>25</i>
3.2.4	<i>Muestreo mediante draga Van Veen sobre sustrato blando.....</i>	<i>25</i>
3.2.5	<i>Censo y estima cuantitativa de abundancia de especies protegidas en la zona.....</i>	<i>29</i>
3.2.6	<i>Valoración ecológica.....</i>	<i>33</i>
4	RESULTADOS	35
4.1	ESTUDIOS PREVIOS	35
4.1.1	<i>Estudio morfológico mediante SBL</i>	<i>35</i>
4.1.2	<i>Estudio Batimétrico</i>	<i>35</i>
4.2	COMUNIDADES BENTÓNICAS	35
4.2.1	<i>Resultado de los muestreos sobre sustrato rocoso.....</i>	<i>35</i>
4.2.2	<i>Resultado de los muestreos mediante draga Van Veen</i>	<i>42</i>
4.2.3	<i>Recursos pesqueros</i>	<i>55</i>
4.2.4	<i>Cartografía bionómica.....</i>	<i>55</i>
4.3	ESTUDIO DE ESPECIES PROTEGIDAS	64
4.3.1	<i>Contabilización de especies protegidas en inmersión.....</i>	<i>65</i>
4.3.2	<i>Estudio de especies protegidas con calicata por cobertura (Astroides calycularis).....</i>	<i>65</i>
4.3.3	<i>Descripción de las especies incluidas en el catálogo y listado avistadas.</i>	<i>66</i>
4.3.4	<i>Hábitats de interés comunitario</i>	<i>74</i>
4.4	VALORACIÓN ECOLÓGICA.....	75
4.5	SÍNTESIS Y VALORACIÓN DE INCIDENCIA	79
4.5.1	<i>Síntesis por alternativa</i>	<i>80</i>
4.5.2	<i>Valoración de incidencia.....</i>	<i>88</i>
5	CONCLUSIONES	89

5.1	COMUNIDADES BENTÓNICAS	89
5.1.1	<i>Resultado de los muestreos sobre sustrato rocoso.....</i>	89
5.1.2	<i>Resultado de los muestreos mediante draga Van Veen</i>	90
5.1.3	<i>Recursos pesqueros</i>	92
5.1.4	<i>Cartografía bionómica.....</i>	92
5.2	ESTUDIO DE ESPECIES PROTEGIDAS	93
5.2.1	<i>Hábitats de interés comunitario</i>	94
5.3	VALORACIÓN ECOLÓGICA.....	94
5.4	SÍNTESIS Y VALORACIÓN DE INCIDENCIA	95
5.4.1	<i>Síntesis por alternativa</i>	95
5.4.2	<i>Valoración de incidencia.....</i>	99
6	NOTAS Y FIRMAS	101
7	ANEXOS.....	102
7.1	ANEXO I. CARTOGRAFÍA	102
7.2	ANEXO II. REPORTAJE FOTOGRÁFICO.....	103
7.2.1	<i>Inmersión 1.....</i>	103
7.2.2	<i>Inmersión 2.....</i>	120
7.2.3	<i>Inmersión 3.....</i>	128
7.3	ANEXO III. FOTOGRAFÍAS DE CALICATAS PARA COBERTURA DE ÁSTROIDES	143
7.4	ANEXO IV. GRABACIONES SUBMARINAS (VÍDEO REMOLCADO).....	144

ANEJOS

ANEJO 1. CENSO PATELLA FERRUGINEA. ESTIMA DE DENSIDADES DE CYMBULA NIGRA Y DONACILLA CORNEA

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Planta general de la Alternativa Levante	4
Ilustración 2. Zona náutico-deportiva de la Alternativa Levante	5
Ilustración 3. Planta de la Alternativa Poniente Playa	6
Ilustración 4. Planta de la dársena pesquero-deportiva de la Alternativa Poniente Playa	7
Ilustración 5. Planta de la Alternativa Poniente 1	8
Ilustración 6. Planta de la dársena pesquero-deportiva de la Alternativa Poniente 1	9
Ilustración 7. Planta de la Alternativa Poniente 2	10
Ilustración 8. Planta de la dársena pesquero-deportiva de la Alternativa Poniente 2	11
Ilustración 9. Planta de la Alternativa Poniente 3	12
Ilustración 10. Planta de la Alternativa Poniente 4	13
Ilustración 11. Planta de la Alternativa Exterior	14
Ilustración 12. Planta de la zona pesquero-deportiva de la Alternativa Exterior	14
Ilustración 13. Cámara de arrastre.....	18
Ilustración 14. Transectos con vídeo remolcado.....	19
Ilustración 15. Comunidad de arenas finas bien calibradas con detritos (ABC).....	19
Ilustración 16. Comunidad de arenas finas bien calibradas (ABC) y Guijarros infralitorales (GI)	20

<i>Ilustración 17. Comunidad de arenas finas bien calibradas (ABC). Escollera exterior</i>	20
<i>Ilustración 18. Comunidad de algas fotófilas infralitorales en modo calmo (AFIC). Escollera exterior</i>	21
<i>Ilustración 19. Comunidad de arenas fangosas en modo calmo (AFMC). Dársena</i>	21
<i>Ilustración 20. Nasa en la comunidad AFMC. Dársena pesquera</i>	22
<i>Ilustración 21. Neumático en la comunidad AFMC. Dársena pesquera</i>	22
<i>Ilustración 22. Facies de Caulerpa prolifera, en la comunidad ABC y AFMC</i>	23
<i>Ilustración 23. Recorridos realizados en inmersión</i>	24
<i>Ilustración 24. Ubicación de las estaciones de muestreo mediante draga Van Veen.</i>	29
<i>Ilustración 25. Muestreo mediante draga Van Veen.</i>	29
<i>Ilustración 26. Imagen sin corregir.</i>	32
<i>Ilustración 27. Imagen corregida</i>	32
<i>Ilustración 28. Riqueza específica por agrupación de biocenosis.</i>	40
<i>Ilustración 29. Riqueza específica por filo (RS+RMS+RMI)</i>	41
<i>Ilustración 30. Riqueza específica por filo (AFIC+AEMC+GS)</i>	41
<i>Ilustración 31. Abundancia de individuos por estación y por grupos faunísticos.</i>	43
<i>Ilustración 32. Porcentajes de grupos faunísticos por estaciones.</i>	44
<i>Ilustración 33. Densidad de individuos</i>	45
<i>Ilustración 34. Riqueza específica</i>	46
<i>Ilustración 35. Número de especies por grupo.</i>	46
<i>Ilustración 36. Diversidad específica</i>	47
<i>Ilustración 37. Dominancia</i>	48
<i>Ilustración 38. Equitatividad</i>	48
<i>Ilustración 39. Complejidad</i>	49
<i>Ilustración 40. Resultados índice AMBI</i>	51
<i>Ilustración 41. Porcentaje de especies según índice AMBI</i>	52
<i>Ilustración 42. Dendrograma de similaridad</i>	53
<i>Ilustración 43. nMDS</i>	54
<i>Ilustración 44. Biocenosis en alternativa levante</i>	80
<i>Ilustración 45. Biocenosis en alternativa poniente playa</i>	81
<i>Ilustración 46. Biocenosis en alternativa poniente 1</i>	82
<i>Ilustración 47. Biocenosis en alternativa poniente 2</i>	83
<i>Ilustración 48. Biocenosis en alternativa poniente 3</i>	84
<i>Ilustración 49. Biocenosis en alternativa poniente 4</i>	85
<i>Ilustración 50. Biocenosis en alternativa exterior</i>	87
<i>Ilustración 51. AFIC con la rodofita Asparagopsis spp. y el erizo Arbacia lixula</i>	103
<i>Ilustración 52. Trabajos de muestreo</i>	103
<i>Ilustración 53. Marthasterias glacialis</i>	104
<i>Ilustración 54. Codium bursa</i>	104
<i>Ilustración 55. Crambe crambe</i>	105
<i>Ilustración 56. Crambe crambe y Serranus cabrilla en AEMC</i>	105
<i>Ilustración 57. Leptogorgia sarmentosa y L. lusitanica</i>	106
<i>Ilustración 58. Simnia spelta sobre Leptogorgia lusitanica</i>	106
<i>Ilustración 59. Holoturia forskalii</i>	107
<i>Ilustración 60. Epinephelus marginatus</i>	107
<i>Ilustración 61. Eunicella verrucosa en AEMC y GS</i>	108

Ilustración 62. <i>Leptogorgia sarmentosa</i> y nudibranquio <i>Hypselodoris</i> sp.	108
Ilustración 63. Puesta de nudibranquio	109
Ilustración 64. <i>Eunicella labiata</i> en AEIC/GS. <i>Torpedo marmorata</i> sobre la arena	109
Ilustración 65. <i>Sabella</i> sp.	110
Ilustración 66. <i>Leptogorgia sarmentosa</i> junto a <i>Holothuria tubulosa</i>	110
Ilustración 67. <i>Aiptasia mutabilis</i> y <i>Holothuria sanctori</i>	111
Ilustración 68. <i>Sphaerechinus granularis</i>	111
Ilustración 69. Banco de <i>Chromis chromis</i> y <i>Boops boops</i> sobre AFIC/AEMC	112
Ilustración 70. Cangrejo ermitaño <i>Dardanus calidus</i> y <i>Anemonas Calliactis parasitica</i>	112
Ilustración 71. <i>Codium bursa</i> y algas incrustantes	113
Ilustración 72. <i>Coscinasterias tenuispina</i>	113
Ilustración 73. <i>Cladocora caespitosa</i>	114
Ilustración 74. <i>Anemonia sulcata</i>	114
Ilustración 75. <i>Hexaples trunculus</i>	115
Ilustración 76. <i>Ophidiaster ophidianus</i>	115
Ilustración 77. Ramoneo de erizos sobre la comunidad AFIC con rodofitas incrustantes	116
Ilustración 78. Comunidad AEMC	116
Ilustración 79. <i>Cerianthus membranaceus</i>	117
Ilustración 80. Benio	117
Ilustración 81. Plumarias junto a <i>Crambe crambe</i> en la comunidad AEMC	118
Ilustración 82. <i>Corallina elongata</i> , <i>Jania rubens</i> y <i>Asparagopsis armata</i> en AFIC	118
Ilustración 83. Cinturón de <i>Corallina elongata</i> en el AFIC superior	119
Ilustración 84. <i>Arbacia lixula</i> , <i>Astroides calycularis</i> y <i>Actinia equina</i>	119
Ilustración 85. Comunidad AFIC. <i>Holothuria</i> spp., <i>Anemonia sulcata</i> y <i>Codium bursa</i>	120
Ilustración 86. <i>Anemonia sulcata</i> , <i>Dardanus calidus</i> y <i>Calliactis parasitica</i>	120
Ilustración 87. AFIC	121
Ilustración 88. <i>Torpedo marmorata</i>	121
Ilustración 89. <i>Leptogorgia sarmentosa</i>	122
Ilustración 90. <i>Eunicella verrucosa</i> , <i>Anemonia sulcata</i> y <i>Crambe crambe</i>	122
Ilustración 91. <i>Astroides calycularis</i> y <i>Aiptasia</i> spp.	123
Ilustración 92. <i>Pinna rudis</i>	123
Ilustración 93. <i>Leptogorgia sarmentosa</i> , <i>Eunicella labiata</i> , algas incrustantes y <i>Anemonia sulcata</i>	124
Ilustración 94. <i>Cerianthus membranaceus</i>	124
Ilustración 95. <i>Venerupis</i> sp.	125
Ilustración 96. Fondos secundarios de guijarros	125
Ilustración 97. AEMC con <i>Peyssonnelia</i> sp. y <i>Clathrina</i> sp.	126
Ilustración 98. <i>Epinephelus alexandrinus</i> junto a <i>Coris julis</i> en AFIC	126
Ilustración 99. GS	127
Ilustración 100. Bloques sobre fondos sedimentarios	127
Ilustración 101. Embarcación de muestreo junto al espaldón	128
Ilustración 102. Coralíneas junto a <i>Mytilus galloprovincialis</i>	129
Ilustración 103. AFIC con <i>Chromis chromis</i>	129
Ilustración 104. AFIC con <i>Crambe crambe</i>	130
Ilustración 105. <i>Codium bursa</i>	130
Ilustración 106. Red fantasma	131

<i>Ilustración 107. AFIC/AEMC con Anemonia sulcata, Crambe crambe y feofitas</i>	131
<i>Ilustración 108. Anemonia sulcata y rodofitas incrustantes</i>	132
<i>Ilustración 109. Asparagopsis sp.</i>	132
<i>Ilustración 110. Prostheceraeus roseus, junto a feofitas, rodofitas y Crambe crambe</i>	133
<i>Ilustración 111. Aiptasia spp.</i>	133
<i>Ilustración 112. Anemonia sulcata y Aiptasia spp.</i>	134
<i>Ilustración 113. Clavellina nana</i>	134
<i>Ilustración 114. Rodofitas incrustantes</i>	135
<i>Ilustración 115. Echinaster sepositus</i>	135
<i>Ilustración 116. Arbacia lixula y Sphaerechinus granularis</i>	136
<i>Ilustración 117. Paracentrotus lividus (cara ventral)</i>	136
<i>Ilustración 118. Comunidad ABC y AFIC/AEMC</i>	137
<i>Ilustración 119. Cliona celata en AEMC</i>	137
<i>Ilustración 120. Filograna implexa junto a Balanus perforatus en GS</i>	138
<i>Ilustración 121. Diplodus cervinus</i>	138
<i>Ilustración 122. Leptogorgia sarmentosa junto a Marthasterias glacialis</i>	139
<i>Ilustración 123. Serranus cabrilla junto a diversos poríferos en AEMC/GS</i>	139
<i>Ilustración 124. Holothuria tubulosa</i>	140
<i>Ilustración 125. Azorinus chamasolen</i>	140
<i>Ilustración 126. Pinna rudis</i>	141
<i>Ilustración 127. Cerianthus membranaceus</i>	141
<i>Ilustración 128. Botrylloides leachii</i>	142
<i>Ilustración 129. Simnia spelta sobre Leptogorgia sarmentosa</i>	142

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1. Ubicación, rumbo y distancia recorrida en los transectos en inmersión</i>	24
<i>Tabla 2. Coordenadas de las estaciones de muestreo mediante draga Van Veen</i>	28
<i>Tabla 3. Muestreo cualitativo mediante inmersión</i>	36
<i>Tabla 4. Resultados taxonómicos (muestras sedimentarias)</i>	42
<i>Tabla 5. Índices biológicos</i>	49
<i>Tabla 6. Resultado índice AMBI</i>	51
<i>Tabla 7. Individuos por inmersión y densidades</i>	65
<i>Tabla 8. Cobertura de Astroides en %</i>	66
<i>Tabla 9. Valoración ecológica</i>	78

1 INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

El Plan Director de Infraestructuras del Puerto de Motril (en adelante PDI), es la herramienta de planificación utilizada tras el Plan Estratégico, con la que se pretende describir, de forma flexible, el modelo de desarrollo y crecimiento potencial a largo plazo de las infraestructuras del puerto, como resultado de una evaluación razonada entre distintas alternativas y en coherencia con el Plan Estratégico vigente. La tramitación de los PDI de los puertos se realiza según lo dispuesto en el Real Decreto Legislativo 2/2011, de 5 de septiembre, por el que se aprueba el texto Refundido de la Ley de Puertos del Estado y de la Marina Mercante (BOE núm. 253 de 20/10/11). Este documento de ordenación queda sometido también al trámite de evaluación ambiental estratégica ordinaria, conforme a lo establecido en el artículo 6 de la Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental (BOE núm. 296 de 11/12/13), que no fue modificado ni sustituido por la *“Ley 9/2018, de 5 de diciembre, por la que se modifica la Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental, la Ley 21/2015, de 20 de julio, por la que se modifica la Ley 43/2003, de 21 de noviembre, de Montes y la Ley 1/2005, de 9 de marzo, por la que se regula el régimen del comercio de derechos de emisión de gases de efecto invernadero”*, por la que expone:

“1. Serán objeto de una evaluación ambiental estratégica ordinaria los planes y programas, así como sus modificaciones, que se adopten o aprueben por una Administración pública y cuya elaboración y aprobación venga exigida por una disposición legal o reglamentaria o por acuerdo del Consejo de Ministros o del Consejo de Gobierno de una comunidad autónoma, cuando:

- *a) Establezcan el marco para la futura autorización de proyectos legalmente sometidos a evaluación de impacto ambiental y se refieran a la agricultura, ganadería, silvicultura, acuicultura, pesca, energía, minería, industria, transporte, gestión de residuos, gestión de recursos hídricos, ocupación del dominio público marítimo terrestre, utilización del medio marino, telecomunicaciones, turismo, ordenación del territorio urbano y rural, o del uso del suelo; o bien,*
- *b) Requieran una evaluación por afectar a espacios Red Natura 2000 en los términos previstos en la Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad.*
- *c) Los comprendidos en el apartado 2 cuando así lo decida caso por caso el órgano ambiental en el informe ambiental estratégico de acuerdo con los criterios del anexo V.*
- *d) Los planes y programas incluidos en el apartado 2, cuando así lo determine el órgano ambiental, a solicitud del promotor”.*

Dado que el PDI se corresponde con la premisa señalada en el apartado a) de la norma ambiental, éste queda indiscutiblemente sometido al procedimiento ordinario, como indicado. En este contexto, Puertos del Estado, como órgano sustantivo del PDI del Puerto de Motril, presentó ante la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental y Medio Natural una solicitud de inicio de evaluación ambiental estratégica ordinaria, acompañada del borrador del plan y del Documento Inicial Estratégico (en adelante DIE) con el fin de comenzar el procedimiento de evaluación ambiental estratégica ordinaria del PDI, de acuerdo a lo establecido en los artículos 18 y 19 de la Ley 21/2013 (tampoco modificados por la Ley 9/2018).

Como resultado del proceso de consultas, el 08/03/18 se aprueba el Documento de Alcance (DA en adelante) por *Resolución de la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental y Medio Natural, por la que se formula informe ambiental estratégico de sometimiento a evaluación ambiental estratégica ordinaria y documento de alcance del Plan Director de Infraestructuras del Puerto de Motril (Granada)*. Este DA marca el contenido que debe contener el Estudio Ambiental Estratégico (EsAE en adelante) del PDI del Puerto de Motril y propone los aspectos ambientales a considerar en el proceso de evaluación.

Dentro de estos aspectos ambientales se incluye la realización de una CARTOGRAFÍA Y CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES BENTÓNICAS, INVENTARIO DE HÁBITATS Y ESPECIES PROTEGIDAS Y EVALUACIÓN DE IMPACTO. Este documento hace referencia al estudio de dichos aspectos ambientales.

2 SÍNTESIS DEL PDI Y ALTERNATIVAS PROPUESTAS

La Ley de Puertos 33/2010, de 5 de agosto, de modificación de la Ley 48/2003, de 26 noviembre, de régimen económico y de prestación de servicios en los puertos de interés general define el PDI como un elemento de planificación obligatorio para “*la construcción de un nuevo puerto de titularidad estatal, la ampliación o realización de nuevas obras de infraestructura de uno existente que supongan una modificación significativa de sus límites físicos exteriores en el lado marítimo*”.

En este contexto, el Puerto de Motril en su Plan Estratégico, aprobado en el año 2010, contempla como uno de los objetivos principales la redacción del PDI, cuyos principales elementos se encuentran descritos en epígrafes posteriores, y sobre el cual se realiza el presente EsAE.

El PDI pretende desarrollar sus actuaciones en un periodo de 15 años desde su aprobación, es decir, el horizonte temporal del mismo se fija en el año 2026. En general, las actuaciones que se llevarán a cabo serán:

- Creación de una nueva Dársena Pesquero-Deportiva

- Creación de una nueva Terminal Ro-Ro en la antigua dársena pesquera, que incluye el Nuevo Muelle en la Canal.
- Adecuación del Muelle Contradique para el atraque de barcazas de bunker a levante del mismo.

Una vez determinada la necesidad de aparición de nuevos espacios portuarios que sustenten las previsiones de crecimiento previstas, se exponen a continuación las características principales de las diferentes alternativas de desarrollo que se consideran en el PDI. La Autoridad portuaria de Motril (APM) ha considerado un total de 7 alternativas:

- Alternativa a Levante.
- Alternativa Poniente Playa.
- Alternativa Poniente 1.
- Alternativa Poniente 2.
- Alternativa Poniente 3.
- Alternativa Poniente 4.
- Alternativa Exterior.

A continuación, se describen los principales aspectos de cada alternativa proyectada, información extraída del PDI del Puerto de Motril.

2.1 Alternativa Levante

La Alternativa Levante, consiste en trasladar las instalaciones actuales pesqueras y deportivas a Levante del puerto. De este modo, sería necesario construir una nueva dársena pesquero-deportiva al Este del contradique, que ocuparía terreno actual de la playa de las Azucenas.

La dársena quedaría protegida por dos diques de abrigo, que darían lugar a una bocana de acceso hasta el Este. El primer dique arranca desde la playa de las Azucenas hasta la batimétrica -7,5 m y tiene una longitud total de 510 m. El segundo, inicia su sección en el contradique del Puerto de Motril y finaliza hacia la batimétrica -8 m resultando un total de 600 m de longitud total. Ambas alineaciones son de sección en talud.

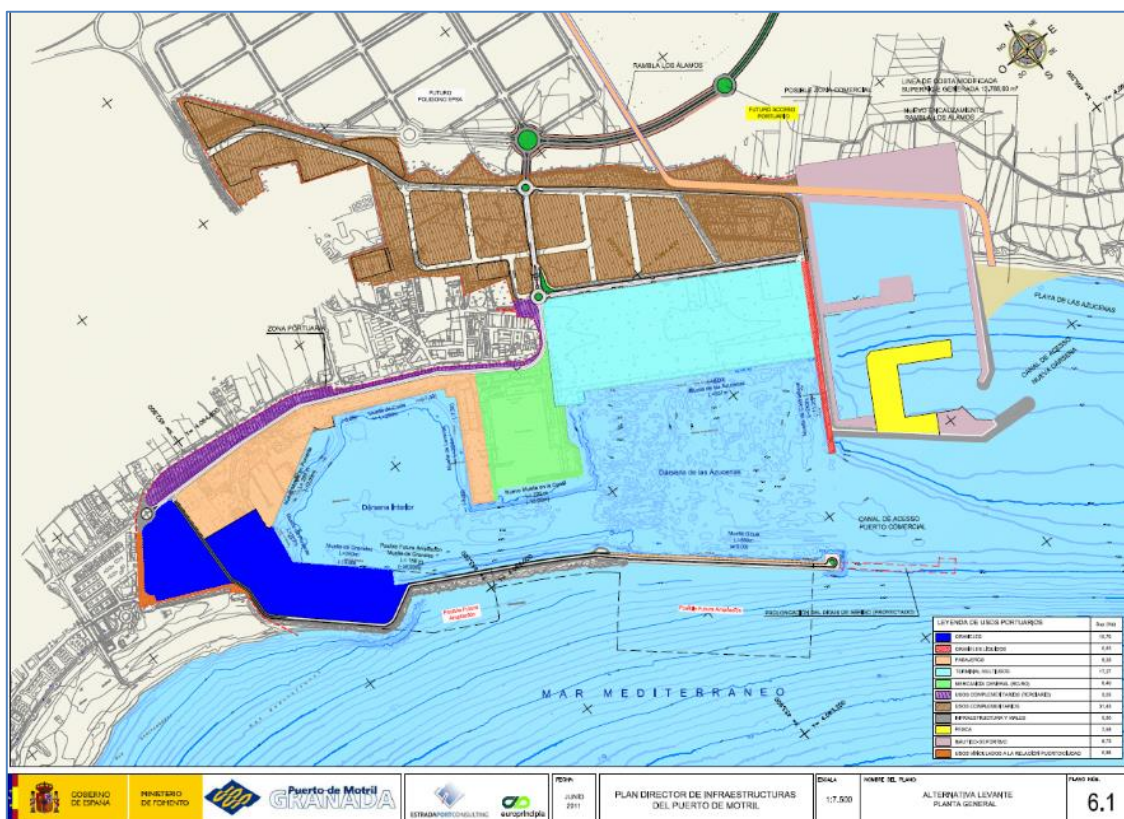


Ilustración 1. Planta general de la Alternativa Levante

Fuente: PDI del Puerto de Motril, 2011.

La nueva dársena de uso náutico y deportivo contará, por tanto, con 1.019 puestos de atraque, con una superficie de 54.127,60 m², que presentaría la configuración que continúa:

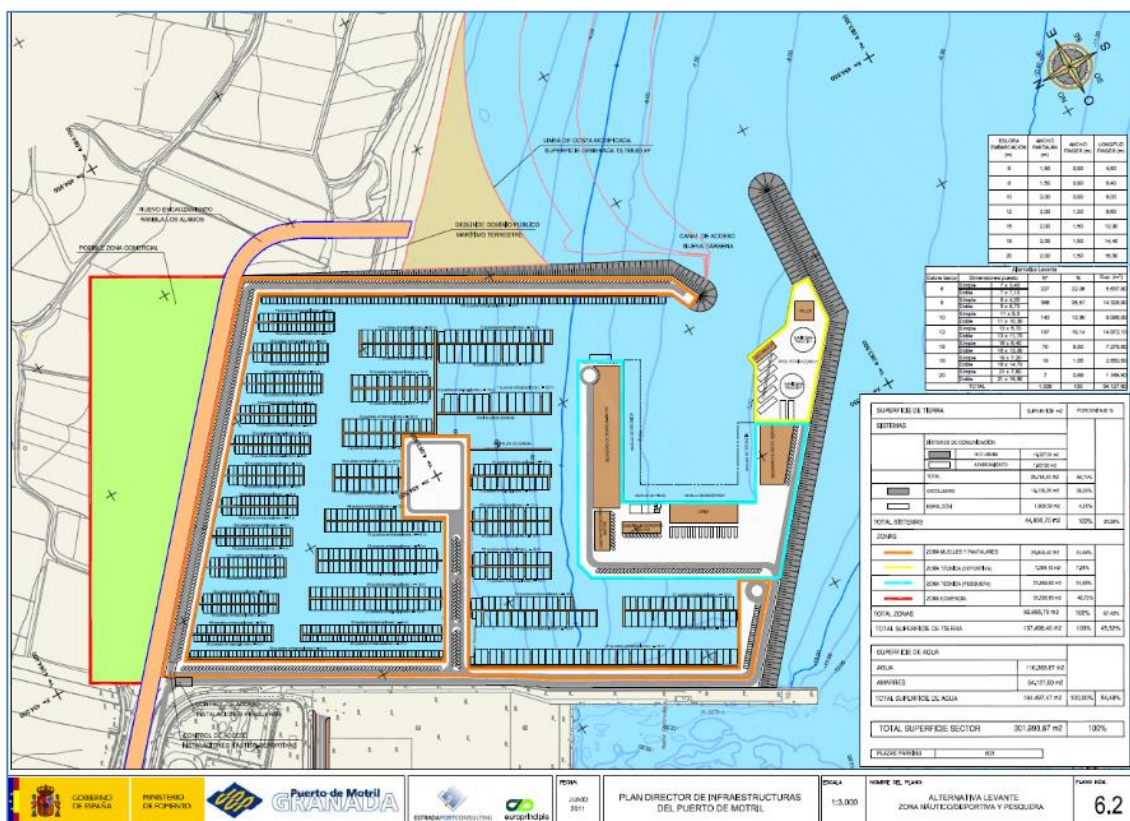


Ilustración 2. Zona náutico-deportiva de la Alternativa Levante

Fuente: PDI del Puerto de Motril, 2011.

Con esta configuración se consiguen los siguientes aspectos positivos:

- Resolver el efecto barrera de la actual dársena pesquera.
- Permite optimizar los actuales espacios portuarios.
- Se gana la actual zona pesquera como explanada.
- Dota de mayores recursos para uso recreativo y pesquero.
- Se zonifican mejor los distintos tráfico portuarios y, de esta manera, se facilita las operaciones marítimas.

En cuanto a las debilidades de esta alternativa:

- Ocupa espacio fuera de la actual zona de servicio portuario.
- Hipoteca el futuro crecimiento del puerto hacia Levante.
- Afecta directamente a la playa de Las Azucenas.
- Tiene un fuerte impacto ambiental.
- La dársena pesquera queda alejada del barrio histórico de pescadores.
- La zona deportiva y el espacio de ocio asociado queda alejado del entorno urbano.
- Requiere una alta inversión.

2.2 Alternativa Poniente Playa

Esta alternativa plantea la construcción de una nueva dársena pesquera y deportiva al Oeste del Puerto, junto al arranque del dique de abrigo del puerto, ocupando la superficie terrestre que actualmente está ocupada por diversas concesiones, algunas de ellas ya caducadas, y parte de la Playa del Cable. Se trata de la alternativa considerada como más idónea en el Plan Estratégico.

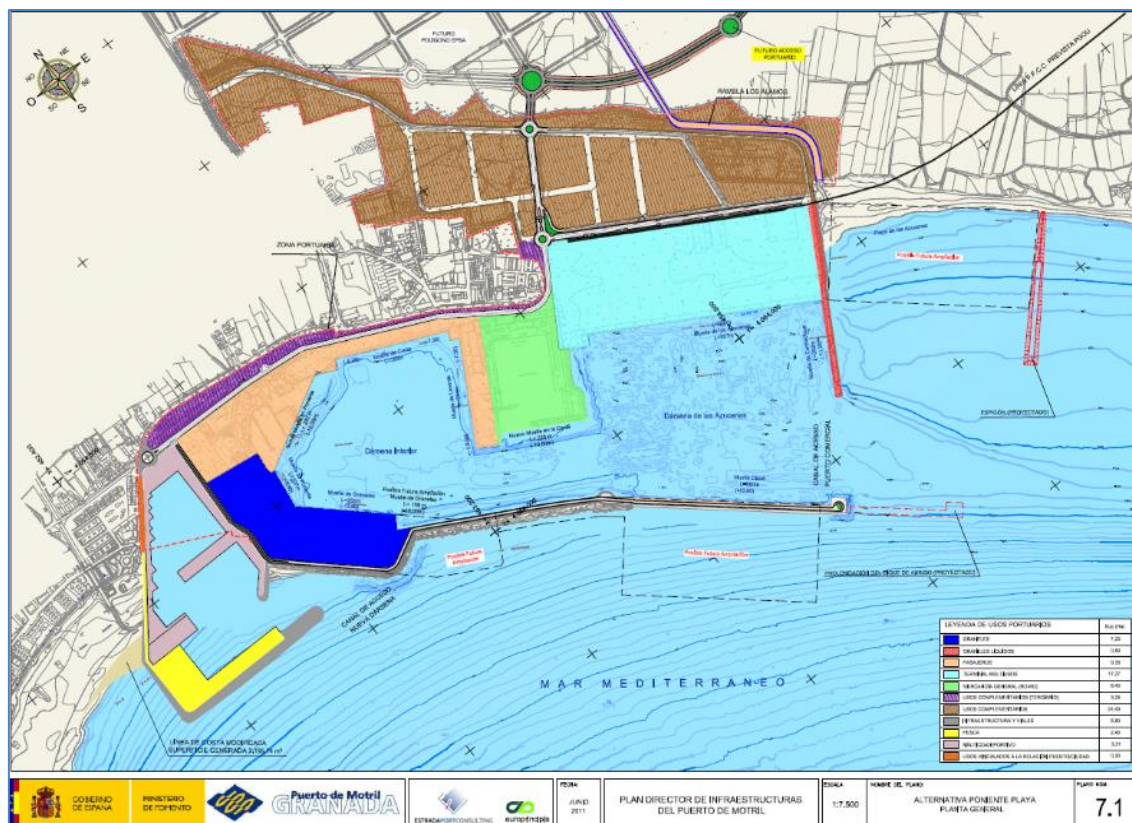


Ilustración 3. Planta de la Alternativa Poniente Playa

Fuente: PDI del Puerto de Motril, 2011.

Esta alternativa requiere de la construcción de un dique de abrigo que, arrancando desde la Playa del Cable, presenta tres alineaciones diferenciadas:

- Tramo 1. Discurre paralelo a la Avenida de Julio Moreno y queda limitado por ella al W. Arrancando desde la Playa de Poniente hasta alcanzar el entorno de la batimétrica -3. Longitud total 100 m.
- Tramo 2: Desde el Tramo 1, con alineación N-S, hasta alcanzar el entorno de la batimétrica -10. Longitud total 125 m.
- Tramo 3: Desde el Tramo 2, con alineación W-E, hasta la bocana. Longitud total 435 m.

El acceso a la nueva dársena se lleva a cabo por un canal totalmente independiente al del puerto comercial, y la bocana está orientada al E, evitándose así la confluencia de tráficos. El diseño de la dársena pesquera se presenta en el siguiente plano.

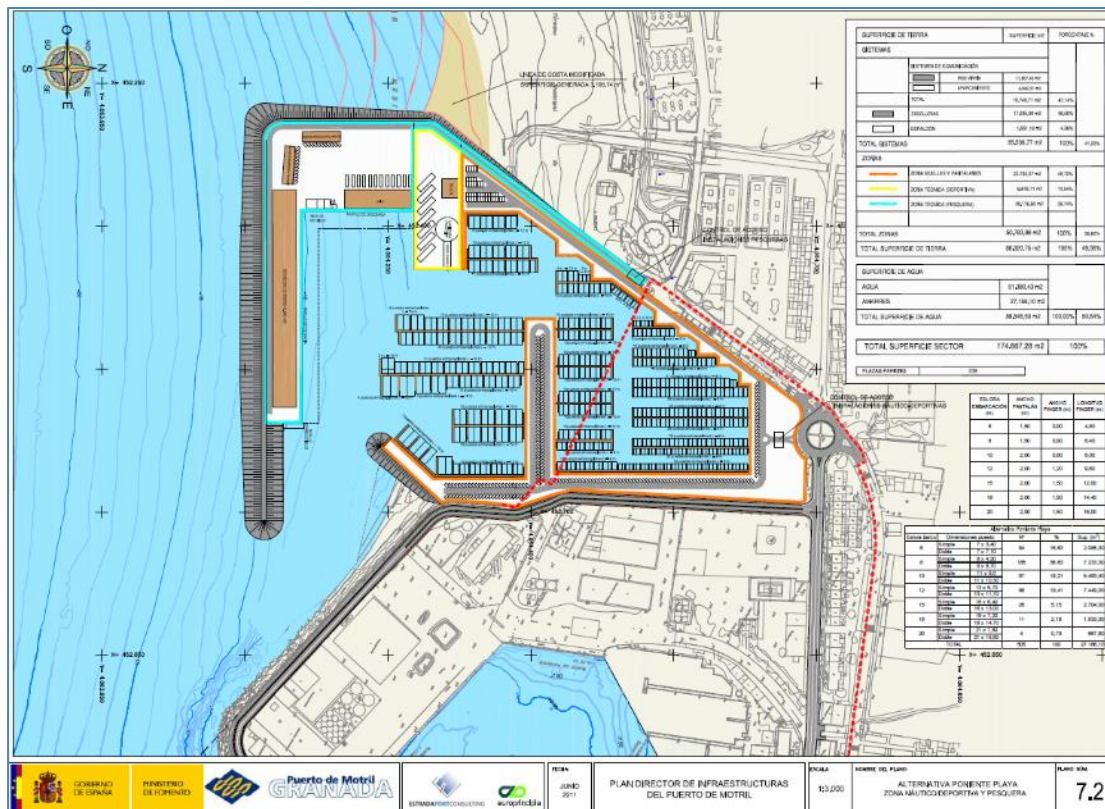


Ilustración 4. Planta de la dársena pesquero-deportiva de la Alternativa Poniente Playa

Fuente: PDI del Puerto de Motril, 2011.

Las ventajas de esta alternativa son:

- Elimina el efecto barrea de la actual dársena pesquera.
- Permite optimizar los espacios e instalaciones portuarios existentes.
- Se gana la actual zona pesquera como explanada.
- No hipoteca el futuro crecimiento del puerto hacia Levante.
- Se zonifican los tráficos portuarios y facilita las operaciones marítimas.
- Se compatibiliza bien la relación puerto-ciudad.

Entre las desventajas se encuentran:

- Ocupación de un espacio externo a la zona de servicio portuario.
- Ocupación significativa de la Playa del Cable (dominio público).
- Fuerte impacto ambiental.
- Necesidad de construcción de un nuevo dique de abrigo.
- Pérdida de espacio comercial portuario e instalaciones existentes.

2.3 Alternativa Poniente 1

Esta configuración del puerto presenta una solución similar a la Alternativa Poniente Playa, pero sin ocupar la Playa del Cable con la dársena pesquero-deportiva, desarrollándose completamente dentro del recinto portuario.

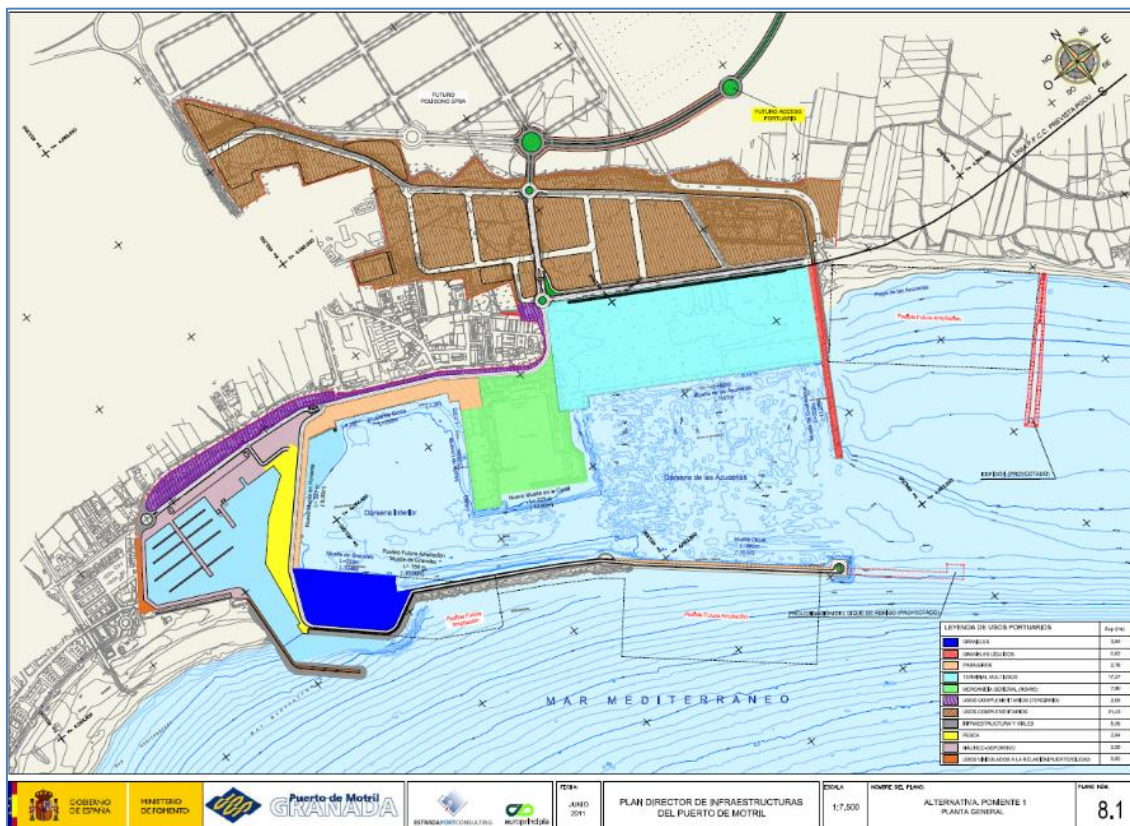


Ilustración 5. Planta de la Alternativa Poniente 1

Fuente: PDI del Puerto de Motril, 2011.

Con esta alternativa, se construiría un nuevo dique en talud de 380 m de longitud en dos alineaciones. Los primeros 200 m con escollera de 6 Tm de tamaño máximo; la segunda alineación de 180 m con bloques de 20 Tm. La nueva bocana tiene un ancho eficaz de 50 m.

El canal de entrada tiene dos alineaciones. La más exterior de 180 m de longitud y más 74 m de anchura total a cota 0 m, y 50 m al pie de los taludes. La más interior, de 200 m de longitud y anchura total variable de 60 a 80 m, aproximadamente.

La necesidad del cierre con la Dársena Interior se resuelve mediante la construcción de un muelle de 330 m que se prevé dedicarlo al tráfico de cruceros.

Esta alternativa presenta, *a priori*, más fortalezas que debilidades. Entre las primeras se encuentran:

- Resuelve el efecto barrera de la zona pesquera
- Permite optimizar los actuales espacios portuarios.
- Se gana la actual zona pesquera como explanada.
- La solución se desarrolla íntegramente en el interior del espacio portuario.
- No afecta a la Playa del Cable. Incluso se ganará playa.
- No hipoteca a futuro el crecimiento portuario a Levante.
- Se diferencian los tráficos portuarios al disponer la dársena pesquero-deportiva de bocana propia, facilitándose las operaciones marítimas.
- La zona deportiva y el espacio de ocio asociado, es continuo al entorno urbano (véase Ilustración 6).
- Se compatibiliza de forma excelente la relación puerto – ciudad.
- Se potencian las instalaciones para cruceros, con la construcción de un nuevo muelle especializado y la mayor facilidad de integración con los espacios puerto-ciudad.

Por su parte, las debilidades que presenta son:

- Necesita la construcción de un dique de abrigo propio.
- Se pierde espacio comercial portuario terrestre e instalaciones existentes que habría que compensar.

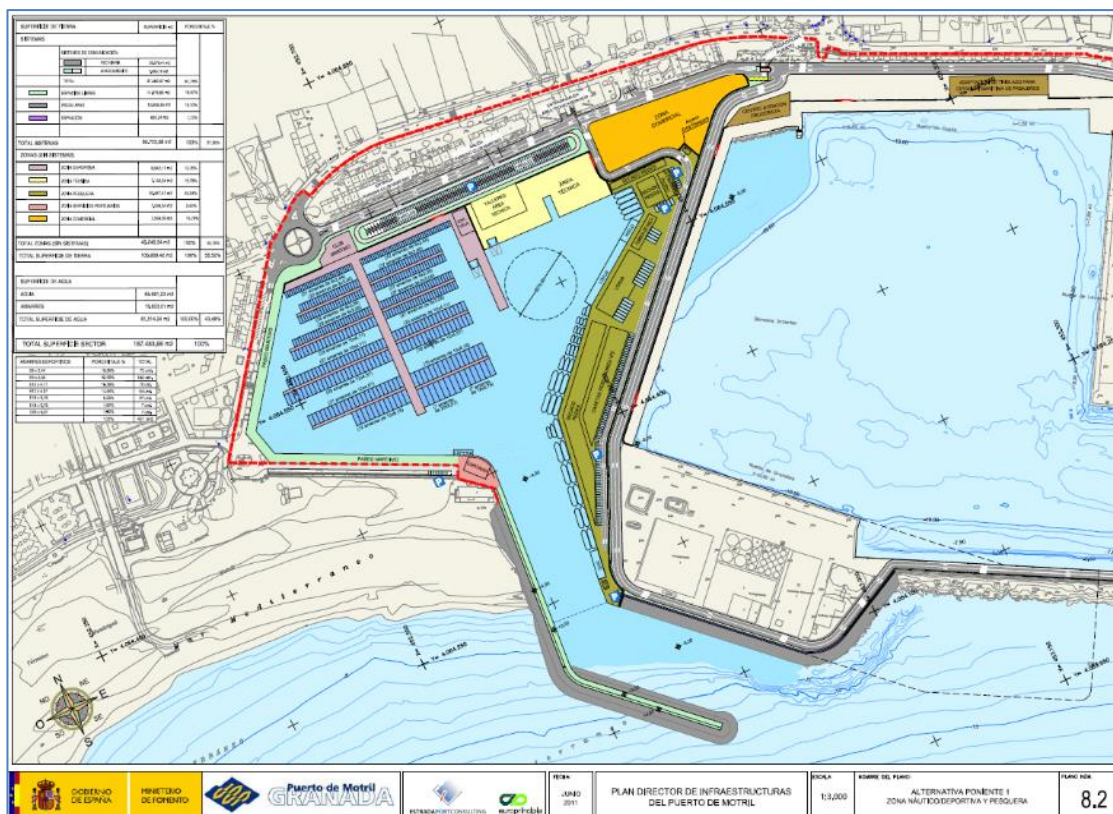


Ilustración 6. Planta de la dársena pesquero-deportiva de la Alternativa Poniente 1

Fuente: PDI del Puerto de Motril, 2011.

2.4 Alternativa Poniente 2

La alternativa Poniente 2 pretende reordenar las superficies portuarias reforzando la actual zona del club marítimo para la actividad náutico-deportiva que avanza hacia Poniente, ocupando todo el terreno allí existente y trasladando la actividad pesquera al extremo Oeste del Muelle de Costa.

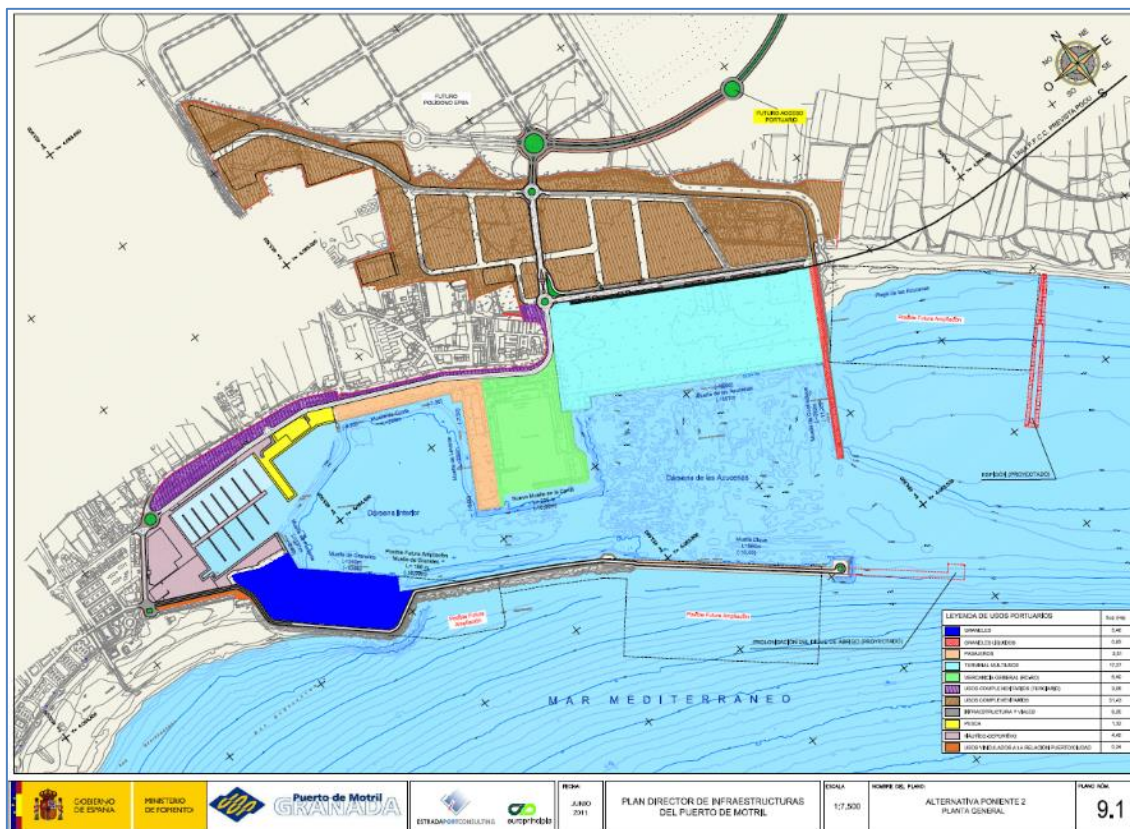


Ilustración 7. Planta de la Alternativa Poniente 2

Fuente: PDI del Puerto de Motril, 2011.

La flota recreativa se distribuiría a través de un muelle central de Oeste a Este, del que partirían perpendicularmente diferentes pantalanes. El total de amarres que se conseguirían asciende a 486.

En la actual zona de pantalanes del Club Náutico e inicio del Muelle de Costa, se crearía la nueva dársena pesquera que estaría también directamente conectada con la Dársena Interior.



Ilustración 8. Planta de la dársena pesquero-deportiva de la Alternativa Poniente 2

Fuente: PDI del Puerto de Motril, 2011.

Esta configuración permite lo siguiente:

- Se gana la actual zona pesquera como explanada.
- Se desarrolla íntegramente en el interior del espacio portuario.
- No afecta a la Playa del Cable.
- No compromete el posible crecimiento futuro hacia Levante.
- La zona deportiva y el espacio de ocio asociado está contiguo al entorno urbano.

En cuanto a las desventajas de esta alternativa, se presentan:

1. No se resuelve el efecto barrera de la zona pesquera.
2. Se pierde espacio comercial portuario e instalaciones existentes.
3. Reduce la capacidad de la Dársena Interior para el tráfico comercial.
4. No deriva en una zonificación de los tráficos portuarios, obligando a compartir espacios de agua con el tráfico comercial.

2.5 Alternativa Poniente 3

La Alternativa Poniente 3 deja la dársena pesquera donde se encuentra actualmente, cerrándose el canal de entrada a la Dársena Interior, que requiere así de una nueva bocana propia. Se crean así dos dársenas diferenciadas: la Dársena Interior que se dedica exclusivamente a usos náutico-deportivos y la Dársena Pesquera junto a la Dársena Pesquera destinadas a los usos comerciales portuarios.

Se prevé la creación de una explanada exterior adosada al dique, para compensar los déficits asociados a las pérdidas de la Dársena Interior y explanadas contiguas.

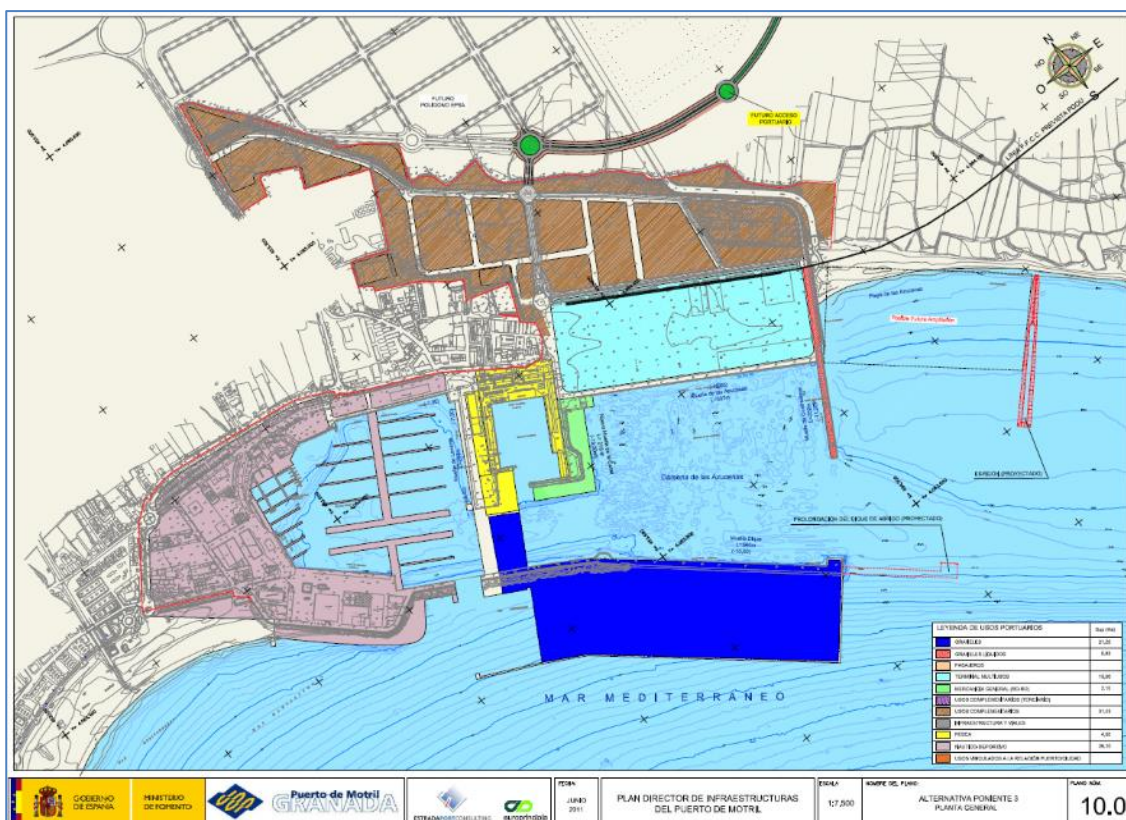


Ilustración 9. Planta de la Alternativa Poniente 3

Fuente: PDI del Puerto de Motril, 2011.

2.6 Alternativa Poniente 4

La Alternativa Poniente 4 destina la Dársena Interior a la actividad náutico-deportiva en su mayor parte, manteniendo el Muelle de Graneles, pero sin abrir una nueva bocana, como en el caso anterior.

Mantiene, asimismo, la dársena pesquera en su actual posición intermedia. Esta posición junto con la de la dársena deportiva deja sin resolver el problema actual de “barrera” que plantea la

dársena pesquera, al quedar el Muelle de Graneles y el Muelle Dique separado de la Dársena de las Azucenas.

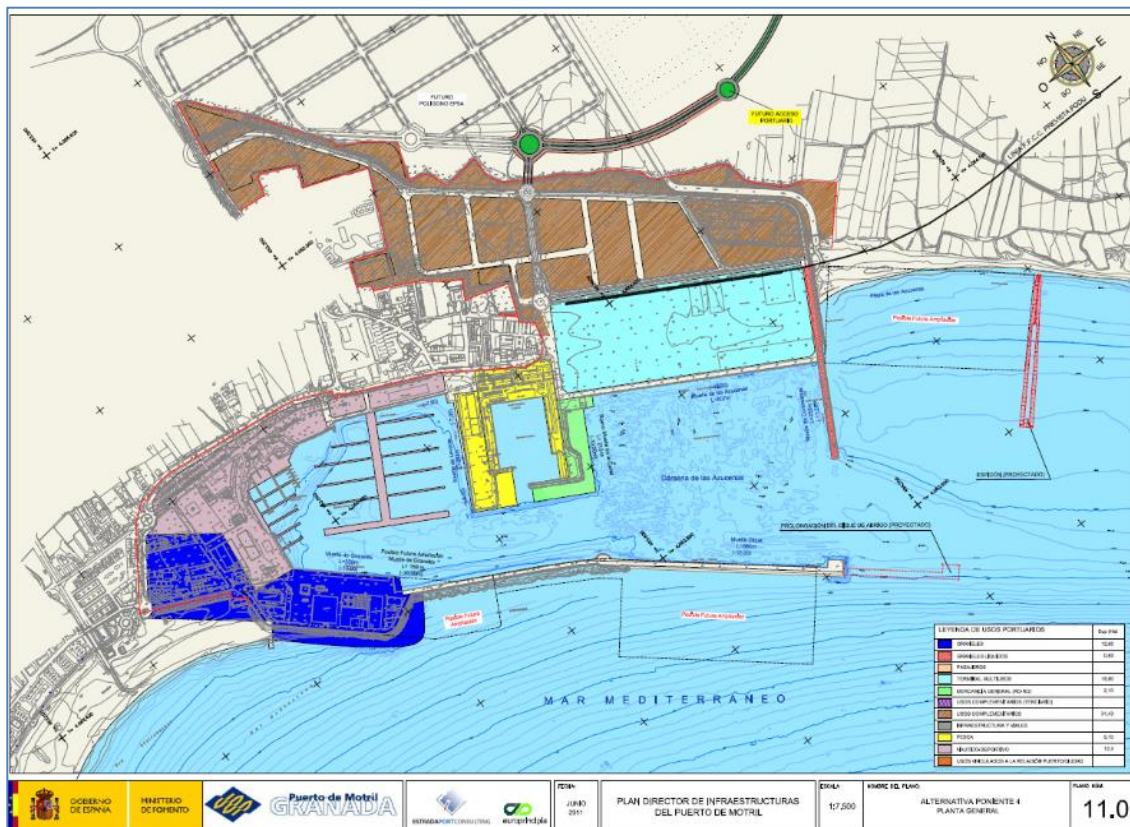


Ilustración 10. Planta de la Alternativa Poniente 4

Fuente: PDI del Puerto de Motril, 2011.

2.7 Alternativa Exterior

La Alternativa Exterior pretende ganar espacio portuario hacia el mar. Para ello se debe de realizar una inversión importante en infraestructura con la ejecución de un dique de abrigo en talud de 990 m de longitud, que alcanza profundidades de hasta 20 m.

De esta forma se crearían 8 ha de nueva superficie terrestre para uso pesquero y náutico-deportivo. Se obtendría un puerto deportivo con una dotación de 434 amarres y una dársena anexa para el uso pesquero.

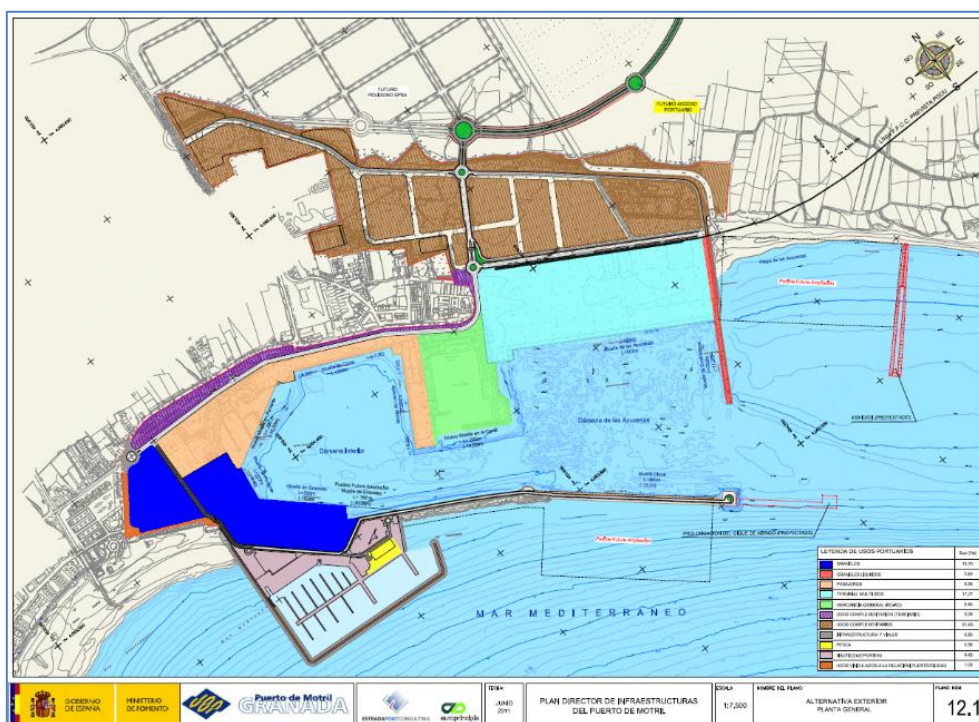


Ilustración 11. Planta de la Alternativa Exterior

Fuente: PDI del Puerto de Motril, 2011.

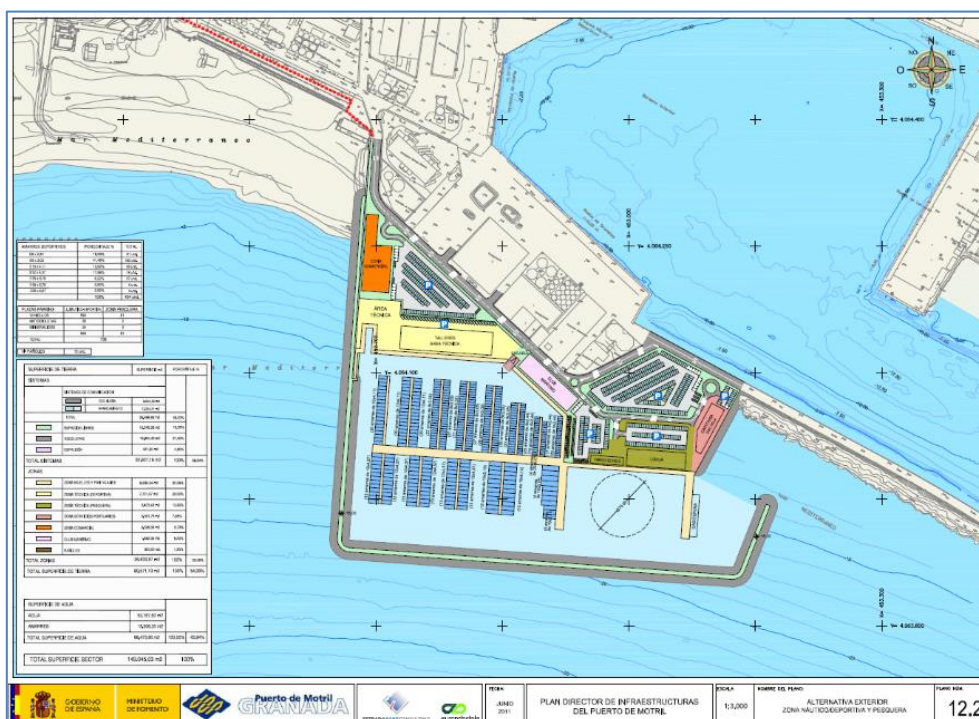


Ilustración 12. Planta de la zona pesquero-deportiva de la Alternativa Exterior

Fuente: PDI del Puerto de Motril, 2011.

Con esta configuración, se presentan las siguientes ventajas:

5. Resuelve el efecto barrera de la actual dársena pesquera.
6. Permite optimizar los actuales espacios portuarios.
7. Se gana la actual zona pesquera como explanada.
8. No consume espacios interiores (tierra y agua)
9. No hipoteca a futuro el crecimiento portuario a Levante
10. Se diferencian los tráficos portuarios al disponer la dársena deportiva-pesquera de bocana propia, facilitando las operaciones marítimas.
11. Por el contrario, tiene las siguientes desventajas:
12. Impacto ambiental
13. La zona deportiva y el espacio de ocio asociado queda alejada del entorno urbano
14. La dársena pesquera queda muy alejada del barrio de pescadores
15. Inversión en infraestructura importante: un dique de abrigo a la batimétrica -20 m.

3 METODOLOGÍA

La metodología aplicada tiene como objetivo estudiar todas las zonas ocupadas por las distintas alternativas propuestas, haciendo especial hincapié en las áreas de mayor fragilidad ecológica (zonas naturales o seminaturales).

El estudio de la biosfera submarina, hábitats y el inventario de especies protegidas, requiere para su consecución, elaborar una cartografía bionómica de detalle que se basa en el análisis y estudio de la batimetría y geomorfología en la zona, ya que la distribución de las comunidades bentónicas depende en gran medida de la luminosidad e hidrodinámica a la que se ve sometido el bentos, factores dependientes de la profundidad, y por otro lado, del tipo de sustrato que las sustentan.

Por tanto, el estudio de la cartografía batimétrica y geomorfológica previa se muestra necesario para determinar inicialmente las posibles comunidades presentes en la zona, pero además, es **imprescindible para conseguir una localización precisa de sus límites y distribución**. Indicar que la delimitación exacta de las comunidades bentónicas se ha mostrado también necesaria para establecer a su vez la distribución de las especies protegidas y los hábitats de interés.

Por último, se lleva a con una evaluación de impacto inicial¹ centrada en determinar cuál de las alternativas propuestas es la más favorable.

3.1 Estudios previos

3.1.1 Levantamiento batimétrico

El levantamiento batimétrico ha sido facilitado por la APM.

3.1.2 Estudio morfológico mediante SBL

Tecnoambiente ha llevado a cabo un estudio geomorfológico mediante sonar de barrido lateral de todas las zonas exteriores aledañas al puerto de Motril hasta una profundidad de 50 m.

Para consultas de detalle del mismo ver **Trabajo 9**.

3.2 Elaboración de la cartografía de comunidades bentónicas

Una vez definida la profundidad y el tipo de sustrato presente en el lecho marino se está en disposición de diseñar una serie de muestreos para comprobar/confirmar el tipo de comunidad bentónica asociada, adaptándose dicho muestreo a los resultados previos obtenidos con sonda y sónar y, haciendo especial hincapié, en aquellas zonas que podrían presentar comunidades o hábitats sensibles o protegidos o aquellos de dudosa identificación.

Dentro de esta metodología, existen trabajos más encaminados a la identificación y estado de las diferentes biocenosis existentes, y trabajos más dirigidos al estudio y cuantificación de las especies protegidas presentes en la zona. No obstante los resultados obtenidos de todos ellos se integran en un todo que sirve para evaluar de manera general el estado de las diferentes comunidades marinas.

Los diferentes trabajos llevados a cabo son los que se citan a continuación:

- ✓ *Realización de transectos mediante video remolcado georeferenciado.* El fin de los mismos es la identificación de las diferentes comunidades y sus transiciones (y en menor medida la identificación de las especies animales y vegetales que albergan las diferentes comunidades), así como cuantificación de especies protegidas. Además

¹ La evaluación de impacto de la alternativa elegida, realizada en detalle, viene contemplada en el apartado de evaluación de impacto del propio estudio de impacto ambiental estratégico.

sirve para “calibrar” las señales recibidas por el sonar de barrido lateral (se identifica los diferentes tipos de señales recibidas por el sonar con las imágenes resultante de las grabaciones con video remolcado).

- ✓ *Realización de transectos en inmersión (grabaciones y toma de fotografía):* El fin de los mismos es la identificación de las especies animales y vegetales, así como la cuantificación de las especies protegidas.
- ✓ *Tratamiento de los datos obtenidos mediante video remolcado e inmersiones:* El fin es caracterizar el estado ecológico de las diferentes comunidades identificadas.
- ✓ *Toma de muestras sobre sustrato blando mediante draga Van Veen.* La finalidad es caracterizar las comunidades asentadas sobre sustrato blando mediante la identificación de su infauna. Los datos obtenidos se tratan para obtener ciertos índices estadísticos que permiten conocer el estado ecológico en que se encuentran dichas comunidades.
- ✓ *Censo y estima cuantitativa de especies protegidas.*
- ✓ *Valoración ecológica*

3.2.1 Vídeo remolcado

La realización de transectos mediante filmación en vídeo submarino georreferenciado, es una técnica habitual incluida para la cartografía de las comunidades bentónicas marinas (Augier, 1981; Meinesz et al., 1981; Zabala et al., 1982; Ramos, 1985 y otros). La calidad de las filmaciones radica, además de la experiencia de los técnicos en la ejecución de las mismas, en las características del equipo. Para ello se empezó utilizando una cámara modelo GNOM GTC-01. Este es un sistema remolcable que incorpora una cámara de TV, permitiendo la exploración subacuática, visionando en tiempo real la imagen a color en un monitor. Esta posee dos aros de iluminación LED con intensidad de luz regulable. La señal de video, recogida por la cámara submarina, es transmitida a bordo a través de un umbilical para ser visualizada en directo en un PC portátil donde es capturada y guardado el registro.

La técnica para la realización de las filmaciones submarinas mediante video remolcado, que a continuación se describe, ha sido desarrollada por los técnicos de campo del departamento de oceanografía de TECNOAMBIENTE. Es evidente que representa una adecuación de otras técnicas existentes, pero con una adaptación al tipo de trabajos que es necesario desarrollar y a las condiciones particulares del área de estudio.

La tripulación está formada por un patrón de embarcación y dos técnicos, todos ellos con una formación básica a nivel de licenciatura universitaria (ciencias del mar), y buceadores profesionales. De esta forma, al tiempo que se realizan las filmaciones, se pueden realizar inmersiones de intervención para reconocer elementos del bentos marino que necesiten una visualización directa para su correcto reconocimiento. El equipo de filmación en vídeo está formado por una cámara descrita que es remolcada desde la propia embarcación por medio de un cable de 150 m que a su vez envía la señal de vídeo a la unidad de superficie. La velocidad

de arrastre es lo más constante posible y se siguen los transectos previamente determinados mediante el navegador.

El sistema de filmación va acompañado de un software que permite la captura de fotogramas a partir de las grabaciones de vídeo con el fin de obtener imágenes de eventos concretos.

Las líneas se efectúan a una velocidad constante (entre 2 y 4 Km/h) según la visibilidad de la zona, cubriendo la extensión total.

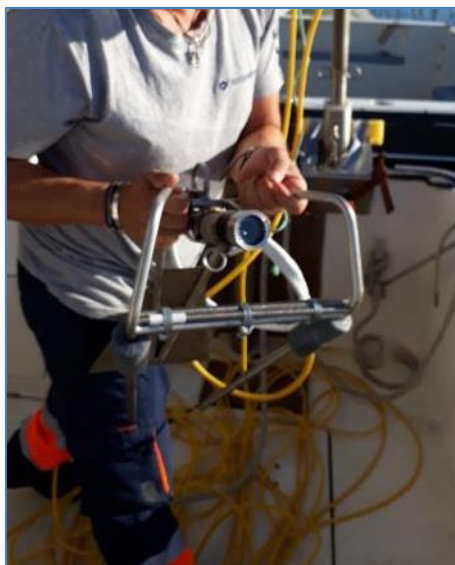


Ilustración 13. Cámara de arrastre.

Se ha realizado un total de 45 transectos, de longitud variable. La separación entre los mismos ha variado en función de las condiciones climáticas presente en el momento de muestreo, estando ésta comprendida entre los 15 y los 40 m:

- 10 transectos se han llevado a cabo paralelos al dique exterior desde la playa de poniente hasta la bocana.
- 19 transectos en la playa de las Azucenas. 5 perpendiculares a costa y 14 paralelos a ésta.
- 16 transectos se han llevado a cabo en la dársena pesquera y alrededores.

A continuación se muestran los recorridos realizados:



Ilustración 14. Transectos con vídeo remolcado

A continuación se muestran algunas imágenes capturadas de las grabaciones:

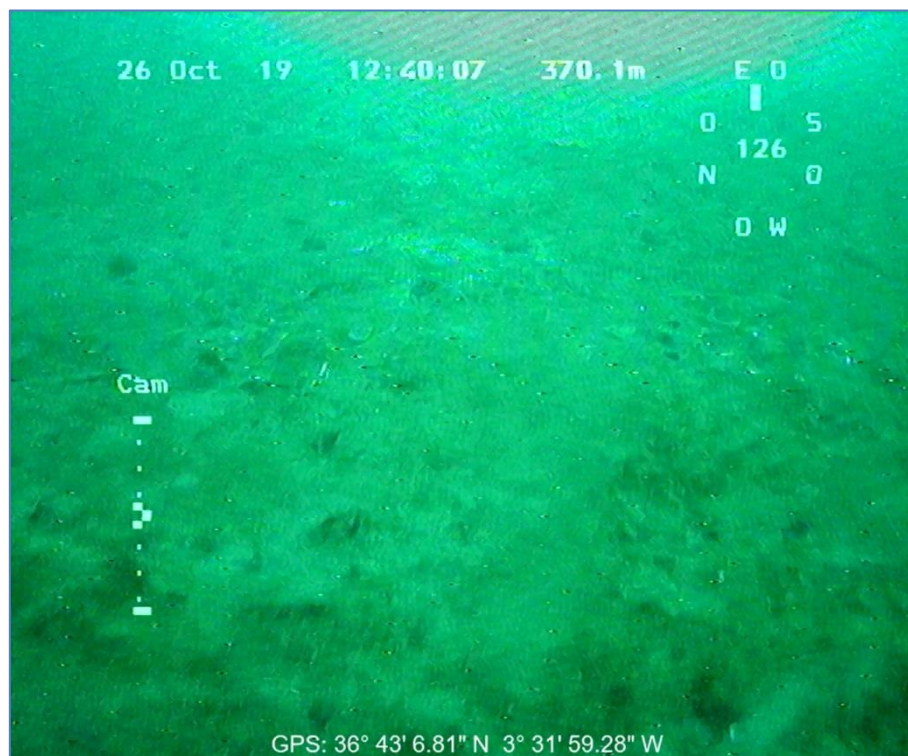


Ilustración 15. Comunidad de arenas finas bien calibradas con detritos (ABC)



Ilustración 16. Comunidad de arenas finas bien calibradas (ABC) y Guijarros infralitorales (GI)



Ilustración 17. Comunidad de arenas finas bien calibradas (ABC). Escollera exterior



Ilustración 18. Comunidad de algas fotófilas infralitorales en modo calmo (AFIC). Escollera exterior



Ilustración 19. Comunidad de arenas fangosas en modo calmo (AFMC). Dársena



Ilustración 20. Nasa en la comunidad AFMC. Dársena pesquera



Ilustración 21. Neumático en la comunidad AFMC. Dársena pesquera



Ilustración 22. Facies de *Caulerpa prolifera*, en la comunidad ABC y AFMC

3.2.2 Inmersiones puntuales

Las zonas de inmersión se han escogido teniendo en cuenta la tipología de sustrato presente. El número de inmersiones realizadas (3), ha sido el necesario para cubrir la zona de mayor valor ecológico, la zona rocosa, permitiendo el estudio de todas las unidades bionómicas existentes, las especies presentes en cada una de ellas, así como el censo de las especies protegidas infralitorales existentes en la zona. Estas inspecciones exhaustivas se han realizado con el fin de lograr los objetivos propuestos.

Todas ellas se ha llevado a cabo mediante escafandra autónoma

En cada inmersión se ha realizado un reportaje fotográfico de las especies observadas. Los buzos son además biólogos con lo que pueden centrar e identificar las zonas y especies relevantes.

A continuación, en la

Tabla 1 (coordenadas UTM, Datum WGS84, HUSO 30) se muestran las coordenadas de inicio y finalización de los diferentes transectos realizados, así como el rumbo seguido, la distancia total recorrida y las comunidades encontradas.

Tabla 1. Ubicación, rumbo y distancia recorrida en los transectos en inmersión.

Inmersión	Inicio		Final		Rumbo	Distancia (m)	Biocenosis
	X	Y	X	Y			
1	453385	4063624	452976	4063853	NW	510	AFIC, AEMC, GS, ABC
2	452913	4063896	452731	4063900	W	210	AS, GI, ABCAFIC, AEMC, GS
3	453549	4063495	453904	4063189	SE	477	AFIC, AEMC, GS, ABC

Durante el desarrollo de las inmersiones se llevó a cabo la toma de fotografías para el posterior tratamiento de las imágenes, el cual permite, además de completar la información obtenida de las observaciones in situ y los muestreos sistemáticos, obtener información acerca de la cobertura algal existente y del recubrimiento bentónico.

En la ilustración siguiente, se muestra la ubicación de los diferentes transectos realizados.

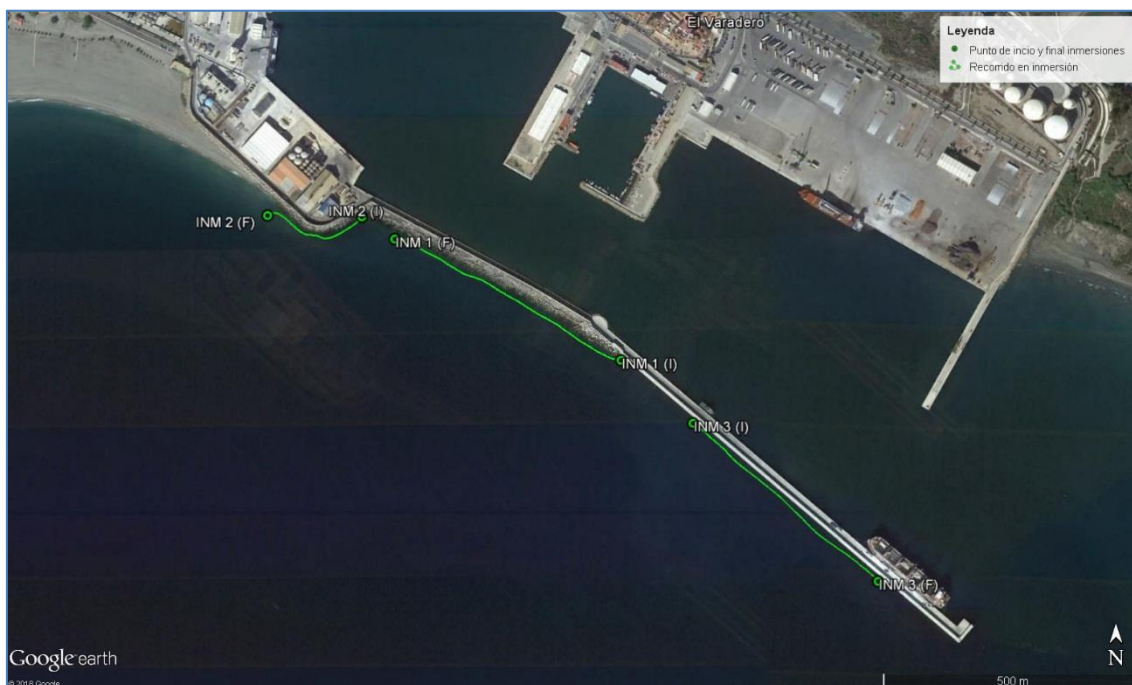


Ilustración 23. Recorridos realizados en inmersión

Adicionalmente se ha llevado a cabo un estudio de la ictiofauna en cada punto de inmersión.

En cada inmersión se ha realizado un censo visual, consistente en el recuento de especies que se observan a simple vista en un transecto rectilíneo a velocidad constante. En este transecto, de longitud variable, se utiliza una pizarra de PVC para la anotación “in situ” y una cámara digital con carcasa submarina para la obtención de fotos.

3.2.3 Tratamiento de los datos obtenidos mediante video remolcado e inmersiones

En el laboratorio las distintas fotografías tomadas sobre las diferentes comunidades son analizadas minuciosamente a fin de determinar cuáles son las especies animales y vegetales presentes.

En este sentido, para cada una de las especies identificadas se ha realizado un estudio semicuantitativo de abundancia, o según el caso (especies amenazadas y/o protegidas), una estimación de densidad/superficie ocupada.

Para todas las especies observadas durante las inmersiones y transectos de vídeo remolcado, se realiza una estimación de presencia de las mismas con cinco niveles de abundancia (muy escaso, escaso, medio, abundante y muy abundante), que será determinante para calcular la riqueza específica y consecuentemente el valor ecológico de las comunidades presentes.

3.2.4 Muestreo mediante draga Van Veen sobre sustrato blando

En las biocenosis de fondos blandos no vegetados se han tomado muestras desde superficie, mediante una draga tipo Van Veen, de 20 x 20 cm de abertura de boca, y una profundidad de recogida que asegure una penetración de esta de unos 5 cm. Se desarrollarán en número y localización tal que permitan el estudio de todas las unidades bionómicas existentes.

Estudio taxonómico

La tipificación de cada una de las comunidades consistirá en la identificación en laboratorio y la cuantificación de las especies que componen la macrofauna del sedimento.

Las muestras se tamizaron in situ bajo una malla de 1 mm de luz y el rechazo se conservó en formol al 4% neutralizado con hexametilentetramina, para su análisis taxonómico en laboratorio. Tras el triado de las muestras y su observación bajo la lupa binocular, se ha procedido a la identificación hasta nivel de especie siempre que ha sido posible de los ejemplares presentes.

El conteo de ejemplares y la identificación de taxones se han realizado en placas de Petri con cuadrícula de conteo.

Tratamiento de datos

Una vez obtenidos los resultados del estudio cuantitativo de la macrofauna bentónica se han procesado para obtener los siguientes **parámetros e índices** que permiten caracterizar y evaluar la integridad biológica de la comunidad macrobentónica:

Número total de individuos por unidad de superficie (metro cuadrado). Este parámetro se ve sometido a variaciones muy amplias en las diferentes épocas del año y en casos de perturbaciones.

Riqueza Específica, que corresponde al número de especies presentes en cada muestra analizada. Dicho parámetro se ve sometido a fluctuaciones amplias, que dependen de la temperatura del agua y de la disponibilidad de nutrientes.

Porcentaje de los diferentes grupos taxonómicos en cada estación. Este parámetro es importante tanto para conocer la estructura de la comunidad que se está estudiando, como para comparar las diferentes estaciones, que pueden estar sometidas a diferentes condiciones medioambientales.

Dominancia de los grupos tróficos en las diferentes comunidades estudiadas, para evaluar la contribución de los organismos bentónicos en la red trófica (Gaston & Nasci, 1988). Además la categorización de las especies en diferentes grupos funcionales, permite evaluar la respuesta de las comunidades bentónicas a perturbaciones medioambientales. A cada especie se le asigna un grupo trófico siguiendo las revisiones de Fauchald & Jumars, (1979), Ibanez & Darwin (1988) y Gaston (1987), que se basan sobre el análisis de las características anatómicas y ecológicas de las especies. Los grupos tróficos considerados son: carnívoros (C), detritívoros de superficie (D), detritívoros excavadores (DE), filtradores (F), Herbívoros (Her), mixtos (M) y omnívoros (O).

Índice de Shannon-Wiener para el cálculo de la diversidad específica mediante la fórmula $H = -\sum p_i \ln p_i$, donde p_i es la proporción de la especie i en la muestra estudiada. Este índice, que por sus características aporta información también acerca de la distribución de los organismos entre las especies, se puede considerar como una medida de la entropía o heterogeneidad de la muestra (Hill, 1973; Gray, 2000). H es un número que aumenta con el número de especie presentes en la muestra estudiada y teóricamente puede alcanzar valores muy altos, aunque en realidad en las comunidades naturales H en general siempre es más bajo de 5 (Krebs, 1985).

Clasificación de las estaciones mediante el índice AMBI (Borja et al., 2000), relacionado con el grado de sensibilidad o tolerancia de las especies respecto a un gradiente de estrés. Este índice se basa en el principio que las comunidades macrobentónicas responden a estrés medioambientales con diferentes estrategias adaptativas que permiten dividir los organismos que la componen en cinco grupos:

Grupo I: Especies muy sensibles al enriquecimiento en materia orgánica, en general presentes en bajas densidad en condiciones de baja concentración de materia orgánica. Se trata en general de carnívoros muy selectivos.

Grupo II: Especies que son indiferentes al enriquecimiento en materia orgánica y que están siempre presentes aunque en baja densidad, con variaciones no muy significativas

durante el año. Se trata de especies que pertenecen al grupo trófico de suspensívoros de superficie y carnívoros no muy selectivos.

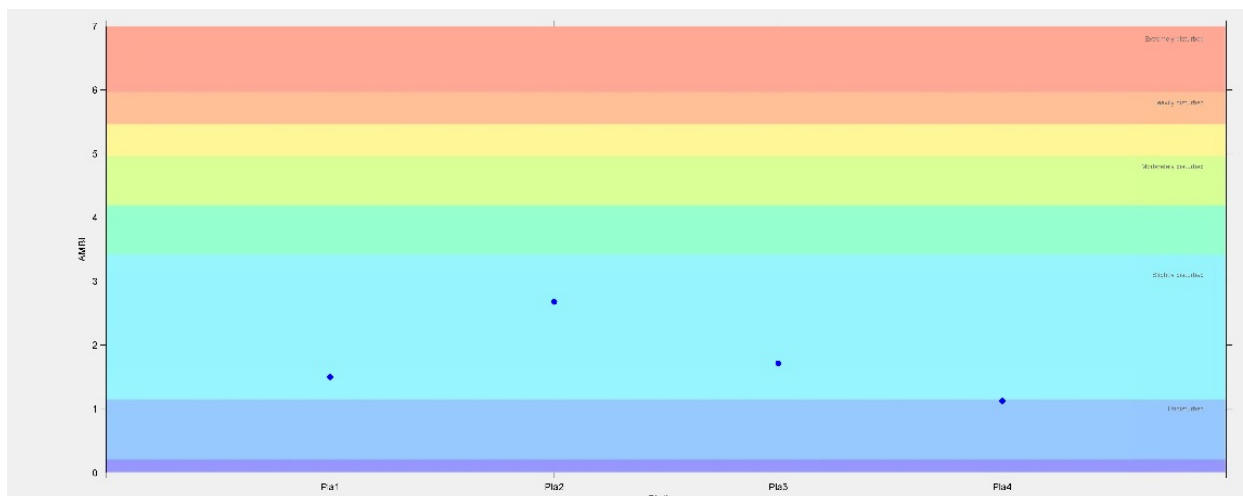
Grupo III: Especies, presentes en baja densidad en condiciones normales, que son estimuladas por un exceso leve de materia orgánica. En este caso se trata de especies que pertenecen al grupo trófico de los detritívoros de superficie, como los espionidos (poliquetos de la familia Spionidae) que forman tubos.

Grupo IV: Especies oportunistas que toleran condiciones entre moderadamente y pronunciadamente alteradas. Se trata de especies detritívoras de pequeño tamaño, básicamente cirratúlidos (poliquetos de la familia Cirratulidae).

Grupo V: Especies oportunistas básicamente detritívoras, que toleran condiciones muy alteradas con altos porcentajes de materia orgánica. Se trata de especies que proliferan en sedimentos muy reducidos (con una baja concentración de oxígeno) y son representados por los poliquetos de la familia Capitellidae y concretamente por la especie Capitella capitata.

El índice biótico que varía entre 0 y 7 se calcula según la fórmula:

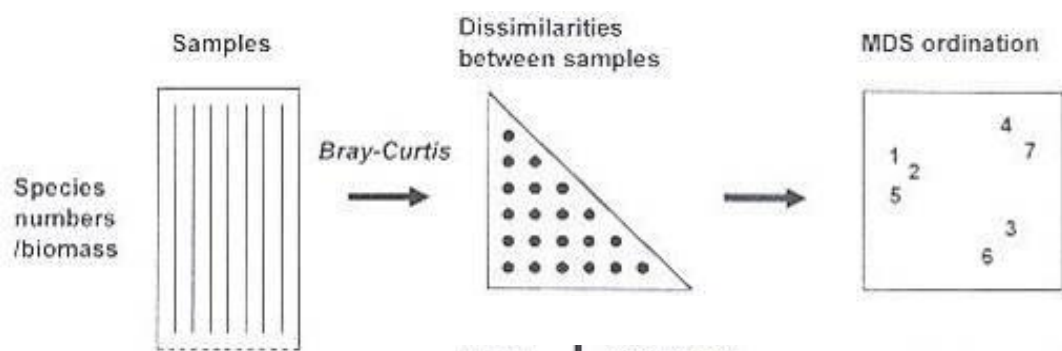
$$BI = \{(0 \times \%GI) + (1,5 \times \%GII) + (3 \times \%GIII) + (4,5 \times \%GIV) + (6 \times \%GV)\} / 100$$



Ejemplo de representación de resultados AMBI

Análisis de los datos mediante el no metric Multidimensional scaling (nMDS). El nMDS es una metodología estadística de análisis multivariante que permite agrupar o separar las estaciones de muestreo en base a la similitud de la estructura taxonómica. Por consiguiente las estaciones con una composición taxonómica parecida se encontrarán muy cerca entre ellas, al revés de las estaciones que presentan una composición taxonómica diferente, que estarán muy separadas. Este último análisis se basa en el índice de similitud de Bray-Curtis, con la media grupal como criterio de agrupamiento y la determinación e la similitud entre

muestras. A continuación se pueden observar las distintas fases del análisis multivariante realizado.



Para medir el grado de fiabilidad de la configuración obtenida, se utilizará una función llamada Stress, S , (Kruskal, 1964). Con $S=0,5$ la configuración obtenida se debe con toda probabilidad al azar, y por consiguiente no reflejaría la realidad, con S entre 0,5 y 0,25 la configuración obtenida se puede considerar discreta, y con S menor de 0.25 buena y muy fiable (Gomez-Gesteira et al., 2003).

A continuación, en la siguiente tabla e ilustración puede consultarse las coordenadas (UTM, Datum WGS84, HUSO 30) de las diferentes estaciones de muestreo, así como su ubicación.

Tabla 2. Coordenadas de las estaciones de muestreo mediante draga Van Veen

Estaciones	Coordenadas	
	X	Y
Bio 1	452240	4064036
Bio 2	452293	4063867
Bio 3	452607	4063960
Bio 4	452587	4063761
Bio 5	452966	4063780
Bio 6	452921	4063631
Bio 7	453263	4063639
Bio 8	453602	4063384
Bio 9	453581	4063204
Bio 10	454344	4063642
Bio 11	454426	4063392
Bio 12	452240	4064036



Ilustración 24. Ubicación de las estaciones de muestreo mediante draga Van Veen.



Ilustración 25 . Muestreo mediante draga Van Veen.

3.2.5 Censo y estima cuantitativa de abundancia de especies protegidas en la zona

La Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad, que deroga y sustituye a la Ley 4/1989, de Conservación de los Espacios Naturales y de la Flora y Fauna

Silvestres y sustituye los anexos del Real Decreto 1997/1995, por el que se establecen medidas para contribuir a garantizar la biodiversidad mediante la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres (Real Decreto 1193/1998), culminando la incorporación de la Directiva Hábitats europea y sus necesarias trasposiciones al derecho español, **ha introducido de una forma inequívoca en su artículo 55 el concepto de “especie amenazada”, considerando como tales las incluidas en el Catálogo Nacional de Especies Amenazadas en las categorías de “En Peligro de Extinción” o “Vulnerable”**. El actualmente vigente Código Penal (Ley Orgánica 10/1995, de 23 de noviembre, modificada por la Ley Orgánica 15/2003), tipifica como delito las acciones contra especies amenazadas.

El Catálogo Español de Especies Amenazadas recoge varias especies marinas de distribución variable en la zona de trabajo: *Astroides calycularis*, *Charonia lampas*, *Dendropoma petraeum*, *Pinna nobilis* y *Patella ferruginea*, las cuatro primeras catalogadas como vulnerables y la última en peligro de extinción.

En función del hábitat en que se encuentra la zona de estudio (supralitoral, mediolitoral y submareal tanto fotófilo como esciáfilo), en la zona es posible encontrar a todas ellas.

Además de las anteriores, existen otras especies de invertebrados marinos que se pueden encontrar en la zona de trabajo y que tienen un régimen de protección especial por estar incluidas en el *Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial* y en el *Real Decreto 139/2011, de 4 de febrero* que desarrolla el mismo. Entre estas especies, por la probabilidad de aparición en la zona de estudio debido al hábitat en la que se desarrolla, y por su presencia además en el *Libro Rojo de los Invertebrados de Andalucía*, se destacan las siguientes: *Pinna rudis*, *Cymbula nigra*, *Centrostephanus longispinus*, *Ophidiaster ophidianus*, *Tethya aurantium*, *Zonaria pyrum*, *Aplysina ssp.* y *Axinella polipoides*.

Por último, se citan las especies incluidas en el *Libro Rojo de los Invertebrados de Andalucía*, no incluidas ni en el *Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial*, ni en el *Catálogo Español de Especies Protegidas*, que por su hábitat pueden encontrarse en la zona de estudio. Estas son las siguientes: *Cystoseira spp.*, *Leptogorgia lusitanica*, *Eunicella verrucosa*, *Eunicella gazella*, *Eunicella labiata*, *Cladocora caespitosa*, *Pentapora fascialis*, *Phyllangia mouchezii*, *Halocynthia papillosa*, *Spondylus gaederopus*, *Spongia agaricina*, *Donacilla cornea* y *Maja squinado*.

Una vez citadas todas las especies protegidas que es posible encontrar en la zona, se pasa a describir la metodología empleada para la cuantificación y localización de cada una de ellas, atendiendo a los requerimientos establecidos en el proyecto y a su abundancia relativa:

Charonia lampas*, *Dendropoma petraeum*, *Pinna nobilis*, *Pinna rudis*, *Centrostephanus longispinus*, *Ophidiaster ophidianus*, *Tethya aurantium*, *Zonaria pyrum*, *Aplysina ssp.*, *Axinella polipoides*, *Leptogorgia lusitanica*, *Eunicella verrucosa*, *Eunicella gazella*, *Eunicella

labiata, Cladocora caespitosa, Pentapora fascialis, Phyllangia mouchezii, Halocynthia papillosa, Spondylus gaederopus, Spongia agaricina y Maja squinado.

La presencia de estas especies protegidas se asocia principalmente al sustrato rocoso, donde siguen una distribución que varía en función de parámetros como la intensidad lumínica, el tipo de sustrato, el tipo de comunidad, la hidrodinámica, la orientación del fondo rocoso, etc. La metodología utilizada para cuantificar estas especies ha sido el conteo de individuos observados en los diferentes recorridos, dirigidos según su distribución teórica, realizados mediante inmersión y con vídeo remolcado. La escasa presencia de individuos de estas especies ha permitido su conteo, extrapolando su número al área inspeccionada y obtenido como resultado su densidad por superficie. La búsqueda de las mismas ha sido enfocada al hábitat natural donde se desarrollan.

Para las especies, como *Astroides calycularis* y *Cystoseira spp.*, que presentan extensiones variables de cobertura, se aplica la siguiente metodología, atendiendo a la superficie que ocupa y no al número de individuos, como en los casos anteriores:

Para el cálculo de la superficie ocupada se realizan fotografías de las distintas calicatas que posteriormente son procesadas tal y como se expone a continuación:

Todo el procesado se realizará con el software “Photoshop CC 2015” de la siguiente manera:

- Corrección de la distorsión de la imagen mediante el filtro de corrección de lente de Photoshop para evitar errores en el cálculo de superficies.
- Recorte del recuadro de 0,5m², los límites de este recuadro las marca el margen interior de la cuadrícula de PVC.
- Grabación en formato Jpg. de la imagen marcada.

La segunda parte del procesado se realiza con las herramientas de selección del propio Photoshop de la siguiente manera:

- Se selecciona el área total de la foto corregida y se miden los pixel totales que presenta.
- Se selecciona, con las distintas herramientas de selección de Photoshop, las zonas con presencia de *Astroides calycularis* o *Cystoseira spp.*, y se mide la cantidad de pixel ocupados por *Astroides calycularis*.
- Cálculo del porcentaje de cobertura de *Astroides calycularis* o *Cystoseira spp.* dividiendo los pixel representativos de la cobertura de *Astroides* por los pixeles totales.

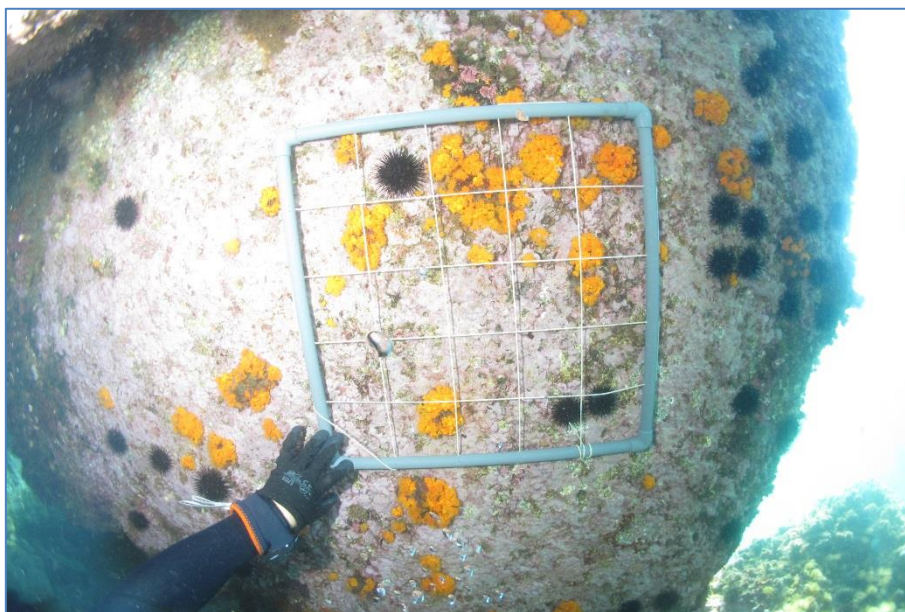


Ilustración 26. Imagen sin corregir.



Ilustración 27. Imagen corregida

Las especies que presentan unmerosos individuos como p: ferruginea, Cymbula nigra o se ubican enterrados en el mediolitoral como Donacilla cornea se ha empleado una metodológica específica que se detalla en el anejo I.

Por último, indicar que las densidades calculadas para cada comunidad y condición geofísica asociada, es extrapolada sobre la propia cartografía de biocenosis, mostrado como resultado final una capa que incluye la distribución y gradiente de densidades de cada una de las especies protegidas avistadas.

Los buzos han ido equipados con cámara fotográfica Canon Power Shot G12 con carcasa de aluminio ISSOTA con los complementos adecuados al trabajo a realizar.

3.2.6 Valoración ecológica

Para una correcta evaluación de impacto se realiza una síntesis de los resultados obtenidos en los apartados previos, valorándose la riqueza ecológica de las comunidades nectobentónicas presentes. Esta valoración se plasma sintetizada sobre una cartografía de fragilidad ecológica. Dicha cartografía representa una zonificación con una escala de valoración del 1 al 5 que se obtiene siguiendo una serie de criterios que se exponen a continuación:

A la hora de valorar la importancia ecológica de la comunidad que constituye la biosfera marina en la zona estudiada, se ha pretendido objetivarla aplicando los criterios ponderados que se detallan a continuación:

Cada uno de los puntos se valorará, aplicando la siguiente escala:

Valor muy bajo	1
Valor bajo	2
Valor medio	3
Valor alto	4
Valor muy alto	5

Criterios ponderados de valoración ecológica

Los criterios que se proponen son los siguientes:

- Importancia ecológica intrínseca de la comunidad. Para valorar este criterio se tendrá en cuenta la importancia reconocida a priori a cada biocenosis, según su grado de complejidad y estructuración trófica. El peso relativo de una determinada comunidad, en un compartimento específico dentro de un sistema biológico, es variable. Por consiguiente, se asigna el máximo valor a comunidades altamente diversas, complejas y productivas, situando en el extremo superior de la valoración a las praderas de fanerógamas marinas, biocenosis clímax de coralígeno o precoralígeno, etcétera, y en

el extremo inferior a biocenosis desnudas de arenas fangosas contaminadas de baja o nula diversidad. El factor de ponderación aplicado es 1.

- Estado de desarrollo de la comunidad. Se valorará el estado actual de conservación y desarrollo en que se encuentra la biocenosis. En la asignación de un determinado valor, como criterio se han tenido en cuenta la riqueza específica, la diversidad biológica y la complejidad, en relación con su potencial máximo. Se aplica un factor de ponderación de 1.
- Amplitud relativa de la comunidad en la zona. Estima la importancia de su extensión con relación al total de la zona estudiada. Coeficiente de ponderación de 0,5.
- Singularidad. Con este parámetro se valorará la escasez de la comunidad concreta en un entorno geográfico cercano y de características similares. Se pondera con un coeficiente de 0,5.
- Presencia de especies indicadoras de una buena calidad del medio. Se asignará especial importancia a la presencia o ausencia de determinados bioindicadores, siguiendo la “Guía de vigilancia ambiental de los fondos rocosos de las áreas marinas protegidas y zonas aledañas en el Mediterráneo, (José Carlos García-Gómez, 2016)”. Se aplica un factor de ponderación de 1,5.
- Presencia de especies protegidas o de especial interés. Se asignarán los valores en función del número y grado de protección de las especies avistadas. La ausencia de especies protegidas se corresponde con un valor de 1. Debido a su importancia, el factor corrector a aplicar es de 2.
- Poblamiento íctico y recursos vivos. Se valorará la presencia de especies de interés comercial y potencialmente explotables, lo sean de hecho o no. Los censos realizados, han servido para adjudicar un valor a este apartado. El factor de ponderación aplicado es 0,5.
- Capacidad de recuperación. Este criterio es el más directamente implicado en la estimación del grado de fragilidad. Aquí se valora el tiempo estimado para la regeneración de la comunidad, en caso de verse afectada por posibles alteraciones. Este valor temporal puede estimarse en más de 75 años para el caso de praderas de Posidonia oceanica, en torno a los 25 para precoralígeno y coralígeno clímax y en unos pocos años para los fondos blandos desnudos. Por tanto, este criterio se aplica de forma inversa. Este es el segundo punto en el que se aplicará un coeficiente de ponderación de 2.
- Paisaje submarino y valor testimonial. Este criterio, ciertamente subjetivo, es secundario, aunque válido a la hora de fijar cierto grado de singularidad a una determinada biocenosis. Califica la belleza del paisaje submarino, entendiendo ésta

como una cualidad perceptual que aporta al medio un valor añadido, desde el punto de vista de su uso como lugar de esparcimiento y ocio. Factor de ponderación de 0,5.

- Valor científico. Las biocenosis de estructura compleja son, a priori, más interesantes en orden a llegar a conocer todas las implicaciones existentes y las relaciones intraespecíficas e interespecíficas que en ellas se dan. Coeficiente aplicado de 0,5.

4 Resultados

4.1 Estudios previos

4.1.1 Estudio morfológico mediante SBL

Ver Trabajo 9.

4.1.2 Estudio Batimétrico

Facilitado por la APM.

4.2 Comunidades bentónicas

4.2.1 Resultado de los muestreos sobre sustrato rocoso

Tras las inmersiones, inspecciones a pie y revisión de los vídeos realizados, se ha obtenido la siguiente tabla de resultados (Tabla 3), que indican la riqueza específica de las diferentes comunidades identificadas. Las comunidades rocosas supralitorales y mediolitorales abarcan una franja muy reducida dentro del área de estudio y su distribución es prácticamente vertical, por lo que han sido tratadas conjuntamente (forman un todo sobre una mínima extensión horizontal y no se han apreciado diferencias sustanciales en cuanto al número de especies en función del tramo de dique estudiado, aunque sí de la proporción de individuos de unas especies frente a otras). Las comunidades AFIC, AEIC y GS también han sido tratadas conjuntamente ya que se solapan espacialmente a pequeña escala, aunque en este caso, se han diferenciado 3 zonas atendiendo al lugar de muestreo, debido a las diferencias detectadas entre dichas zonas, que aunque someras, influyen en la riqueza específica final presente en cada área diferenciada. La inmersión 2, se ha llevado a cabo en la zona de escollera del extremo occidental del dique exterior (codo), la inmersión 1, a continuación en la zona de escollera y por último, la inmersión 3, que se ha llevado a cabo en el espaldón de dicho dique. Esta última inmersión es también representativa del contradique, ya que existen similitudes importantes entre ambas zonas (espaldón), observadas en trabajos previos llevados a cabo en la zona por TECNOAMBIENTE S.L.

Tabla 3. Muestreo cualitativo mediante inmersión

ESPECIES/COMUNIDAD[1]	RS + RMS + RMI	AFIC + AEMC + GS		
		Inmersión 1	Inmersión 2	Inmersión 3
ALGAS				
FEOFITAS	0	2	2	2
<i>Dictyota spp.</i>		+	+	+
<i>Halopteris spp.</i>		+++	+++	+++
CLOROFITAS	3	4	3	3
<i>Clorofita cespitosa</i>	+	++	++	++
<i>Codium bursa</i>		+++	+++	+++
<i>Enteromorpha sp</i>	+	+		
<i>Palmophyllum crassum</i>	+	+	+	+
RODOFITAS	2	8	8	8
<i>Asparagopsis spp.</i>		++	++	++
<i>Corallina spp.</i>	++	+++++	+++++	+++++
<i>Jania rubens</i>		+++	+++	+++
<i>Lithophyllum expansum</i>		++	++	++
<i>Lithophyllum incrustans</i>		+++++	+++++	+++++
<i>Lithophyllum sp.</i>		+++	+++	+++
<i>Peyssonnelia rosa-marina</i>		++	++	++
<i>Rodofitas cespitosas</i>	++	+++	+++	+++
FAUNA				
EQUINODERMOS	1	11	9	9
<i>Arbacia lixula</i>		+++++	+++++	+++++
<i>Coscinasterias tenuispina</i>		+		
<i>Equidaster sepositum</i>		+	+	+
<i>Holothuria forskali</i>		+++	+++	+++
<i>Holothuria sanctori</i>		+++	+++	+++
<i>Holothuria tubulosa</i>		+++	+++	+++
<i>Marthasterias glacialis</i>	+	++	++	++
<i>Ophiaster ophidianus</i>		++		
<i>Ophiura sp.</i>		+	+	+
<i>Paracentrotus lividus</i>		+++	+++	+++
<i>Sphaerechinus granularis</i>		++	++	++
PORIFEROS	0	8	10	8
<i>Anchinoe sp.</i>		+	+	+
<i>Clathrina sp.</i>			+	
<i>Cliona celata</i>		+++	+++	+++
<i>Clonia viridis</i>		+	+	+
<i>Crambe crambe</i>		++++	++++	++++
<i>Hamigera sp.</i>		+	+	+
<i>Hemymicale sp.</i>		+	+	+
<i>Ircinia spp.</i>		++	++	++
<i>Oscarella lobularis</i>			+	
<i>Raniera fulva</i>		+	+	+
MOLUSCOS	10	7	5	4
<i>Azorinus chamasolen</i>				+
<i>Crassostrea angulata</i>	+	+		
<i>Cymbula nigra</i>	+++	+	+	
<i>Gibbula sp.</i>	++			
<i>Hexaples trunculus</i>		+		

ESPECIES/COMUNIDAD[1]	RS + RMS + RMI	AFIC + AEMC + GS		
		Inmersión 1	Inmersión 2	Inmersión 3
<i>Hypselodoris sp.</i>		+		
<i>Litorina sp.</i>	++			
<i>Monodonta turbinata</i>	+			
<i>Mytilus galloprovincialis</i>	++++	++	++	+++
<i>Patella caerulea</i>	+++			
<i>Patella ferruginea</i>	++			
<i>Patella rustica</i>	++++			
<i>Pinna rudis</i>			+	+
<i>Siphonaria pectinata</i>	++++			
<i>Synmia spelta</i>		+		
<i>Thais haemostoma</i>		+++	+++	+++
<i>Venerupis sp.</i>			+	
CNIDARIOS	1	15	13	9
<i>Actinia equina</i>	++	++	++	++
<i>Aglophenia pluma</i>		++	++	++
<i>Aiptasia diaphana</i>		+++++	+++++	+++++
<i>Aiptasia mutabilis</i>		++	++	++
<i>Anemona sulcata</i>		+++++	+++++	+++++
<i>Astroides calycularis</i>		+	++	
<i>Calliactis parasitica</i>		+	+	
<i>Cerianthus membranaceus</i>		+	+	+
<i>Cladocora caespitosa</i>		+		
<i>Eunicela labiata</i>		++	+	
<i>Eunicella verrucosa</i>		+	+	
<i>Halcium beanii</i>		++	++	++
<i>Leptogorgia lusitanica</i>		+		
<i>Leptogorgia sarmentosa</i>		++	+	+
<i>Sertularella sp.</i>		++	++	++
BRIOZOOS	0	3	3	3
<i>Reptadeonella violaceas</i>		++	++	++
<i>Schizomavella mamillata</i>		++	++	++
<i>Schizoporella errata</i>		++	++	++
ANELIDOS	0	3	2	3
<i>Filograna implexa</i>		+		+
<i>Protula intestinum</i>		+	+	+
<i>Sabella spallanzanii</i>		++	++	++
CRUSTÁCEOS	3	3	3	2
<i>Balanus perforatus</i>	++	++++	++++	++++
<i>Chthamalus stellatus</i>	++++	+++	+++	+++
<i>Dardanus calidus</i>		+	+	
<i>Pachygrapsus marmoratus</i>	++			
ASCIDEAS	0	3	3	4
<i>Botrylloides leachii</i>		+	+	+
<i>Clavellina nana</i>				+
<i>Diplosoma sp.</i>		+	+	+
<i>Diplosoma spongiforme</i>		+	+	+
PLATELMINTOS	0	0	0	1
<i>Prostheceraeus roseus</i>				+
PECES	2	18	19	18

ESPECIES/COMUNIDAD[1]	RS + RMS + RMI	AFIC + AEMC + GS		
		Inmersión 1	Inmersión 2	Inmersión 3
<i>Boops boops</i>		+++	+++	+++
<i>Chromis chromis</i>		+++	+++	+++
<i>Conger conger</i>				+
<i>Coris julis</i>		+++	+++	+++
<i>Diplodus cervinus</i>		+	+	+
<i>Diplodus sargus</i>		++	++	++
<i>Diplodus vulgaris</i>		++	++	++
<i>Epinephelus alexandrinus</i>			+	
<i>Epinephelus guaza</i>		+		
<i>Labrus spp.</i>		+	+	+
<i>Mugil spp.</i>		++	++	++
<i>Mullus surmuletus</i>		++	++	++
<i>Oblada melanura</i>		++	++	++
<i>Parablennius gattorugine</i>	++	++	++	++
<i>Parablennius pilicornis</i>	++	+++	+++	+++
<i>Parablennius tentacularis</i>		++	++	++
<i>Scorpaena spp.</i>		+	+	+
<i>Serranus cabrilla</i>		++	++	++
<i>Serranus scriba</i>		+++	+++	+++
<i>Thalassoma pavo</i>		++	++	++
<i>Torpedo marmorata</i>			+	
Total de especies	22	85	80	74

A continuación se hace una breve descripción de las inmersiones realizadas:

Las inmersiones se han llevado a cabo en el dique exterior, en la zona, dentro del área de estudio, que presenta mayor proporción de sustrato rocoso y por tanto, mayor riqueza ecológica.

La inmersión 1 se ha llevado a cabo en la zona central de escollera del dique exterior. En esta zona existe una profundidad mayor la presente en la inmersión 2 y cuenta con bloques rocosos de mayor tamaño que los presentes en el espaldón, favoreciendo la presencia de un mayor número de especies esciáfilas y por tanto aumentando someramente la riqueza ecológica de la zona respecto las áreas aledañas. La inmersión 2 se ha realizado sobre las escolleras más occidentales, en la zona más somera, mientras que la inmersión 3, se ha llevado a cabo en el espaldón.

A pesar de existir una riqueza específica superior en la zona central del dique exterior, estas diferencias no son notorias, ya que toda la superficie rocosa artificial que configura el dique exterior, alberga a las mismas comunidades biológicas. Por tanto, debido a su similitud, se realizará una descripción general de la biota presente y coincidente a grandes rasgos con la encontrada en las 3 inmersiones.

La cobertura vegetal está constituida por clorofitas, feofitas, y rodofitas, destacando estas últimas. En notable la presencia de la clorofita *Codium bursa*, rodofitas incrustantes y coralináceas como *Jania rubens* o *Corallina elongata*.

La cobertura animal se ha mostrado diversa, destacando poríferos, equinodermos y cnidarios. Las esponjas más representativas son *Crambe crambe*, y *Clionia spp.* Entre los cnidarios destacan anémonas como *Anemonia sulcata* o *Aiptasia spp.* Destacan también, en las oquedades, diversas plumarias. Los equinodermos mejor representados son los erizos, como *Arbacia lixula*, *Paracentrotus lividus* y en menor medida *Sphaerochinus granularis* y las holoturias (*H. tubulosa*, *H. sanctori* y *H. forskali*).

Entre la fauna ictiológica destaca la presencia permanente de las especies gregarias *Boops boops*, *Coris julis*, *Chromis chromis* y *Oblada melanura*. Sobre el sustrato rocoso destaca también la presencia del blenios y serranos.

4.2.1.1 Tratamiento de datos

En este apartado se presentan los datos biológicos resultantes de los distintos trabajos de campo en inmersión y a pie, una vez tratados.

En el área medio y supralitoral se han realizado muestreos a pie en la zona de escollera y desde embarcación, en las zonas de espaldón.

Con objeto de definir la riqueza ecológica de cada una de las comunidades, se ha optado por recurrir a la riqueza específica.

Riqueza específica

Se han observado un total de 104 especies en distintos muestreos realizados. En las siguientes ilustraciones puede observarse el número de especies presentes por piso litoral.

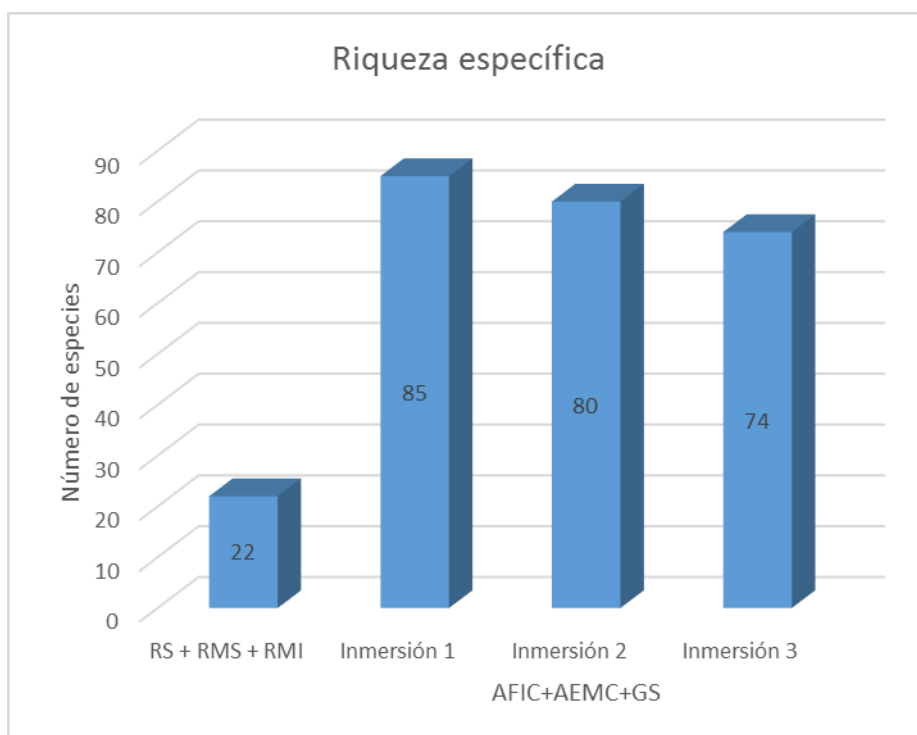


Ilustración 28. Riqueza específica por agrupación de biocenosis.

La mayor riqueza específica se ha encontrado, como cabe esperar en la zona infralitoral, donde se combinan las comunidades de AFIC, AEMC y GS, con 95 especies en total frente las 22 especies avistadas en los pisos supra y mediolitoral.

Dentro de la zona infralitoral, la mayor riqueza específica se corresponde con la zona central de escollera (Inmersión 1), seguida de la escollera occidental (Inmersión 2), más somera y por último, estaría la zona del espaldón (Inmersión 3).

Las zonas rocosas más profundas y con mayor tamaño de bloques rocosos presentan una mayor cobertura esciáfila. Estas zonas presentan una mayor diversidad de ambientes y por tanto, una mayor riqueza específica.

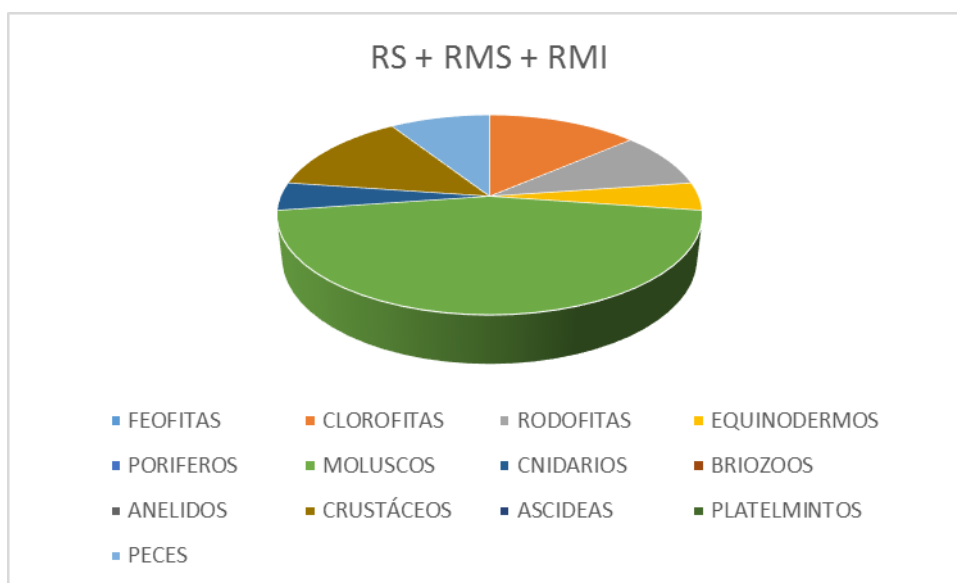


Ilustración 29. Riqueza específica por filo (RS+RMS+RMI)

En la ilustración anterior se observa como en el bentos de las zonas medio y supralitorales predominan los moluscos, destacando determinados patélidos entre los gasterópodos y la presencia de mejillones, entre los bivalvos.

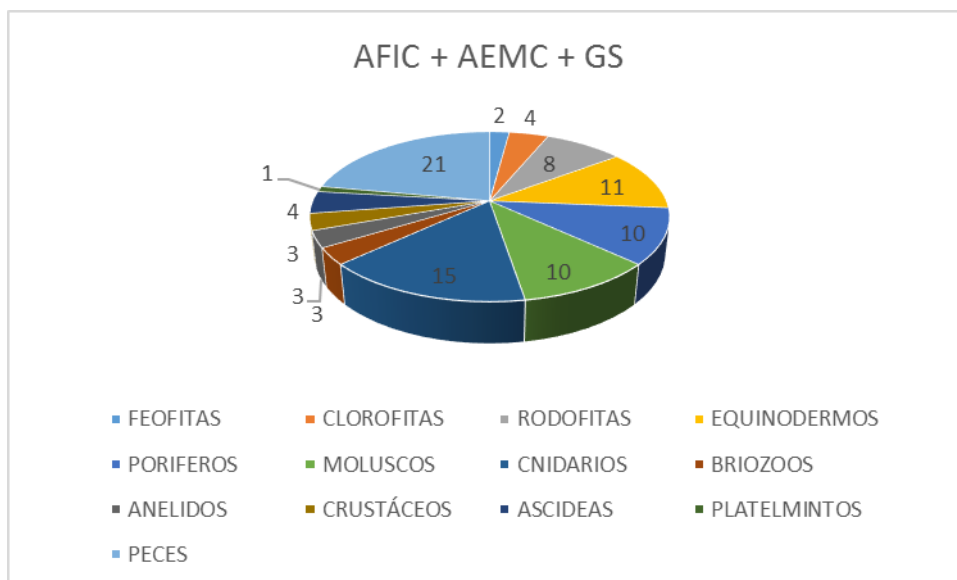


Ilustración 30. Riqueza específica por filo (AFIC+AEMC+GS)

En la ilustración anterior se observa como en el bentos de las zonas infralitorales predominan los cnidarios, equinodermos, poríferos y moluscos, aunque estos últimos en escaso número. La presencia de especies animales se hace más notoria en las zonas esciáfilas, mientras que la de especies vegetales, lo hace en las zonas fotófilas, a excepción de las rodofitas incrustantes,

muy abundantes en todo el sustrato rocoso. Estas especies bentónicas están acompañadas de una comunidad ictiológica numerosa, que cuenta con escasas especies de interés comercial, aunque abundante en especies gregarias de escasa talla.

4.2.2 Resultado de los muestreos mediante draga Van Veen

A continuación se muestran los resultados de los análisis de las muestras tomadas en las distintas estaciones situadas sobre sustrato sedimentario. En los taxones principales aparece una cifra total del número de individuos contabilizados por estación.

Tabla 4. Resultados taxonómicos (muestras sedimentarias)

ESPECIES/ESTACIONES	BIO1	BIO2	BIO3	BIO4	BIO5	BIO6	BIO7	BIO8	BIO9	BIO10	BIO11	BIO12	% TOTAL IND/GRU
ANÉLIDOS	14	4	6	0	2	1	3	0	1	1	0	3	49
POLIQUETOS	14	4	6	0	2	1	3	0	1	7	0	3	49
Arenicolidae	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	4
Glaciidae	1	0	3	0	0	0	0	0	0	1	0	0	5
Hesionidae	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Maldanidae	0	0	0	0	0	0	1	3	0	0	0	0	4
Nephtyidae	2	0	2	0	0	0	2	1	0	1	0	3	11
Phyllodoctidae	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Sabellidae	7	0	0	0	1	0	0	2	0	2	0	0	12
Scalibregmidae	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
Spionidae	1	2	1	0	1	0	0	0	0	2	0	0	7
Syllidae	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	3
ARTROPODOS	5	14	5	43	92	47	41	59	37	96	13	28	480
CRUSTACEOS	5	14	5	43	92	47	41	59	37	96	13	28	480
ANFÍPODOS	1	9	5	37	54	39	37	53	35	52	13	19	354
Ampelisca sp. 1	0	0	0	0	16	0	2	1	3	1	11	10	44
Ampelisca sp. 2	0	1	0	0	16	0	0	0	3	0	2	2	24
Ampithoe sp. 1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Bathyporeia sp.	0	0	4	0	2	0	0	0	0	0	0	0	6
Caprellia sp.	0	1	1	4	0	0	7	0	2	0	0	3	18
Carophium sp.	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	2
Erichthonius sp.	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	4
Gammarus sp.	0	1	0	4	0	4	0	0	0	0	0	0	9
Hyale sp. 1	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	1	4
Hyale sp. 2	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	3
Jassa sp.	0	0	0	8	2	7	0	0	2	10	0	0	29
Leucothoe sp.	0	0	0	0	0	5	3	5	2	4	0	0	19
Melita sp.	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2
Microdeutopus sp.	0	2	0	11	2	2	4	4	15	7	0	3	50
Stenothoe sp. 1	0	4	0	6	7	10	11	33	5	5	0	0	81
Stenothoe sp. 2	0	0	0	0	7	7	7	10	2	22	0	0	55
Stenothoe sp. 3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	3
CUMÁCEOS	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	2
Cumacea	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	2
DECÁPODOS	2	1	0	5	6	1	1	2	1	0	0	5	24
Diogenes pugilator	2	1	0	3	6	0	0	1	0	0	0	5	18
Liocarcinus sp.	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
Penaeoidea	0	0	0	2	0	1	1	0	1	0	0	0	5
ISOPODOS	1	1	0	0	1	1	0	0	1	9	0	1	15
Isopoda	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	3
Cyathura carinata	0	0	0	0	0	1	0	0	1	9	0	1	12
LEPTOSTRACEOS	0	0	0	1	0	1	1	1	0	2	0	0	6
Nebalia bipes	0	0	0	1	0	1	1	1	0	2	0	0	6
OSTRACODOS	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
Cypripina mediterranea	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
TANAÍDEOS	1	3	0	0	31	5	0	3	0	33	0	2	78
Apeudes latreilli	1	3	0	0	31	5	0	3	0	33	0	2	78
MOLUSCOS	1	4	2	5	0	4	3	6	4	4	5	3	41
GASTEROPODOS	0	2	2	3	0	0	0	1	0	1	0	0	9
Nassarius sp.	0	0	1	2	0	0	0	1	0	0	0	0	4
Natica sp.	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Vexillum sp.	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	3
BIVALVOS	1	2	0	2	0	4	3	5	4	3	5	3	32
Abra sp.	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	2
Anomia ephippium	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	2
Chamelea gallina	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	4	0	5
Danacilla carneae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Lutraria sp.	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
Nucula nucleus	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Nuculana pella	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
Parvicardium sp.	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	2
Spisula solidus	1	0	0	1	0	1	0	1	1	2	1	2	10
Tellina sp.	0	1	0	0	0	2	2	1	0	1	0	0	7
EQUINODERMOS	1	0	0	1	0	2	1	1	3	1	0	0	10
OPHIURAS	1	0	0	1	0	2	1	1	2	1	0	0	9
Ophiura sp. 1	1	0	0	1	0	2	1	0	1	0	0	0	6
Ophiura sp. 2	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	3
EQUINOIDEOS	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
Paracentrotus lividus	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
Nº TOTAL INDIVIDUOS/EST.	21	22	13	49	94	54	48	74	45	108	18	34	580

A continuación se hace una breve descripción de los trabajos realizados:

Todas las muestras se han tomado sobre un sustrato sedimentario constituido principalmente por arenas finas, con una proporción variable de detritos y finos.

El conjunto de muestras se ubica sobre la comunidad de arenas finas bien calibradas (ABC). Todas las muestras a excepción de Bio1, Bio3, Bio11 y Bio12, presentan características similares, situándose anexas al dique exterior entre los 14 y los 26 m, aumentando la proporción de finos y detritos con la profundidad. Las muestras Bio1, Bio3, Bio11 y Bio12 se sitúan a menor profundidad, entre los 3 y los 8 m, presentando una menor proporción de finos y estando sometidas a cierto hidrodinamismo. Las dos primeras se sitúan frente a la playa de poniente y las dos restante frente a la playa de las Azucenas. Se podría decir que estas muestras se ubican en la zona de transición de la comunidad ABC y la de arenas finas superficiales (AS).

4.2.2.1 Tratamiento de los datos

En este apartado se presentan los datos biológicos resultantes de los distintos trabajos de toma de muestra con draga Van Veen, una vez tratados.

Con objeto de definir la riqueza ecológica de la zona, se ha optado por recurrir a algunos índices biológicos como diversidad, dominancia, riqueza específica, equitatividad, complejidad, similaridad y AMBI.

4.2.2.2 Abundancia

A continuación se expone un gráfico donde puede verse la abundancia de individuos por estación y por grupos faunísticos.

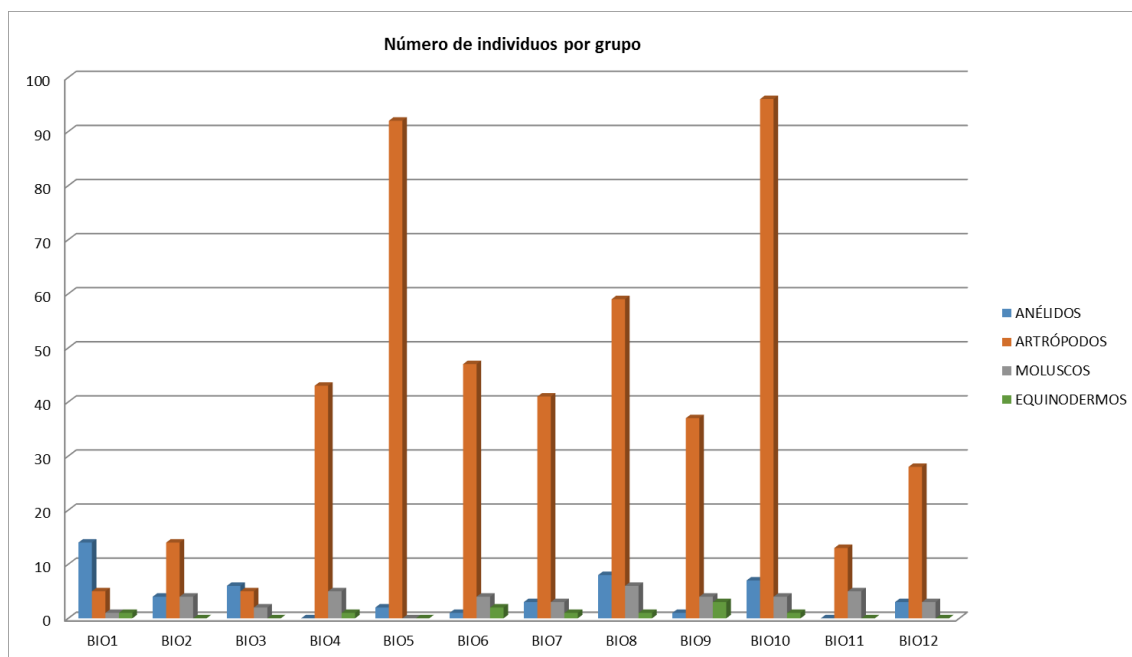


Ilustración 31. Abundancia de individuos por estación y por grupos faunísticos.

De la tabla de abundancia se obtienen los porcentajes o dominancia de los grupos faunísticos representados en cada una de las estaciones muestreadas, y que puede observarse en la siguiente ilustración.

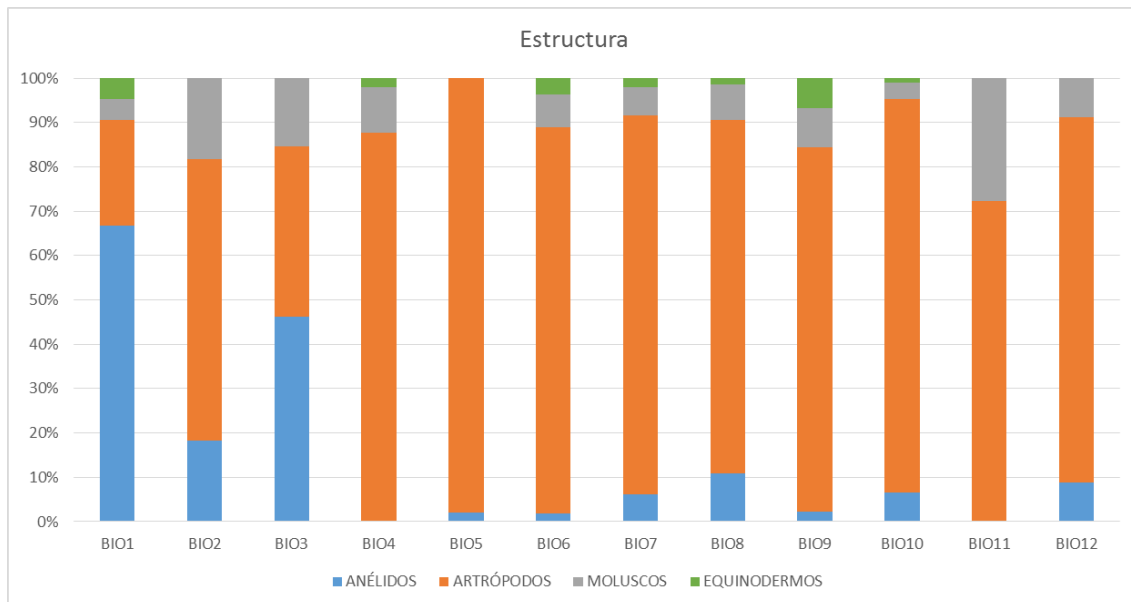


Ilustración 32. Porcentajes de grupos faunísticos por estaciones.

En la ilustración anterior se puede observar como la presencia de artrópodos destaca frente al resto de filos.

4.2.2.3 Densidad específica

Las distintas densidades de los organismos encontrados en los muestreos cuantitativos, vienen recogidas en la ilustración siguiente.

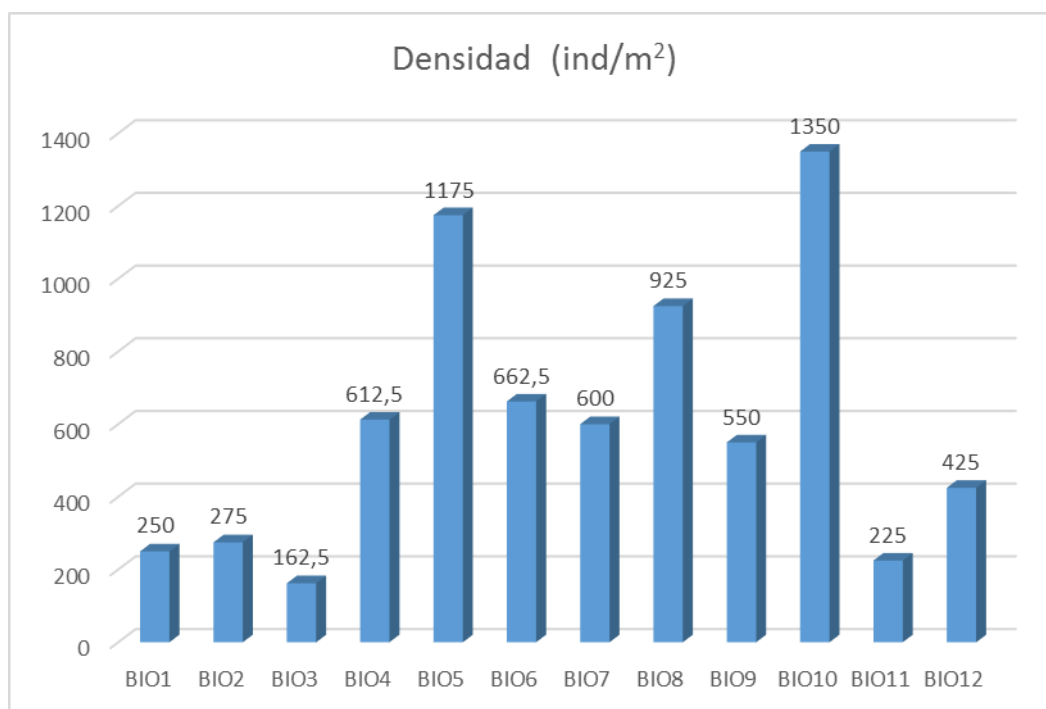


Ilustración 33. Densidad de individuos

De las observaciones realizadas, sobre la densidad de individuos obtenida en cada una de las muestras, se obtienen las siguientes conclusiones:

La densidad de individuos por metro cuadrado se ha mostrado muy dispar entre las distintas estaciones, hecho esperable ya que se corresponden con muestras situadas a distintas profundidades y sustrato sedimentario. Las muestras con una mayor fracción granulométrica son aquellas situadas a menor profundidad, obteniéndose densidades en estas zonas inferiores a 500 ind/m², mientras que en el resto de muestras se obtienen densidades superiores a los 500 ind/m². Destacan las densidades obtenidas en las muestras Bio 5 y Bio 10 con más de 1.000 ind/m² y la muestra Bio 3, con pocos organismos recabados.

4.2.2.4 Riqueza específica

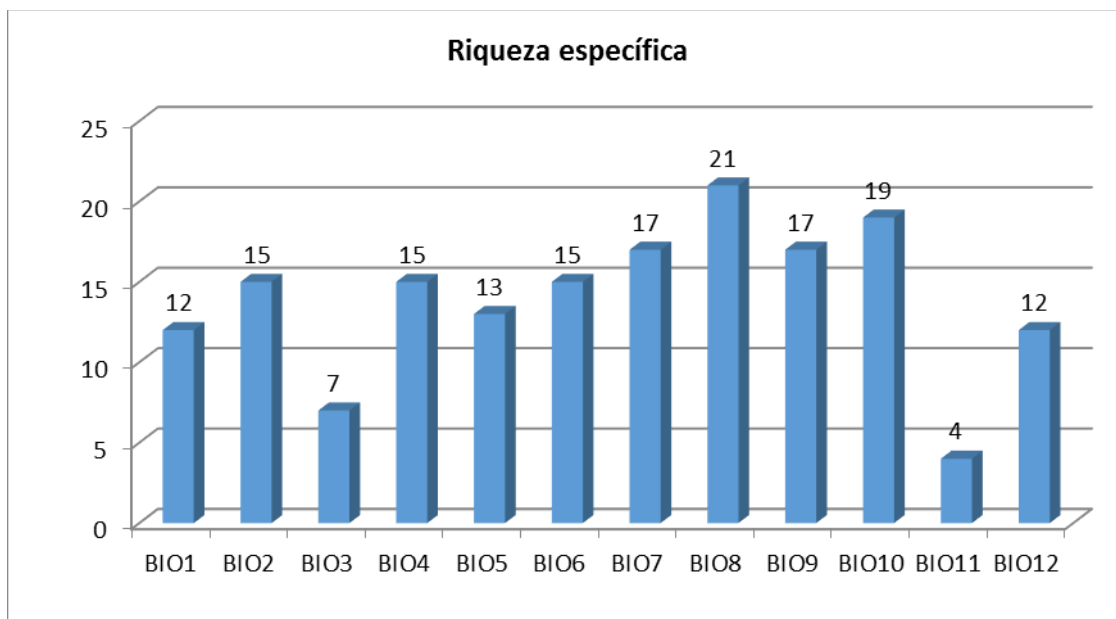


Ilustración 34. Riqueza específica

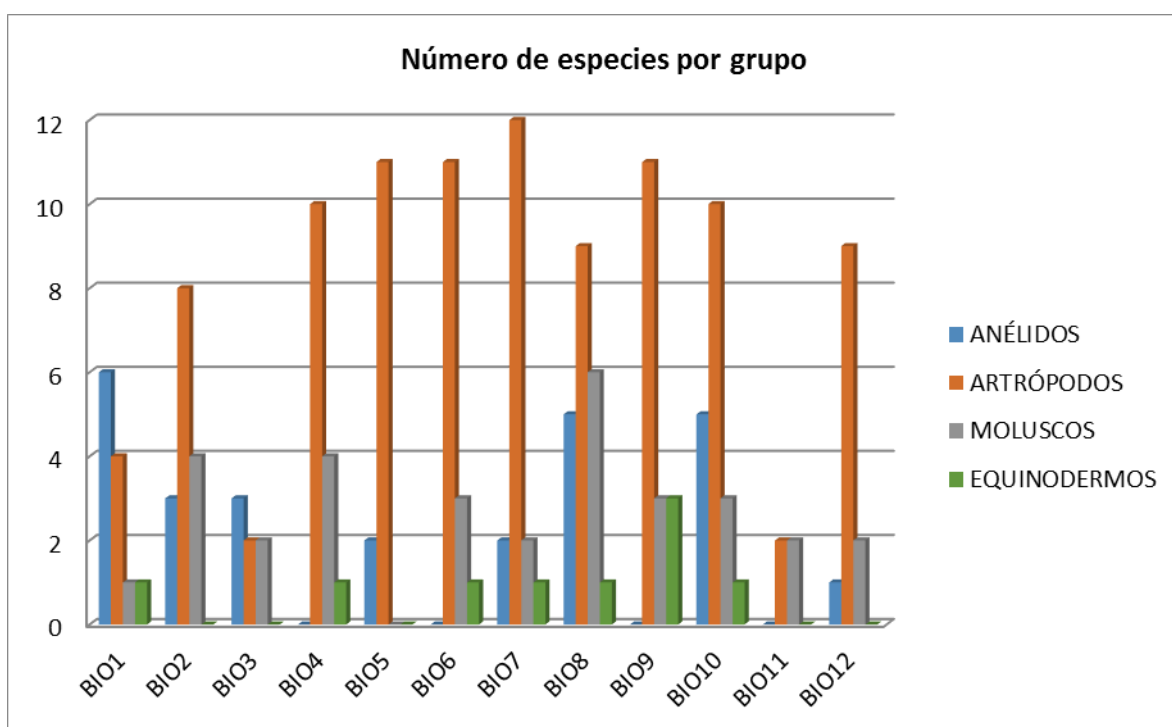


Ilustración 35. Número de especies por grupo.

En las ilustraciones anteriores puede observarse como la riqueza específica en la zona de estudio varía entre 12 y 21 especies, con un promedio de 14. La excepción se produce en las muestras BIO3 y BIO11, con sólo 7 y 4 especies contabilizadas respectivamente. En este caso, al igual que para el número de individuos, las especies dominantes han sido los artrópodos.

4.2.2.5 Índice de diversidad Shannon Wiener

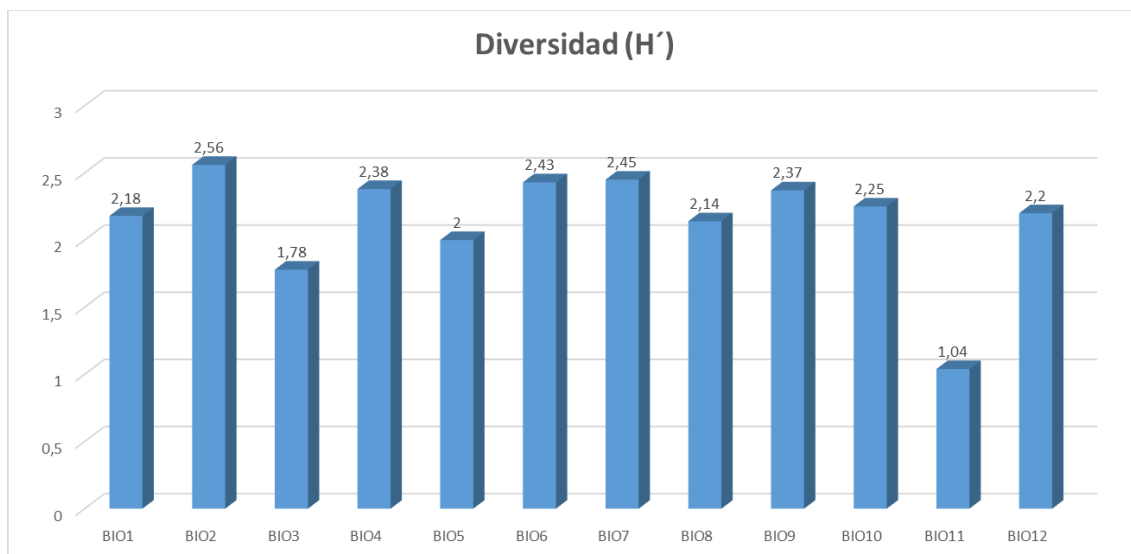


Ilustración 36. Diversidad específica

El índice de Shannon-Wiener de diversidad presenta usualmente valores comprendidos entre 0 y 5, obteniéndose los valores más altos en aquellas comunidades bentónicas de mayor valor ecológico (coralígeno, precoralígeno, fondos de Maerl, praderas de *Posidonia oceanica*, etc.). En las comunidades asentadas sobre sustrato sedimentario desprovisto de vegetación, como las presentes en la zona de estudio, en ausencia de alteraciones naturales o antrópicas de relevancia, deberían obtenerse diversidades comprendidas entre 2-3. En este caso, el índice de Shannon-Wiener utilizado para el estudio de la diversidad específica, presenta un valor promedio cercano a 2, un valor esperable para la zona en ausencia de alteraciones antrópicas de relevancia.

4.2.2.6 Dominancia

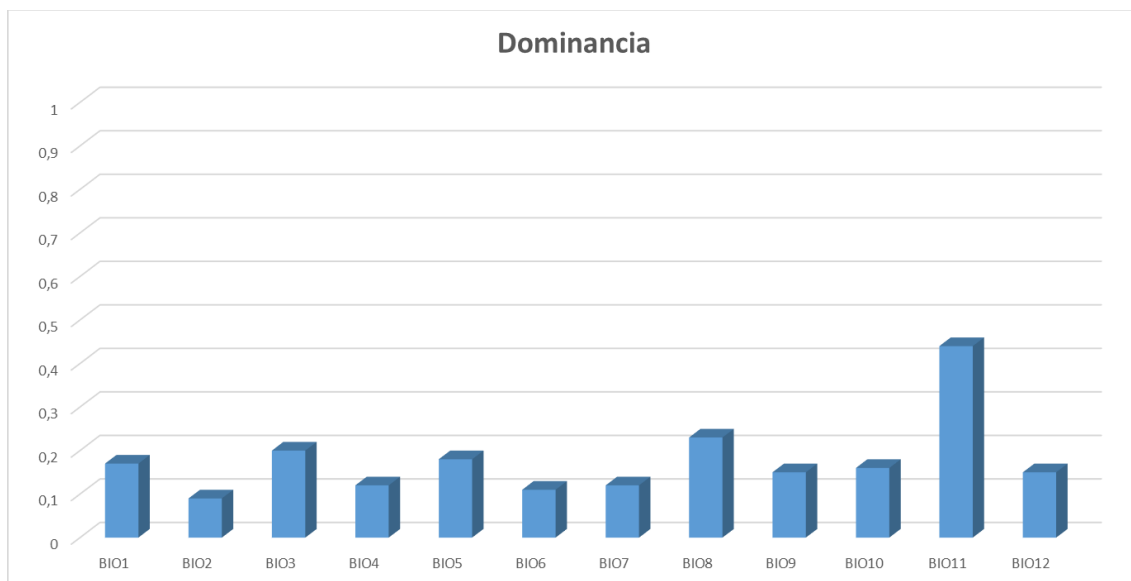


Ilustración 37. Dominancia

Este índice representa la probabilidad de que dos individuos dentro de un hábitat, en este caso dentro de una misma estación de muestreo, seleccionados al azar, pertenezcan a la misma especie. En general este valor se ha mostrado bajo, inferior a 0,2, en todas las estaciones de muestreo, excepto en la estación Bio11 por la presencia de un anfípodo del género *Ampelisca* y la baja densidad obtenida de individuos de otras especies.

4.2.2.7 Equitatividad

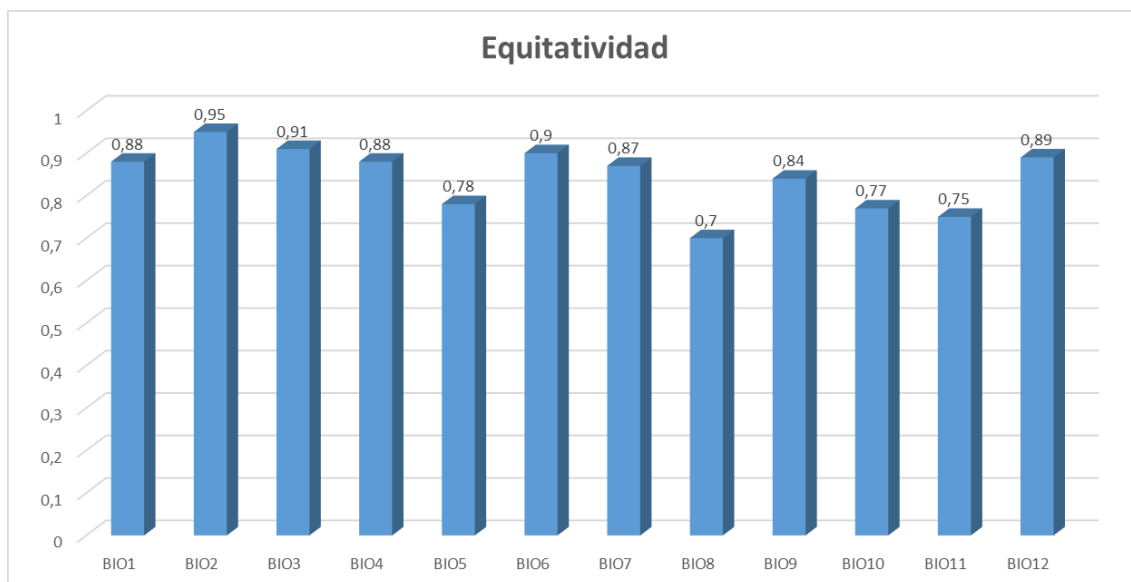


Ilustración 38. Equitatividad

En este caso, la equitatividad se ha mostrado alta en general, al contrario que la dominancia..

4.2.2.8 Complejidad

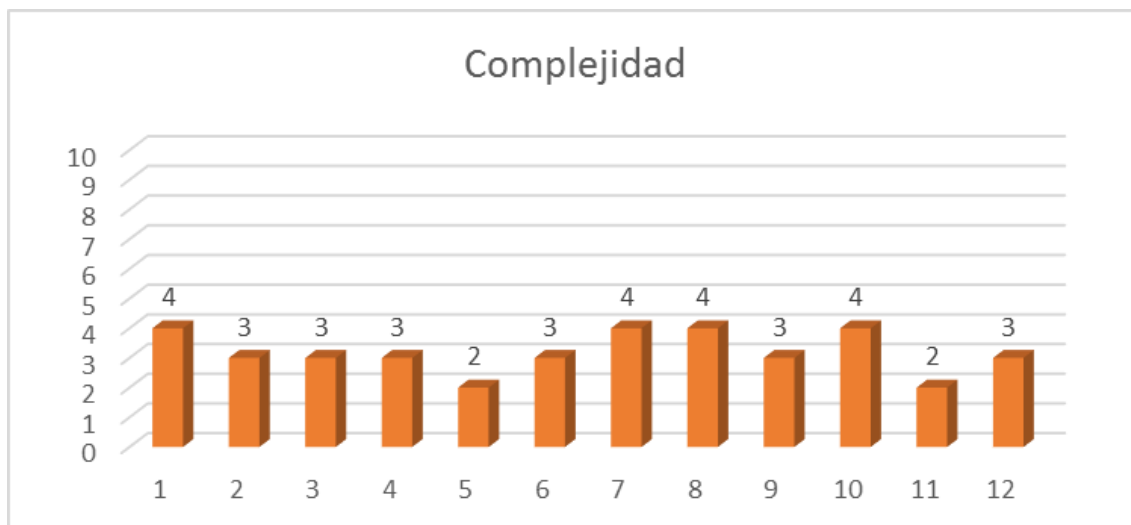


Ilustración 39. Complejidad

La complejidad varía entre 3 y 4 filos pudiendo considerarse valores normales para todas las estaciones. La excepción se produce en las muestras Bio5 y Bio11 con tan solo 2 filos.

En la tabla siguiente se expresan los valores calculados para estos índices, en las distintas estaciones de toma de muestras.

Tabla 5. Índices biológicos

ÍNDICES /ESTACIONES ²	Bio1	Bio2	Bio3	Bio4	Bio5	Bio6	Bio7	Bio8	Bio9	Bio10	Bio11	Bio12
N de individuos	21	22	13	49	94	54	48	74	45	108	18	34
Nº de especies (S)	12	15	7	15	13	15	17	21	17	19	4	12
Diversidad (H')	2,18	2,56	1,78	2,38	2	2,43	2,45	2,14	2,37	2,25	1,04	2,2
Equitatividad (J')	0,88	0,95	0,91	0,88	0,78	0,9	0,87	0,7	0,84	0,77	0,75	0,89
Dominancia (D)	0,17	0,09	0,2	0,12	0,18	0,11	0,12	0,23	0,15	0,16	0,44	0,15
Complejidad (nº de filos)	4	3	3	3	2	3	4	4	3	4	2	3

4.2.2.9 AMBI

Para determinar el grado de alteración de las comunidades sedimentarias afectadas por aportes de materia orgánica y determinadas alteraciones de origen antrópico se analiza el índice **AMBI**. AMBI es una herramienta para la evaluación de la calidad de las comunidades de

²S- nº de especies de cada estación

H- Índice de Diversidad (Shannon-Wiener). (Los máximos de este índice se sitúan sobre 4)

J'- Índice de Equitatividad (Pielou). Este índice varía entre 0-1 donde 1 es el máximo. (Reparto equitativo de especies)

D- Índice de Dominancia. Este índice varía entre 0-1 donde 1 es el máximo. (Dominancia de unas especies sobre otras)

macroinvertebrados bentónicos por medio del cálculo del índice homónimo, desarrollada por el Centro Tecnológico AZTI. AMBI Incluye 9.251 taxones representativos de las comunidades más importantes presentes en los estuarios y sistemas costeros de Europa, desde el Mar del Norte al Mediterráneo, e incluso de Norteamérica, Sudamérica y sudeste asiático. A continuación se describe a grandes rasgos en que consiste este índice:

Clasificación de las estaciones mediante el índice AMBI (Borja *et al.*, 2000), relacionado con el grado de sensibilidad o tolerancia de las especies respecto a un gradiente de estrés. Este índice se basa en el principio que las comunidades macrobentónicas responden a estrés medioambientales con diferentes estrategias adaptativas que permiten dividir los organismos que la componen en cinco grupos:

- Grupo I: Especies muy sensibles al enriquecimiento en materia orgánica, en general presentes en bajas densidad en condiciones de baja concentración de materia orgánica. Se trata en general de carnívoros muy selectivos.
- Grupo II: Especies que son indiferentes al enriquecimiento en materia orgánica y que están siempre presentes aunque en baja densidad, con variaciones no muy significativas durante el año. Se trata de especies que pertenecen al grupo trófico de suspensívoros de superficie y carnívoros no muy selectivos.
- Grupo III: Especies, presentes en baja densidad en condiciones normales, que son estimuladas por un exceso leve de materia orgánica. En este caso se trata de especies que pertenecen al grupo trófico de los detritívoros de superficie, como los espionidos (poliquetos de la familia Spionidae) que forman tubos.
- Grupo IV: Especies oportunistas que toleran condiciones entre moderadamente y pronunciadamente alteradas. Se trata de especies detritívoras de pequeño tamaño, básicamente cirratúlidos (poliquetos de la familia Cirratulidae).
- Grupo V: Especies oportunistas básicamente detritívoras, que toleran condiciones muy alteradas con altos porcentajes de materia orgánica. Se trata de especies que proliferan en sedimentos muy reducidos (con una baja concentración de oxígeno) y son representados por los poliquetos de la familia Capitellidae y concretamente por la especie *Capitella capitata*.

El índice biótico que varía entre 0 y 7 se calcula según la fórmula:

$$BI = \{(0 \times \%GI) + (1,5 \times \%GII) + (3 \times \%GIII) + (4,5 \times \%GIV) + (6 \times \%GV)\} / 100,$$

A continuación se muestran los resultados obtenidos.

Tabla 6. Resultado índice AMBI

Estación	AMBI	Disturbance Classification
BIO1	0,83	Undisturbed
BIO2	1,29	Slightly disturbed
BIO3	1,15	Undisturbed
BIO4	1,65	Slightly disturbed
BIO5	1,48	Slightly disturbed
BIO6	1,78	Slightly disturbed
BIO7	1,09	Undisturbed
BIO8	1,24	Slightly disturbed
BIO9	0,78	Undisturbed
BIO10	2,35	Slightly disturbed
BIO11	0	Undisturbed
BIO12	0,75	Undisturbed

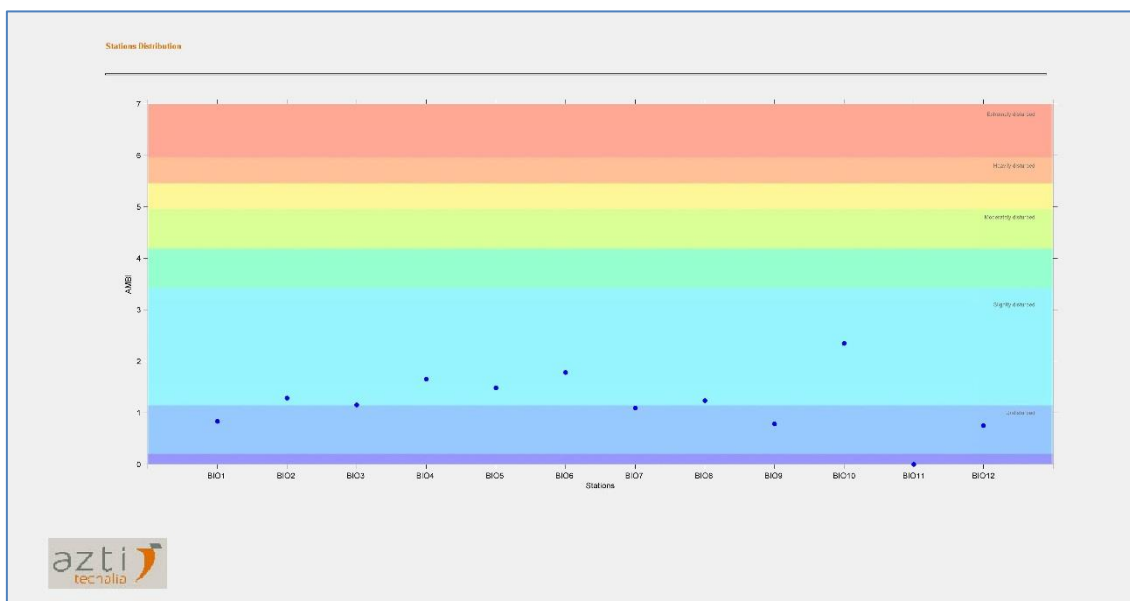


Ilustración 40. Resultados índice AMBI

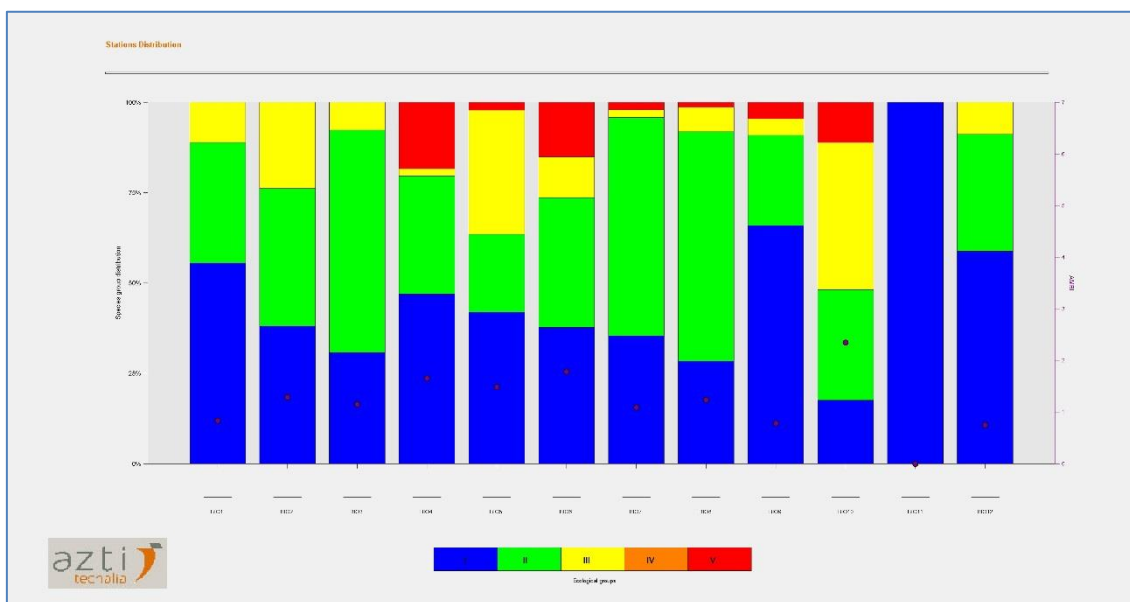


Ilustración 41. Porcentaje de especies según índice AMBI

Este índice alcanza valores, que permiten clasificar la mitad de las estaciones como no perturbadas debido a la presencia, en su mayoría de organismos que se incluyen en los grupos I y II (Especies muy sensibles o indiferentes al enriquecimiento en materia orgánica).

Las estaciones Bio3, Bio4, Bio5, Bio6, Bio8 y Bio10 estarán ligeramente perturbadas debido a la presencia de organismos que, para el cálculo del índice, se incluyen en el grupo III (Artrópodos como *Cyathura carinata* y *Apseudes latreilli*, poliquetos de la familias Scalibregmidae y Spionidae o el bivalvo *Abra sp.*) y V (*Nebalia bipes* y *Jassa sp.*).

En general, se puede decir que la zona de estudio presenta un leve grado de alteración por los resultados obtenidos para el índice AMBI. Esta alteración se centra principalmente en las muestras situadas a mayor profundidad junto al dique, y que presentan un mayor grado de enfangamiento.

No Metric Multidimensional Scaling (nMDS)

Los resultados de la ordenación llevada a cabo con el no Metric Multidimensional Scaling (nMDS) utilizando el índice de disimilitud de Bray Curtis, figuras siguientes, indican la presencia de varios grupos que reflejan la distribución espacial de las estaciones de muestreo y las diferencias taxonómicas encontradas.

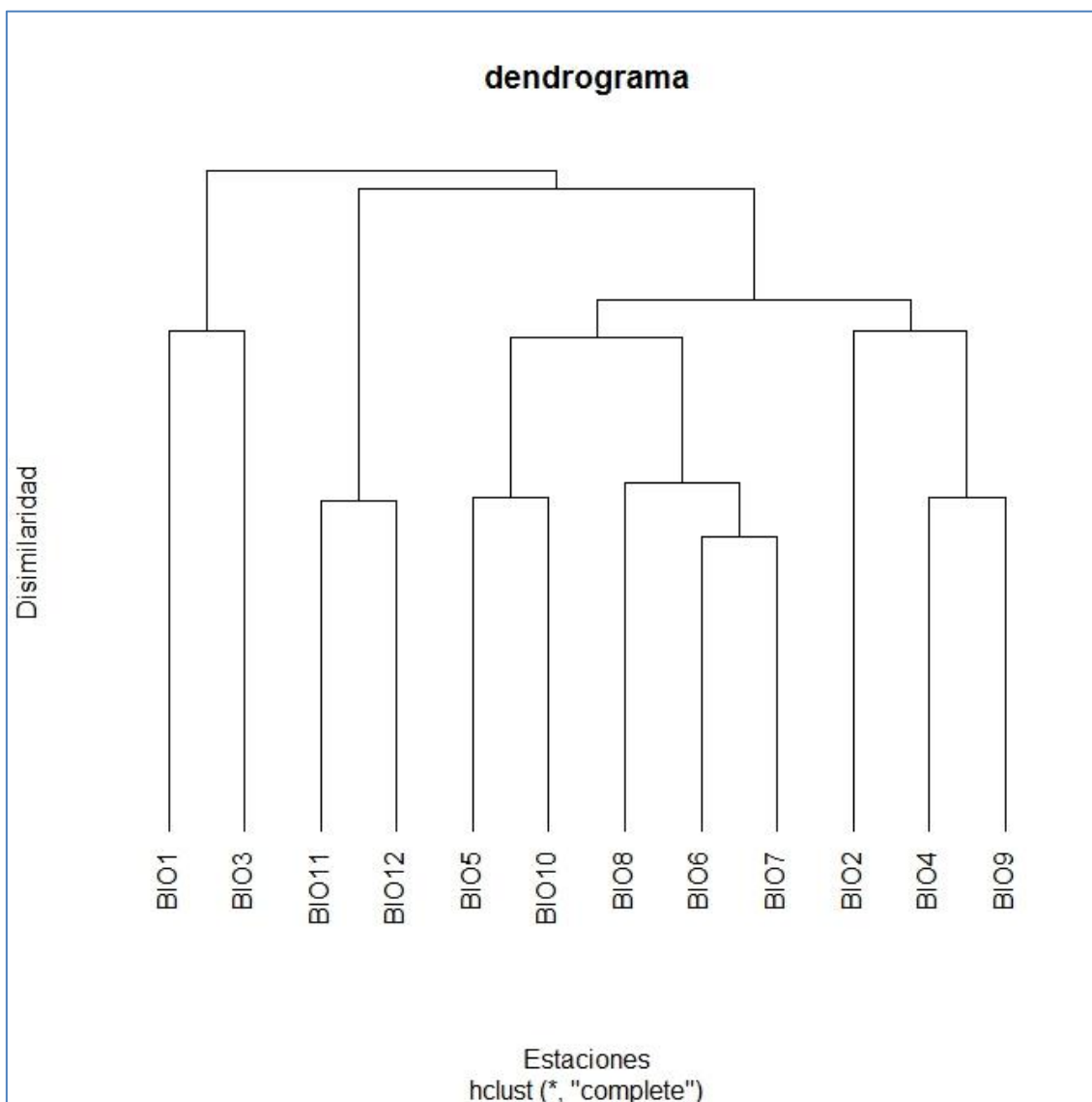


Ilustración 42. Dendrograma de similitud

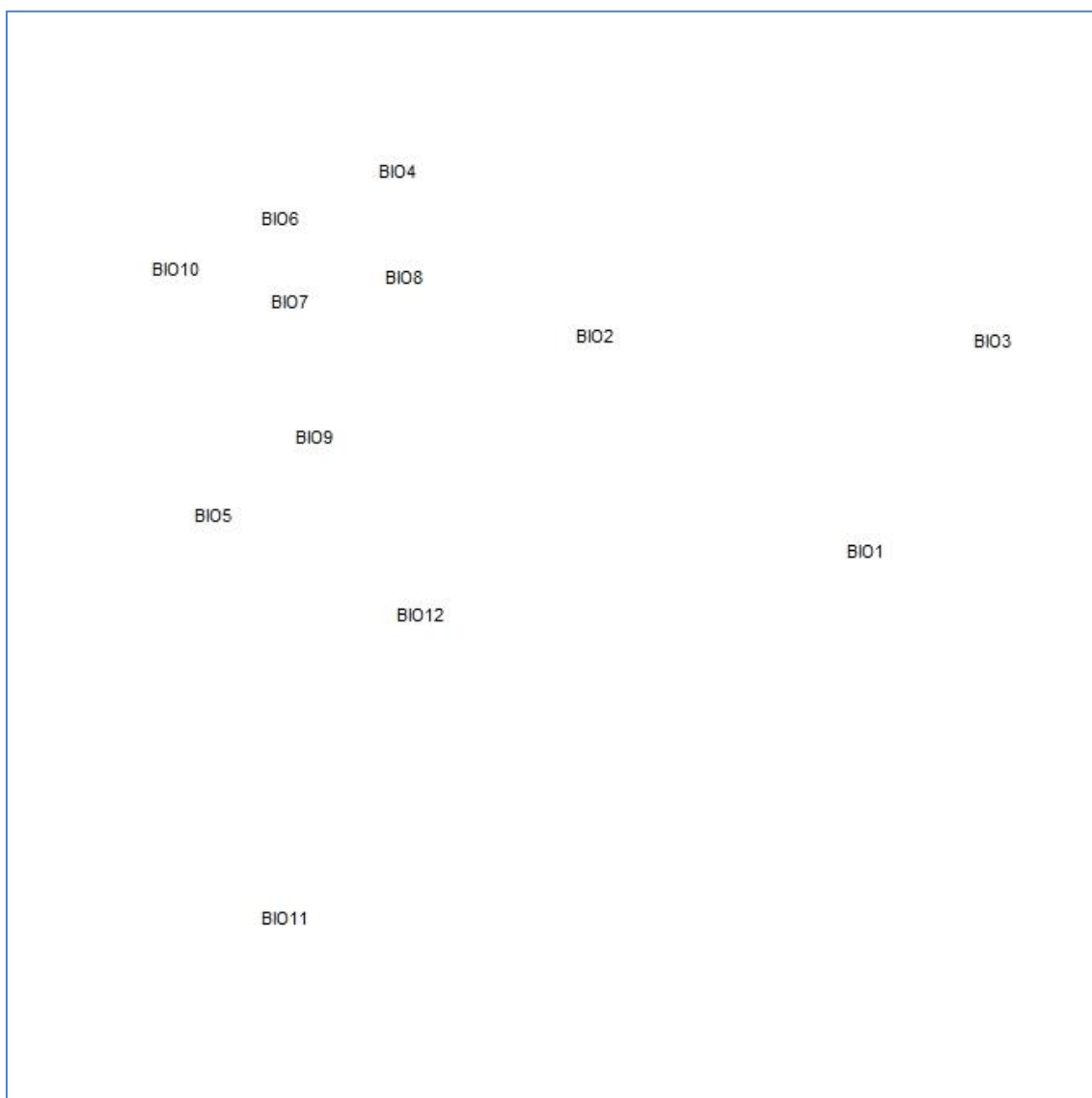


Ilustración 43. nMDS

En estas imágenes puede observarse como existen tres conjuntos de muestras que presentan mayores similitudes. Por un lado estarían las muestras frente al dique, situadas a mayor profundidad, en la comunidad ABC. Estas serían las muestras de Bio2, Bio4, Bio5 Bio6, Bio7, Bio8, Bio9 y Bio10.

Por otro lado estarían las muestras Bio1 y Bio3, en una zona más somera situada frente a la playa de poniente, en la zona de transición entre la comunidad ABC y AS.

Por último estarían las muestras Bio11 y Bio12, en una zona más somera situada frente a la playa de Las Azucenas, en la zona de transición entre la comunidad ABC y AS.

4.2.3 Recursos pesqueros

En las tres inmersiones realizadas y en las muestras recogidas con draga Van Veen se han observado varios ejemplares de distintas especies de interés pesquero:

- En el sustrato sedimentario, se han contabilizado, en las proximidades de la playa de Las Azucenas, 4 ejemplares de chirla (*Chamelea gallina*), todos ejemplares inmaduros de escasa talla (<10 mm) y un ejemplar de coquina de Motril (*Donacilla cornea*), también de escasas talla (<5 mm). Este número de individuos por muestra representarían una densidad de 50 ind./m² y 12,5 ind./m² respectivamente.
- Ninguno de estos recursos es explotado por la flota local, estado la coquina de motril incluida en el libro rojo de los invertebrados de Andalucía (categoría de amenaza en Andalucía: Vulnerable).
- Otros recursos bentónicos observados se asocian al sustrato rocoso artificial. Es el caso de los erizos (*Paracentrotus lividus*, *Arbacia lixula* y *Sphaerechinus granularis*), y la anémona (*Anemonia sulcata*). Su densidad es reseñable pero también se trata de recursos no explotados por los pescadores o mariscadores locales.
- Los únicos recursos observados explotados en la zona de estudio son los ícticos. En las zonas rocosa y rocosa-arenosas destaca la presencia de salmonetes de roca (*Mullus surmuletus*), mojarras y sargos (*Diplodus spp.*), y algún serránido (*Epinephelus spp.*). De todas éstas, solo se han observado ejemplares de talla comercial para el salmonete.

Por todo lo expuesto se puede decir que la zona de estudio presenta algunas especies de interés pesquero o marisquero, aunque la mayoría de ejemplares avistados o recabados son de tallas no comerciales y no representan interés pesquero o marisquero para la flota local.

Destaca la presencia de anemonas o erizos que no son explotados por la flota y mariscadores locales y la de salmonetes, que si presentan tallas comerciales, siendo objeto de captura mediante artes menores de enmalle (trasmallo).

4.2.4 Cartografía bionómica

En la zona de estudio se han encontrado los siguientes tipos de fondos y sustratos:

Fondos sedimentarios desprovistos de vegetación.

Consisten principalmente en arenas finas con formaciones de suaves relieves ondulados (ripple marks), como resultado de la reordenación hidrodinámica del sedimento por parte de las corrientes, y arenas muy finas-fangosas. El primero de ellos se extiende desde la línea de costa hasta los 25-30 metros de profundidad, aunque a partir de los 20 metros aumenta el porcentaje de arenas muy finas. A menor cota batimétrica aparecen de forma alterna guijarros infralitorales. El segundo tipo de sustrato se encuentra localizado en el interior de la dársena de las Azucenas.

Fondos rocosos (sustrato artificial).

Lo constituyen el dique de abrigo y el contradique del puerto de Motril. En ambos casos se trata de diques contruidos mediante cajones de hormigón, por lo que presenta una orientación totalmente vertical, descansando en el fondo sobre una escollera artificial.

De las observaciones llevadas a cabo mediante las inmersiones realizadas, videos y de las muestras tomadas mediante draga Van Veen, se han llegado a reconocer las siguientes biocenosis de piso supralitoral, mediolitoral e infralitoral.

Comunidades de sustrato rocoso:

- Comunidad de roca supralitoral (RS)
- Comunidad de roca mediolitoral superior (RMS)
- Comunidad de roca mediolitoral inferior (RMI)
- Biocenosis de algas fotófilas infralitorales en modo calmo (AFIC)
- Biocenosis de algas esciáfilas infralitorales en modo calmo (AEMC)
- Biocenosis de grutas semioscuras y extraplomos (GS)

Comunidades de sustrato sedimentario:

- Comunidad detrítica mesolitoral (DM)
- Comunidad de las arenas mesolitorales (AM)
- Comunidad de guijarros infralitorales (GI)
- Comunidad de arenas finas superficiales (AS)
- Comunidad de las arenas finas bien calibradas (ABC)
- Comunidad de arenas fangosas en modo calmo (AFMC)
 - Facie de *Caulerpa prolifera* (CP)

A continuación se hace una descripción de las características principales de dichas biocenosis, representándose en una cartografía de detalle.

Comunidad de la roca supralitoral

Esta comunidad se instala sobre plataformas rocosas o bloques rocosos estables permanentemente emergidos. Su amplitud varía entre pocos centímetros en zonas calmadas, hasta algunos metros, dependiendo de la topografía de la costa, de su inclinación y del oleaje.

La abundancia y la diversidad de organismos son bajas, debido a las rigurosas condiciones ambientales, y éstos están adaptados a soportar largos períodos fuera del agua o exigen una emersión continua, por lo que pueden coexistir especies marinas y terrestres. La comunidad de la roca supralitoral se caracteriza por la presencia de diversas cianofíceas y clorofíceas epilíticas (también endolíticas en los sustratos calcáreos), y de los líquenes del género *Verrucaria*.

Las grietas constituyen un refugio para animales marinos como los gasterópodos herbívoros *Melarhaphe neritoides* y *Nodilittorina punctata* (esta última sólo aparece en la costa meridional y suroriental española y Baleares), que se alimentan de cianofíceas y efectúan migraciones verticales dependiendo de la agitación del mar, y el crustáceo isópodo *Ligia italica*.

En estas grietas también pueden aparecer algunos animales terrestres, como el ácaro *Halotydeus hydromedusae*, el seudoescorpión *Garypus littoralis*, el quilópodo *Hydroschendyla submarina*, el colémbolo *Anurida maritima* y el díptero *Fucelia maritima*. En el límite inferior del supralitoral puede cubrir la roca el cirrípedo *Euraphia depressa*.

En la zona de estudio ocuparía todo el sustrato rocoso artificial (diques y escolleras), tanto en las zonas externas, como en las zonas internas del puerto. Se localiza sobre todo el sustrato rocoso artificial de la zona d estudio. La roca está cubierta principalmente por el cirrípedo *Chthamalus stellatus* y el gasterópodo *Littorina neritoides*, capaces de soportar largos periodos de desecación junto al patélido *Patella rustica* en la zona inferior.

Comunidad de la roca mesolitoral superior

Ocupa la franja superior del piso mesolitoral rocoso, generalmente muy estrecha en el Mediterráneo debido a la escasa amplitud de las mareas. En general, las dos comunidades de la roca mesolitoral (superior e inferior) tienen unas características comunes y comparten algunas especies entre ellas, siendo a veces difícil separarlas. Las algas suelen tener un ciclo estacional, con un desarrollo máximo a principios de la primavera y una regresión en la época estival. La presencia de las diversas especies de algas está determinada además por el tipo de sustrato (silíceo o calcáreo), la calidad del agua y el hidrodinamismo.

Se puede distinguir una facies de *Chthamalus*, dominada por los cirrípedos *Chthamalus stellatus* y *C. montagui*, que cubren toda la superficie rocosa en la parte superior de este piso, y la facies de *Rissoella verruculosa* y *Nemalion helminthoides*, rodofíceas comunes en zonas bien iluminadas, sometidas a un fuerte hidrodinamismo y bañadas por aguas limpias. La presencia de estas especies en la zona de estudio es nula o poco significativa. En esta comunidad aparecen además diversas especies de cianofíceas, gasterópodos como *Patella rustica* y *Osilinus turbinatus*, el cirrípedo *Euraphia depressa* en el límite con el piso supralitoral, y el decápodo *Pachygrapsus marmoratus*.

Una especie de gran interés que puede aparecer en esta comunidad en el Mediterráneo occidental es la lapa ferrugínea (*Patella ferruginea*), especie amenazada de extinción que actualmente sólo se encuentra en algunos puntos de la costa de Andalucía, Ceuta, Melilla y las islas Chafarinas.

Esta especie se localiza por todo el litoral de la zona de estudio en esta comunidad. Otra especie destacable por estar incluida en el listado de especies silvestres en régimen de protección especial es el gasterópodo *Cymbula nigra*, muy común en la zona.

Esta comunidad en el área de estudio ocuparía todo el sustrato rocoso artificial (diques y escolleras), tanto en las zonas externas, como en las zonas internas del puerto. Esta biocenosis tiene una base formada principalmente por un cinturón de las algas cespitosas y rodofitas incrustantes.

La diversidad en esta comunidad, como en la siguiente, es limitada, teniendo en cuenta la variedad de ambientes. Dominan cinco especies faunísticas sobre el resto: el cirrípedo *Chthamalus stellatus*, los gasterópodos *Patella rustica* y *Siphonaria pectinata*, el bivalvo *Mytilus galloprovincialis* y el decápodo *Pachygrapsus marmoratus*.

Normalmente, en los tramos de menor exposición frente al oleaje aumenta la variedad de hábitats, lo que se traduce en un aumento de la diversidad.

Comunidad de la roca mesolitoral inferior

Las condiciones son menos estrictas que en la franja superior, lo que se traduce en una mayor abundancia y diversidad de especies. El sustrato está cubierto por un tapiz de algas más denso, donde se pueden distinguir varias facies dominadas por diferentes especies de algas dependiendo del hidrodinamismo de la zona. Por ejemplo, *Ralfsia verrucosa* aparece sobre todo en zonas resguardadas, *Nemoderma tingitanum* o *Neogoniolithon brassica-florida* en zonas de elevado hidrodinamismo o *Lithophyllum tortuosum* sobre sustratos duros de cualquier tipo; esta última especie forma una cornisa (“trottoir”) en las costas con fuerte pendiente y alto hidrodinamismo. Otras dos facies presentes en esta comunidad, pero dominadas por animales, son la de *Mytilus galloprovincialis* (mejillón), y la de arrecifes de verméticos, formada por el gasterópodo vermético *Dendropoma petraeum* y la rodofícea incrustante *Neogoniolithon brassica-florida*.

En la zona de estudio predominaría la facie de *Mytilus galloprovincialis*. Las otras especies animales presentes son coincidentes con las descritas en la comunidad anteriormente citada. Las especies vegetales aparecen en estratos inferiores donde predomina la rodofita *Corallina elongata*.

Esta comunidad en el área de estudio ocuparía todo el sustrato rocoso artificial (diques y escolleras), tanto en las zonas externas, como en las zonas internas del puerto. Dentro de esta comunidad, destacan como fauna característica, los cirrípedo *Chthamalus stellatus* y *Balanus*

perforatus, los moluscos *Patella rustica* y *Cymbula nigra*, además del bivalvo *Mytilus galloprovincialis*.

Como especies ictiológicas se han observado ejemplares de *Parablennius sp.*

Comunidad de algas fotófilas en ambiente calmo

Se halla sobre sustrato rocoso en el piso infralitoral superior, en lugares bien iluminados, con escasa agitación y sedimentación moderada. El sustrato suele estar recubierto totalmente por algas, entre las que predominan las feofíceas. La estructura en estratos es similar a la descrita en la comunidad de algas fotófilas de ambiente batido. La diversidad puede ser muy alta, encontrándose hasta 200 especies de algas y más de 500 de animales. Pueden aparecer un gran número de facies caracterizadas por diferentes algas, entre las que pueden destacarse *Dictyota dichotoma*, *Dictyopteris membranacea*, *Dilophus spiralis*, *Halopythis incurva*, *Laurencia obtusa*, *Acetabularia acetabulum*, *Padina pavonica*, *Stypocaulon scoparium*, *Udotea petiolata*, *Halimeda tuna* y diversas especies de Cystoseira.

La fauna sésil está representada por algunas esponjas propias de lugares bien iluminados que resisten bien la competencia con las algas (*Crambe crambe*, *Ircinia fasciculata* y *Sarcotragus spinosula*), los antozoos *Anemonia sulcata*, *Cladocora caespitosa* y *Balanophyllia europaea*; diversos hidroides y briozoos epifitos de algas, bivalvos (*Arca noae*, *Modiolus barbatus* y *Musculus costulatus*); poliquetos y diversos tunicados coloniales (*Didemnum spp.*, *Diplosoma spongiforme*).

La fauna móvil es muy rica. Entre los equinodermos destacan los erizos *Paracentrotus lividus* y *Arbacia lixula*, que son los herbívoros más importantes; la estrella de mar *Echinaster sepositus* y la ofiura *Ophiothrix fragilis* son relativamente comunes, así como el holoturióideo *Holothuria tubulosa*. Hay una gran diversidad de crustáceos decápodos (cangrejos, gambas y ermitaños), y también de isópodos y anfípodos. Los moluscos gasterópodos son muy abundantes, en especial los microherbívoros *Gibbula spp.*, *Rissoa spp.*, *Cerithium vulgatum* y *Bittium spp.*, y diversos carnívoros (*Pisania striata*, *Nassarius incrassatus*, *Fasciolaria lignaria*, *Stramonita haemastoma*, *Ocenebrina edwardsii* y *Conus mediterraneus*). Los pulpos (*Octopus vulgaris*) y las jibias o sepias (*Sepia officinalis*) son comunes. Los poliquetos son muy numerosos, y la ictiofauna es también muy diversa, ya que incluye la mayoría de los peces del piso infralitoral rocoso del Mediterráneo; son especialmente abundantes los lábridos y los espáridos.

Esta comunidad, en el área de estudio, ocupa las zonas de sustrato rocoso situadas por debajo del mediolitoral hasta más allá de los 17 m de profundidad, zona en la cual el sustrato rocoso da paso a la comunidad ABC.

La fauna en la comunidad AFIC está constituida principalmente por equinodermos como las holoturias *Holothuria tubulosa* y *Holothuria forskali* y los erizos *Paracentrotus lividus* y *Arbacia lixula*, o ciertos cnidarios como, *Anemona sulcata*, *Aiptasia diaphana* y *Aiptasia mutabilis*.

Las especies algales más importantes son las rodófitas, destacando la presencia de la rodofita incrustante *Lithophyllum incrustans*. En la zona de transición con la comunidad RMI también se puede observar de forma abundante *Corallina spp.*

Entre las especies ictiológicas más representativas destacan las especies gregarias como *Boops boops* y *Chromis chromis*.

Biocenosis de algas esciáfilas de modo calmo / AEMC y Biocenosis de grutas semioscuras y extraplomos / GS.

Esta comunidad (AEMC), se presenta en enclaves protegidos de la iluminación directa por su configuración geomorfológica (paredes verticales, extraplomos, etc.) o por la profundidad, pero siempre con una iluminación no excesivamente débil. Su límite superior se lo marca el hidrodinamismo, mientras que el inferior queda marcado por la reducción en intensidad lumínica que se produce con la profundidad.

Estas características hacen que se pueda desarrollar a profundidades relativamente pequeñas siempre que la transparencia de las aguas sea pequeña o la disposición del sustrato y el hidrodinamismo de la zona así lo permitan. Esta comunidad de algas esciáfilas, normalmente compuesta de rodofíceas y feofíceas, se superpone espacialmente con la fotófila en zonas someras.

En la zona de estudio se desarrolla por todo el sustrato rocoso artificial sin exposición directa a la luz.

Es en las grandes oquedades y cuevas es donde se desarrolla la comunidad de GS. Esta comunidad es propia de localizaciones donde la luz, debido a la fisiografía del fondo, esté suficientemente amortiguada para que el componente algal sea muy reducido o nulo.

La cobertura vegetal en la comunidad AEMC está constituida por feofitas y rodofitas principalmente, destacando la presencia de rodofitas incrustantes. En la comunidad de GS la cobertura vegetal es muy escasa contando con la presencia de rodofitas incrustantes en las zonas menos umbrías (límite con AEMC).

En la comunidad AEMC, las algas descritas para la comunidad AFIC son sustituidas, en mayor o menor grado (según la intensidad lumínica que recibe el sustrato rocoso), por otras especies algales como rodofitas calcáreas (*Lithophyllum spp.*), y especies animales, como poríferos (*Crambe crambe*), ascidias (*Diplosoma sp.*), equinodermos (*Holorturia spp.*) o el cnidario *Astroides calycularis*.

En las oquedades donde se desarrolla la comunidad de GS, la componente algal es casi nula, estando representado principalmente por rodofitas incrustantes, y el recubrimiento presente lo ofrecen principalmente esponjas, briozoos y cnidarios.

Comunidad detrítica mesolitoral (DM)

Esta comunidad tiene unos límites difíciles de apreciar, debido a la escasa amplitud de las mareas en el Mediterráneo y a que el grado de humectación no sólo depende de la acción de las olas o de las mareas, sino de la capacidad de retención de agua del sedimento, que está en función de la granulometría. El sedimento está compuesto por cantos y gravas. Las especies de esta comunidad son principalmente detritívoras y se alimentan de las arribazones, que también les proporcionan refugio y humedad. En las zonas más húmedas, bajo los cantos y las gravas, aparecen algunos anfípodos (*Echinogammarus olivii* y *Allochestes aquilinus*) e isópodos (*Sphaeroma serratum*) y, en ocasiones, el decápodo ubiquista *Pachygrapsus marmoratus*. Los moluscos mejor adaptados son los gasterópodos *Gibbula divaricata*, *G. rarilineata* y el poliplacóforo *Chiton olivaceus*. En ocasiones, aparecen el poliqueto *Perinereis cultrifera* y los oligoquetos *Pontodrilus littoralis* y *Enchytraeus albidus*.

En la zona de estudio es posible encontrarla en la estrecha franja mediolitoral (no más de 3 metros de ancho) existente compuesta por sustrato blando. Ésta se alterna con la comunidad de arenas mesolitorales que se describe a continuación.

Comunidad de las arenas mesolitorales (AM)

Las características del fondo son muy similares a las de la comunidad de las arenas supralitorales (con una granulometría desde arena gruesa a arena fina), pero el grado de humectación es mayor en este piso. Esta franja es estrecha en el Mediterráneo, por la escasa amplitud de las mareas. Las especies que caracterizan esta comunidad son los poliquetos *Ophelia bicornis* (sobre todo en arenas gruesas) y *Nerine cirratulus* (en arenas finas), el isópodo *Eurydice affinis* (más común en arenas calcáreas) y el molusco bivalvo *Donacilla cornea*. En algunos lugares es muy común el poliqueto *Nereis diversicolor*.

Esta comunidad en la zona de estudio está presente en la zona mesolitoral la playa de poniente y la de Las Azucenas.

Comunidad de los guijarros infralitorales (GI)

Se instala en playas y calas de cantos y guijarros, normalmente protegidas del hidrodinamismo, pero donde el movimiento del sedimento es suficiente para no permitir la fijación de vegetales, excepto algunas especies de algas filamentosas o incrustantes. En ambientes calmados o cuando los cantos son de un tamaño suficientemente grande, se fijan algunas macroalgas y animales sésiles (antozoos, poliplacóforos, gasterópodos y poliquetos), presentándose como una versión empobrecida de la comunidad de algas fotófilas sobre fondos rocosos. Entre la fauna móvil destacan algunos decápodos, como *Palaemon serratus*, *Porcellana platycheles* y *Xantho poressa*, las estrellas *Coscinasterias tenuispina* y *Asterina gibbosa*, y las ofiuras *Ophiothrix fragilis* y *Ophioderma longicaudum*. Entre los peces, son típicos *Lepadogaster* spp., *Lipophrys pavo* y *Gobius bucchichii*.

Esta comunidad es escasa en la zona de estudio, y se encuentra formando facies dentro de la comunidad de arenas finas superficiales (AS). También se puede encontrar anexa a las comunidades mediolitorales. En ningún caso se extiende más allá de las cota -1,5 metros. En ella es posible encontrar grabas y guijarros sujetos al vaivén del oleaje.

Comunidad de arenas finas superficiales (AS)

Se sitúan por debajo de las playas de arenas sometidas al oleaje, en la zona sumergida hasta los 3 ó 4 metros de profundidad. Al igual que en otras comunidades de fondos de arena, no aparecen macrofitos y la macrofauna dominante vive en el sedimento (endofauna), no sobre él. Las especies características son los bivalvos, como la coquina (*Donax trunculus*), la chirila (*Chamelea gallina*), la bicuda (*Venerupis aurea*), el berberecho (*Cerastoderma edule*), y el berberecho verrugoso (*Acantocardia tuberculata*), todas especies de interés comercial, y otros, como varias especies de Tellina, *Lentidium mediterraneum* y *Psammacola depressa*. Son frecuentes los gasterópodos *Cyclope neritea*, y *C. donovani*, algunos poliquetos, como *Glycera convoluta*, y muchos crustáceos que se mueven entre esta comunidad y las inferiores, como el isópodo *Idotea basteri*, el cumaceo *Iphinoe inermis* y los decápodos *Diogenes pugilator* y *Portunus latipes*.

Dentro de la zona de estudio, esta comunidad se distribuye desde el comienzo del infralitoral hasta los 3 metros de profundidad aproximadamente, las playas de poniente y Las Azucenas.

Comunidad de las arenas finas bien calibradas (ABC)

Ocupa grandes extensiones, desde los 2 m de profundidad hasta el comienzo de las praderas de *Cymodocea nodosa* o *Posidonia oceanica* o, en su ausencia, hasta unos 25 m. Se asienta sobre un sedimento de grano muy homogéneo, en algunas ocasiones ligeramente fangoso, con un origen terrígeno, ya sea por disgregación de la roca litoral o por los aportes fluviales. El hidrodinamismo es relativamente intenso, por lo que el sedimento está muy lavado y desprovisto de materia orgánica superficial, lo que hace que la diversidad y abundancia de organismos no sea muy alta. Esta comunidad puede tolerar agua con una salinidad ligeramente inferior a la normal, lo que produce una reducción de la diversidad o la aparición de especies eurihalinas. Las algas y las fanerógamas marinas faltan por completo y hay una gran abundancia de moluscos bivalvos. Es una de las comunidades con un porcentaje de especies características exclusivas más elevado.

En la zona de estudio se localiza ampliamente distribuida por todo el sustrato sedimentario infralitoral, excepto en las zonas más someras, destacando la presencia de anfípodos frente a bivalvos y poliquetos.

Comunidad de las arenas fangosas en ambiente calmo

Generalmente se encuentra en la zona superior del piso infralitoral, aunque también puede aparecer a mayor profundidad, en zonas de bajo hidrodinamismo, como lagunas costeras o

bahías protegidas, donde se acumulan fangos y limos junto con la arena y, en ocasiones, algunos cantos dispersos. Es una comunidad más pobre que la que se instala sobre las arenas no fangosas, especialmente en cuanto a la endofauna. La diversidad de especies aumenta si aparece vegetación.

Una de las facies de elevado interés, considerada frecuentemente como comunidad, es la formada por las praderas de la fanerógama *Zostera noltii*, que se instala sobre fondos someros en las lagunas costeras y en zonas muy protegidas del hidrodinamismo y sometidas a grandes variaciones de salinidad. La importancia ecológica y los procesos que se desarrollan en esta facies ya se comentaron en la comunidad que forma esta fanerógama en la región lusitana.

Pueden aparecer de forma dispersa algunos haces de las fanerógamas *Cymodocea nodosa*, sin formar una verdadera pradera, y las algas *Caulerpa prolifera*, *Halimeda tuna*, *Laurencia pinnatifida*, *Udotea petiolata* o *Padina pavonica*, si encuentran algún sustrato duro donde anclarse y el agua alcanza temperaturas relativamente altas.

Otra facies característica de esta comunidad es la de *Caulerpa prolifera*. Requiere aguas cálidas y de bajo hidrodinamismo, se instala desde fondos fangosos hasta fondos de arenas gruesas o gravas, y es capaz de tolerar ambientes algo inestables y sedimentos reductores. *Caulerpa prolifera* puede formar grandes praderas, y **suele estar presente en aguas eutrofizadas, por lo que la comunidad asociada a ella es mucho más pobre que las de las fanerógamas *Posidonia oceanica*, *Cymodocea nodosa* o *Zostera noltii*.**

Esta facies se encuentra en frente a la playa de las Azucenas, cerca de la dársena portuaria y rodeada de la comunidad ABC. La presencia de esta clorofita y el confinamiento de la zona favorecen cierto grado de enfangamiento. La profundidad promedio en la que se instala, dentro de la zona de estudio, es de -7 m.

La fauna es menos diversa que en las comunidades sin fango, y son comunes los gasterópodos *Bittium reticulatum*, *Nassarius costulatus*, *Bulla striata*, *Cerithium vulgatum* y *C. rupestre*, los bivalvos *Cerastoderma edule*, *Tellina planata* y *Venerupis* spp., el antozoo *Cerianthus membranaceus*, poliquetos de distintas familias (terebélidos, sabélidos, maldánidos), y numerosos crustáceos, como *Carcinus mediterraneus*, *Penaeus kerathurus*, *Clibanarius misanthropus* y *Upogebia pusilla*. Los equinodermos más comunes son las holoturias (*Holothuria polii* y *H. tubulosa*).

En la zona de estudio ocuparía toda la dársena portuaria, siendo escasa la fauna presente. Esta comunidad aparece en la el área de estudio como sucesión y degradación de la comunidad ABC, al incrementarse el grado de enfangamiento por el reducido hidrodinamismo que se da en el interior portuario. La facies de *Caulerpa prolifera*, se establece al norte de la bocana del puerto, frente a la playa de las Azucenas, en otra zona que presenta cierto grado de confinamiento por la presencia un espigón perpendicular a costa.

4.3 Estudio de especies protegidas

La Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad, que deroga y sustituye a la Ley 4/1989, de Conservación de los Espacios Naturales y de la Flora y Fauna Silvestres y sustituye los anexos del Real Decreto 1997/1995, por el que se establecen medidas para contribuir a garantizar la biodiversidad mediante la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres (Real Decreto 1193/1998), culminando la incorporación de la Directiva Hábitats europea y sus necesarias trasposiciones al derecho español, ha introducido de una forma inequívoca en su artículo 55 el concepto de “especie amenazada”, considerando como tales las incluidas en el Catálogo Nacional de Especies Amenazadas en las categorías de “En Peligro de Extinción” o “Vulnerable”. El actualmente vigente Código Penal (Ley Orgánica 10/1995, de 23 de noviembre, modificada por la Ley Orgánica 15/2003), tipifica como delito las acciones contra especies amenazadas.

En función del hábitat en que se encuentra la zona de estudio, en la zona es posible encontrar 5 de ellas: *Patella ferruginea*, *Astroides calycularis*, *Charonia lampas*, *Dendropona petraeum* y *Pinna nobilis*, habiéndose encontrado exclusivamente las dos primeras.

P. ferruginea se encuentra catalogada como “en peligro de extinción”. Debido a su abundancia en la zona de estudio y a su grado de protección se han llevado a cabo una serie de muestreos intensivos cuyos resultados se exponen como anejo al presente documento (anejo I).

A. calycularis se encuentra catalogada como “vulnerable”. Debido a su abundancia en la zona de estudio y a su grado de protección se han llevado a cabo una serie de muestreos específicos cuyos resultados se exponen en el presente documento.

Además de las anteriores, existen otras especies de invertebrados marinos encontrados en la zona de trabajo y que tienen un régimen de protección especial por estar incluidos en el *Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial* y en el *Real Decreto 139/2011, de 4 de febrero* que desarrolla el mismo. Las especies incluidas en este listado en la zona de estudio son: *Pinna rudis*, *Ophidiaster ophidianus* y *Cymbula nigra*, esta última se ha estudiado en el mediolitoral junto a *P. ferruginea* y los resultados se exponen en el anejo I.

Por último, se incluyen en este estudio las especies incluidas en el *Libro Rojo de los Invertebrados de Andalucía*, no incluidas ni en el *Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial*, ni en el *Catálogo Español de Especies Protegidas*, observadas en la zona de estudio.

- *Leptogorgia lusitánica*
- *Eunicella verrucosa*
- *Eunicella labiata*
- *Cladocora caespitosa*
- *Donacilla cornea* (Anejo I)

4.3.1 Contabilización de especies protegidas en inmersión

Tabla 7. Individuos por inmersión y densidades

Ejemplares por transecto				Promedio
Sustrato rocoso natural				
INMERSIÓN	1	2	3	
CNIDARIOS				
Leptogorgia lusitanica	4	0	0	1,3
Eunicella verrucosa	2	3	0	1,7
Eunicella labiata	3	1	0	1,3
Cladocora caespitosa	1	0	0	0,3
MOLUSCOS				
Pinna rudis	0	1	1	0,7
EQUINODERMOS				
Ophiaster ophidianus	5	0	0	1,7
Ancho estudiado (m)	6	6	6	6
Longitud estudiada (m)	200	460	500	387
Superficie por zona (m²)	1200	2760	3000	2320
Ejemplares/m²				Promedio
INMERSIÓN	1	2	3	
CNIDARIOS				
Leptogorgia lusitanica	0,003333	0	0	0,0011
Eunicella verrucosa	0,001667	0,001087	0	0,00092
Eunicella labiata	0,0025	0,000362	0	0,00095
Cladocora caespitosa	0,000833	0	0	0,00028
MOLUSCOS				
Pinna rudis	0	0,000362	0,000333	0,000232
EQUINODERMOS				
Ophiaster ophidianus	0,004167	0	0	0,00139
Ejemplares/Ha				Promedio
IINMERSIÓN	1	2	3	
CNIDARIOS				
Leptogorgia lusitanica	33	0	0	11
Eunicella verrucosa	17	11	0	9
Eunicella labiata	25	4	0	10
Cladocora caespitosa	8	0	0	3
MOLUSCOS				
Pinna rudis	0	4	3	2
EQUINODERMOS				
Ophiaster ophidianus	42	0	0	14

En general se observa como la presencia de estas especies, en la zona de estudio, es muy escasa, estando por debajo de los 15 ejemplares por hectárea.

4.3.2 Estudio de especies protegidas con *calicata* por cobertura (*Astroides calycularis*)

A continuación se muestran los resultados obtenidos cada zona de inmersión y punto de muestreo. En la inmersión 2 la presencia de *Astroides calycularis* es escasa, habiéndose realizado el estudio de cobertura de una única réplica. En la inmersión 3 la presencia de *Astroides calycularis* es nula o poco significativa, por lo que no se han llevado a cabo muestreos. En la inmersión 1, donde la presencia de *Astroides calycularis* es notoria, se han llevado a cabo muestreos en 4 estaciones con 4 réplicas para cada una de ellas.

Hay que tener en cuenta que estas coberturas son representativas de aquellas zonas donde la especie está presente. En el caso del dique estudiado, sólo hay colonias en las caras verticales y extraplomo de los bloques de escollera y principalmente entre los 0 y los 2 m.

Tabla 8. Cobertura de Astroides en %

Inmersión	Punto	Replica	Px cobertura 10 ³	Px cobertura total 10 ³	% Cobertura/repl.	% Cobertura/punto	% Cobertura/Zona	% Cobertura total
1	1	1	195	3310	5,89	19,71	19,71	19,04
		2	577	4042	14,28			
		3	2458	4608	53,34			
		4	240	4513	5,32			
1	2	1	321	2291	14,01	26,32		
		2	203	2608	7,78			
		3	871	1927	45,20			
		4	1454	3798	38,28			
1	3	1	159	3702	4,29	14,63		
		2	293	3799	7,71			
		3	1724	4066	42,40			
		4	98	2384	4,11			
1	4	1	546	3529	15,47	15,63		
		2	500	2481	20,15			
		3	505	3285	15,37			
		4	256	2220	11,53			
2	1	1	473	2573	18,38	18,38	18,38	

En la tabla anterior puede observarse como las coberturas de Astroides, allí donde está presente, se han mostrado similares con un promedio cercano al 19 %.

4.3.3 Descripción de las especies incluidas en el catálogo y listado avistadas.

4.3.3.1 Patella ferruginea

Grado de protección:

Documento referencia	Categoría
Convenio de Barcelona	Anexo II
Convenio de Berna	Anexo II
CNEA	En peligro de extinción
CAEA	En peligro de extinción
LESRPE	Incluida
LAESRPE	Incluida
Libro Rojo de los Invertebrados de Andalucía	En peligro crítico de extinción
Categoría UICN	No evaluada



Descripción:

Se trata de una de las mayores lapas europea, con concha de gran tamaño, normalmente entre los 40 y los 80 mm de longitud, aunque puede llegar a superar los 100 mm de longitud (Templado, 2001). La concha es muy característica, con unas fuertes costillas radiales, muy gruesas e irregulares. Los individuos de pequeño tamaño suelen tener el perímetro exterior de la concha muy irregular con los extremos de las costillas salientes, destacándose claramente los espacios intercostales, mientras que los ejemplares más grandes suelen tener perímetro más liso y regular.

Biología:

Especie hermafrodita protándrica en el que, por tanto, primero maduran las gónadas masculinas (a partir de unos 25 mm son machos) y, al alcanzar más talla (a partir de unos 40mm) maduran las gónadas femeninas (pasan a hembras). La maduración sexual se alcanza a los 2-3 años de edad (Frankiel, 1975; Templado, 2001). La fecundación es externa. Los machos liberan sus gametos desde septiembre a diciembre, y las hembras emiten los óvulos principalmente en noviembre.

Hábitat:

Los ejemplares adultos viven en sustratos rocosos del mesolitoral, principalmente de la parte superior, en zonas expuestas al oleaje. Es la lapa de nuestras costas que alcanza mayor altura con respecto al nivel del mar, a excepción de *Patella rustica* Linnaeus, 1758, que vive todavía más arriba en el mesolitoral superior. La zona idónea para *P. ferruginea* es la de *Ralfsia verrucosa*, es decir por encima de los arrecifes de vermétidos de *Dendropoma petraeum*

(Monterosato, 1884) y por debajo de la franja de bellotas de mar del género *Chthamalus*. Comparte el hábitat con frecuencia con *Patella caerulea*, una lapa de menor tamaño y también endémica del mar Mediterráneo. Estudios recientes parecen indicar que *P. ferruginea* es un competidor inferior comparada con *P. caerulea* (Espinosa, 2006). Prefiere los sustratos más o menos horizontales que los verticales, donde la superficie disponible para la alimentación es menor y hay más riesgo de quedar por largos periodos fuera del agua en caso de largas calmas. Los juveniles parecen asentarse en la zona inferior del mesolitoral, en el nivel correspondiente a *Dendropoma petraeum*, y en ocasiones pueden observarse sobre los adultos (Guallart y Templado com. pers.).

Censo:

Ver anejo I

4.3.3.2 *Cymbula nigra*

Grado de protección:

Documento referencia	Categoría
Convenio de Barcelona	Anexo II
Convenio de Berna	Anexo II
CNEA	No incluida
CAEA	No incluida
LESRPE	Incluida
LAESRPE	Incluida
Libro Rojo de los Invertebrados de Andalucía	vulnerable
Categoría UICN	No evaluada



Descripción:

Es la lapa más grande existente en el Mediterráneo llegando a medir hasta 13 cm de longitud (Templado *et al.*, 2004), aunque su tamaño habitual en los ejemplares mayores se encuentran entre 90 y 120 mm. Su concha es poco elevada, de contorno ovalado, algo elíptico, estrechado en su extremo anterior. La coloración es grisácea o parda con bandas radiales anchas más oscuras que no siempre aparecen.

Biología:

Se trata de una especie hermafrodita protándrica (Renault & Moueza, 1971), en cada individuo, al madurar la gónada, pasa por una fase de macho y luego de hembra. La madurez sexual se alcanza aproximadamente con unas dimensiones de unos 25-30 mm. La reproducción tiene lugar principalmente entre otoño y principios del invierno (de septiembre a diciembre), presentando un segundo periodo menos intenso en mayo (Templado *et al.*, 2004): se alimenta de algas.

Hábitat:

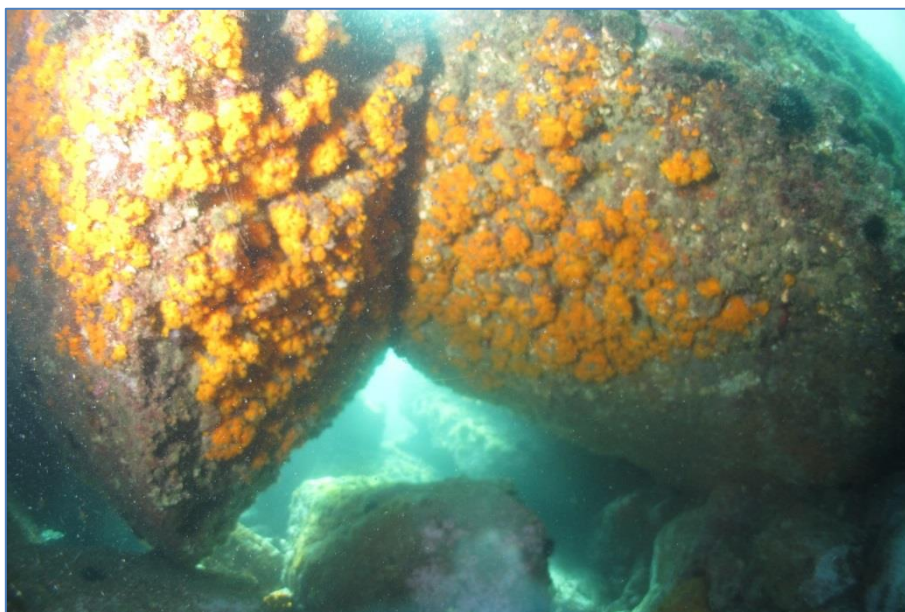
Vive en sustratos rocosos del mediolitoral inferior y del infralitoral (a 2-3 m de profundidad) en zonas de blanquial. Es frecuente en ciertas zonas portuarias y escolleras. Prefiere zonas poco batidas donde el oleaje es poco patente. Los juveniles, suelen vivir en las grietas y charcas de marea.

Censo:

Ver anejo I

4.3.3.3 *Astroides calycularis***Grado de protección:**

Documento referencia	Categoría
Convenio de Barcelona	Anexo II
Convenio de Berna	Anexo II
CNEA	Vulnerable
CAEA	Vulnerable
LESRPE	Incluida
LAESRPE	Incluida
Libro Rojo de los Invertebrados de Andalucía	Vulnerable
Categoría UICN	No evaluada

**Descripción:**

Especie que forma colonias de aspecto variable, generalmente masivas. Las colonias más habituales son de aspecto globoso y redondeado, con coralitos poligonales muy juntos unos a otros. En otras ocasiones los coralitos son circulares, o incluso ligeramente separados unos de otros dando un aspecto ligeramente arborescente en el desarrollo interior del esqueleto común. Pueden llegar a medir 30 cm de diámetro, aunque son frecuentes tamaños de 5-10 cm de anchura. Los coralitos suelen tener unos 10 mm de diámetro. Los pólipos son de color anaranjado intenso.

Biología:

Existen muy pocos datos sobre su biología. Además de su reproducción asexual por gemación, que produce el aumento de tamaño de las colonias, la especie se reproduce sexualmente. Se alimenta de partículas de materia orgánica y del plancton de la columna de agua que captura extendiendo sus tentáculos. Numerosos organismos viven sobre o entre las colonias de este coral, muchas veces adheridas a su esqueleto calcáreo.

Hábitat:

Puede llegar a cubrir grandes superficies en lugares donde las condiciones son favorables, principalmente en paredes umbrías, extraplomos y entradas de grietas y cuevas. Se distribuye desde unos 30 m de profundidad hasta la misma superficie, y puede permanecer durante algún tiempo por encima de la línea del agua con el paso de las olas por la pared rocosa. Las colonias masivas se encuentran en zonas de hidrodinamismo elevado, mientras que las de aspecto arborescente y crecimiento más laxo aparecen en áreas más calmadas.

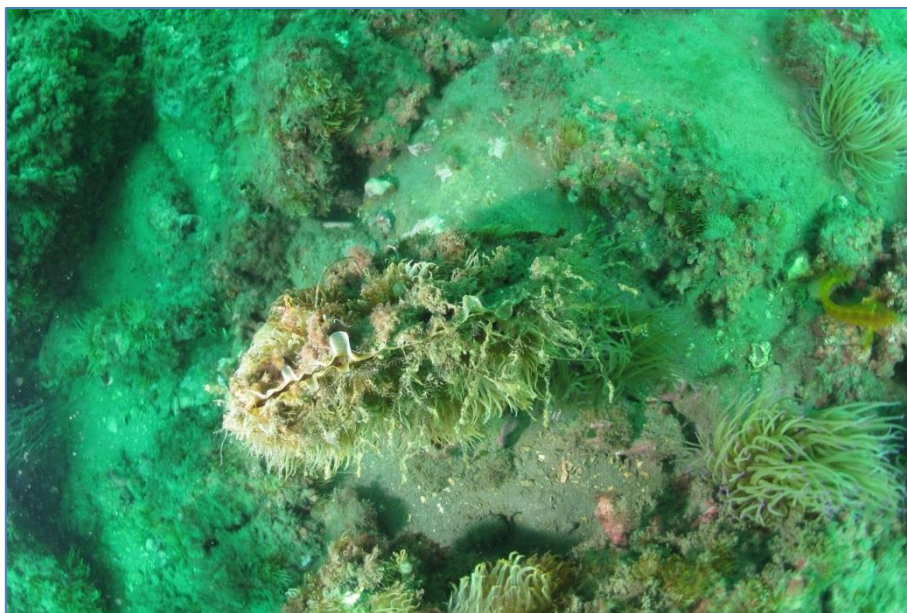
Censo:

Hay que tener en cuenta que estas coberturas obtenidas en los trabajos de campo son representativas de aquellas zonas donde la especie está presente. En el caso del dique estudiado, sólo hay colonias en las caras verticales y extraplomo de los bloques de escollera y principalmente entre los 0 y los 2 m. Las coberturas de Astroides, allí donde está presente, se ha mostrado similares en toda la zona de estudio, con un promedio cercano al 19 %.

4.3.3.4 *Pinna rudis*

Grado de protección:

Documento referencia	Categoría
Convenio de Barcelona	Anexo II
Convenio de Berna	Anexo II
CNEA	No incluida
CAEA	No incluida
LESRPE	Incluida
LAESRPE	Incluida
Libro Rojo de los Invertebrados de Andalucía	Vulnerable
Categoría UICN	No evaluada



Descripción:

Se trata de un bivalvo de gran tamaño (hasta 50 cm de longitud). La concha es triangular y alargada, con el extremo inferior agudo (ápice), que queda enterrado en el sustrato, y el extremo superior más o menos recto o redondeado. La superficie de la concha tiene líneas de crecimiento y posee pocas (5-10) costillas radiales, muy marcadas, con unas grandes escamas que pueden medir más de un cm de altura. Estas escamas son, proporcionalmente, muy evidentes en los juveniles, mientras que en los adultos suelen erosionarse. La superficie de la concha de los ejemplares más grandes suele estar cubierta por multitud de especies epibiontes (esponjas, briozoos, poliquetos, etc.). El color exterior de la concha es castaño o pardo claro, bastante uniforme, excepto el extremo del ápice estrechado que se entierra en el sedimento que es de color claro por quedar a la vista las capas nacaradas internas. Internamente, las valvas son de color castaño con la mitad o el tercio inferior nacarado. El animal es grande, y ocupa internamente toda la concha. Posee unas branquias (ctenidios) muy desarrolladas, un pie reducido, dos músculos aductores (anterior y posterior), y un característico penacho de filamentos (biso) que utiliza para fijarse más firmemente al sustrato.

Biología:

No existen datos concretos de su biología. Como el resto de los bivalvos la fecundación es externa. Las larvas deben tener una vida planctónica relativamente larga, puesto que la especie tiene una amplia distribución en el Mediterráneo y en el Atlántico. Es un animal filtrador que crea una corriente de agua que entra en la cavidad paleal y filtra con los ctenidios, captando el oxígeno necesario para la respiración y el alimento. Dentro de la cavidad paleal de ejemplares de gran talla vive como comensal la especie de crustáceo *Pontonia pinnophylax* (Otto, 1821).

Hábitat:

Vive en fondos rocosos del infralitoral, entre casi la superficie y unos 40 m de profundidad, aunque también se encuentra en fondos detríticos o en otros sustratos, como arena y grava (Poppe y Goto, 1993). El tamaño de la población andaluza es desconocido, aunque cada vez es más rara por la alteración de los hábitats naturales y el exceso de capturas por parte de buceadores y coleccionistas, aunque no existen datos cuantitativos. Generalmente, en caso de localizarse la especie, se observan ejemplares aislados.

Censo:

Se han localizado 2 ejemplares *Pinna rudis*, en la inmersión 2 y 3.

4.3.3.5 *Ophidiaster ophidianus*

Grado de protección:

Documento referencia	Categoría
Convenio de Barcelona	Anexo II
Convenio de Berna	Anexo II
CNEA	No incluida
CAEA	No incluida
LESRPE	Incluida
LAESRPE	Incluida
Libro Rojo de los Invertebrados de Andalucía	Vulnerable
Categoría UICN	No evaluada



Descripción:

Estrella de hasta 45 cm de diámetro y de coloración roja más o menos intensa, más clara por la cara ventral. En las islas del Atlántico se suelen observar ejemplares anaranjados con grandes manchas más oscuras. El disco es pequeño y los brazos largos, gruesos y cilíndricos. Éstos se estrechan en su base para unirse al disco y poseen el extremo redondeado. La superficie está recubierta por un tegumento de gránulos finos. Posee ocho hileras de pápulas en cada brazo en la parte aboral (dorsal) y una en la ventral (oral).

Biología:

A pesar de ser uno de los equinodermos más grandes y llamativos de Europa, apenas se han realizado estudios de su biología. Se reproducen durante el verano. Se han observado ejemplares elevados sobre el sustrato emitiendo gametos en meses de verano. Se alimenta de invertebrados, preferentemente moluscos.

Hábitat:

Vive en el infra y circalitoral (entre 2 y 40 m de profundidad) en fondos rocosos iluminados o medianamente umbríos y de moderado hidrodinamismo. Es característica de la comunidad del precoralígeno en paredes dominadas por *Astroides calycularis*, el coral anaranjado (García Raso et al., 1992).

Censo:

Se han localizado 5 ejemplares de *Ophidiaster ophidianus* en la inmersión 1.

4.3.4 Hábitats de interés comunitario

En la zona de estudio no se han encontrado hábitats de interés comunitario al tratarse, por un lado, de **fondos sedimentarios desprovistos de vegetación sin bancos arenosos**, descartándose por tanto la presencia del hábitat 1110 “Bancos arenosos cubiertos permanentemente por agua marina poco profunda” y por otro, de sustrato rocoso artificial, descartándose en este caso la presencia del hábitat 1170 “Arrecifes”, por los siguientes motivos:

Según el manual de interpretación de los HIC’s se entiende que el sustrato rocoso de origen artificial, como el presente en la zona de estudio, no puede ser considerado como hábitat 1170 arrecife:

“Los arrecifes pueden ser concreciones **biogénicas o de origen geogénico**. Son sustratos compactos y duros sobre fondos sólidos y suaves que se levantan desde el fondo marino en la zona sublitoral y litoral. Los arrecifes pueden albergar una zonación de comunidades bentónicas de especies de animales y algas, así como concreciones y concreciones coralígenas.

Teniendo en cuenta lo que sigue:

«Sustratos compactos y duros» son rocas (incluidas las rocas blandas, por ejemplo, caliza), cantos y cascajos (generalmente > 64 mm de diámetro).

«Concreciones biogénicas» son concreciones, incrustaciones, concreciones coralígenas y lechos de bivalvos formados por animales vivos o muertos, es decir, fondos duros biogénicos que constituyen hábitats para las especies epibióticas.

«Origen geogénico» se refiere a arrecifes formados por sustratos no biogénicos.”

Para una correcta interpretación de la definición de este hábitat se cita la descripción y discusión que se lleva a cabo en el “VV.AA., 2009. Bases ecológicas preliminares para la conservación de los tipos de hábitat de interés comunitario en España. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino.” A este respecto, se cita textualmente:

“1. PRESENTACIÓN GENERAL

1.1 Código y nombre

1170 Arrecifes

1.2 Definición

Los arrecifes son todos aquellos sustratos duros compactos que afloran sobre fondos marinos en la zona sublitoral (sumergida) o litoral (intermareal), ya sean de origen biogénico o geológico. Los arrecifes pueden presentar toda una zonación batimétrica de comunidades bentónicas, entre las que se incluyen concreciones de origen biogénico.

Clarificaciones: ■ Se consideran bajo la denominación de arrecifes todos aquellos sustratos duros compactos de origen biológico o geológico (se excluyen los arrecifes artificiales, espigones, etc.), cualquiera que sea su topografía o distribución batimétrica. ■ Los sustratos duros compactos son rocas (incluyendo rocas blandas, como calizas y arcillas), bloques y cantos (generalmente mayores de 64 mm de diámetro). ■ Las concreciones biogénicas se definen como cualquier tipo de concreción originada por animales vivos o muertos (algas calcáreas, cirrípedos, gasterópodos verméticos, bancos de bivalvos, poliquetos serpúlidos, bancos de corales, etc.) y que proporcionan un hábitat para especies tanto epibiontes como endobiontes. ■ De origen geológico significa que los arrecifes están formados por un sustrato de origen no biológico.”

4.4 Valoración ecológica

A la hora de valorar la importancia ecológica de la comunidad que constituye la biosfera marina en la zona estudiada, se ha pretendido objetivarla aplicando los criterios ponderados que se detallan a continuación:

Cada uno de los puntos se ha valorado, aplicando la siguiente escala:

Valor muy bajo 1

Valor bajo	2
Valor medio	3
Valor alto	4
Valor muy alto	5

Criterios ponderados de valoración ecológica

- Importancia ecológica intrínseca de la comunidad. Para valorar este criterio se ha tenido en cuenta la importancia reconocida a priori a cada biocenosis, según su grado de complejidad y estructuración trófica. El peso relativo de una determinada comunidad, en un compartimento específico dentro de un sistema biológico, es variable. Por consiguiente, se asigna el máximo valor a comunidades altamente diversas, complejas y productivas, situando en el extremo superior de la valoración a las praderas de fanerógamas marinas, biocenosis clímax de coralígeno o precoralígeno, etcétera, y en el extremo inferior a biocenosis desnudas de arenas fangosas contaminadas de baja o nula diversidad. El factor de ponderación aplicado es 1.
- Estado de desarrollo de la comunidad. Se valora el estado actual de conservación y desarrollo en que se encuentra la biocenosis. En la asignación de un determinado valor, como criterio se han tenido en cuenta la riqueza específica, la diversidad biológica y la complejidad, en relación con su potencial máximo. Se aplica un factor de ponderación de 1.
- Amplitud relativa de la comunidad en la zona. Estima la importancia de su extensión con relación al total de la zona estudiada. Coeficiente de ponderación de 0,5.
- Singularidad. Con este parámetro se valora la escasez de la comunidad concreta en un entorno geográfico cercano y de características similares. Se pondera con un coeficiente de 1.
- Presencia de especies indicadoras de una buena calidad del medio. Se ha asignado especial importancia a la presencia o ausencia de determinados bioindicadores, referidos en las publicaciones especializadas. Se aplica un factor de ponderación de 0,5.
- Presencia de especies protegidas o de especial interés. Se asignan los valores en función del número y grado de protección de las especies avistadas. La ausencia de especies protegidas se corresponde con un valor de 1. Debido a su importancia, el factor corrector a aplicar es de 2.
- Poblamiento íctico y recursos vivos. Se valora la presencia de especies de interés comercial y potencialmente explotables, lo sean de hecho o no. Los censos realizados, han servido para adjudicar un valor a este apartado. El factor de ponderación aplicado es 1.

- Capacidad de recuperación. Este criterio es el más directamente implicado en la estimación del grado de fragilidad. Aquí se valora el tiempo estimado para la regeneración de la comunidad, en caso de verse afectada por posibles alteraciones. Este valor temporal puede estimarse en más de 75 años para el caso de praderas de *Posidonia oceanica*, en torno a los 25 para precoralígeno y coralígeno clímax y en unos pocos años para los fondos blandos desnudos. Por tanto, este criterio se aplica de forma inversa. Este es el segundo punto en el que se aplicará un coeficiente de ponderación de 2.
- Paisaje submarino y valor testimonial. Este criterio, ciertamente subjetivo, es secundario, aunque válido a la hora de fijar cierto grado de singularidad a una determinada biocenosis. Califica la belleza del paisaje submarino, entendiendo ésta como una cualidad perceptual que aporta al medio un valor añadido, desde el punto de vista de su uso como lugar de esparcimiento y ocio. Factor de ponderación de 0.5.
- Valor científico. Las biocenosis de estructura compleja son, a priori, más interesantes en orden a llegar a conocer todas las implicaciones existentes y las relaciones intraespecíficas e interespecíficas que en ellas se dan. Coeficiente aplicado de 0.5.

Aplicación de los criterios para la valoración ecológica:

Esta valoración, obtenida de forma más o menos objetiva, no es aplicable para comparar las comunidades estudiadas con otras similares de diferente localización. El método empleado es sólo válido en orden a establecer comparaciones relativas entre las diferentes comunidades dentro de una misma área de estudio.

En la siguiente tabla de valoración se muestra la puntuación asignada a cada uno de los criterios dentro de cada biocenosis y zona, una vez aplicados los respectivos factores de ponderación. La media resultante representa la valoración ecológica estimada para cada comunidad o conjunto de comunidades y zona presente en el área de estudio.

Por último, indicar que en este caso la facies de *Caulerpa prolifera* se ha incluido como parte de la comunidad ABC aunque normalmente se define como facies de la comunidad AFMC, por dos motivos, primero, que dicha facies aparece rodeada y en combinación, dentro de la zona de estudio, de la comunidad ABC y segundo, la fragilidad ecológica de esta facies es algo mayor que la presente en la comunidad AFMC por la presencia de esta clorofita, siendo más similar a la que se asocia a la comunidad ABC.

Valoración ecológica

Tabla 9. Valoración ecológica

Criterios ponderados de valoración	Coef. Pond.	RS+RMS+RMI Escollera exterior	RS+RMS+RMI Espaldón y contradique	AFIC+AEMC+GS Inmersión 1	AFIC+AEMC+GS Inmersión 2	AFIC+AEMC+GS Inmersión 3 y contradique	AM/DM	AS/GI	ABC/CP	AFMC
Importancia ecológica	1	1	1	3	3	3	1	1	2	1
Estado de desarrollo	1	3	2	3	2	1	1	1	3	1
Amplitud relativa	0,5	0,5	0,5	1,5	0,5	1	1	1,5	2,5	1,5
Singularidad	1	1	1	3	3	3	1	1	1	1
Especies indicadoras de calidad	0,5	1,5	1	2	1,5	1,5	0,5	0,5	1	0,5
Presencia de especies protegidas	2	10	6	8	6	4	4	2	2	2
Poblamiento íctico y recursos vivos	1	2	2	3	3	3	1	1	2	1
Capacidad de recuperación	2	6	4	6	6	6	2	2	4	2
Paisaje submarino y valor testimonial	0,5	0,5	0,5	1	1	1	0,5	0,5	0,5	0,5
Valor científico	0,5	1	0,5	1	1	1	0,5	0,5	0,5	0,5
Valoración (media)	-	2,65	1,85	3,15	2,7	2,45	1,25	1,1	1,85	1,1
Valoración ecológica	-	Media/Baja	Baja	Media	Media/Baja	Media/Baja	Muy baja	Muy baja	Baja	Muy baja

Según la escala de valoración aplicada 5 comunidades, todas las asentadas sobre sustrato sedimentario “AM, DM, GI, AS y AFMC”, presentarían una fragilidad ecológica Muy baja.

Las dos primeras ocupan una reducida extensión en la zona de estudio, en la zona mesolitoral, un medio realmente inestable que presenta de forma intrínseca un escaso grado de desarrollo. Igual ocurre con las comunidades de GI y AS, aunque en este caso se trata de comunidades infralitorales. La escasa profundidad presente impide el asentamiento de un gran número de especies bentónicas por la incidencia del oleaje y por tanto, los valores adjudicados en general han sido bajos. 4 de las muestras tomadas sobre el sedimento se localizan en la zona de transición entre la comunidad AS y ABC, habiéndose obtenido valores de diversidad, en dichas muestras, más bajos que para el resto, las situadas en la comunidad ABC, hecho que constata la escasa riqueza de estas comunidades. El índice AMBI muestra en estos puntos la ausencia de alteraciones de origen antrópico, por lo que dichos valores bajos de riqueza presentes se consideran intrínsecos a ambas comunidades. Los valores obtenidos para la comunidad AM se han considerado algo mayores por la presencia de la especie *Donacilla cornea* incluida en el libro rojo de los invertebrados de Andalucía.

La fragilidad obtenida para la comunidad de AFMC también se ha considerado muy baja al tratarse de arenas fangosas de la dársena portuaria. En este caso casi todos los factores evaluados presentan puntuaciones bajas o muy bajas.

La fragilidad ecológica obtenida para la comunidad ABC/CP se ha considerado baja, intrínseca a las comunidades arenosas carentes de cobertura de fanerógamas marinas. Destacan los valores obtenidos para factores como su amplitud en la zona de estudio y el grado de desarrollo medio, asociado a unos valores de diversidad obtenidos, también considerados promedio para esta comunidad.

Las comunidades asentadas sobre sustrato rocoso han presentado fragilidades ecológicas con valores Medios y Bajos.

La combinación de las comunidades RS, RMS y RMI, han presentado en las zonas de escollera, que cuentan con una mayor variedad de ambientes respecto a los espaldones, una fragilidad ecológica media/baja. El grado de desarrollo de estas comunidades, asentadas sobre sustrato rocoso artificial, es bajo, ocupan un área reducida y son muy comunes en las estructuras portuarias. Tampoco cuentan con elevados recursos, por lo que la valoración aplicada debería ser menor de la obtenida. Obtener valores de fragilidad por encima de lo esperado se asocia a la presencia de la especie en peligro de extinción *P. ferruginea*, unido a la presencia de la especie incluida en el LESRPE *Cymbula nigra*, muy abundantes en las escolleras del dique externo. La fragilidad ecológica se ha considerado menor (baja), en el contradique y el espaldón por presentar una menor densidad de estas especies.

La combinación de las comunidades AFIC, AEMC y GS, presentan una fragilidad ecológica media o media/baja. Suelen ser comunidades que presentan fragilidades medias o bajas en sustratos rocosos artificiales en función de la influencia portuaria que reciban. El valor medio se ha adjudicado a la zona de escollera central (Inmersión 1), donde existe una mayor presencia de especies incluidas en el libro rojo de los invertebrados de Andalucía y una mayor cobertura de la especie incluida en el CNEA como vulnerable *A. calycularis*, además de presentar una mayor riqueza específica. El valor medio/bajo se ha adjudicado al resto de zonas, ya que cuentan con una menor variedad de ambientes o especies protegidas y amenazadas.

4.5 Síntesis y valoración de incidencia

En este apartado se realiza una síntesis de la caracterización nectobentónica del área de estudio atendiendo a las áreas que ocupa cada una de las alternativas propuestas. Posteriormente se lleva a cabo una valoración de la incidencia que podría producir cada una de estas alternativas sobre las comunidades nectobentónicas estudiadas teniendo en cuenta criterios como la superficie que ocupan, el grado de fragilidad ecológica presente en cada zona o la presencia de especies protegidas. Este último criterio, aunque ya se incluye en la fragilidad

ecológica, debido a la importancia que presenta, se volverá a tener en cuenta en la actual valoración de la incidencia.

Por último, indicar que el análisis se llevará a cabo teniendo en cuenta las incidencias principales, que son las afecciones directas de cada alternativa, es decir, las afecciones derivadas por la ocupación de las nuevas infraestructuras sobre las comunidades nectobentónicas presentes.

4.5.1 Síntesis por alternativa

4.5.1.1 Alternativa Levante

En la imagen que se muestra a continuación se recoge una síntesis de las comunidades presentes en el espacio propuesto para la alternativa Levante:



Ilustración 44. Biocenosis en alternativa levante

Esta alternativa afectaría de forma directa a la cara exterior del contradique, al tramo más cercano al puerto de la playa de las Azucenas y a la dársena pesquera. En estas zonas estarían presentes las siguientes comunidades con su fragilidad ecológica correspondiente:

- En el contradique estarían presentes las comunidades RS/RMS/RMI, que en esta zona contarían con una fragilidad ecológica baja, estando presente un ejemplar de *P. ferruginea*, aunque en la cara interior de dicho contradique y *Cymbula nigra*, en bajas densidades.

- También en el contradique estarían presentes en la zona infralitoral las comunidades AFIC/AEMC/GS, que en esta zona contarían con una fragilidad ecológica media/baja.
- En la playa de las Azucenas estarían presentes las comunidades AM/DM, que contarían con una fragilidad ecológica muy baja y la presencia de *Donacilla cornea*.
- En la playa de las Azucenas estarían presentes, en los primeros metros infralitorales, las comunidades AS/GS, que contarían con una fragilidad ecológica muy baja.
- En la zona infralitoral más profunda de la playa de las Azucenas se encuentra la comunidad ABC y la facies de CP, que contarían con una fragilidad ecológica baja.
- La comunidad AFMC se localiza en la dársena pesquera y contarían con una fragilidad ecológica muy baja.

En general y teniendo en cuenta las extensiones ocupadas por esta alternativa sobre las distintas comunidades presentes se puede decir que esta zona presenta una fragilidad ecológica Baja contando con escaso número de especies protegidas o de interés.

4.5.1.2 Alternativa poniente playa

En la imagen que se muestra a continuación se recoge una síntesis de las comunidades presentes en el espacio propuesto para la alternativa poniente playa:



Ilustración 45. Biocenosis en alternativa poniente playa

Esta alternativa afectaría de forma directa a la playa de poniente y a la dársena pesquera. En estas zonas estarían presentes las siguientes comunidades con su fragilidad ecológica correspondiente:

- En la playa de Poniente estarían presentes las comunidades AM/DM, que contarían con una fragilidad ecológica muy baja y la ausencia de *Donacilla cornea*.
- En la playa de Poniente estarían presentes, en los primeros metros infralitorales, las comunidades AS/GS, que contarían con una fragilidad ecológica muy baja.
- En la zona infralitoral más profunda de la playa de Poniente se encuentra la comunidad ABC, que contarían con una fragilidad ecológica baja.
- La comunidad AFMC se localiza en la dársena pesquera y contarían con una fragilidad ecológica muy baja.

En general y teniendo en cuenta las extensiones ocupadas por esta alternativa sobre las distintas comunidades presentes se puede decir que esta zona presenta una fragilidad ecológica Muy Baja contando con la ausencia de especies protegidas o de interés.

4.5.1.3 Alternativa poniente 1

En la imagen que se muestra a continuación se recoge una síntesis de las comunidades presentes en el espacio propuesto para la alternativa poniente 1:



Ilustración 46. Biocenosis en alternativa poniente 1

Esta alternativa afectaría de forma directa a un pequeño tramo de la playa de poniente y a la dársena pesquera. En estas zonas estarían presentes las siguientes comunidades con su fragilidad ecológica correspondiente:

- En la playa de Poniente estarían presentes las comunidades AM/DM, que contarían con una fragilidad ecológica muy baja y la ausencia de *Donacilla cornea*.

- En la playa de Poniente estarían presentes, en los primeros metros infralitorales, las comunidades AS/GS, que contarían con una fragilidad ecológica muy baja.
- En la zona infralitoral más profunda de la playa de Poniente se encuentra la comunidad ABC, que contarían con una fragilidad ecológica baja.
- La comunidad AFMC se localiza en la dársena pesquera y contarían con una fragilidad ecológica muy baja.

En general y teniendo en cuenta las extensiones ocupadas por esta alternativa sobre las distintas comunidades presentes se puede decir que esta zona presenta una fragilidad ecológica Muy Baja contando con la ausencia de especies protegidas o de interés. En este caso el área natural o seminatural afectada sería mucho menor que para la alternativa anterior, como puede verse en las ilustraciones previas.

4.5.1.4 Alternativa poniente 2

En la imagen que se muestra a continuación se recoge una síntesis de las comunidades presentes en el espacio propuesto para la alternativa poniente 2:



Ilustración 47. Biocenosis en alternativa poniente 2

Esta alternativa afectaría de forma directa a la dársena pesquera. En esta zona estaría presentes la siguiente comunidad con su fragilidad ecológica correspondiente:

- La comunidad AFMC se localiza en la dársena pesquera y contarían con una fragilidad ecológica muy baja.

En general y teniendo en cuenta las extensiones ocupadas por esta alternativa sobre las distintas comunidades presentes se puede decir que esta zona presenta una fragilidad ecológica Muy Baja contando con la ausencia de especies protegidas o de interés. En este caso no se afectan de forma directa zonas naturales o seminaturales.

4.5.1.5 Alternativa poniente 3

En la imagen que se muestra a continuación se recoge una síntesis de las comunidades presentes en el espacio propuesto para la alternativa poniente 3:

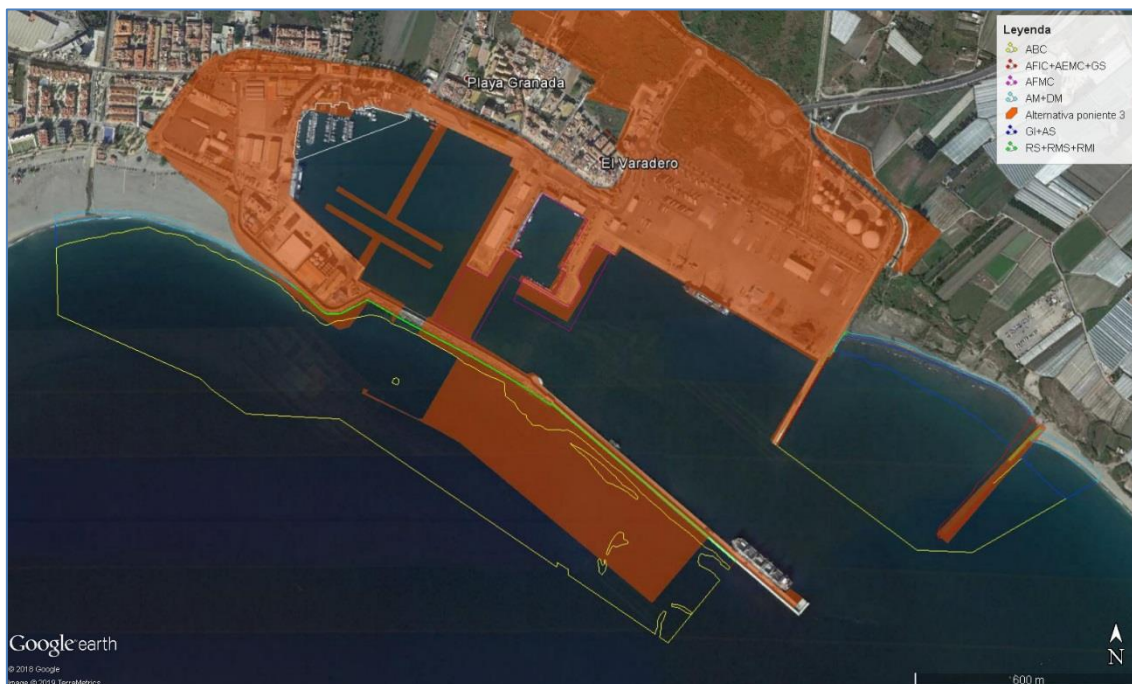


Ilustración 48. Biocenosis en alternativa poniente 3

Esta alternativa afectaría de forma directa a la cara exterior del dique principal, al tramo más cercano al puerto de la playa de poniente y a la dársena. En estas zonas estarían presentes las siguientes comunidades con su fragilidad ecológica correspondiente:

- En el dique exterior estarían presentes las comunidades RS/RMS/RMI, que en esta zona contarían con una fragilidad ecológica media/baja, estando presente numerosos ejemplares de *P. ferruginea* y *Cymbula nigra*.
- También en el dique estarían presentes en la zona infralitoral las comunidades AFIC/AEMC/GS, que en esta zona contarían con una fragilidad ecológica media en la zona central y media/baja en el espaldón y codo. En la zona central del dique destaca la presencia de la especie del CNEA, catalogada como vulnerable "*Astroides calycularis*" junto a otras especies del LESRPE y del libro rojo, también presentes en el espaldón y codo.

- En la playa de poniente estarían presentes las comunidades AM/DM, que contarían con una fragilidad ecológica muy baja y sin la presencia de *Donacilla cornea*.
- En la playa de poniente estarían presentes, en los primeros metros infralitorales, las comunidades AS/GS, que contarían con una fragilidad ecológica muy baja.
- En la zona infralitoral más profunda se encuentra la comunidad ABC, que contarían con una fragilidad ecológica baja.
- La comunidad AFMC se localiza en la dársena y contarían con una fragilidad ecológica muy baja.

En general y teniendo en cuenta las extensiones ocupadas por esta alternativa sobre las distintas comunidades presentes se puede decir que esta zona presenta una fragilidad ecológica Media/Baja contando con un elevado número de especies protegidas o de interés.

4.5.1.6 Alternativa poniente 4

En la imagen que se muestra a continuación se recoge una síntesis de las comunidades presentes en el espacio propuesto para la alternativa poniente 4:



Ilustración 49. Biocenosis en alternativa poniente 4

Esta alternativa afectaría de forma directa a la cara exterior del dique principal en el codo, al tramo más cercano al puerto de la playa de poniente y a la dársena principal y pesquera. En estas zonas estarían presentes las siguientes comunidades con su fragilidad ecológica correspondiente:

- En el dique exterior estarían presentes las comunidades RS/RMS/RMI, que en esta zona contarían con una fragilidad ecológica media/baja, estando presente numerosos ejemplares de *P. ferruginea* y *Cymbula nigra*.
- También en el dique estarían presentes en la zona infralitoral las comunidades AFIC/AEMC/GS, que en esta zona contarían con una fragilidad ecológica media/baja (codo). En esta zona está presente la especie del CNEA, catalogada como vulnerable "*Astroides calycularis*" junto a otras especies del LESRPE y del libro rojo aunque en menor número y densidad que en trato recto de escollera del dique exterior.
- En la playa de poniente estarían presentes las comunidades AM/DM, que contarían con una fragilidad ecológica muy baja y sin la presencia de *Donacilla cornea*.
- En la playa de poniente estarían presentes, en los primeros metros infralitorales, las comunidades AS/GS, que contarían con una fragilidad ecológica muy baja.
- En la zona infralitoral más profunda se encuentra la comunidad ABC, que contarían con una fragilidad ecológica baja.
- La comunidad AFMC se localiza en la dársena y contarían con una fragilidad ecológica muy baja.

En general y teniendo en cuenta las extensiones ocupadas por esta alternativa sobre las distintas comunidades presentes se puede decir que esta zona presenta una fragilidad ecológica Baja contando con especies protegidas o de interés.

4.5.1.7 Alternativa exterior

En la imagen que se muestra a continuación se recoge una síntesis de las comunidades presentes en el espacio propuesto para la alternativa exterior:



Ilustración 50. Biocenosis en alternativa exterior

Esta alternativa afectaría de forma directa a la cara exterior del dique principal, al tramo más cercano al puerto de la playa de poniente y a la dársena. En estas zonas estarían presentes las siguientes comunidades con su fragilidad ecológica correspondiente:

- En el dique exterior estarían presentes las comunidades RS/RMS/RMI, que en esta zona contarían con una fragilidad ecológica media/baja, estando presente numerosos ejemplares de *P. ferruginea* y *Cymbula nigra*.
- También en el dique estarían presentes en la zona infralitoral las comunidades AFIC/AEMC/GS, que en esta zona contarían con una fragilidad ecológica media en la zona central y media/baja en el codo. En la zona central del dique destaca la presencia de la especie del CNEA, catalogada como vulnerable "*Astroides calycularis*" junto a otras especies del LESRPE y del libro rojo, también presentes en el codo.
- En la playa de poniente estarían presentes las comunidades AM/DM, que contarían con una fragilidad ecológica muy baja y sin la presencia de *Donacilla cornea*.
- En la playa de poniente estarían presentes, en los primeros metros infralitorales, las comunidades AS/GS, que contarían con una fragilidad ecológica muy baja.
- En la zona infralitoral más profunda se encuentra la comunidad ABC, que contarían con una fragilidad ecológica baja.
- La comunidad AFMC se localiza en la dársena y contarían con una fragilidad ecológica muy baja.

En general y teniendo en cuenta las extensiones ocupadas por esta alternativa sobre las distintas comunidades presentes se puede decir que esta zona presenta una fragilidad ecológica Media/Baja contando con un elevado número de especies protegidas o de interés.

4.5.2 Valoración de incidencia

Para valorar como incidirá sobre las comunidades nectobentónicas el desarrollo del PDI, teniendo en cuenta cada una de las alternativas propuestas, se ha empleado la síntesis de la valoración ecológica realizada por zona en el epígrafe anterior.

Esta síntesis se basa en el uso de una serie de criterios entre los que se incluye la presencia de especies protegidas, la singularidad de la comunidad presente o su grado de desarrollo, entre otras.

Las alternativas que afectan a comunidades de mayor fragilidad y mayor presencia de especies protegidas son aquellas que afectan al dique exterior, en este caso las alternativas poniente 3, 4 y exterior. La más desfavorable sería Poniente 3 al afectar a zonas de fragilidad ecológica media/baja y una mayor extensión de escollera, seguida de la alternativa exterior, que afectaría a una menor superficie de comunidades nectobentónicas rocosas que la anterior y por último, poniente 4, que afectaría a comunidades de fragilidad ecológica baja y menor densidad de especies protegidas.

La siguiente alternativa más desfavorable sería la alternativa levante, afectando a comunidades de fragilidad ecológica media considerada baja y a algún ejemplar de *P. ferruginea*, *Cymbula nigra* o *Donacilla cornea*.

Las restantes alternativas afectarían a comunidades de fragilidad ecológica muy baja que no cuentan con la presencia de especies protegidas o amenazadas. Serían las alternativas: poniente 1 y 2 y poniente playa. De las tres, esta última sería la que más extensión ocuparía sobre comunidades naturales o seminaturales y poniente 2 la que menos.

Finalmente, para determinar cuál de las dos alternativas, poniente 1 o poniente 2, serían la de menor afección sobre el entorno habría que tener en cuenta otros criterios, además de los impactos directos, como las posibles afecciones indirectas. Estos criterios se analizan con más detalle en el análisis de alternativas del PDI.

5 CONCLUSIONES

5.1 Comunidades bentónicas

5.1.1 Resultado de los muestreos sobre sustrato rocoso

Las inmersiones se han llevado a cabo en el dique exterior, en la zona, dentro del área de estudio, que presenta mayor proporción de sustrato rocoso y por tanto, mayor riqueza ecológica.

La inmersión 1 se ha llevado a cabo en la zona central de escollera del dique exterior. En esta zona existe una profundidad mayor la presente en la inmersión 2 y cuenta con bloques rocosos de mayor tamaño que los presentes en el espaldón, favoreciendo la presencia de un mayor número de especies esciáfilas y por tanto aumentando someramente la riqueza ecológica de la zona respecto las áreas aledañas. La inmersión 2 se ha realizado sobre las escolleras más occidentales, en la zona más somera, mientras que la inmersión 3, se ha llevado a cabo en el espaldón.

A pesar de existir una riqueza específica superior en la zona central del dique exterior, estas diferencias no son notorias, ya que toda la superficie rocosa artificial que configura el dique exterior, alberga a las mismas comunidades biológicas. Por tanto, debido a su similitud, se realizará una descripción general de la biota presente y coincidente a grandes rasgos con la encontrada en las 3 inmersiones:

- La cobertura vegetal está constituida por clorofitas, feofitas, y rodofitas, destacando estas últimas. En notable la presencia de la clorofita *Codium bursa*, rodofitas incrustantes y coralináceas como *Jania rubens* o *Corallina elongata*.
- La cobertura animal se ha mostrado diversa, destacando poríferos, equinodermos y cnidarios. Las esponjas más representativas son *Crambe crambe*, y *Clonia spp.* Entre los cnidarios destacan anémonas como *Anemonia sulcata* o *Aiptasia spp.* Destacan también, en las oquedades, diversas plumarias. Los equinodermos mejor representados son los erizos, como *Arbacia lixula*, *Paracentrotus lividus* y en menor medida *Sphaerochinus granularis* y las holotrias (*H. tubulosa*, *H. sanctori* y *H. forskali*).
- Entre la fauna ictiológica destaca la presencia permanente de las especies gregarias *Boops boops*, *Coris julis*, *Chromis chromis* y *Oblada melanura*. Sobre el sustrato rocoso destaca también la presencia del blenios y serranos.

En el área medio y supralitoral se han realizado muestreos a pie en la zona de escollera y desde embarcación, en las zonas de espaldón.

En resumen, para toda la superficie rocosa del área de estudio, se puede decir que:

- Se han observado un total de 104 especies en los distintos muestreos realizados.

- La mayor riqueza específica se ha encontrado, como cabe esperar en la zona infralitoral, donde se combinan las comunidades de AFIC, AEMC y GS, con 95 especies en total frente las 22 especies avistadas en los pisos supra y mediolitoral.
- Dentro de la zona infralitoral, la mayor riqueza específica se corresponde con la zona central de escollera (Inmersión 1), seguida de la escollera occidental (Inmersión 2), más somera y por último, estaría la zona del espaldón (Inmersión 3).
- Las zonas rocosas más profundas y con mayor tamaño de bloques rocosos presentan una mayor cobertura esciáfila. Estas zonas presentan una mayor diversidad de ambientes y por tanto, una mayor riqueza específica.
- En el bentos de las zonas medio y supralitorales predominan los moluscos, destacando determinados patélidos entre los gasterópodos y la presencia de mejillones, entre los bivalvos.
- En el bentos de las zonas infralitorales predominan los cnidarios, equinodermos, poríferos y moluscos, aunque estos últimos en escaso número. La presencia de especies animales se hace más notoria en las zonas esciáfilas, mientras que la de especies vegetales, lo hace en las zonas fotófilas, a excepción de las rodofitas incrustantes, muy abundantes en todo el sustrato rocoso. Estas especies bentónicas están acompañadas de una comunidad ictiológica numerosa, que cuenta con escasas especies de interés comercial, aunque abundante en especies gregarias de escasa talla.

5.1.2 Resultado de los muestreos mediante draga Van Veen

Todas las muestras se han tomado sobre un sustrato sedimentario constituido principalmente por arenas finas, con una proporción variable de detritos y finos.

El conjunto de muestras se ubica sobre la comunidad de arenas finas bien calibradas (ABC). Todas las muestras a excepción de Bio1, Bio3, Bio11 y Bio12, presentan características similares, situándose anexas al dique exterior entre los 14 y los 26 m, aumentando la proporción de finos y detritos con la profundidad. Las muestras Bio1, Bio3, Bio11 y Bio12 se sitúan a menor profundidad, entre los 3 y los 8 m, presentando una menor proporción de finos y estando sometidas a cierto hidrodinamismo. Las dos primeras se sitúan frente a la playa de poniente y las dos restante frente a la playa de las Azucenas. Se podría decir que estas muestras se ubican en la zona de transición entre la comunidad ABC y la de arenas finas superficiales (AS):

- En el sustrato sedimentario se ha visto como los la presencia de artrópodos destaca frente al resto de filos.
- La densidad de individuos por metro cuadrado se ha mostrado muy dispar entre las distintas estaciones, hecho esperable ya que se corresponden con muestras situadas a distintas profundidades y sustrato sedimentario. Las muestras con una mayor fracción granulométrica son aquellas situadas a menor profundidad, obteniéndose densidades

en estas zonas inferiores a 500 ind/m², mientras que en el resto de muestras se obtienen densidades superiores a los 500 ind/m².

- La riqueza específica en la zona de estudio varía entre 12 y 21 especies, con un promedio de 14. La excepción se produce en las muestras BIO3 y BIO11, con sólo 7 y 4 especies contabilizadas respectivamente. En este caso, al igual que para el número de individuos, las especies dominantes han sido los artrópodos.
- El índice de Shannon-Wiener de diversidad presenta usualmente valores comprendidos entre 0 y 5, obteniéndose los valores más altos en aquellas comunidades bentónicas de mayor valor ecológico (coralígeno, precoralígeno, fondos de Maerl, praderas de *Posidonia oceanica*, etc.). En las comunidades asentadas sobre sustrato sedimentario desprovisto de vegetación, como las presentes en la zona de estudio, en ausencia de alteraciones naturales o antrópicas de relevancia, deberían obtenerse diversidades comprendidas entre 2-3. En este caso, el índice de Shannon-Wiener utilizado para el estudio de la diversidad específica, presenta un valor promedio cercano a 2, un valor esperable para la zona en ausencia de alteraciones antrópicas de relevancia.
- En general la dominancia se ha mostrado baja, inferior a 0,2, en todas las estaciones de muestreo, excepto en la estación Bio11 por la presencia de un anfípodo del género *Ampelisca* y la baja densidad obtenida de individuos de otras especies. La equitatividad se ha mostrado alta en general, al contrario que la dominancia.
- La complejidad varía entre 3 y 4 filos pudiendo considerarse valores normales para todas las estaciones. La excepción se produce en las muestras Bio5 y Bio11 con tan solo 2 filos.
- El índice AMBI alcanza valores, que permiten clasificar la mitad de las estaciones como no perturbadas debido a la presencia, en su mayoría, de organismos que se incluyen en los grupos I y II (Especies muy sensibles o indiferentes al enriquecimiento en materia orgánica). Las estaciones Bio3, Bio4, Bio5, Bio6, Bio8 y Bio10 estarán ligeramente perturbadas debido a la presencia de organismos que, para el cálculo del índice, se incluyen en el grupo III (Artrópodos como *Cyathura carinata* y *Apseudes latreilli*, poliquetos de la familias Scalibregmidae y Spionidae o el bivalvo *Abra sp.*) y V (*Nebalia bipes* y *Jassa sp.*).
- En general, se puede decir que la zona de estudio presenta un leve grado de alteración por los resultados obtenidos para el índice AMBI. Esta alteración se centra principalmente en las muestras situadas a mayor profundidad junto al dique, y que presentan un mayor grado de enfangamiento.
- Según el análisis NMDS existen tres conjuntos de muestras que presentan mayores similitudes. Por un lado estarían las muestras frente al dique, situadas a mayor profundidad, en la comunidad ABC. Estas serían las muestras de Bio2, Bio4, Bio5 Bio6, Bio7, Bio8, Bio9 y Bio10. Por otro lado estarían las muestras Bio1 y Bio3, en una zona más somera situada frente a la playa de poniente, en la zona de transición entre la comunidad ABC y AS. Por último estarían las muestras Bio11 y Bio12, en una zona más

somera situada frente a la playa de Las Azucenas, en la zona de transición entre la comunidad ABC y AS.

5.1.3 Recursos pesqueros

Se puede decir que la zona de estudio presenta algunas especies de interés pesquero o marisquero, aunque la mayoría de ejemplares avistados o recabados son de tallas no comerciales y no representan interés pesquero o marisquero para la flota local.

Destaca la presencia de anemonas o erizos que no son explotados por la flota y mariscadores locales y la de salmonetes, que si presentan tallas comerciales, siendo objeto de captura mediante artes menores de enmalle (trasmallo).

5.1.4 Cartografía bionómica

Comunidades de sustrato rocoso:

- Comunidad de roca supralitoral (RS)
- Comunidad de roca mediolitoral superior (RMS)
- Comunidad de roca mediolitoral inferior (RMI)
- Biocenosis de algas fotófilas infralitorales en modo calmo (AFIC)
- Biocenosis de algas esciáfilas infralitorales en modo calmo (AEMC)
- Biocenosis de grutas semioscuras y extraplomos (GS)

Comunidades de sustrato sedimentario:

- Comunidad detrítica mesolitoral (DM)
- Comunidad de las arenas mesolitorales (AM)
- Comunidad de guijarros infralitorales (GI)
- Comunidad de arenas finas superficiales (AS)
- Comunidad de las arenas finas bien calibradas (ABC)
- Comunidad de arenas fangosas en modo calmo (AFMC)
 - Facies de *Caulerpa prolifera*

5.2 Estudio de especies protegidas

En función del hábitat en que se encuentra la zona de estudio, en la zona es posible encontrar 5 de ellas: *Patella ferruginea*, *Astroides calycularis*, *Charonia lampas*, *Dendropona petraeum* y *Pinna nobilis*, habiéndose encontrado exclusivamente las dos primeras.

P. ferruginea se encuentra catalogada como “en peligro de extinción”. Debido a su abundancia en la zona de estudio y a su grado de protección se han llevado a cabo una serie de muestreos intensivos cuyos resultados se exponen como anejo al presente documento (anejo I).

A. calycularis se encuentra catalogada como “vulnerable”. Debido a su abundancia en la zona de estudio y a su grado de protección se han llevado a cabo una serie de muestreos específicos cuyos resultados se exponen en el presente documento.

Hay que tener en cuenta que estas coberturas obtenidas en los trabajos de campo son representativas de aquellas zonas donde la especie está presente. En el caso del dique estudiado, sólo hay colonias en las caras verticales y extraplomo de los bloques de escollera y principalmente entre los 0 y los 2 m. Las coberturas de *Astroides*, allí donde está presente, se ha mostrado similares en toda la zona de estudio, con un promedio cercano al 19 %.

Además de las anteriores, existen otras especies de invertebrados marinos encontrados en la zona de trabajo y que tienen un régimen de protección especial por estar incluidos en el *Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial* y en el *Real Decreto 139/2011, de 4 de febrero* que desarrolla el mismo. Las especies incluidas en este listado en la zona de estudio son: *Pinna rudis*, *Ophidiaster ophidianus* y *Cymbula nigra*, esta última se ha estudiado en el mediolitoral junto a *P. ferruginea* y los resultados se exponen en el anejo I. respecto a las otras dos especies:

- Se han localizado 2 ejemplares *Pinna rudis*, en la inmersión 2 y 3.
- Se han localizado 5 ejemplares de *Ophidiaster ophidianus* en la inmersión 1

Las especies incluidas en el *Libro Rojo de los Invertebrados de Andalucía*, no incluidas ni en el *Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial*, ni en el *Catálogo Español de Especies Protegidas*, observadas en la zona de estudio son:

- *Leptogorgia lusitánica*
- *Eunicella verrucosa*
- *Eunicella labiata*
- *Cladocora caespitosa*
- *Donacilla cornea* (Anejo I)

En general se observa como la densidad de estas especies junto a *Pinna rudis* y *Ophidiaster ophidianus*, en la zona de estudio, es muy escasa, estando por debajo de los 15 ejemplares por hectárea.

5.2.1 Hábitats de interés comunitario

En la zona de estudio no se han encontrado hábitats de interés comunitario al tratarse, por un lado, de **fondos sedimentarios desprovistos de vegetación sin bancos arenosos**, descartándose por tanto la presencia del hábitat 1110 “Bancos arenosos cubiertos permanentemente por agua marina poco profunda” y por otro, de sustrato rocoso artificial, descartándose en este caso la presencia del hábitat 1170 “Arrecifes”.

5.3 Valoración ecológica

Según la escala de valoración aplicada a 5 comunidades, todas las asentadas sobre sustrato sedimentario “AM, DM, GI, AS y AFMC”, presentarían una fragilidad ecológica Muy baja.

Las dos primeras ocupan una reducida extensión en la zona de estudio, en la zona mesolitoral, un medio realmente inestable que presenta de forma intrínseca un escaso grado de desarrollo. Igual ocurre con las comunidades de GI y AS, aunque en este caso se trata de comunidades infralitorales. La escasa profundidad presente impide el asentamiento de un gran número de especies bentónicas por la incidencia del oleaje y por tanto, los valores adjudicados en general han sido bajos. 4 de las muestras tomadas sobre el sedimento se localizan en la zona de transición entre la comunidad AS y ABC, habiéndose obtenido valores de diversidad, en dichas muestras, más bajos que para el resto, las situadas en la comunidad ABC, hecho que constata la escasa riqueza de estas comunidades. El índice AMBI muestra en estos puntos la ausencia de alteraciones de origen antrópico, por lo que dichos valores bajos de riqueza presentes se consideran intrínsecos a ambas comunidades. Los valores obtenidos para la comunidad AM se han considerado algo mayores por la presencia de la especie *Donacilla cornea* incluida en el libro rojo de los invertebrados de Andalucía.

La fragilidad obtenida para la comunidad de AFMC también se ha considerado muy baja al tratarse de arenas fangosas de la dársena portuaria. En este caso casi todos los factores evaluados presentan puntuaciones bajas o muy bajas.

La fragilidad ecológica obtenida para la comunidad ABC/CP se ha considerado baja, intrínseca a las comunidades arenosas carentes de cobertura de fanerógamas marinas. Destacan los valores obtenidos para factores como su amplitud en la zona de estudio y el grado de desarrollo medio, asociado a unos valores de diversidad obtenidos, también considerados promedio para esta comunidad.

Las comunidades asentadas sobre sustrato rocoso han presentado fragilidades ecológicas con valores Medios y Bajos.

La combinación de las comunidades RS, RMS y RMI, han presentado en las zonas de escollera, que cuentan con una mayor variedad de ambientes respecto a los espaldones, una fragilidad ecológica media/baja. El grado de desarrollo de estas comunidades, asentadas sobre sustrato

rocoso artificial, es bajo, ocupan un área reducida y son muy comunes en las estructuras portuarias. Tampoco cuentan con elevados recursos, por lo que la valoración aplicada debería ser menor de la obtenida. Obtener valores de fragilidad por encima de lo esperado se asocia a la presencia de la especie en peligro de extinción *P. ferruginea*, unido a la presencia de la especie incluida en el LESRPE *Cymbula nigra*, muy abundantes en las escolleras del dique externo. La fragilidad ecológica se ha considerado menor (baja), en el contradique y el espaldón por presentar una menor densidad de estas especies.

La combinación de las comunidades AFIC, AEMC y GS, presentan una fragilidad ecológica media o media/baja. Suelen ser comunidades que presentan fragilidades medias o bajas en sustratos rocosos artificiales en función de la influencia portuaria que reciban. El valor medio se ha adjudicado a la zona de escollera central (Inmersión 1), donde existe una mayor presencia de especies incluidas en el libro rojo de los invertebrados de Andalucía y una mayor cobertura de la especie incluida en el CNEA como vulnerable *A. calycularis*, además de presentar una mayor riqueza específica. El valor medio/bajo se ha adjudicado al resto de zonas, ya que cuentan con una menor variedad de ambientes o especies protegidas y amenazadas.

5.4 Síntesis y valoración de incidencia

5.4.1 Síntesis por alternativa

5.4.1.1 Alternativa Levante

Esta alternativa afectaría de forma directa a la cara exterior del contradique, al tramo más cercano al puerto de la playa de las Azucenas y a la dársena pesquera. En estas zonas estarían presentes las siguientes comunidades con su fragilidad ecológica correspondiente:

- En el contradique estarían presentes las comunidades RS/RMS/RMI, que en esta zona contarían con una fragilidad ecológica baja, estando presente un ejemplar de *P. ferruginea*, aunque en la cara interior de dicho contradique y *Cymbula nigra*, en bajas densidades.
- También en el contradique estarían presentes en la zona infralitoral las comunidades AFIC/AEMC/GS, que en esta zona contarían con una fragilidad ecológica media/baja.
- En la playa de las Azucenas estarían presentes las comunidades AM/DM, que contarían con una fragilidad ecológica muy baja y la presencia de *Donacilla cornea*.
- En la playa de las Azucenas estarían presentes, en los primeros metros infralitorales, las comunidades AS/GS, que contarían con una fragilidad ecológica muy baja.
- En la zona infralitoral más profunda de la playa de las Azucenas se encuentra la comunidad ABC/CP, que contarían con una fragilidad ecológica baja.
- La comunidad AFMC se localiza en la dársena pesquera y contarían con una fragilidad ecológica muy baja.

En general y teniendo en cuenta las extensiones ocupadas por esta alternativa sobre las distintas comunidades presentes se puede decir que esta zona presenta una fragilidad ecológica Baja contando con escaso número de especies protegidas o de interés.

5.4.1.2 Alternativa poniente playa

Esta alternativa afectaría de forma directa a la playa de poniente y a la dársena pesquera. En estas zonas estarían presentes las siguientes comunidades con su fragilidad ecológica correspondiente:

- En la playa de Poniente estarían presentes las comunidades AM/DM, que contarían con una fragilidad ecológica muy baja y la ausencia de *Donacilla cornea*.
- En la playa de Poniente estarían presentes, en los primeros metros infralitorales, las comunidades AS/GS, que contarían con una fragilidad ecológica muy baja.
- En la zona infralitoral más profunda de la playa de Poniente se encuentra la comunidad ABC, que contarían con una fragilidad ecológica baja.
- La comunidad AFMC se localiza en la dársena pesquera y contarían con una fragilidad ecológica muy baja.

En general y teniendo en cuenta las extensiones ocupadas por esta alternativa sobre las distintas comunidades presentes se puede decir que esta zona presenta una fragilidad ecológica Muy Baja contando con la ausencia de especies protegidas o de interés.

5.4.1.3 Alternativa poniente 1

Esta alternativa afectaría de forma directa a un pequeño tramo de la playa de poniente y a la dársena pesquera. En estas zonas estarían presentes las siguientes comunidades con su fragilidad ecológica correspondiente:

- En la playa de Poniente estarían presentes las comunidades AM/DM, que contarían con una fragilidad ecológica muy baja y la ausencia de *Donacilla cornea*.
- En la playa de Poniente estarían presentes, en los primeros metros infralitorales, las comunidades AS/GS, que contarían con una fragilidad ecológica muy baja.
- En la zona infralitoral más profunda de la playa de Poniente se encuentra la comunidad ABC, que contarían con una fragilidad ecológica baja.
- La comunidad AFMC se localiza en la dársena pesquera y contarían con una fragilidad ecológica muy baja.

En general y teniendo en cuenta las extensiones ocupadas por esta alternativa sobre las distintas comunidades presentes se puede decir que esta zona presenta una fragilidad ecológica Muy Baja contando con la ausencia de especies protegidas o de interés. En este caso el área natural o seminatural afectada sería mucho menor que para la alternativa anterior, como puede verse en las ilustraciones previas.

5.4.1.4 Alternativa poniente 2

Esta alternativa afectaría de forma directa a la dársena pesquera. En esta zona estaría presentes la siguiente comunidad con su fragilidad ecológica correspondiente:

- La comunidad AFMC se localiza en la dársena pesquera y contarían con una fragilidad ecológica muy baja.

En general y teniendo en cuenta las extensiones ocupadas por esta alternativa sobre las distintas comunidades presentes se puede decir que esta zona presenta una fragilidad ecológica Muy Baja contando con la ausencia de especies protegidas o de interés. En este caso no se afectan de forma directa zonas naturales o seminaturales.

5.4.1.5 Alternativa poniente 3

Esta alternativa afectaría de forma directa a la cara exterior del dique principal, al tramo más cercano al puerto de la playa de poniente y a la dársena. En estas zonas estarían presentes las siguientes comunidades con su fragilidad ecológica correspondiente:

- En el dique exterior estarían presentes las comunidades RS/RMS/RMI, que en esta zona contarían con una fragilidad ecológica media/baja, estando presente numerosos ejemplares de *P. ferruginea* y *Cymbula nigra*.
- También en el dique estarían presentes en la zona infralitoral las comunidades AFIC/AEMC/GS, que en esta zona contarían con una fragilidad ecológica media en la zona central y media/baja en el espaldón y codo. En la zona central del dique destaca la presencia de la especie del CNEA, catalogada como vulnerable "*Astroides calycularis*" junto a otras especies del LESRPE y del libro rojo, también presentes en el espaldón y codo.
- En la playa de poniente estarían presentes las comunidades AM/DM, que contarían con una fragilidad ecológica muy baja y sin la presencia de *Donacilla cornea*.
- En la playa de poniente estarían presentes, en los primeros metros infralitorales, las comunidades AS/GS, que contarían con una fragilidad ecológica muy baja.
- En la zona infralitoral más profunda se encuentra la comunidad ABC, que contarían con una fragilidad ecológica baja.
- La comunidad AFMC se localiza en la dársena y contarían con una fragilidad ecológica muy baja.

En general y teniendo en cuenta las extensiones ocupadas por esta alternativa sobre las distintas comunidades presentes se puede decir que esta zona presenta una fragilidad ecológica Media/Baja contando con un elevado número de especies protegidas o de interés.

5.4.1.6 Alternativa poniente 4

En la imagen que se muestra a continuación se recoge una síntesis de las comunidades presentes en el espacio propuesto para la alternativa poniente 4:

Esta alternativa afectaría de forma directa a la cara exterior del dique principal en el codo, al tramo más cercano al puerto de la playa de poniente y a la dársena principal y pesquera. En estas zonas estarían presentes las siguientes comunidades con su fragilidad ecológica correspondiente:

- En el dique exterior estarían presentes las comunidades RS/RMS/RMI, que en esta zona contarían con una fragilidad ecológica media/baja, estando presente numerosos ejemplares de *P. ferruginea* y *Cymbula nigra*.
- También en el dique estarían presentes en la zona infralitoral las comunidades AFIC/AEMC/GS, que en esta zona contarían con una fragilidad ecológica media/baja (codo). En esta zona está presente la especie del CNEA, catalogada como vulnerable "*Astroides calycularis*" junto a otras especies del LESRPE y del libro rojo aunque en menor número y densidad que en trato recto de escollera del dique exterior.
- En la playa de poniente estarían presentes las comunidades AM/DM, que contarían con una fragilidad ecológica muy baja y sin la presencia de *Donacilla cornea*.
- En la playa de poniente estarían presentes, en los primeros metros infralitorales, las comunidades AS/GS, que contarían con una fragilidad ecológica muy baja.
- En la zona infralitoral más profunda se encuentra la comunidad ABC, que contarían con una fragilidad ecológica baja.
- La comunidad AFMC se localiza en la dársena y contarían con una fragilidad ecológica muy baja.

En general y teniendo en cuenta las extensiones ocupadas por esta alternativa sobre las distintas comunidades presentes se puede decir que esta zona presenta una fragilidad ecológica Baja contando con especies protegidas o de interés.

5.4.1.7 Alternativa exterior

Esta alternativa afectaría de forma directa a la cara exterior del dique principal, al tramo más cercano al puerto de la playa de poniente y a la dársena. En estas zonas estarían presentes las siguientes comunidades con su fragilidad ecológica correspondiente:

- En el dique exterior estarían presentes las comunidades RS/RMS/RMI, que en esta zona contarían con una fragilidad ecológica media/baja, estando presente numerosos ejemplares de *P. ferruginea* y *Cymbula nigra*.
- También en el dique estarían presentes en la zona infralitoral las comunidades AFIC/AEMC/GS, que en esta zona contarían con una fragilidad ecológica media en la zona central y media/baja en el codo. En la zona central del dique destaca la presencia

de la especie del CNEA, catalogada como vulnerable "*Astroides calycularis*" junto a otras especies del LESRPE y del libro rojo, también presentes en el codo.

- En la playa de poniente estarían presentes las comunidades AM/DM, que contarían con una fragilidad ecológica muy baja y sin la presencia de *Donacilla cornea*.
- En la playa de poniente estarían presentes, en los primeros metros infralitorales, las comunidades AS/GS, que contarían con una fragilidad ecológica muy baja.
- En la zona infralitoral más profunda se encuentra la comunidad ABC, que contarían con una fragilidad ecológica baja.
- La comunidad AFMC se localiza en la dársena y contarían con una fragilidad ecológica muy baja.

En general y teniendo en cuenta las extensiones ocupadas por esta alternativa sobre las distintas comunidades presentes se puede decir que esta zona presenta una fragilidad ecológica Media/Baja contando con un elevado número de especies protegidas o de interés.

5.4.2 Valoración de incidencia

Para valorar como incidirá sobre las comunidades nectobentónicas el desarrollo del PDI, teniendo en cuenta cada una de las alternativas propuestas, se ha empleado la síntesis de la valoración ecológica realizada por zona en el epígrafe anterior.

Esta síntesis se basa en el uso de una serie de criterios entre los que se incluye la presencia de especies protegidas, la singularidad de la comunidad presente o su grado de desarrollo, entre otras.

Las alternativas que afectan a comunidades de mayor fragilidad y mayor presencia de especies protegidas son aquellas que afectan al dique exterior, en este caso las alternativas poniente 3, 4 y exterior. La más desfavorable sería Poniente 3 al afectar a zonas de fragilidad ecológica media/baja y una mayor extensión de escollera, seguida de la alternativa exterior, que afectaría a una menor superficie de comunidades nectobentónicas rocosas que la anterior y por último, poniente 4, que afectaría a comunidades de fragilidad ecológica baja y menor densidad de especies protegidas.

La siguiente alternativa más desfavorable sería la alternativa levante, afectando a comunidades de fragilidad ecológica media considerada baja y a algún ejemplar de *P. ferruginea*, *Cymbula nigra* o *Donacilla cornea*.

Las restantes alternativas afectarían a comunidades de fragilidad ecológica muy baja que no cuentan con la presencia de especies protegidas o amenazadas. Serían las alternativas: poniente 1 y 2 y poniente playa. De las tres, esta última sería la que más extensión ocuparía sobre comunidades naturales o seminaturales y poniente 2 la que menos.

Finalmente, para determinar cuál de las dos alternativas, poniente 1 o poniente 2, serían la de menor afección sobre el entorno habría que tener en cuenta otros criterios, además de los impactos directos, como las posibles afecciones indirectas. Estos criterios se analizan con más detalle en el análisis de alternativas del PDI.

6 NOTAS Y FIRMAS

El presente trabajo complementario al Estudio Ambiental Estratégico ha sido desarrollado en su totalidad por el personal técnico de TECNOAMBIENTE abajo firmante, en la Delegación de Andalucía, sita en Jerez de la Frontera.

Jerez de la Frontera, a 13 de noviembre de 2019



Fdo.: Mario Barrientos

Jefe de proyectos



Fdo.: Sergio Mestre López

Lcdo. Ciencias del Mar

7 Anexos

7.1 Anexo I. Cartografía

7.2 Anexo II. Reportaje fotográfico

7.2.1 Inmersión 1



Ilustración 51. AFIC con la rodofita *Asparagopsis spp.* y el erizo *Arbacia lixula*

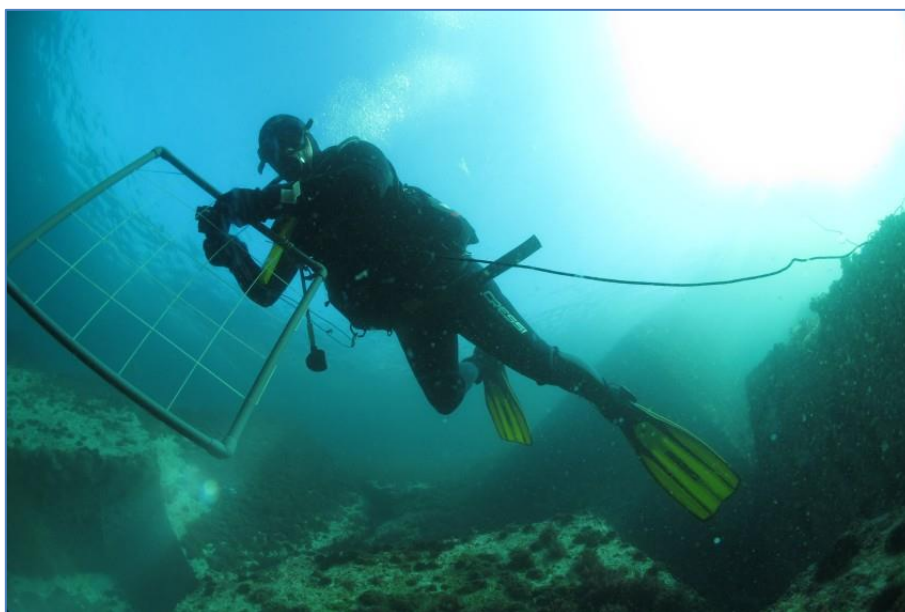


Ilustración 52. Trabajos de muestreo

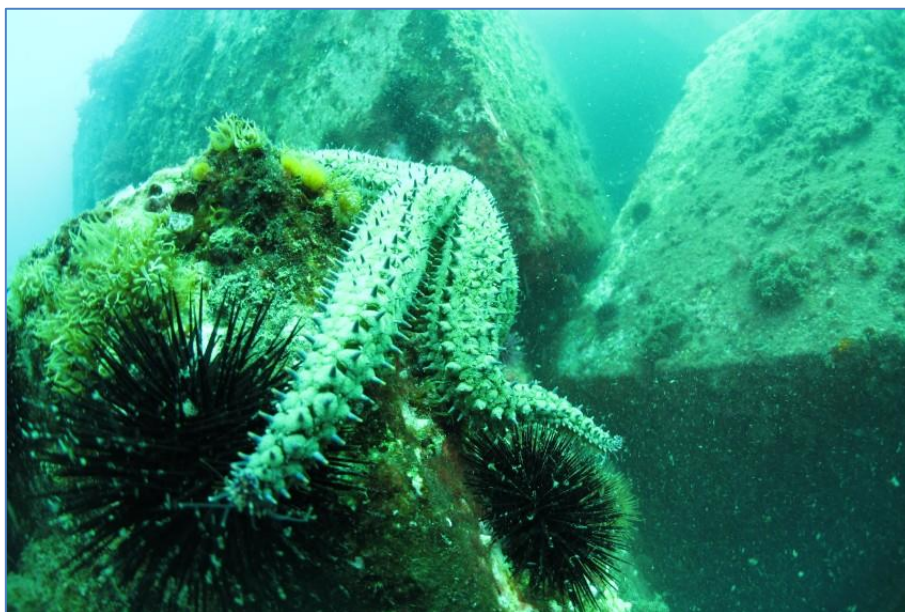


Ilustración 53. *Marthasterias glacialis*



Ilustración 54. *Codium bursa*

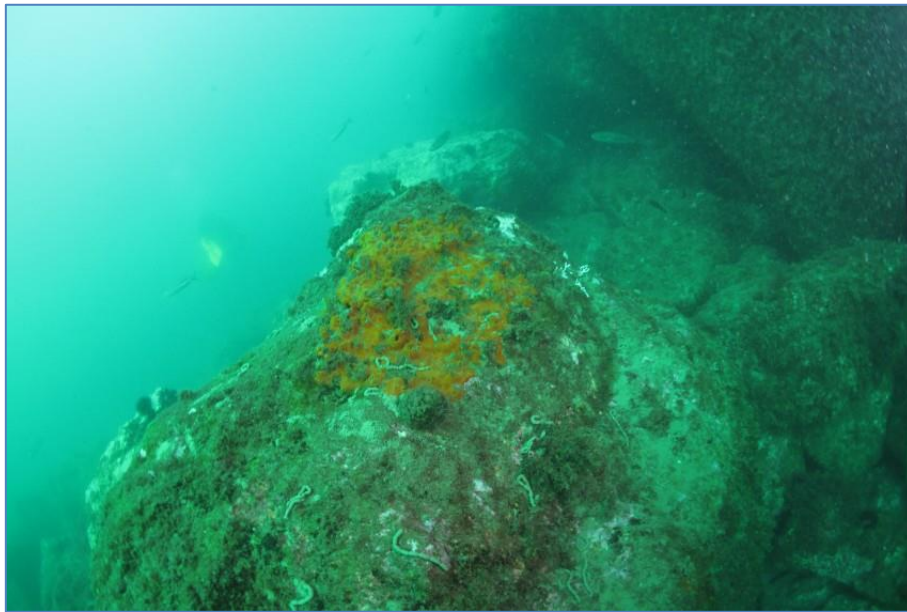


Ilustración 55. *Crambe crambe*



Ilustración 56. *Crambe crambe* y *Serranus cabrilla* en AEMC



Ilustración 57. *Leptogorgia sarmentosa* y *L. lusitanica*



Ilustración 58. *Simnia spelta* sobre *Leptogorgia lusitanica*



Ilustración 59. *Holoturia forskalii*



Ilustración 60. *Epinephelus marginatus*

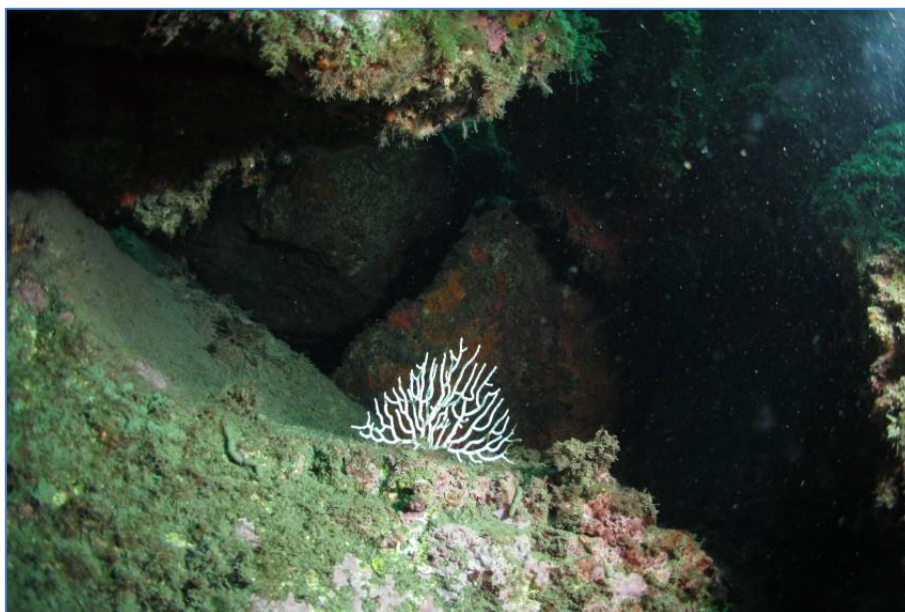


Ilustración 61. *Eunicella verrucosa* en AEMC y GS



Ilustración 62. *Leptogorgia sarmentosa* y nudibranquio *Hypselodoris* sp.



Ilustración 63. Puesta de nudibranquio

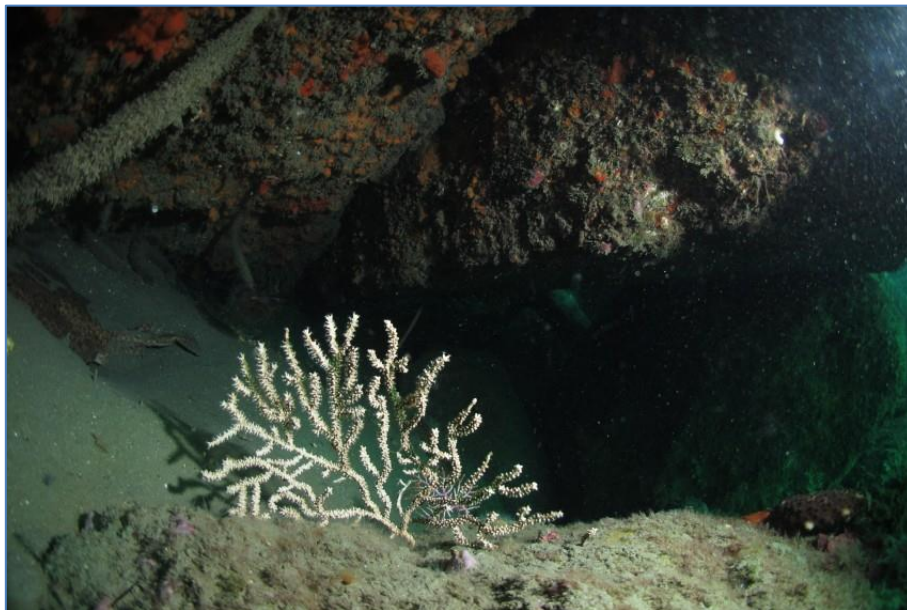


Ilustración 64. *Eunicella labiata* en AEIC/GS. *Torpedo marmorata* sobre la arena



Ilustración 65. *Sabella sp.*



Ilustración 66. *Leptogorgia sarmentosa* junto a *Holothuria tubulosa*



Ilustración 67. *Aiptasia mutabilis* y *Holothuria sanctori*

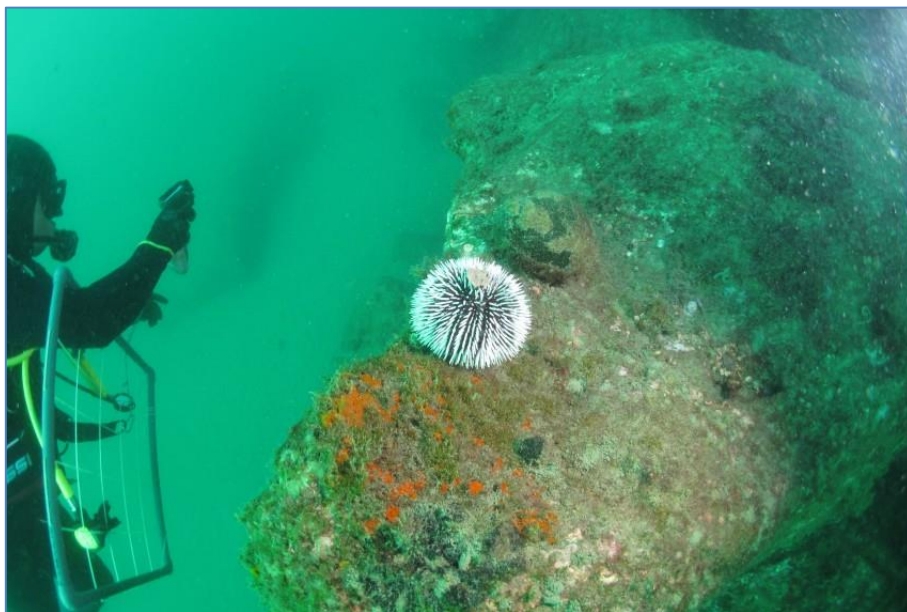


Ilustración 68. *Sphaerechinus granularis*



Ilustración 69. Banco de *Chromis chromis* y *Boops boops* sobre AFIC/AEMC

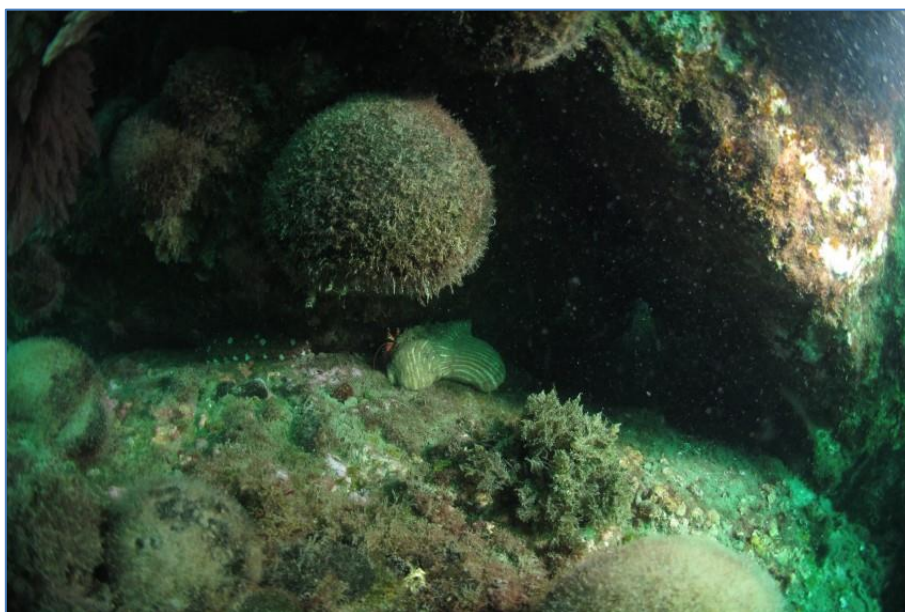


Ilustración 70. Cangrejo ermitaño *Dardanus calidus* y Anemonas *Calliactis parasitica*



Ilustración 71. *Codium bursa* y algas incrustantes



Ilustración 72. *Coscinasterias tenuispina*



Ilustración 73. *Cladocora caespitosa*



Ilustración 74. *Anemonia sulcata*



Ilustración 75. *Hexaples trunculus*

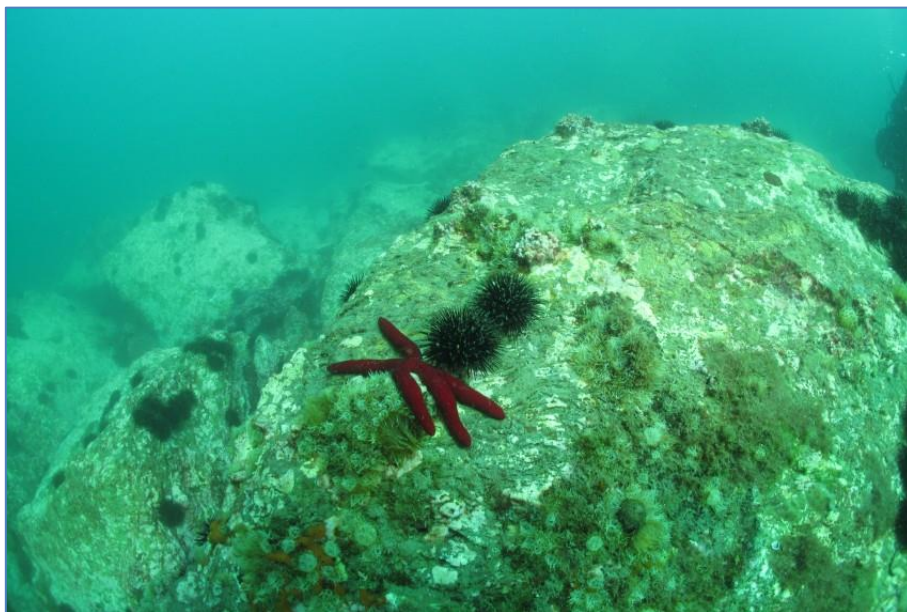


Ilustración 76. *Ophidiaster ophidianus*



Ilustración 77. Ramoneo de erizos sobre la comunidad AFIC con rodofitas incrustantes



Ilustración 78. Comunidad AEMC



Ilustración 79. *Cerianthus membranaceus*



Ilustración 80. Benio



Ilustración 81. Plumarias junto a *Crambe crambe* en la comunidad AEMC

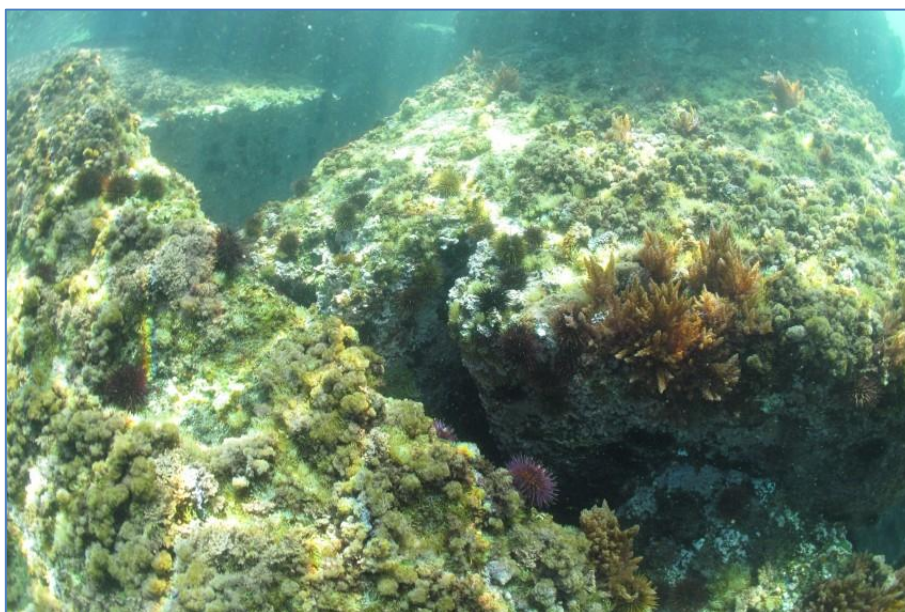


Ilustración 82. *Corallina elongata*, *Jania rubens* y *Asparagopsis armata* en AFIC

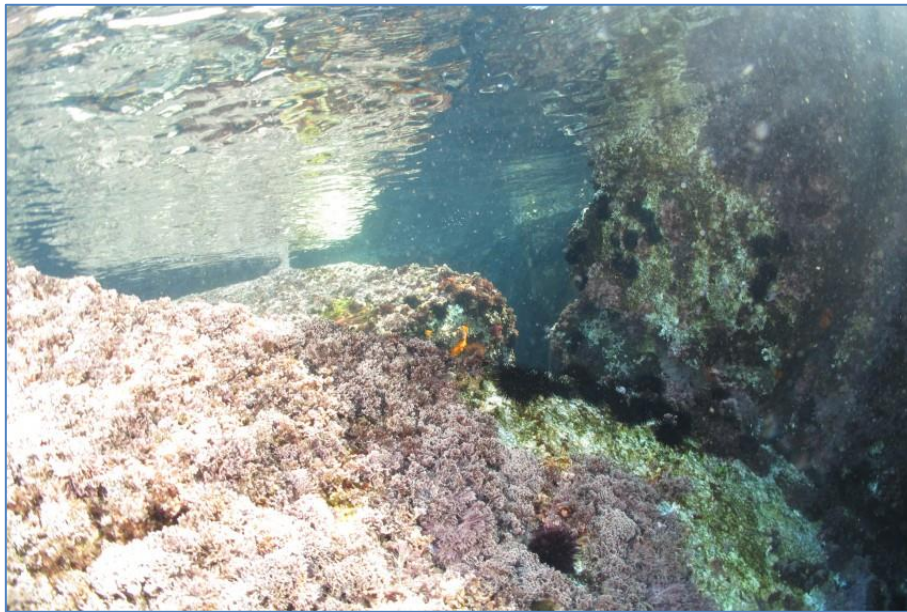


Ilustración 83. Cinturón de *Corallina elongata* en el AFIC superior



Ilustración 84. *Arbacia lixula*, *Astroides calycularis* y *Actinia equina*

7.2.2 Inmersión 2



Ilustración 85. Comunidad AFIC. *Holothuria* spp., *Anemonia sulcata* y *Codium bursa*

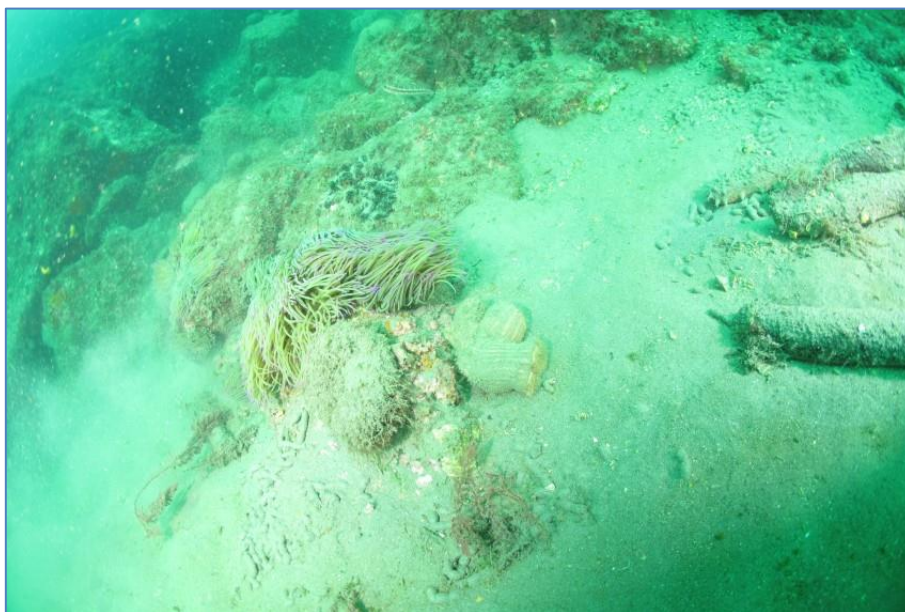


Ilustración 86. *Anemonia sulcata*, *Dardanus calidus* y *Calliactis parasitica*



Ilustración 87. AFIC



Ilustración 88. *Torpedo marmorata*



Ilustración 89. *Leptogorgia sarmentosa*



Ilustración 90. *Eunicella verrucosa*, *Anemonia sulcata* y *Crambe crambe*

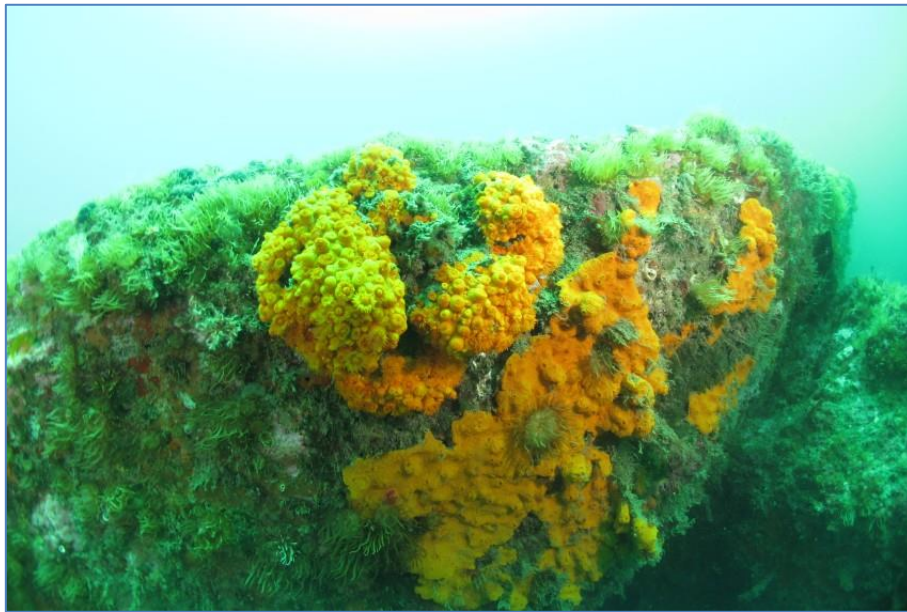


Ilustración 91. *Astroides calycularis* y *Aiptasia* spp.



Ilustración 92. *Pinna rudis*

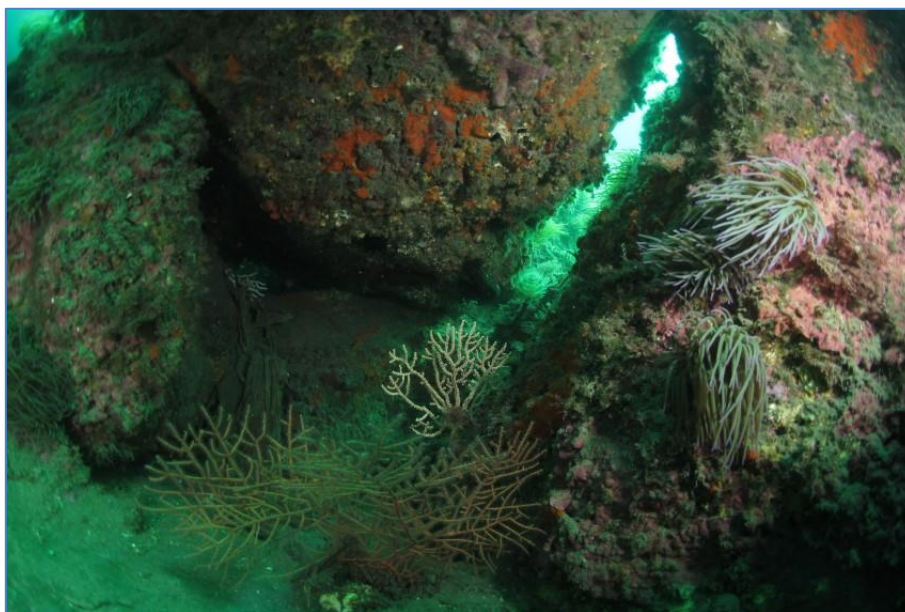


Ilustración 93. *Leptogorgia sarmentosa*, *Eunicella labiata*, algas incrustantes y *Anemonia sulcata*

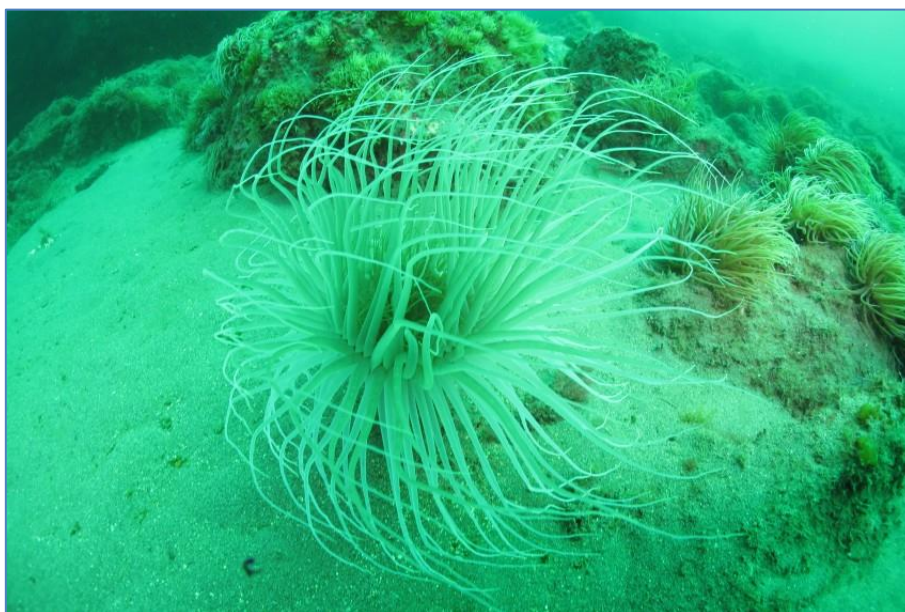


Ilustración 94. *Cerianthus membranaceus*



Ilustración 95. *Venerupis sp.*



Ilustración 96. Fondos secundarios de guijarros

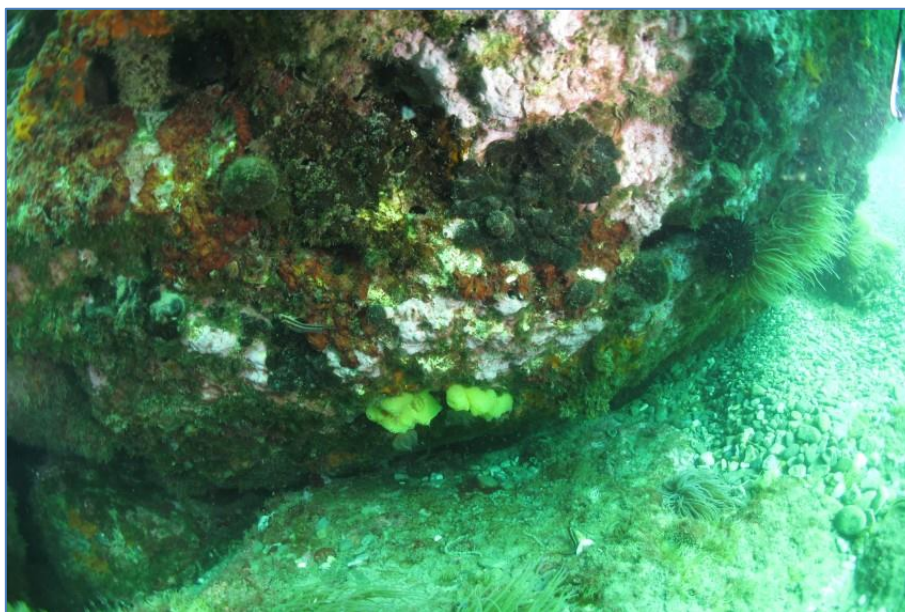


Ilustración 97. AEMC con *Peyssonnelia sp.* y *Clathrina sp.*



Ilustración 98. *Epinephelus alexandrinus* junto a *Coris julis* en AFIC



Ilustración 99. GS



Ilustración 100. Bloques sobre fondos sedimentarios

7.2.3 Inmersión 3



Ilustración 101. Embarcación de muestreo junto al espaldón



Ilustración 102. Coralináceas junto a *Mytilus galloprovincialis*



Ilustración 103. AFIC con *Chromis chromis*



Ilustración 104. AFIC con *Crambe crambe*



Ilustración 105. *Codium bursa*



Ilustración 106. Red fantasma



Ilustración 107. AFIC/AEMC con *Anemonia sulcata*, *Crambe crambe* y feofitas

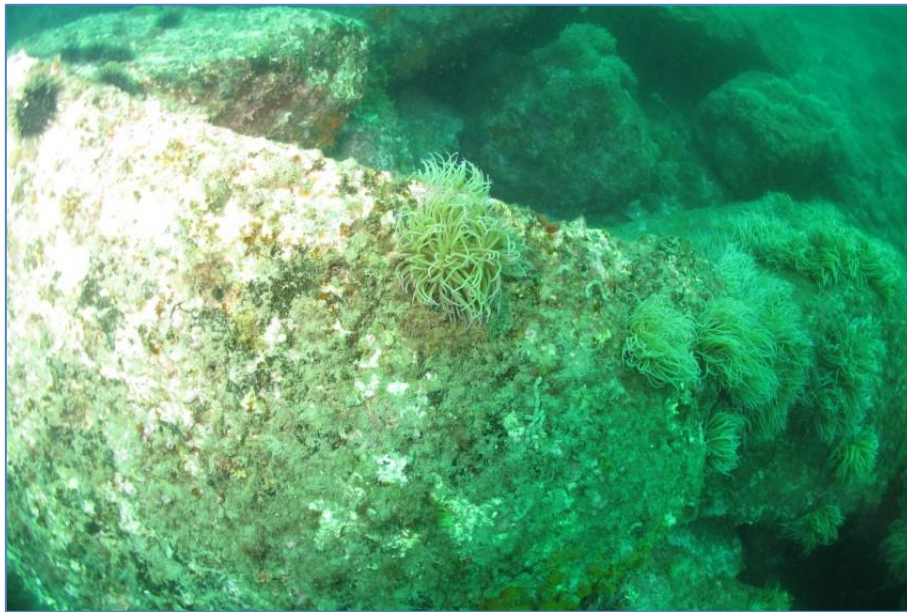


Ilustración 108. *Anemonia sulcata* y rodofitas incrustantes



Ilustración 109. *Asparagopsis* sp.

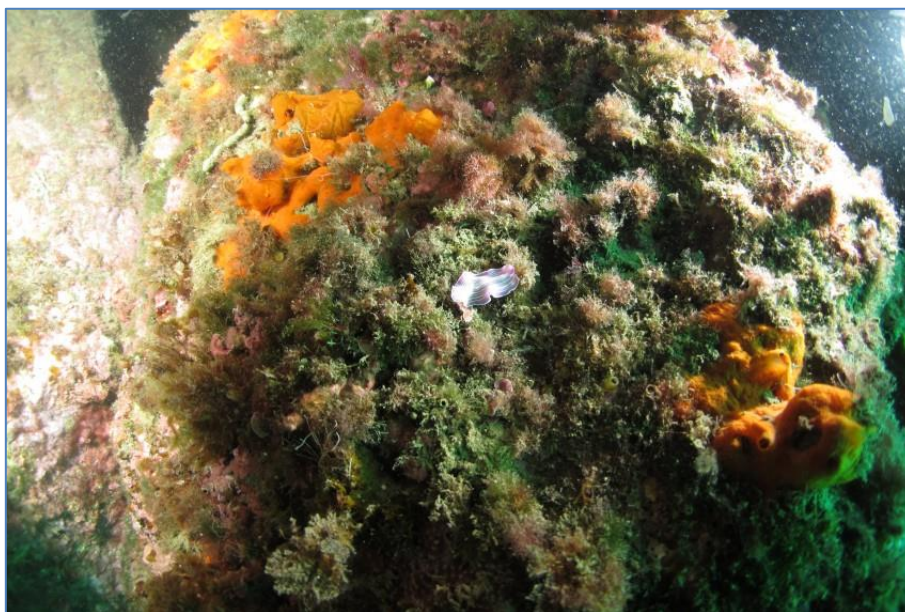


Ilustración 110. *Prostheceraeus roseus*, junto a feofitas, rodofitas y *Crambe crambe*



Ilustración 111. *Aiptasia spp.*



Ilustración 112. *Anemonia sulcata* y *Aiptasia* spp.

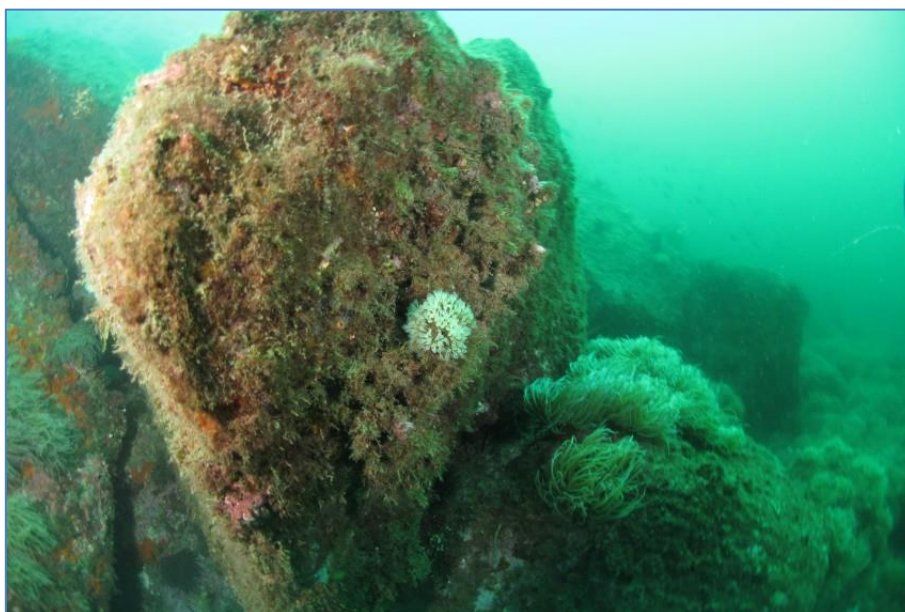


Ilustración 113. *Clavellina nana*



Ilustración 114. Rodofitas incrustantes



Ilustración 115. *Echinaster sepositus*



Ilustración 116. *Arbacia lixula* y *Sphaerechinus granularis*



Ilustración 117. *Paracentrotus lividus* (cara ventral)



Ilustración 118. Comunidad ABC y AFIC/AEMC



Ilustración 119. *Cliona celata* en AEMC

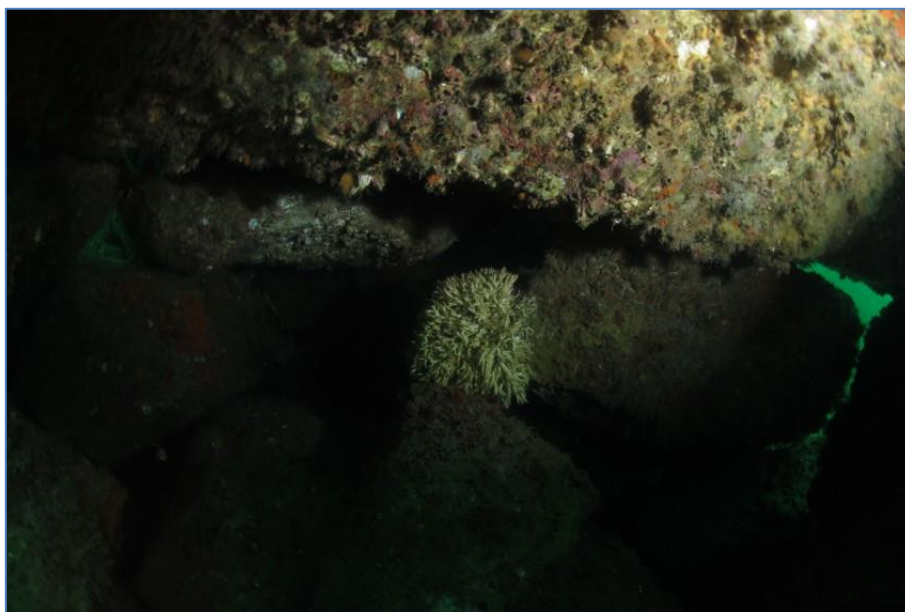


Ilustración 120. *Filograna implexa* junto a *Balanus perforatus* en GS



Ilustración 121. *Diplodus cervinus*



Ilustración 122. *Leptogorgia sarmentosa* junto a *Marthasterias glacialis*



Ilustración 123. *Serranus cabrilla* junto a diversos poríferos en AEMC/GS



Ilustración 124. *Holothuria tubulosa*



Ilustración 125. *Azorinus chamasolen*

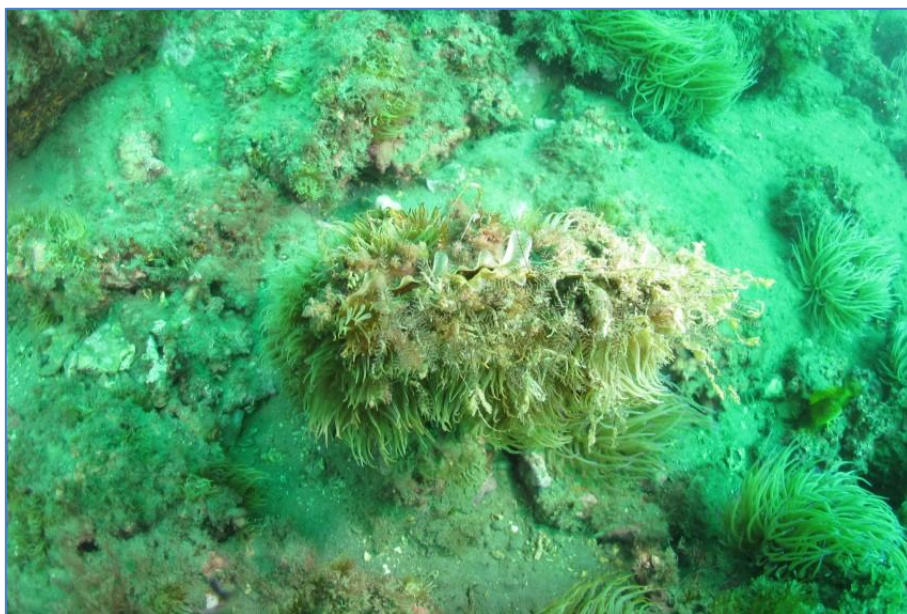


Ilustración 126. *Pinna rudis*

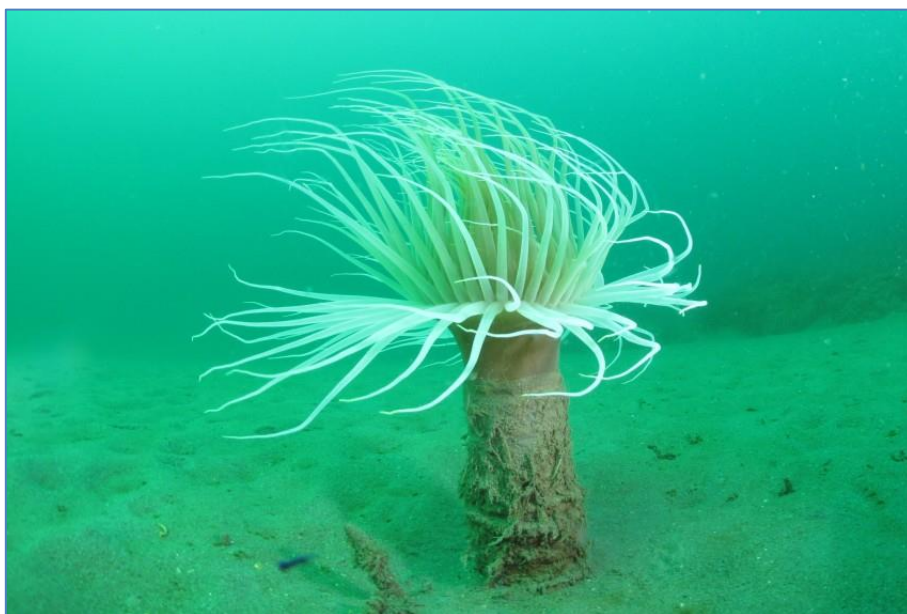


Ilustración 127. *Cerianthus membranaceus*



Ilustración 128. *Botrylloides leachii*

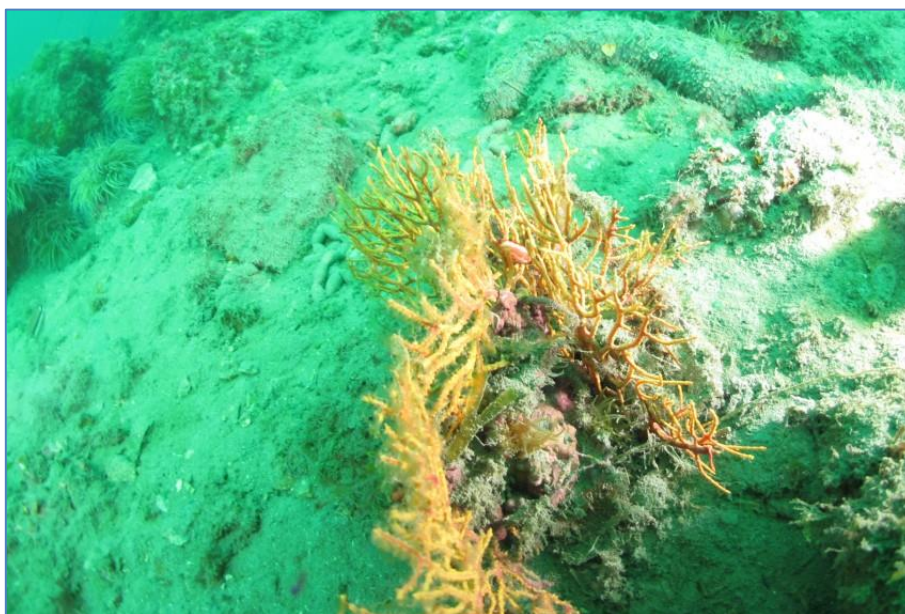
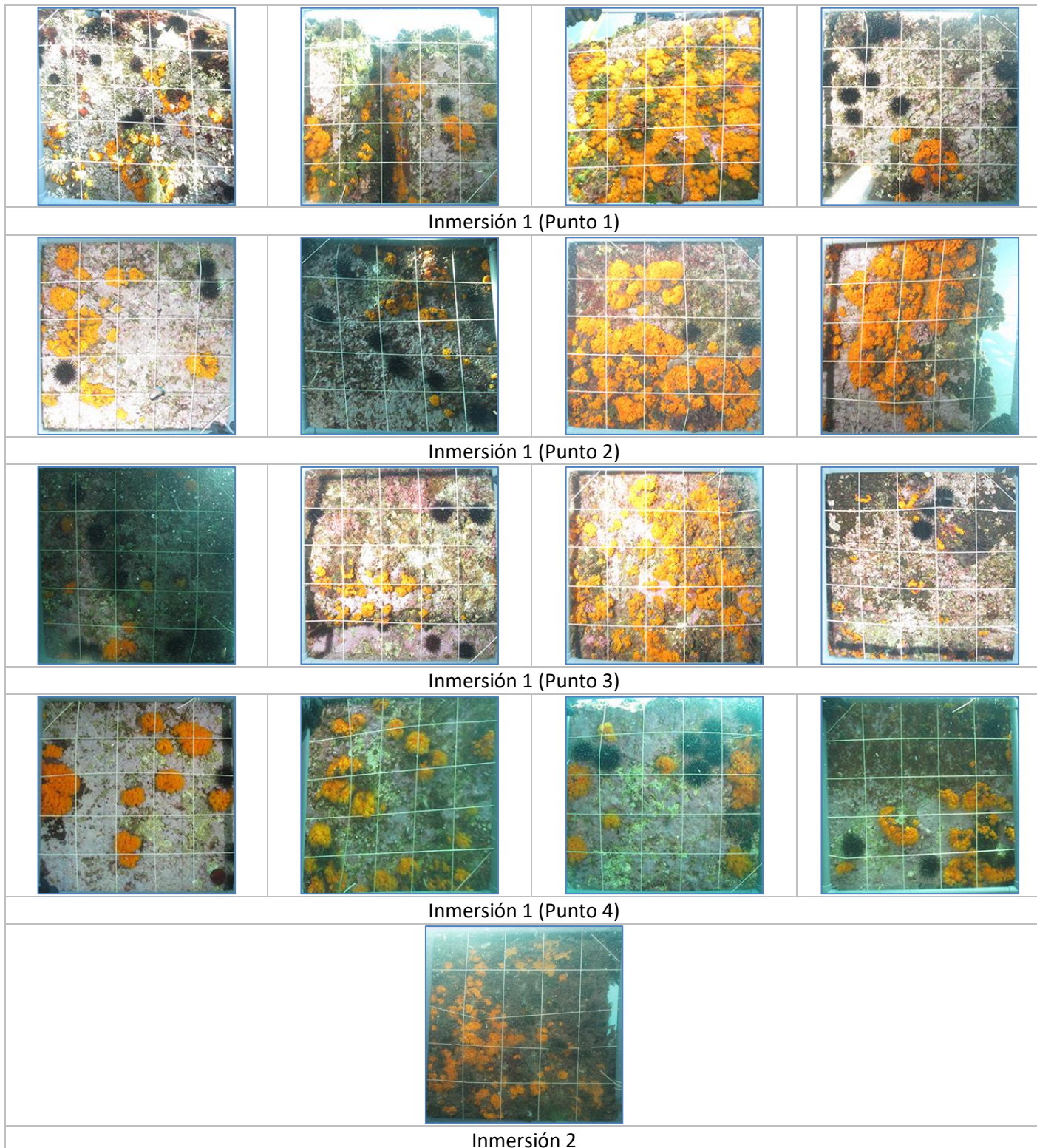


Ilustración 129. *Simnia spelta* sobre *Leptogorgia sarmentosa*

7.3 Anexo III. Fotografías de calicatas para cobertura de Astroides



7.4 Anexo IV. Grabaciones submarinas (Vídeo remolcado)