



## **PROYECTO DE CULTIVO DE PECES EN LA PLATAFORMA LITORAL DEL SECTOR NORTE DE LA REGIÓN DE MURCIA**

**Ref: DT2019/018**

**ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL**

**BLUE AND GREEN, SLU.**





# PROYECTO DE CULTIVO DE PECES EN LA PLATAFORMA LITORAL DEL SECTOR NORTE DE LA REGIÓN DE MURCIA

**ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL**  
Ref: DT2019/018

**PROMOTOR**  
BLUE AND GREEN, SLU.

**COORDINADOR**  
**Antonio Belmonte Ríos** (*Lcdo. Biología*)

**EQUIPO DE TRABAJO**  
Pedro Alfonso Miñano Alemán (*Lcdo. Biología*)  
Tomás Senabre González (*Lcdo. Biología*)  
María José López Hernández (*Lcda. Ciencias Ambientales*)  
José Gabriel Hernández Ruiz (*Tec. Sup. Química Ambiental*)

**MURCIA, ENERO 2019**

---



### **MURCIA**

**Polig Ind. Oeste**  
**C/ Uruguay, s/n - Parc 8/27 Nave 31**  
**30820 Alcantarilla (MURCIA)**  
**Tfno: 968 845 265 / Fax: 968 894 354**  
**taxon@taxon.es**

### **CANARIAS**

**C/ Amanecer, Nº30. Local 3 Dcha.**  
**La Laguna. 38206 S/C Tenerife.**  
**Tfno: 922 514 696 / Fax: 922 825 596**  
**canarias@taxon.es**

### **COMUNIDAD VALENCIANA**

**C/ Reina Victoria, Nº 114, bajo.**  
**03201 Elche (Alicante).**  
**Tfno: 966 618 136**  
**comvalenciana@taxon.es**

Copyright © 2019 Taxon Estudios Ambientales, S.L.

---

Los datos y resultados generados por este trabajo son propiedad del Promotor del mismo.

---

Los derechos sobre la propiedad intelectual de este documento pertenecen a los autores de los respectivos apartados.

---

Ninguna parte del presente documento puede ser copiada, almacenada, reproducida o transmitida por ningún medio electrónico, fotocopia, registro u otros medios sin permiso por escrito del Promotor y autores.

---

## índice

### 1. INTRODUCCIÓN *pag. 1*

- 1.1. ANTECEDENTES *pag. 1*
- 1.2. OBJETO DEL ESTUDIO *pag. 3*
- 1.3. JUSTIFICACIÓN DE LA APLICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL ORDINARIO *pag. 3*
- 1.4. ALCANCE DEL ESTUDIO *pag. 3*

### 2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO *pag. 5*

- 2.1. ÁMBITO DE ESTUDIO *pag. 5*
  - 2.1.1. LOCALIZACIÓN DE LAS INSTALACIONES *pag. 6*
- 2.2. CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO *pag. 7*
  - 2.2.1. ESTRUCTURAS DE LA INSTALACIÓN *pag. 7*
- 2.3. SISTEMA DE EXPLOTACIÓN *pag. 10*
  - 2.3.1. Especies a cultivar *pag. 10*
  - 2.3.2. Fases de explotación *pag. 10*
  - 2.3.3. Medios de transporte *pag. 12*
  - 2.3.4. Cargas de explotación *pag. 12*
- 2.4. CONSUMO DE RECURSOS *pag. 13*
  - 2.4.1. Alimentación *pag. 13*
  - 2.4.2. Energía *pag. 13*
  - 2.4.3. Productos químicos *pag. 14*
- 2.5. VERTIDOS Y RESIDUOS *pag. 16*
  - 2.5.1. Vertidos *pag. 16*
  - 2.5.2. Residuos *pag. 17*
- 2.6. CUANTIFICACIÓN DE LOS VERTIDOS *pag. 17*
  - 2.6.1. Vertido de materia orgánica *pag. 17*
  - 2.6.2. Fouling *pag. 26*
  - 2.6.3. Carga bacteriana *pag. 26*
  - 2.6.4. Aceites y combustibles *pag. 27*
  - 2.6.5. Productos químicos específicos *pag. 28*
- 2.7. EMISIONES SONORAS *pag. 28*
- 2.8. EMISIONES ATMOSFÉRICAS *pag. 30*

### 3. ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS *pag. 33*

- 3.1. LOCALIZACIÓN DE ALTERNATIVAS *pag. 33*
- 3.2. BIONOMÍA Y PUNTOS DE VIDEO *pag. 35*
- 3.3. ANÁLISIS DE LAS DIFERENTES ALTERNATIVAS *pag. 41*
  - 3.3.1. ALTERNATIVA 0 *pag. 41*
  - 3.3.2. ALTERNATIVA I *pag. 41*
  - 3.3.3. ALTERNATIVA II *pag. 46*
  - 3.3.4. ALTERNATIVA III *pag. 49*
- 3.4. SELECCIÓN INICIAL DE ALTERNATIVAS *pag. 55*

### 4. DIAGNÓSTICO TERRITORIAL Y MEDIO AMBIENTE AFECTADO POR EL PROYECTO *pag. 57*

---

- 4.1. CLIMA ATMOSFÉRICO *pag. 59*
    - 4.1.1. RÉGIMEN DE VIENTOS *pag. 61*
  - 4.2. CLIMA MARINO - OCEANOGRAFÍA *pag. 63*
    - 4.2.1. OLEAJE *pag. 63*
    - 4.2.2. REGIMEN DE CORRIENTES. ESTRUCTURA HIDROGRÁFICA. *pag. 67*
  - 4.3. HIDROGRAFIA *pag. 78*
    - 4.3.1. ESTRUCTURA TERMOHALINA *pag. 78*
    - 4.3.2. RÉGIMEN TRÓFICO *pag. 81*
  - 4.4. GEOLOGÍA *pag. 91*
    - 4.4.1. ESTRATIGRAFÍA *pag. 91*
    - 4.4.2. TECTÓNICA *pag. 93*
    - 4.4.3. GEOMORFOLOGÍA LITORAL *pag. 94*
  - 4.5. SEDIMENTO MARINO *pag. 98*
    - 4.5.1. CAMPAÑA DE MUESTREO *pag. 103*
    - 4.5.2. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO *pag. 103*
    - 4.5.3. CONTENIDO EN MATERIA ORGÁNICA *pag. 106*
    - 4.5.4. POTENCIAL REDOX *pag. 107*
    - 4.5.5. MACROFAUNA BENTÓNICA *pag. 109*
  - 4.6. CALIDAD DE AGUA *pag. 121*
    - 4.6.1. NUTRIENTES INORGÁNICOS *pag. 121*
    - 4.6.2. MATERIALES EN SUSPENSIÓN *pag. 123*
    - 4.6.3. CALIDAD MICROBIOLÓGICA *pag. 123*
  - 4.7. MEDIO BIÓTICO (HÁBITATS) *pag. 125*
    - 4.7.1. INTRODUCCIÓN *pag. 125*
    - 4.7.2. DETRÍTICO COSTERO *pag. 128*
    - 4.7.3. COMUNIDADES PLANCTÓNICAS *pag. 136*
    - 4.7.4. ICTIOFAUNA *pag. 139*
    - 4.7.5. PRESENCIA DE ESPECIES DE INTERÉS ESPECIAL *pag. 140*
  - 4.8. MEDIO PERCEPTIVO *pag. 149*
  - 4.9. SOCIOECONOMÍA *pag. 149*
    - 4.9.1. POBLACIÓN *pag. 149*
    - 4.9.2. EMPLEO *pag. 151*
    - 4.9.3. ACTIVIDAD ECONÓMICA *pag. 152*
    - 4.9.4. ACTIVIDAD PORTUARIA *pag. 153*
    - 4.9.5. PESCA *pag. 155*
    - 4.9.6. ACUICULTURA *pag. 160*
    - 4.9.7. USOS TURÍSTICOS Y RECREATIVOS *pag. 162*
  - 4.10. PLANIFICACIÓN TERRITORIAL E INFRAESTRUCTURAS *pag. 164*
    - 4.10.1. COMPATIBILIDAD CON LA PLANIFICACIÓN TERRITORIAL *pag. 164*
    - 4.10.2. NAVES DE USO ACUÍCOLA DEL PUERTO DE SAN PEDRO DEL PINATAR *pag. 165*
  - 4.11. ESPACIOS NATURALES PROTEGIDOS *pag. 166*
    - 4.11.1. ZEPA *pag. 166*
    - 4.11.2. LUGARES DE INTERÉS COMUNITARIO *pag. 167*
  - 4.12. PATRIMONIO CULTURAL *pag. 169*
    - 4.12.1. RESTOS ANTRÓPICOS - PECIOS *pag. 172*
  - 4.13. OTROS PLANES Y PROGRAMAS *pag. 178*
-

- 4.13.1. DIRECTIVA MARCO DEL AGUA (DMA). [pag. 178](#)
- 4.13.2. DIRECTIVA SOBRE LA ESTRATEGIA MARINA EUROPEA (DMEM) [pag. 183](#)
- 4.13.3. CONVENIO DE BARCELONA (MEDPOL) [pag. 187](#)
- 4.13.4. PLAN DE ORDENACIÓN TERRITORIAL DEL LITORAL DE LA REGIÓN DE MURCIA [pag. 190](#)

## **5. EVALUACIÓN DE EFECTOS** [pag. 195](#)

- 5.1. ACCIONES SUSCEPTIBLES DE PRODUCIR IMPACTOS [pag. 195](#)
  - 5.1.1. FASE DE CONSTRUCCIÓN [pag. 195](#)
  - 5.1.2. FASE DE FUNCIONAMIENTO [pag. 196](#)
  - 5.1.3. FASE DE ABANDONO [pag. 197](#)
- 5.2. DESCRIPCIÓN DE LOS FACTORES AMBIENTALES SUSCEPTIBLES DE RECIBIR IMPACTOS [pag. 197](#)
  - 5.2.1. MEDIO FÍSICO [pag. 197](#)
  - 5.2.2. MEDIO BIÓTICO [pag. 197](#)
  - 5.2.3. MEDIO PERCEPTIVO [pag. 198](#)
  - 5.2.4. MEDIO SOCIOECONÓMICO [pag. 198](#)
- 5.3. MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS [pag. 199](#)
  - 5.3.1. METODOLOGÍA. MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS [pag. 199](#)
  - 5.3.2. DESCRIPCIÓN DE LA MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS [pag. 202](#)
- 5.4. CARACTERIZACIÓN/EVALUACIÓN DE IMPACTOS [pag. 206](#)
  - 5.4.1. INTRODUCCIÓN [pag. 206](#)
  - 5.4.2. IMPACTO SOBRE LA CALIDAD DEL AIRE Y SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO [pag. 206](#)
  - 5.4.3. IMPACTO SOBRE LA CALIDAD DEL AGUA [pag. 210](#)
  - 5.4.4. IMPACTO SOBRE LA CALIDAD DEL SEDIMENTO [pag. 221](#)
  - 5.4.5. DETERIORO DE LA BIOCENOSIS FONDOS DE FANGO [pag. 232](#)
  - 5.4.6. IMPACTO SOBRE LAS AVES MARINAS [pag. 235](#)
  - 5.4.7. IMPACTO SOBRE COMUNIDADES ICTICAS LOCALES [pag. 237](#)
  - 5.4.8. IMPACTO SOBRE OTRAS PESQUERÍAS [pag. 238](#)
  - 5.4.9. RIESGO DE EUTROFIZACION [pag. 238](#)
  - 5.4.10. ACTIVIDAD PESQUERA [pag. 245](#)
  - 5.4.11. INCREMENTO DE LA ACTIVIDAD ECONÓMICA [pag. 247](#)
  - 5.4.12. EVALUACIÓN DE REPERCUSIONES SOBRE LA RED NATURA 2000 [pag. 248](#)
- 5.5. TOTALIZACIÓN DE LOS IMPACTOS [pag. 257](#)

## **6. MEDIDAS CORRECTORAS** [pag. 259](#)

- 6.1. FASE DE CONSTRUCCIÓN [pag. 259](#)
  - 6.2. FASE FUNCIONAMIENTO [pag. 259](#)
    - 6.2.1. VERTIDO MATERIA ORGÁNICA PARTICULADA [pag. 259](#)
    - 6.2.2. VERTIDOS ACCIDENTALES Y NUTRIENTES. [pag. 260](#)
    - 6.2.3. OTRAS PESQUERÍAS [pag. 260](#)
    - 6.2.4. TRANSMISIÓN DE ENFERMEDADES [pag. 261](#)
    - 6.2.5. AVES MARINAS [pag. 261](#)
-

6.2.6. POBLACIÓN DE CETÁCEOS *pag. 261*

6.2.7. MANUAL DE BUENAS PRÁCTICAS EN ACUICULTURA *pag. 262*

## **7. EVALUACIÓN TRAS MEDIDAS CORRECTORAS *pag. 265***

## **8. PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL *pag. 267***

8.1. PLANTEAMIENTO Y ESQUEMA CONCEPTUAL *pag. 267*

8.2. DISEÑO DEL PLAN DE VIGILANCIA *pag. 269*

8.2.1. COMUNIDADES OBJETIVO Y DESCRIPTORES EMPLEADOS *pag. 269*

8.2.2. DISEÑO DE MUESTREO *pag. 272*

## **9. BIBLIOGRAFÍA *pag. 277***

## **10. ANEXO I. ESTUDIOS COMPLEMENTARIOS *pag. 291***

10.1. CARTOGRAFIADO BIONÓMICO MEDIANTE SONAR DE BARRIDO LATERAL *pag. 292*

10.1.1. OBJETO DEL ESTUDIO *pag. 293*

10.1.2. TRABAJO DE CAMPO. METODOLOGÍA Y EQUIPOS *pag. 294*

10.1.3. RESULTADOS OBTENIDOS *pag. 305*

10.2. CAMPAÑA DE VERIFICACIÓN MEDIANTE VÍDEO SUBMARINO *pag. 313*

10.3. CAMPAÑAS DE TOMA DE MUESTRAS SEDIMENTO E INFAUNA *pag. 320*

## **11. ANEXO II: IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO HIDRODINÁMICO PARA LA SIMULACIÓN DE LOS VERTIDOS. *pag. 323***

11.1. OBJETIVOS GENERALES *pag. 323*

11.2. MODELO HIDRODINÁMICO LAGRANGIANO. DEPOMOD. *pag. 323*

11.3. MODELO HIDRODINÁMICO EULERIANO. MOHID. *pag. 324*

11.4. FORZANTES *pag. 325*

11.4.1. BATIMETRÍA *pag. 325*

11.4.2. CORRIENTES *pag. 326*

11.4.3. CALIDAD DE AGUAS *pag. 328*

11.5. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN *pag. 330*

11.6. CALIBRACIÓN DEL MODELO DE DISPERSIÓN *pag. 348*

11.7. MODELO DE SIMULACIÓN DE LOS VERTIDOS PARTICULADOS *pag. 353*

11.7.1. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN *pag. 353*

11.8. MODELO DE SIMULACIÓN DE LOS VERTIDOS DISUELTOS *pag. 354*

## **12. ANEXO III. EVALUACIÓN DE REPERCUSIONES SOBRE LA RED NATURA 2000 *pag. 357***

12.1. INTRODUCCIÓN *pag. 357*

12.2. ALTERNATIVAS CONSIDERADAS *pag. 358*

12.3. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO PARA CADA ALTERNATIVA *pag. 359*

12.4. LUGARES DE LA RED NATURA 2000 IMPLICADOS EN EL PROYECTO *pag. 362*

12.4.1. LOCALIZACIÓN Y ÁMBITO TERRITORIAL *pag. 362*

12.4.2. OBJETIVOS DE CONSERVACIÓN DE LOS ESPACIOS PROTEGIDOS *pag. 366*

12.4.3. PAPEL EN LA RED NATURA 2000 *pag. 367*

- 12.4.4. PRESIONES Y AMENAZAS RECONOCIDAS *pag. 368*
- 12.5. OBJETIVOS DE CONSERVACIÓN POTENCIALMENTE AFECTADOS POR EL PROYECTO *pag. 370*
  - 12.5.1. HÁBITATS OBJETO DE CONSERVACIÓN *pag. 370*
  - 12.5.2. ESPECIES *pag. 371*
- 12.6. IMPACTOS POTENCIALES DEL PROYECTO SOBRE RN2000 *pag. 372*
- 12.7. DETERMINACIÓN CUALITATIVA/CUANTITATIVA DE IMPACTOS SOBRE LA RN2000 *pag. 373*
  - 12.7.1. IMPACTO SOBRE LA COLUMNA DE AGUA *pag. 373*
- 12.8. JUSTIFICACIÓN DE LA SELECCIÓN DE ALTERNATIVA Y CONCLUSIONES *pag. 381*

### **13. ANEXO IV. CARTOGRAFÍA** *pag. 383*



# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1. ANTECEDENTES

Durante el año 2017, la Región de Murcia abarcó el 25% del total de la producción acuícola nacional situándose, de esta forma, en la primera posición a escala nacional siendo la lubina la especie que mayor crecimiento productivo ha experimentado en los últimos años en la Región con una tendencia continua al alza.

Así, las principales especies cultivadas en la Región de Murcia corresponden a la lubina y la dorada, con una producción total en 2017 de 11000 Tm entre ambas especies suponiendo incremento del 12% respecto al año anterior. A su vez, la comercialización desde Murcia es mucho mayor, representando el 60% de la cuota de mercado nacional ya que algunos grupos empresariales concentran aquí las operaciones de sus plantas situadas en otras comunidades autónomas como es el caso del Grupo CULMAREX.

La empresa The Blue and Green Piscifactorías del Sureste, SLU., perteneciente al Grupo CULMAREX, posee una concesión en el Polígono de Acuicultura de San Pedro del Pinatar autorizada para el cultivo de 1500 Tm de lubina y dorada. Sin embargo, la superficie de ocupación actualmente autorizada se encuentra en el límite de extensión para contener el total de jaulas necesarias para alcanzar dicha producción, no permitiendo el desplazamiento de las mismas en su interior para posibilitar la recuperación de fondos.

Con esto, la concesión de Blue and Green, SLU. se encuentra en una situación límite que conduce a la solicitud de una nueva concesión de mayor superficie y proximidad al resto de concesiones del grupo lo que repercutirá en una notable mejora en la eficiencia y costes de producción.

El proyecto objeto de estudio supone una apuesta del Grupo Culmarex para seguir cultivando en la Región de Murcia lubina y dorada, afianzando la producción de estas dos especies aumentando la proyección de producción a cultivar. Para ello, dada a la situación expuesta de la parcela correspondiente a The Blue and Green Piscifactorías del Sureste, SL, se presenta este proyecto como una nueva concesión buscando mar abierto.

Actualmente, el grupo CULMAREX posee cuatro concesiones en el Polígono de Acuicultura del San Pedro del Pinatar, una de ellas bajo la denominación de BLUE & GREEN PISCIFACTORIAS DEL SURESTE, SLU. (CIF Nº B-30724215) y tres LEBECHE SPAIN SLU. (tres concesiones denominadas a efectos prácticos como San Pedro 1, San Pedro 2 y San Pedro 3). Además, es la actual titular de las parcelas D y E del Polígono de Cultivos Marinos del Gorguel y otra más, CULMAREX, en Águilas.

Fuera de la Región de Murcia, el grupo posee las instalaciones de PIAGUA, CULTIVOS PONTO, LEBECHE CARBONERAS y PESCAVIVA REAL en Andalucía; GRAMABASA, BERSOLAZ y BASADEMAR en Valencia y el criadero ABSA en Baleares.



**Figura 1:** Localización de las concesiones del Grupo Culmarex.

En conjunto, todas estas instalaciones sitúan al GRUPO CULMAREX como líder nacional en la producción de dorada y lubina. En el año 2011 COOKE AQUACULTURE, cuarto grupo salmonero mundial, adquirió la totalidad del GRUPO CULMAREX.

La empresa ha apostado por el cultivo sostenible y de alta calidad de la mano de la mejora medioambiental, social y económica continua. Así todas las granjas marinas del GRUPO CULMAREX están certificadas bajo un [Sistema de Gestión Integrado](#) basado en las normas ISO 14001:2015, GLOBAL GAP, IFS, y OSHAS 18001:2007, siendo la primera empresa acuícola española en obtener estas certificaciones. En 2009 recibió el [V Premio Jacumar](#) del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino por su compromiso y gestión medioambiental. En 2010 fue también la primera empresa española en obtener la certificación "[Friend of the Sea](#)" para todas y cada una de sus granjas marinas.

The Blue and Green Piscifactorías del Sureste, SL, se encuentra interesada en la obtención de las debidas autorizaciones para la obtención de una parcela en mar abierto, sobre la plataforma litoral del sector norte de la Región de Murcia, con la finalidad de llevar a cabo la instalación de jaulas flotantes al objeto de realizar un cultivo mixto de 6720 Tm de lubina y dorada por ciclo (19 meses) que se corresponden con una producción anual de 4500 Tm, aunque no se descarta que por cambios en los mercados puedan producirse en un futuro otras especies como corvina. En consecuencia, encarga la elaboración del presente Estudio de Impacto Ambiental (en adelante EIA) como requisito indispensable para la obtención de la Declaración de Impacto Ambiental por parte de la Dirección General de Medio Ambiente de la CARM y la concesión de dominio público marítimo terrestre por parte de la Dirección General de

Sostenibilidad de la Costa y el Mar por el mayor plazo de tiempo que la ley permita.

## 1.2. OBJETO DEL ESTUDIO

Los objetivos del presente informe son evaluar las repercusiones ambientales derivadas de las instalaciones propuestas por la mercantil BLUE AND GREEN PISCIFACTORÍAS DEL SURESTE, SLU., para un cultivo mixto de 6720 Tm/ciclo de lubina y dorada (aunque no se descarta otras especies como corvina) frente a las costas de San Pedro del Pinatar (Murcia), considerando que cada ciclo de cultivo corresponde a un periodo aproximado de 19 meses, que se distribuyen en una producción de 4500 Tm anuales. Para este fin se prevé la instalación de un total de 42 jaulas de 29 m de diámetro cada una dispuestas en tres entramados.

## 1.3. JUSTIFICACIÓN DE LA APLICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL ORDINARIO

El presente proyecto de nueva concesión para el desarrollo de la actividad de cultivos marinos, no incluida en el anexo I de la Ley 21/2013, cuya tramitación ambiental debería ser sometida a Evaluación Ambiental Simplificada; a petición del Promotor, y de acuerdo con el Apartado 1d del Artículo 7 (Ámbito de aplicación de la evaluación de impacto ambiental) de la misma Ley, se solicita la tramitación ambiental sometida a Evaluación de Impacto Ambiental Ordinaria, del proyecto de cultivo de 4500 Tm anuales de lubina y dorada en una parcela de cultivo ubicada en el sector litoral norte de la Región de Murcia.

## 1.4. ALCANCE DEL ESTUDIO

La Ley 4/2009, de 14 de mayo, de Protección Ambiental Integrada determina que el Estudio de Impacto ambiental contendrá, al menos, *“...toda la documentación e información establecida por la legislación básica estatal y el análisis de las afecciones sobre los hábitats y especies a proteger cuando el proyecto pueda afectar directa o indirectamente a los espacios de la Red Natura 2000...”*. El presente documento se ajusta a la estructura sugerida en la Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental, e incluye todos los aspectos y requerimientos exigidos en la misma según el artículo 35.1 (Pág. 32):

- Descripción general del proyecto y previsiones en el tiempo sobre la utilización del suelo y de otros recursos naturales. Estimación de los tipos y cantidades de residuos vertidos y emisiones de materia o energía resultantes. (Cap. 2 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO).

- Exposición de las principales alternativas estudiadas, incluida la alternativa cero, o de no realización del proyecto, y una justificación de las principales razones de la solución adoptada, teniendo en cuenta los efectos ambientales. (Cap. 3 ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS).
- Evaluación y, si procede, cuantificación de los efectos previsibles directos o indirectos, acumulativos y sinérgicos del proyecto sobre la población, la salud humana, la flora, la fauna, la biodiversidad, la geodiversidad, el suelo, el subsuelo, el aire, el agua, los factores climáticos, el cambio climático, el paisaje, los bienes materiales, incluido el patrimonio cultural, y la interacción entre todos los factores mencionados, durante las fases de ejecución, explotación y en su caso durante la demolición o abandono del proyecto. (Cap. 5 EVALUACIÓN DE EFECTOS y Cap. 7 EVALUACIÓN TRAS MEDIDAS CORRECTORAS).
- Cuando el proyecto pueda afectar directa o indirectamente a los espacios Red Natura 2000 se incluirá un apartado específico para la evaluación de sus repercusiones en el lugar, teniendo en cuenta los objetivos de conservación del espacio. (Cap. 12 ANEXO III. EVALUACIÓN DE REPERCUSIONES SOBRE LA RED NATURA 2000 ).
- Las medidas que permitan prevenir, reducir y compensar y, en la medida de lo posible, corregir, cualquier efecto negativo relevante en el medio ambiente de la ejecución del proyecto (Cap. 6 MEDIDAS CORRECTORAS).
- La forma de realizar el seguimiento que garantice el cumplimiento de las indicaciones y medidas protectoras y correctoras contenidas en el documento ambiental (Cap. 8 PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL).
- Resumen del estudio y conclusiones en términos fácilmente comprensibles. DOCUMENTO SÍNTESIS ANEXO.

## 2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

El proyecto objeto de estudio consiste en el cultivo mixto de 6720 Tm por ciclo de lubina y dorada (19 y 16 meses respectivamente), 4.500 Tm/año, mediante la instalación de un total de 42 jaulas de 29 m de diámetro cada una, dispuestas en tres entramados longitudinales de 14 jaulas cada uno. Para ello se precisa de una nueva concesión de DPMT de 1.200.000 m<sup>2</sup> (1.500 m X 800 m) configurada en forma de polígono rectangular en cuyo interior se ubicarán los mencionados entramados de jaulas. Cada jaula con forma circular, de 29 m de diámetro interior, ocupa una superficie aproximada de unos 660 m<sup>2</sup> lo que determina una ocupación total en superficie para producción de unos 27740 m<sup>2</sup>.

### 2.1. ÁMBITO DE ESTUDIO

Con la finalidad de poder evaluar las repercusiones ambientales derivadas de las instalaciones propuestas por el proyecto objeto de estudio, se han establecido diferentes marcos de actuación para la totalidad de estudios llevados a cabo dentro del alcance de este documento.

Así, los estudios a realizar se localizarán en un marco de 6 x 9,5 km (5.700 Ha) localizado en la zona norte de la plataforma litoral de la Región de Murcia, a unas 7 millas náuticas de la línea de costa y a una profundidad media de 45 m (Figura 2) en cuyo interior quedará establecida finalmente la parcela de cultivo a solicitar. En dicho marco se desarrollan los siguientes trabajos:

- Campaña de caracterización bionómica con videotransectos.
- Estudio de bionomía.
- Estudio de sedimentos.
- Estudio de hidrodinámica.
- Estudio de dispersión y área de afección.

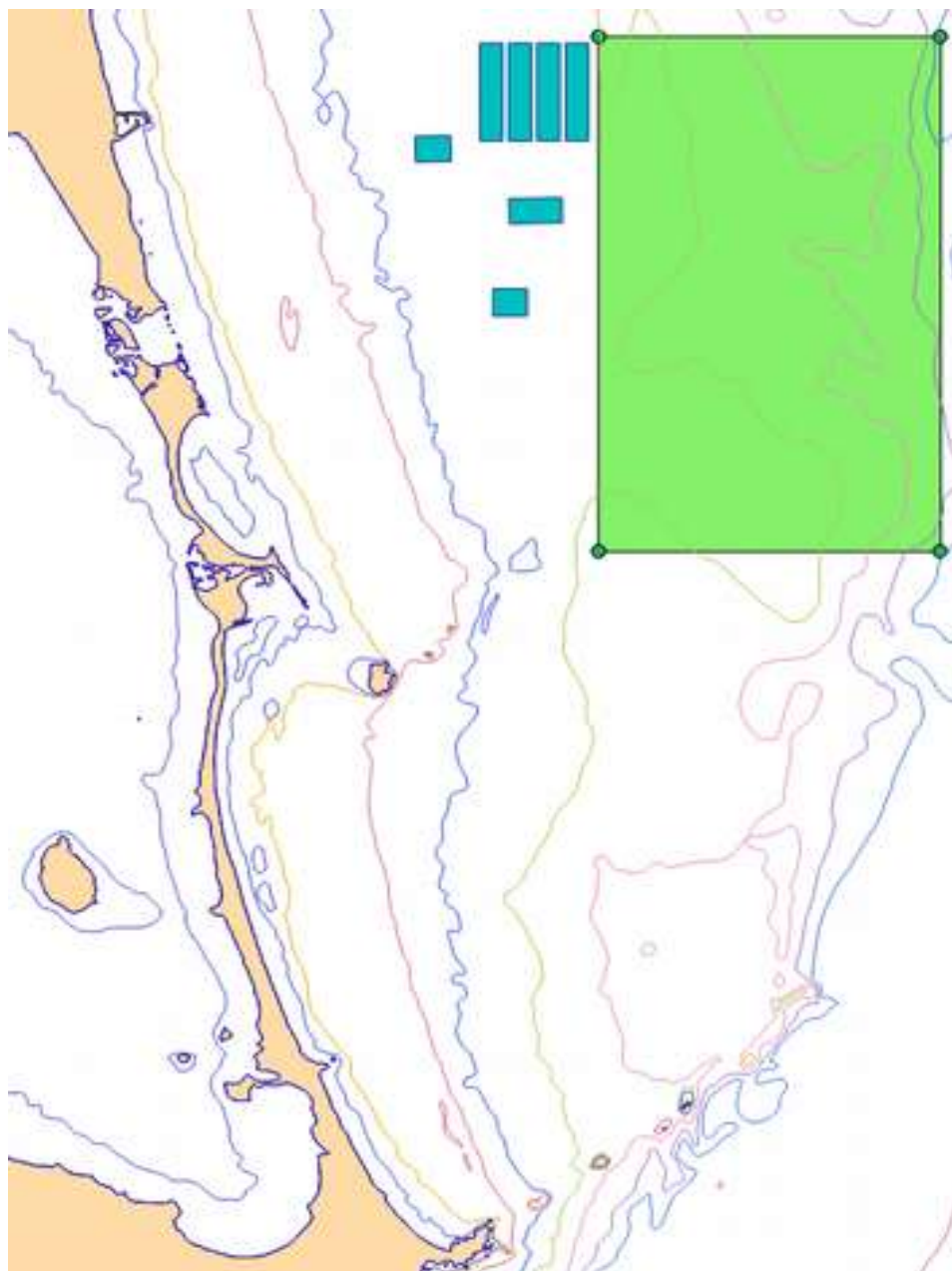


Figura 2. Área de estudio seleccionada para estudio bionómico, selección de alternativas y propuesta de emplazamiento de la concesión.

### 2.1.1. LOCALIZACIÓN DE LAS INSTALACIONES

Tras el correspondiente análisis de alternativas y selección de la situación de menor potencial impacto ambiental, técnicamente viable, descrito en el apartado 3, la parcela de cultivo a solicitar queda definida por el polígono de coordenadas:

Vértice	UTM X	UTM Y
<b>A</b>	708930	4190885
<b>B</b>	710430	4190885
<b>C</b>	710430	4190085
<b>D</b>	708930	4190085

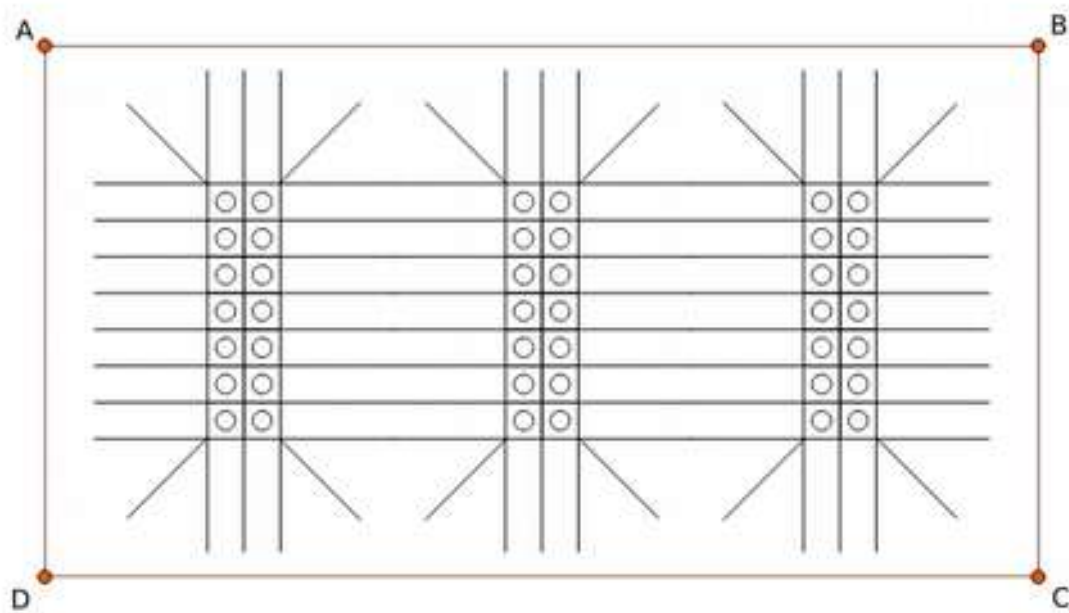


Figura 3. Esquema de la concesión a solicitar en cuyo interior se instalarán los tres trenes con un total de 42 jaulas.

## 2.2. CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO

### 2.2.1. ESTRUCTURAS DE LA INSTALACIÓN

El proyecto objeto de estudio se encuentra constituido por un total de 42 jaulas circulares de 29 m de diámetro, configuradas en tres grupos dispuestos longitudinalmente. Cada grupo se forma por dos entramados rectangulares de 7 jaulas cada uno dispuestos de forma paralela, con unas dimensiones de 403m de longitud y 115 m de ancho, a partir del cual se realiza el amarre y sustentación de la instalación.

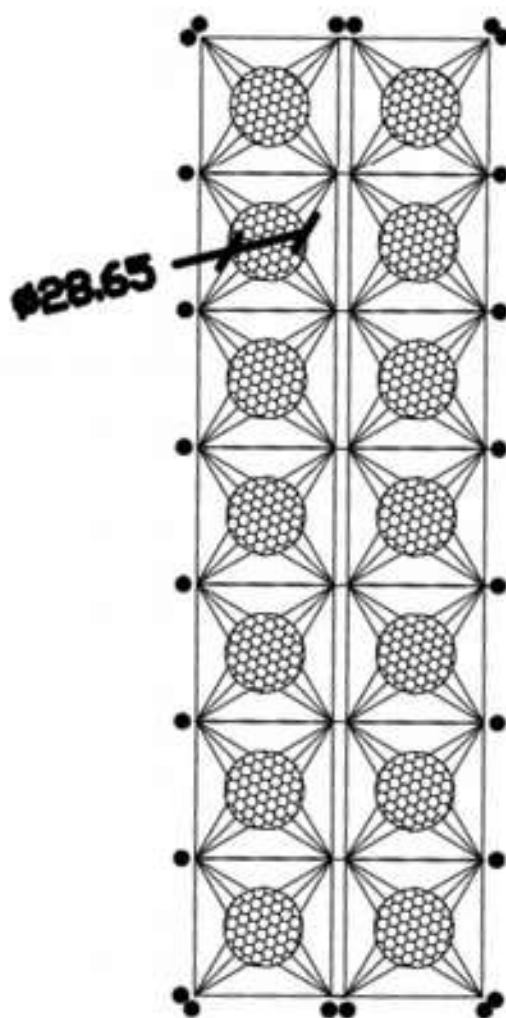


Figura 4. Esquema del entramado y disposición de jaulas de uno de los tres grupos previstos de 14 jaulas de Ø 29 m (28,65m).

Tal y como se puede apreciar en la Figura 4, el entramado de cada grupo se encuentra dividido en dos líneas de 7 marcos cada una, en la que además se aprecia la disposición del entramado y de los 24 puntos correspondientes a líneas de fondeo.

Cada jaula está integrada por el recinto o bolsa de red propiamente dicha y las estructuras de soporte. La bolsa de red es de forma cilíndrica y acabada en un copo cónico. Las estructuras de soporte están integradas por los anillos de la parte inferior, por el anillo superior que constituye el pasamanos de la barandilla, las piezas dispuestas para unir los diferentes anillos de la parte inferior y los candeleros que conectan los anillos de abajo con el anillo superior del pasamanos de la barandilla. Su finalidad es evitar la deformación de las jaulas provocada por la fuerza de la corriente en función de su velocidad. Además estas estructuras proporcionan la necesaria flotabilidad al conjunto de la jaula.

Las jaulas de 29 m de diámetro poseen 16 m de pared lateral más 3 m en forma de bolsa hasta el copo de red, lo que determina un volumen aproximado de 11.000 m<sup>3</sup> y un área en superficie de 642 m<sup>2</sup> (figura 5).

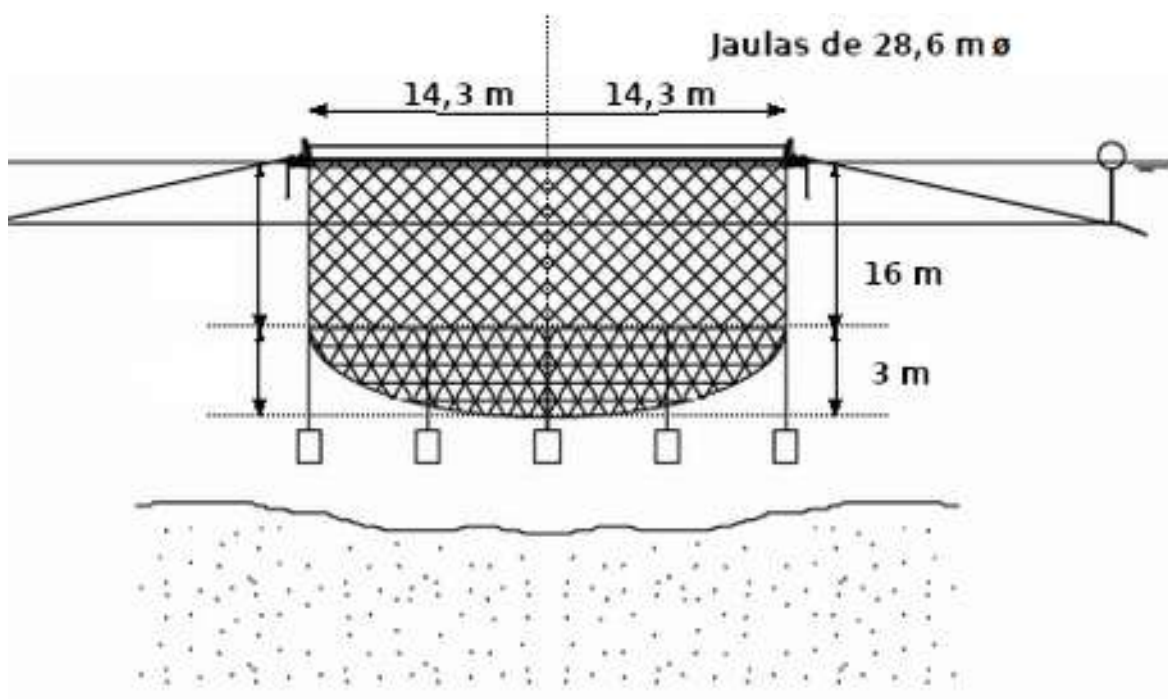


Figura 5: Principales dimensiones lineales de una jaula tipo de Ø 28,6 m.

Finalmente los elementos que componen un sistema de fondeo son, empezando por el fondo: anclas o muertos (o una combinación de ambos), cadena, cabo de fibras sintéticas, pieza de distribución de esfuerzos con la boya principal y cadena o cabo o una combinación de los dos hasta la jaula. A veces se dispone una boya de amortiguamiento antes de la boya principal (Figura 6).

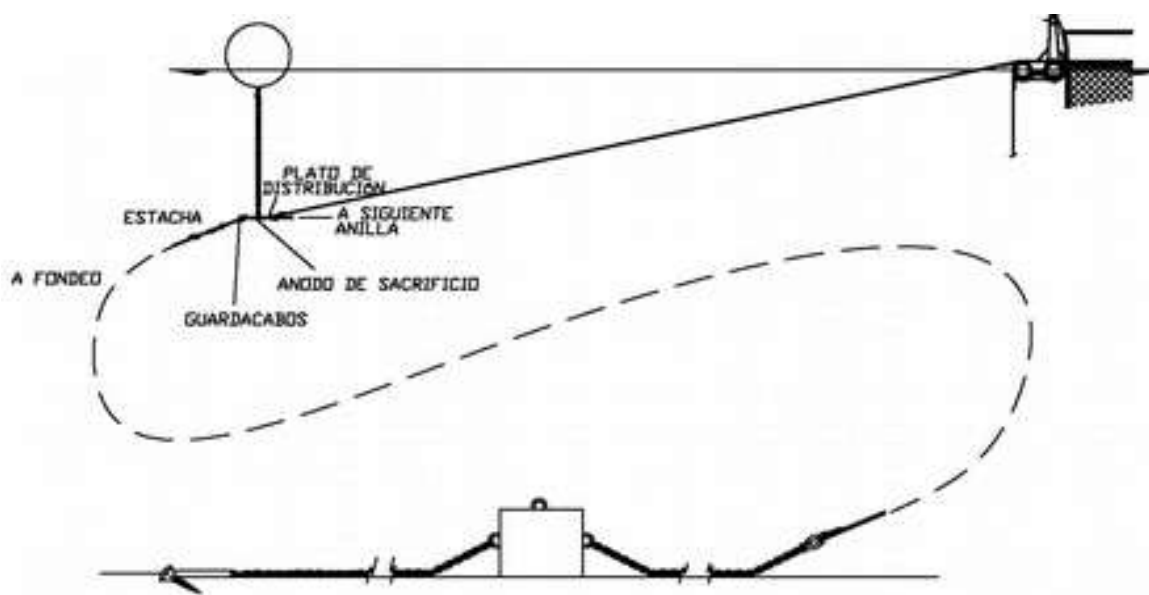


Figura 6: línea de fondeo completa con combinación de ancla más muerto

## 2.3. SISTEMA DE EXPLOTACIÓN

### 2.3.1. Especies a cultivar

Se trata de un cultivo mixto de peces osteictios, lubina (*Dicentrarchus labrax*) y dorada (*Sparus aurata*), aunque no se descarta que por la demanda de los mercados puedan incluirse otras especies afines cuyo interés económico esté justificado, siempre que no supongan cambios significativos, en cuanto a las técnicas de cultivo, las infraestructuras necesarias o su impacto ambiental.

### 2.3.2. Fases de explotación

#### OBTENCIÓN DE LOS ANIMALES

Para las especies provenientes de criaderos (hatchery) como es el caso de la dorada, lubina, corvina, etc. los esfuerzos se dirigen a obtener lotes de alevines de peces con un tamaño homogéneo, bien clasificados por tanto, con un buen componente genético, que los haga resistentes a enfermedades, vigorosos para poder crecer en condiciones de mar abierto, tamaños medios iniciales de 12 g como mínimo, y todos esto encaminado a no hacer clasificaciones durante el cultivo, solamente hacer una buena gestión de la alimentación, los cambios necesarios de bolsillos de red con la luz de malla que sea acorde con el tamaño de los peces y facilite por tanto la renovación necesaria para la calidad de agua necesaria para el cultivo, hasta su comercialización.

El abastecimiento de individuos de estas especies queda garantizado dado que el grupo CULMAREX posee su propia hatchery. En el caso de necesitarse otras especies, se comprarán de forma externa a otras empresas dedicadas a esta actividad teniendo en

cuenta las especificaciones y controles necesarios.

### SIEMBRAS

Por lo general en las jaulas de 29m de diámetro se suelen “sembrar” lotes de 500.000 unidades. Estas cifras suponen unas cargas iniciales de 0,57-0,71 kg/m<sup>3</sup> para llegar a una carga final que estará en torno a los 15-20 kg/m<sup>3</sup>. Lo normal es que la siembra se produzca de forma escalonada y se intente programar para disponer del máximo producto en las fechas de máxima demanda.

### MANEJO DURANTE EL DESARROLLO

Durante el desarrollo de la actividad existen una serie de operaciones cotidianas que deben efectuarse de forma constante y que constituyen la rutina diaria de trabajo que se mantendrá durante todo el programa.

- Alimentación: suministrada mediante sistemas de dosificación automáticos, los peces son alimentados con dietas especiales que se elaboran a partir de harinas de pescado, aceites de pescado, cereales.
- Observación: en el tiempo de suministro del alimento y en sucesivas visitas a las distintas jaulas, prestarán especial atención a comportamientos anómalos de los peces como puede ser el nadar muy lentamente, permanecer constantemente cerca de la superficie y cualquier otro posible síntoma de enfermedad. Otra de las tareas importantes que se deben realizar durante la cría es el mantenimiento preventivo de la instalación, lo que consiste en inspeccionar diariamente las redes de las jaulas y los anclajes de las mismas para evitar roturas, escapes de pescado y para conocer el estado de salud de los peces. Para ello se precisa de un equipo de buzos cualificados que realicen estas labores.
- Seguimiento del crecimiento
- Despesques

### TRATAMIENTOS FINALES

Los animales pescados son enviados al Puerto de San Pedro y entregados a otra empresa cliente la cual se responsabiliza de su transporte a la planta de procesado que el Grupo Culmarex posee en el Polígono Industrial del Labradorcico en Águilas. En dicha planta los peces son clasificados, etiquetados y empaquetados para su distribución la cual se realiza mediante camiones frigoríficos para mantener la cadena de frío, todo el transporte terrestre se subcontrata a empresas especializadas.

De esta forma, se considera que la responsabilidad de la empresa Blue and Green , SLU. sobre su producto termina en el momento que es entregado a la empresa cliente en el puerto.

### 2.3.3. Medios de transporte

Los únicos medios de transporte de Blue and Green, SLU. son los relativos a las embarcaciones ya que el traslado desde el puerto a la planta de proceso y su posterior distribución son a cargo de otra empresa especializada.

La necesidad logística estimada de las instalaciones será:

- 1 barco de mantenimiento de eslora aproximada 15mts y motor de 160cv.
- 2 barcos trabajo buzos de unos 9mts eslora y 2 motores de 70cv.
- 1 barco alimentación de unos 18mts eslora, y 380cv. Capacidad carga: 60Tm
- 1 barco pesca/maniobras de unos 18.6mts eslora, potencia de 200cv x2. Capacidad carga: 20 Tm

### 2.3.4. Cargas de explotación

Este término debe diferenciarse del de *capacidad de producción* de la concesión en su conjunto, considerando además, que de uno, no puede inferirse el otro. Las cargas de explotación hacen referencia a la capacidad de alojamiento expresada como biomasa de una jaula en función de la máxima densidad de cultivo posible, entendida esta última como la máxima biomasa de peces por metro cúbico fisiológicamente viable. El conjunto del jaulas de una concesión no tienen porqué estar a su máxima capacidad simultáneamente, de ahí que no sirva para derivar la capacidad de producción.

Dependiendo de la fisiología de cada especie y de su estado de desarrollo larvario o juvenil, las cargas de explotación posibles variarán notablemente, otros factores como la tasa de renovación del agua, la saturación de oxígeno o la temperatura también son relevantes, y, según la experiencia del equipo redactor, suelen restringir las estimas de capacidad. En el caso de la dorada y lubina se alcanzan densidades de cultivo finales en torno a los 15-20 kg/m<sup>3</sup>, mientras que las densidades de siembra varían entre 0,57-0,71 kg/m<sup>3</sup>.

En función de las densidades de cultivo expuestas, de la duración del ciclo de cultivo y del volumen de la jaula se pueden estimar las biomásas máximas por el tipo de jaula utilizado, y por tanto las cargas de explotación así como la producción media anual (Tabla 1). Este dato es relevante a efectos del estudio de dispersión del vertido generado dentro de cada jaula.

Tabla: 1: Cálculo de las cargas de explotación según densidades de cultivos, biomásas máximas posibles según tipo de jaula y producción anual factible para la nueva concesión solicitada.

CONCESIÓN	JAULAS										CULTIVO COMPLETO		
	Núm.	Cultiv.	Diám. Ø [m]	Paño [m]	Bolso [m]	Vol. [m³]	Máx. Biom. [Tm]/jaula	Prod. Anual [Tm]/jaula	Densidad [Kg/m³]	Especie	Ciclo [meses]	Máx. Biom. [Tm]	Prod. Anual [Tm]
LUBINA	30	30	28,6	16,1	3,07	11000	160	100	15	Lubina	19	4800	3100
DORADA	12	12	28,6	16,1	3,07	11000	160	120	15	Dorada	16	1920	1400
	TOTAL											6720	4500

## 2.4. CONSUMO DE RECURSOS

### 2.4.1. Alimentación

En el presente proyecto se solicita concesión para la producción anual media de 4500 Tm que se corresponde con una carga de explotación máxima de 6720 Tm de pescado, en ciclos de aproximadamente 19 y 16 meses, que en un principio se repartiría en una proporción aproximada del 70% lubina y 30% dorada respectivamente (ver tabla 1).

El consumo anual de alimento será declarado todos los años a través de los PVA. No obstante, según los cálculos previos, se espera consumir al final del ciclo (19 y 16 meses respectivamente) en torno a las 4000 Tm en las jaulas de dorada y 9500 Tm para las de lubina. En total se consumirán 13400 Tm de pienso extrusado al final del ciclo para producir las 6720 Tm de pescado, esto corresponde a un FCR aproximado de 2,3 para dorada y lubina, dato en consonancia con los valores publicados de consumo de pienso y producciones publicados en los PVA de instalaciones similares.

### 2.4.2. Energía

El desarrollo de la actividad acuícola implica el uso de embarcaciones para el transporte de alimento, mantenimiento de las instalaciones y transporte de ejemplares cosechados a puerto (ver apartado 2.3.2). En valores totales de consumo, Blue & Green realiza importantes esfuerzos para economizar el consumo de combustible como supone la instalación de dosificadores automáticos en las jaulas para minimizar los movimientos del barco de alimentación, repercutiendo en menores consumos.

El caso de la actuación objeto de estudio, implica el traslado de la instalación correspondiente a Blue & Green, asociada actualmente al Polígono de Acuicultura de San Pedro del Pinatar, para su desarrollo en la parcela a solicitar. De esta forma, no se prevé la necesidad de aumentar el número de embarcaciones ni viajes para las tareas de alimentación y mantenimiento respecto a las que existen en la actualidad.

Sin embargo, el incremento de producción respecto al autorizado actualmente, implica la necesidad de un incremento en los viajes para el transporte de los peces cosechados a puerto, lo que repercutirá en un incremento estimado de 25000 l/año respecto al

consumo actual.

### 2.4.3. Productos químicos

La mayoría de los piensos incluyen en su formulación pequeñas cantidades de diferentes minerales o micronutrientes a concentraciones de mili o micro gramos por kilo para compensar nutrientes (minerales y vitaminas), así como productos para la preservación y estabilización del pienso (antioxidantes), mejorar la palatabilidad (aromas), cambiar el aspecto del producto final (pigmento) o terapéuticos (antibióticos) (Sanz y Navarro 2009, cap. 7).

- **Minerales:** El análisis de cenizas de los piensos habitualmente usados ha revelado la presencia habitual en los mismos de Zn, K, Na, Mg, P, Cu, Cd, Fe y Ca. Otras sustancias como el Pb, Mn y As estarían vinculadas sólo a determinadas formulaciones (TAXON y UMU, 2012). Las estimas del consumo de estos recursos basadas en la composición promedio de los piensos más utilizados se presentan en la Tabla 2. Estas cantidades no resultan significativas a efectos del consumo de recursos, pero sí en cuanto a vertidos.
- **Antioxidantes:** La adición de antioxidantes deriva de la necesidad de usar ácidos grasos altamente insaturados que se oxidan fácilmente y conllevan la aparición de olores y sabores no deseados (rancio), alteración del color y textura y disminución de su valor nutritivo. Los antioxidantes retrasan este proceso. La formulaciones actuales de pienso no detallan las sustancias específicas usadas, siendo éste uno de los secretos de la marca comercial ya que es uno de los aspectos básicos de cara a la palatabilidad de sus productos. Se sabe que algunas vitaminas como la E (Tocoferol) tiene cierto poder antioxidante de manera natural, pero lo común es el uso de antioxidantes sintetizados como la Etoxiquina (en realidad un plaguicida prohibido en humanos aunque no en ganaderías). Otros candidatos el BHT (Butil-hidroxi-tolueno), BHA (Butil-hidroxi-anisol) y el galato de propilo. La concentración máxima de BHA y BHT permitidas por la FDA son del 0,02% de la grasas, para la etoxiquina (150 mg/kg).

Tabla 2: Estimación vertido de metales para la producción anual de 4500 Tm considerando el vertido procedente del pienso no consumido y su bioacumulación en el tejido corporal peces. (\*Datos sobre composición corporal en dorada obtenidos de \* de (Mente *et al.* 2012; Cardinal *et al.* 2011)

Micronutrientes	Consumo [Tm]	Vertido [Tm]
[Zn]	1,66	1,16
[k]	94,69	3,79
[Na]	76,51	3,06
[Mg]	28,56	1,14
[P]	128,57	5,14
[Cu]	0,1	0,07
[Cd]	0,01	0,01
[As]	0	0
[Mn]	2,76	1,93
[Fe]	5,37	0,21
[Ca]	44,53	1,78
[Pb]	0,013	0,009

- **Pigmentos:** al igual que los aceites esenciales poli-insaturados los peces no pueden sintetizar los pigmentos (básicamente carotenoides). Se ha mencionado el uso de astaxantina, cantaxantina, luteína y zeaxantina en salmónidos, no disponiéndose de datos concretos sobre su uso y vertido en dorada y lubina.
- **Antibióticos** la administración de antibióticos va asociada a la gestión de la alimentación ya que son incorporados como aditivo especial dentro de la formulación de piensos. Su uso está regulado por la ley y limitado a unos pocos productos. El consumo de antibióticos es objeto de control dentro del PVA propuesto.
- **Productos antifouling.** La acumulación indeseada de microorganismos, plantas y animales en la superficie de las estructuras marinas sumergidas (*fouling*) es un problema que ocasiona importantes daños en el caso de las redes. Reduce el flujo de agua, aumenta la resistencia a las corrientes y el peso de las jaulas. Para evitarlo es práctica habitual aplicar el cambio de red transcurridos unos meses. Se ha probado la limpieza manual o automatizada, pero casi siempre se recurre a la administración de una capa de pinturas anti-incrustante debido a su menor coste. Casi todas las cubiertas antifouling incluyen cobre en forma de  $Cu_2O$  en combinaciones con uno a más biocidas orgánicos tal como SeaNine, Zinc piritionato (= Zinc Omadine) y Diclofluanidos dentro de una matriz polimérica que permite su lenta liberación como elemento activo. También es común el uso de Cloro Bacter (desinfectante bactericida): para desinfección de embarcaciones, equipos y cubetas.

La liberación de agentes antifouling dentro de los ambientes marinos está controlada legalmente por regulaciones locales y/o nacionales de descarga de desechos que son a su vez, reguladas en función de una amplia variedad de objetivos medioambientales. Los productos antifouling caen bajo la categoría de pesticidas y son regulados por normativas tales como la directiva de productos y

biocidas EC 98/EC. Las cubiertas para redes con biocidas contienen ingredientes activos y por lo tanto necesitan obtener la aprobación de las autoridades antes de que puedan ponerse en el mercado.

## 2.5. VERTIDOS Y RESIDUOS

### 2.5.1. Vertidos

Para una explotación de acuicultura marina se pueden establecer de forma genérica las siguientes categorías de vertidos:

- Materia orgánica
  - Disuelta: Aunque incluye a un gran número de compuestos, casi todo corresponde al amonio excretado y una pequeña parte a la remineralización de la materia orgánica desde el pienso y heces. Parte de la materia particulada compuesta por restos fecales, sustancias de desecho, así como los restos corporales de los organismos planctónicos, es rápidamente colonizada por bacterias, protozoos y heterótrofos que activamente la remineralizan liberando principalmente amonio que pasa a la columna de agua, al tiempo consumen oxígeno para su metabolismo aerobio. Su composición elemental es básicamente la misma: Carbono, Nitrógeno y Fósforo (C, N, P).
  - Particulada: está integrado por las diferentes fracciones de descomposición de las heces así como por el pienso no consumido. Sedimenta en el sustrato a una distancia que es función de su velocidad de caída, altura de la columna de agua y corrientes ambientales.
- Bacterias, virus y parásitos: asociado al vertido de materia orgánica fecal se produce el vertido de coliformes fecales y otros patógenos, aspecto en el que no difiere de otros vertidos como emisarios urbanos.
- Sustancias de naturaleza química específica: donde se incluyen antibióticos, terapéuticos, anestésicos, pesticidas, metales, productos anti-*fouling* y agentes de limpieza.
- Aceites y grasas (código LER: 130205): procedentes de las pérdidas de los motores de las embarcaciones de mantenimiento y alimentación, así como de los aceites de pescado empleados en la fabricación del pienso y con el que algunas empresas regulan la flotabilidad del mismo de cara a un mejor consumo.

- Agua negras (código LER: 130402): procedentes de las instalaciones de tierra

### 2.5.2. Residuos

- Restos de Peces: La gestión de las bajas así como los restos del procesado está regulada a través del Real Decreto 1528/2012, de 8 de noviembre, por el que se establecen las normas aplicables a los subproductos animales y los productos derivados no destinados al consumo humano (SANDACH), cuyo objetivo es garantizar que, durante su gestión, no se generan riesgos para la salud humana, la sanidad animal o el medio ambiente y especialmente para garantizar la seguridad de la cadena alimentaria humana y animal. El transporte y gestión de este tipo de residuos sólo puede ser realizado por empresas autorizadas y registradas.
- Material diverso derivado del uso de maquinaria y medios de locomoción como los filtros de aceites y gasoil usados (código LER: 160107), baterías usadas (código LER: 160601), aerosoles (código LER: 160504), material/trapos absorbentes (código LER: 150202) .
- Envases vacíos contaminados (código LER: 150110)
- Plásticos: Proceden del embalaje de los sacos del alimento, así como el propio saco de alimento una vez que este es consumido por los peces.
- Palets de madera: Se generan por ser donde vienen los sacos

## 2.6. CUANTIFICACIÓN DE LOS VERTIDOS

### 2.6.1. Vertido de materia orgánica

La cuantificación de los vertidos se ha basado en establecer una composición por especies de acuerdo a las previsiones iniciales de los promotores, análisis del ciclo hasta la talla comercial y bajo el supuesto de cultivo sincrónico (todo dentro y todo fuera). De esta manera se incorpora el principio de precaución al estimar las tasas de vertido para el peor escenario posible que se da precisamente al final del ciclo, cuando los peces han alcanzado su talla comercial, cuando todas las jaulas se encuentran a su máxima capacidad.

## PLANES DE CULTIVO

Si bien la aplicación de estos modelos para el cálculo del vertido de una jaula es relativamente sencilla, la consideración del conjunto de jaulas implicadas resulta ser una complicación notable. Se solicita la instalación de 42 jaulas, cada una de las cuales puede presentar una fecha de siembra diferente, de manera que existen múltiples combinaciones que rendirían diferentes tasas de vertido.

Ante la incertidumbre en el calendario de siembra resulta conveniente suponer el peor caso posible que, bajo el presente esquema, correspondería al cultivo sincrónico de todas las jaulas solicitadas, de manera que todas pudieran albergar en un mismo momento su máxima biomasa. El vertido generado en ese momento correspondería forzosamente al peor caso de todas las combinaciones posibles, el momento en que todas las especies en cultivo, se encuentran en su final de ciclo, en el máximo desarrollo de los individuos. Para esta estima se ha utilizado un modelo de crecimiento de peces llamado GaBon que tiene en cuenta el crecimiento y mortalidad de los peces, así como el incremento de biomasa y consumo de alimento que éstos experimentan a lo largo del ciclo. Este modelo es desarrollado por *The Scottish Association for Marine Science* (SAMS) como un modulo de DEPOMOD.

Tabla 3: Plan de cultivo de una jaula (Ø30m), para una producción al final del ciclo de 160Tm de dorada.

CULTIVO DORADA				jaula (30 m)							
				Biomasa Siembra			Peces en cultivo				
Fecha		Pienso		Antes	Después	Pesca	Antes	Después	Siembra	Peso	Mortalidad
dd/mm/aa	días	kg/día	Tm/mes	Tm	Tm	Tm	núm.	núm.	núm.	g	núm.
31/01/16	31	56,6	1,8	6	6	0	396677	396677	0	15	3693
29/02/16	29	60,5	1,8	7	7	0	392984	392984	0	19	7386
31/03/16	31	113,2	3,5	9	9	0	389291	389291	0	24	11079
30/04/16	30	175,4	5,3	12	12	0	385598	385598	0	30	14772
31/05/16	31	169,7	5,3	15	15	0	381905	381905	0	38	18465
30/06/16	30	175,4	5,3	18	18	0	378212	378212	0	47	22158
31/07/16	31	226,3	7,0	22	22	0	374519	374519	0	60	25851
31/08/16	31	339,5	10,5	28	28	0	370826	370826	0	76	29544
30/09/16	30	409,3	12,3	35	35	0	367133	367133	0	95	33237
31/10/16	31	509,2	15,8	44	44	0	363440	363440	0	120	36930
30/11/16	30	584,7	17,5	54	54	0	359747	359747	0	150	40623
31/12/16	31	792,1	24,6	68	68	0	356054	356054	0	190	44316
31/01/17	31	905,3	28,1	84	84	0	352361	352361	0	239	48009
28/02/17	28	1190,2	33,3	103	103	0	348668	348668	0	296	51702
31/03/17	31	1471,1	45,6	129	129	0	344975	344975	0	374	55395
30/04/17	30	1812,5	54,4	160	0	160	341282	0	341282	468	59088
486 días			271,9								

Tabla 4: Plan de cultivo de una jaula (Ø30m), para una producción al final del ciclo de 160Tm de lubina.

CULTIVO LUBINA				jaula (30 m)							
				Biomasa Siembra			Peces en cultivo				
Fecha		Pienso		Antes	Después	Pesca	Antes	Después	Siembra	Peso	Mortalidad
dd/mm/aa	días	kg/día	Tm/mes	Tm	Tm	Tm	núm.	núm.	núm.	g	núm.
31/01/16	31	87,2	2,7	7	7	0	449916	449916	0	15	5084
29/02/16	29	46,6	1,4	8	8	0	444832	444832	0	17	10168
31/03/16	31	43,6	1,4	9	9	0	439748	439748	0	21	15252
30/04/16	30	90,1	2,7	11	11	0	434664	434664	0	26	20336
31/05/16	31	87,2	2,7	13	13	0	429580	429580	0	31	25420
30/06/16	30	135,2	4,1	16	16	0	424496	424496	0	37	30504
31/07/16	31	130,8	4,1	19	19	0	419412	419412	0	46	35588
31/08/16	31	174,5	5,4	23	23	0	414328	414328	0	55	40672
30/09/16	30	180,3	5,4	27	27	0	409244	409244	0	67	45756
31/10/16	31	261,7	8,1	33	33	0	404160	404160	0	81	50840
30/11/16	30	270,4	8,1	39	39	0	399076	399076	0	98	55924
31/12/16	31	348,9	10,8	47	47	0	393992	393992	0	119	61008
31/01/17	31	392,5	12,2	56	56	0	388908	388908	0	144	66092
28/02/17	28	482,9	13,5	66	66	0	383824	383824	0	172	71176
31/03/17	31	567,0	17,6	79	79	0	378740	378740	0	208	76260
30/04/17	30	676,0	20,3	94	94	0	373656	373656	0	251	81344
31/05/17	31	785,0	24,3	112	112	0	368572	368572	0	305	86428
30/06/17	30	991,5	29,7	134	134	0	363488	363488	0	368	91512
31/07/17	31	1133,9	35,2	160	0	160	358404	0	358404	447	96596
578 días		209,6									

## BALANCE GLOBAL

De acuerdo al balance entre alimento consumido y biomasa cosechada, se ha cuantificado los ciclos completos de producción en 16 y 19 meses, para dorada y lubina respectivamente:

- **30 jaulas de lubina con una producción anual de 3100 Tm** precisarán de 6300 Tm de pienso al final del ciclo, más las pérdidas de alimento no consumido que se han estimado en un 4% (250 Tm), este cultivo generaría un vertido total disuelto al final del ciclo (incluido el lixiviado) de 1484 Tm de C, 309 Tm de N y 26 Tm de P; y un vertido particulado (incluido el alimento desechado) de 612 Tm de C, 104 Tm de N y 44 Tm de P.
- **12 jaulas de dorada con una producción anual de 1400 Tm** necesitarán de 3300Tm de pienso al final del ciclo, más las pérdidas de alimento no consumido (130 Tm) que generarán un vertido disuelto (incluido el lixiviado) de 521,8 Tm de C, 129,8 Tm de N y 7,5 Tm de P; y un vertido particulado (incluido el alimento desechado) de 223 Tm de C, 46 Tm de N y 22 de P.

## VERTIDOS MENSUALES (TEMPORALIDAD DEL VERTIDO)

La tasa de vertido varía continuamente y es proporcional al ciclo de crecimiento del pez y a su consumo de pienso, motivo por el que resulta conveniente analizar la variación del vertido mensual, para detectar los periodos de máximo vertido.

En el caso de la dorada y lubina durante las primeras fases, con alevines de unos pocos gramos, el vertido resultará de poca entidad y aumenta hasta un máximo al final del ciclo de producción. Tras este máximo sigue una fase de cosechado durante la cual los peces dejan de alimentarse y son extraídos en sucesivos despesques para su venta, que según la estrategia de comercialización puede durar varias semanas o meses. Una vez extraídos todos los peces, las jaulas permanecerán vacías -sin vertido-, hasta una nueva siembra de alevines. Este periodo también es variable y dependerá del calendario de siembra programada en cada concesión. Este tiempo y las fases iniciales del cultivo constituyen un periodo importante de cara a la recuperación del impacto ocasionado durante el periodo de máximo vertido.

Las siguientes figuras detallan el vertido mensual durante todo un ciclo de producción de 3100 Tm de lubina y 1400 Tm de dorada, que se corresponde a un stock de venta anual de 3100 Tm y 1400 Tm respectivamente:

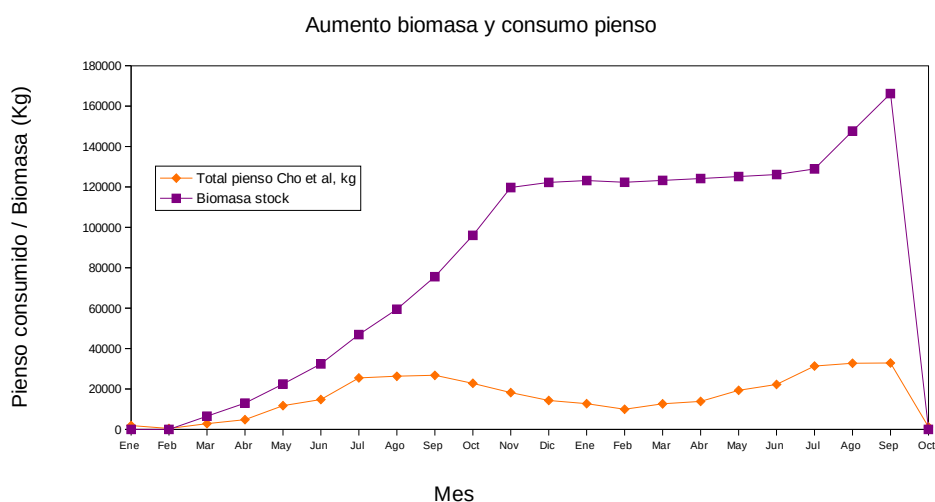


Figura 7: Evolución del consumo de pienso durante un ciclo de producción de 19 meses de cultivo de una jaula con biomasa máxima de 160 Tm de lubina partiendo de alevines de 12 gr.

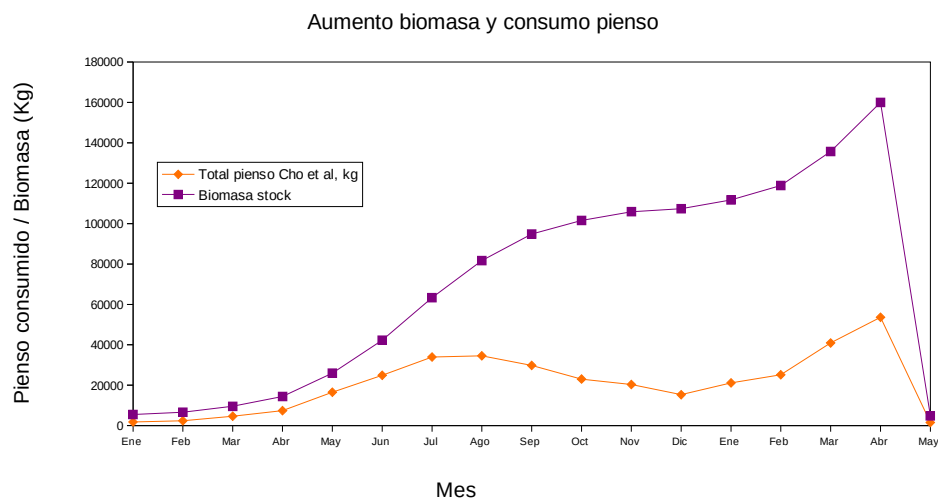


Figura 8: Evolución del consumo de pienso durante un ciclo de producción de 16 meses de cultivo de una jaula con biomasa máxima de 160 Tm de dorada partiendo de alevines de 12 gr.

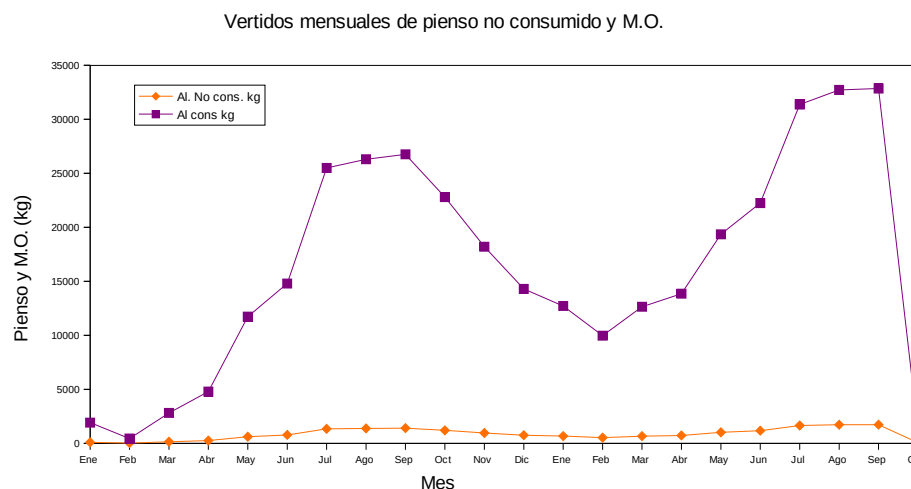


Figura 9: Evolución del vertido mensual (kg) de pienso no consumido y materia orgánica (M.O.) para un ciclo de producción de 19 meses de cultivo de una jaula de 160 Tm de lubina.

Vertidos mensuales de pienso no consumido y M.O.

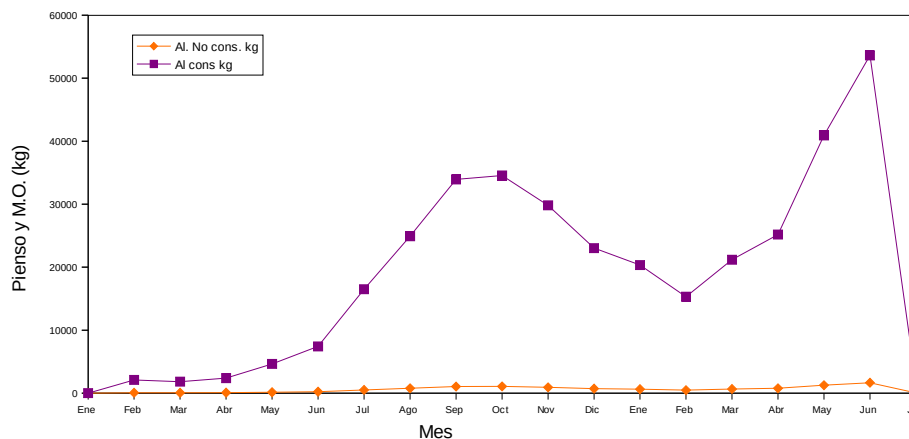


Figura 10: Evolución del vertido mensual (kg) de pienso no consumido y materia orgánica (M.O.) para un ciclo de producción de 16 meses de cultivo de una jaula de 160 Tm de dorada.

Vertidos mensuales de nitrógeno

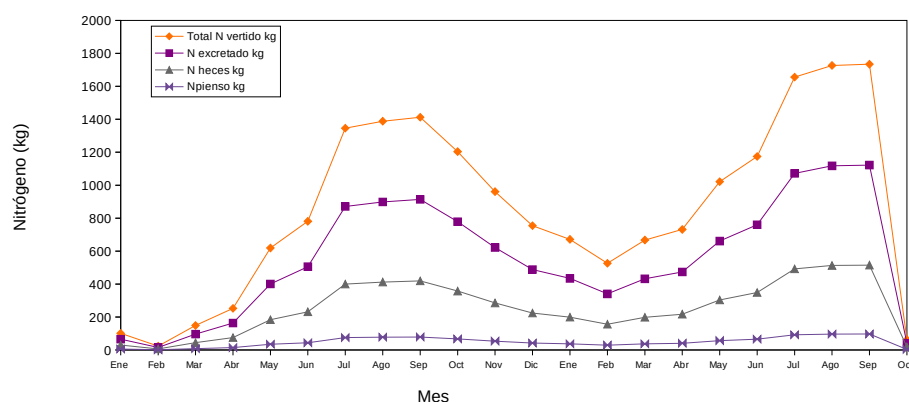


Figura 11: Evolución del vertido mensual de Nitrógeno en forma de heces, excretado o como restos no consumidos para un ciclo de producción de 19 meses de cultivo de una jaula de 160 Tm de lubina.

Vertidos mensuales de nitrógeno

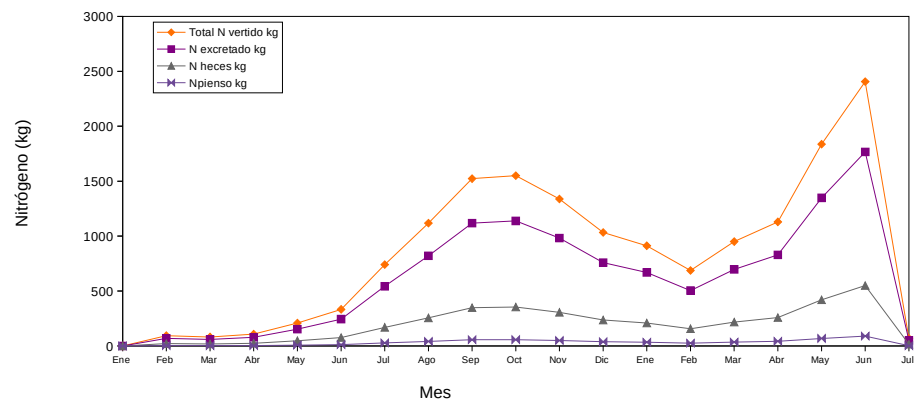


Figura 12: Evolución del vertido mensual de Nitrógeno en forma de heces, excretado o como restos no consumidos para un ciclo de producción de 16 meses de cultivo de una jaula de 160 Tm de dorada.

Vertidos mensuales de fósforo

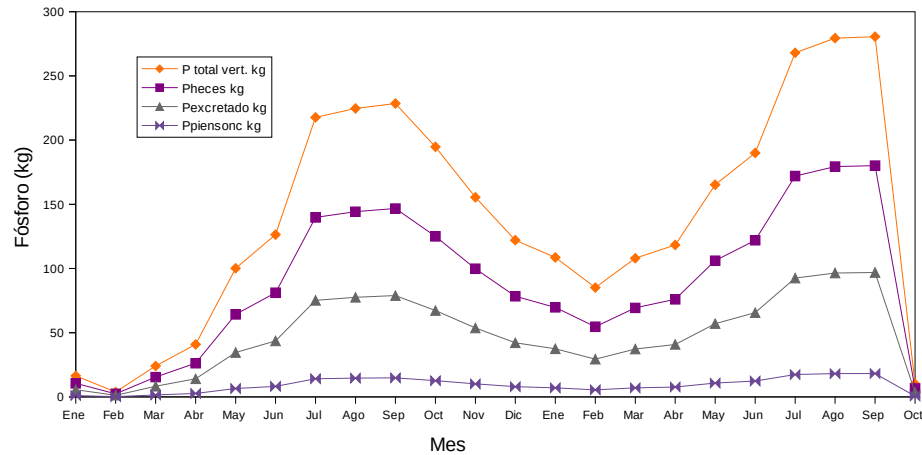


Figura 13: Evolución del vertido mensual de Fósforo en forma de heces, excretado o como restos no consumidos para un ciclo de producción de 19 meses de cultivo de una jaula de 160 Tm de lubina.

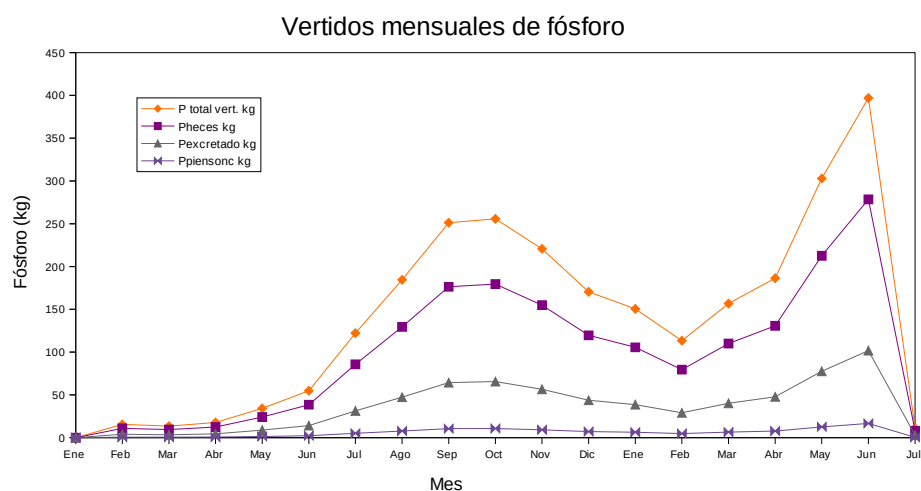


Figura 14: Evolución del vertido mensual de Fósforo en forma de heces, excretado o como restos no consumidos para un ciclo de producción de 16 meses de cultivo de una jaula de 160 Tm de dorada.

### TASAS MÁXIMAS DE VERTIDO

No obstante, de cara a los estudios de dispersión y a la evaluación del impacto, el dato fundamental es la tasa máxima de vertido diario y esta es función de la biomasa presente en un momento dado al final del ciclo de cultivo, cuando los ejemplares alcanzan la talla comercial. Como los ciclos de producción de algunas especies exceden el año, no existe una correspondencia directa entre las toneladas producidas y la biomasa presente en un momento dado. Por tanto, la mera estima del balance anual de vertidos presentada en el apartado anterior no es válida para un cultivo de dorada y lubina que precisa de un cálculo adicional de la biomasa instantánea.

Para este cálculo se ha estimado la biomasa que deben albergar las jaulas para cosechar anualmente las toneladas requeridas. Estos datos ya fueron calculados en el estudio de las cargas de explotación (tabla 1). Combinando estos datos con los planes de cultivos presentados anteriormente (tablas 3 y 4) se obtienen las tasas máximas diarias de vertido presentadas en las figuras siguientes (figuras 15 y 16):

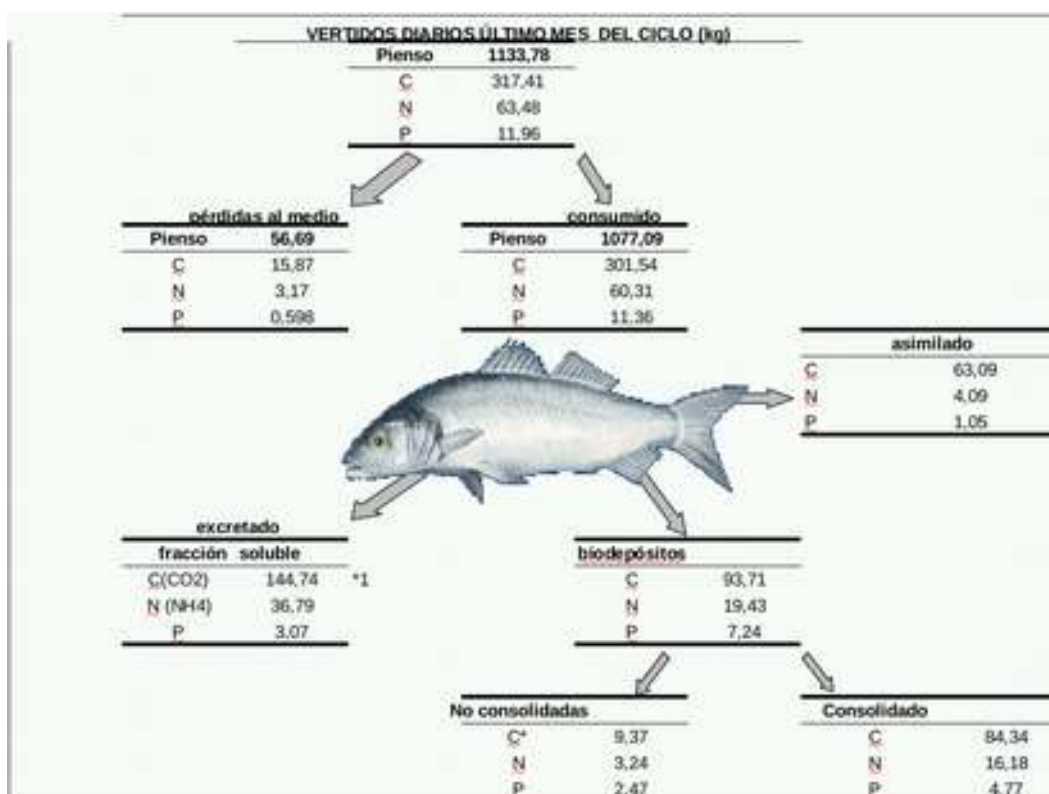


Figura 15: Estimaciones del vertido máximo diario para la producción de 160Tm de lubina al final del ciclo (19 meses).

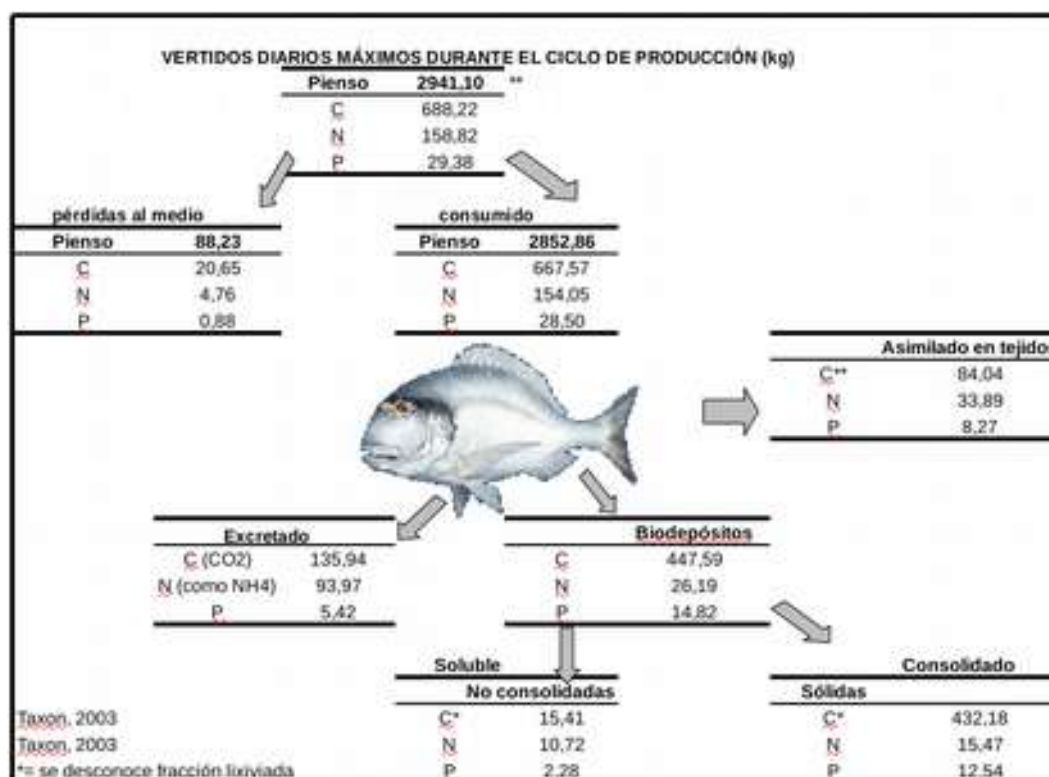


Figura 16: Estimaciones del vertido máximo diario para la producción de 160 Tm de dorada al final del ciclo (16 meses).

La evaluación del impacto se realiza acorde al principio de precaución, consistente en la simulación de la dispersión del vertido difuso y particulado, precisamente en el instante (15 días) antes del final del ciclo cuando los peces han alcanzado su talla comercial, otorgando así un elevado margen de seguridad con respecto a las situaciones posibles en los ciclos de ambas especies ( 16 y 19 meses) (ver figuras 7 a 14).

## 2.6.2. Fouling

Otra fuente de desechos a considerar es la procedente del *fouling*, término anglosajón con el que se denomina a las comunidades epibénticas que se desarrollan sobre sustratos artificiales, tales como las propias redes, cabos y boyas que componen una concesión. La biomasa de estas comunidades puede llegar a ser importante tanto de cara a la flotabilidad de la propia jaula como por la importancia del vertido que supone. Se ha discutido sobre el papel dominante de estas comunidades bien como biofiltros naturales, ya que una importante biomasa de la comunidad corresponde a organismos filtradores como mejillones, poliquetos y balanos, bien como fuente de vertidos debido a su desprendimiento y productos de excreción-defecación. Recientes estudios en los que participó TAXON (Aguado *et al.* 2010) detectaron biomasa de hasta 450 g/m<sup>2</sup> (peso seco) y promedios de 216 g/m<sup>2</sup>, aunque esta cifra no es extrapolable a todo el paño de red, ya que disminuye con la profundidad y enturbiamiento del agua. En general puede considerarse que el fenómeno afecta solo a los diez primeros metros de profundidad del paño de red. Según estos datos las estimas del peso seco de fouling acumulado en los paños de red serían las presentadas en la tabla 5, aunque debe anotarse que se trata de una aproximación ya que el dato preciso depende de muchos factores variables (turbidez, nutrientes, transparencia, etc.).

**Tabla 5:** Estima del peso acumulado como fouling para el total de jaulas proyectadas.

FOULING				
JAUAS	Øm	Área Jaula	Área Total	Peso Seco
Núm.	[m]	[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>2</sup> ]	[Kg]
42	28,6	398,93	16755,2	3686,14

Conviene distinguir entre el vertido continuo producido por el desprendimiento espontáneo de los organismos y de sus productos metabólicos, y el desprendimiento de toda la comunidad a consecuencia de grandes temporales, pues la práctica habitual es realizar la limpieza de la red en tierra.

## 2.6.3. Carga bacteriana

Asociado al vertido de *pellets* fecales se presenta el vertido de una importante biota bacteriana procedente del contenido intestinal y cuya composición precisa varía entre especies. Esta flora bacteriana juega un papel fundamental en la digestión, inmunidad

y resistencia de sus hospedadores, sin embargo parte de ella es eliminada junto con los *pellets* fecales convirtiéndose entonces en una fuente potencial de contaminación de coliformes fecales y otros patógenos.

Se ha demostrado que la comunidad bacteriana presente en el intestino de los peces depende de factores ambientales como la temperatura y salinidad del medio, de su variación estacional, dieta, estado de desarrollo e incluso región del tracto digestivo analizada, lo que determina una enorme disparidad en los resultados obtenidos por diversos autores sobre el contenido bacteriano de heces y sistema digestivo. De forma genérica los recuentos bacterianos sobre heces de dorada han mostrado la presencia de bacterias aerobias viables a concentraciones entre  **$10^6$ - $10^8$  UFC por gramo** (Silva *et al.* 2011). Según estos mismos autores la composición bacteriana parece dominada por Vibrionaceae con una proporción variable de *Vibrio ichthyenteri* y *Photobacterium damsela* y *Photobacterium spp.* Otras bacterias también presentes incluyen *Glacieola spp* y *Pseudoalteromonas spp.*, *Sporosarcina aquimarina* y alguna *Flavobacteriaceae*. Desgraciadamente este trabajo no aporta información sobre otros anaerobios como coliformes y enterococos que deben ser mayoría

Estudios realizados sobre el contenido intestinal de doradas, no directamente en heces, mostraron la presencia de *Pseudomonas fluorescens*, *Pseudomonas fragii*, *Enterobacteriaceae*, *Psychrobacter sp.*, *Myroides profundus*, *Chryseobacterium sp.*, *Sphingomonas paucimobilis*, *Aeromonas salmonicida subsp. salmonicida*, *Aeromonas molluscorum*, *Leucobacter sp.* (Floris, 2010). En general esta autora halló para dos instalaciones en Italia recuentos de heterotrofos viables entre 125-1521 UFC/g, de enterobacterias entre 74-408 UFC/g y de coliformes entre 40-187 UFC/g. La divergencia entre autores es pues notable.

#### 2.6.4. Aceites y combustibles

Las pérdidas de aceites y gasóleo de las embarcaciones utilizadas para el mantenimiento y alimentación son de carácter accidental y de escasa entidad.

Las grasas y aceites de pescado de la mayoría de los *pellets* de alimentación les otorga cierta flotabilidad permitiendo que las partículas de pienso permanezcan durante mayor tiempo en superficie antes de sedimentar, mejorando así su consumo y aprovechamiento. Durante este tiempo parte del contenido graso puede lixiviar y formar pequeñas manchas de aceite. En ocasiones se ha descrito la llegada a costa de este tipo de manchas cuyo intenso olor a pescado las identifica fácilmente. No obstante, se está evaluando una instalación ubicada a 12 km de costa y no hay posibilidad de que se produzca presencia en las playas de este tipo de manchas.

## 2.6.5. Productos químicos específicos

**Minerales:** los metales presentes en el alimento de los peces, son suministrados como constituyentes de los compuestos que integran el pienso, o incluidos *ex profeso* como un requerimiento nutricional. De acuerdo a la composición elemental de los piensos usados tradicionalmente en cultivos marinos y a las tasas de bioacumulación de estos elementos publicada por diversos autores se ha calculado su vertido tabla 6. Debe considerarse que se trata de cantidades referidas al vertido anual y que éste se produce asociado a heces y pienso, por lo que dispersará sobre el fondo en igual manera que el resto del vertido particulado de materia orgánica.

**Tabla 6:** Estimación vertido de metales para la producción anual de 4500 Tm de dorada y lubina considerando el vertido procedente del pienso no consumido y su bioacumulación en el tejido corporal peces. (\*Datos sobre composición corporal en dorada obtenidos de \* de (Mente et al. 2012; Cardinal et al. 2011)

Micronutrientes	Consumo [Tm]	Vertido [Tm]
[Zn]	1,66	1,16
[k]	94,69	3,79
[Na]	76,51	3,06
[Mg]	28,56	1,14
[P]	128,57	5,14
[Cu]	0,1	0,07
[Cd]	0,01	0,01
[As]	0	0
[Mn]	2,76	1,93
[Fe]	5,37	0,21
[Ca]	44,53	1,78
[Pb]	0,013	0,009

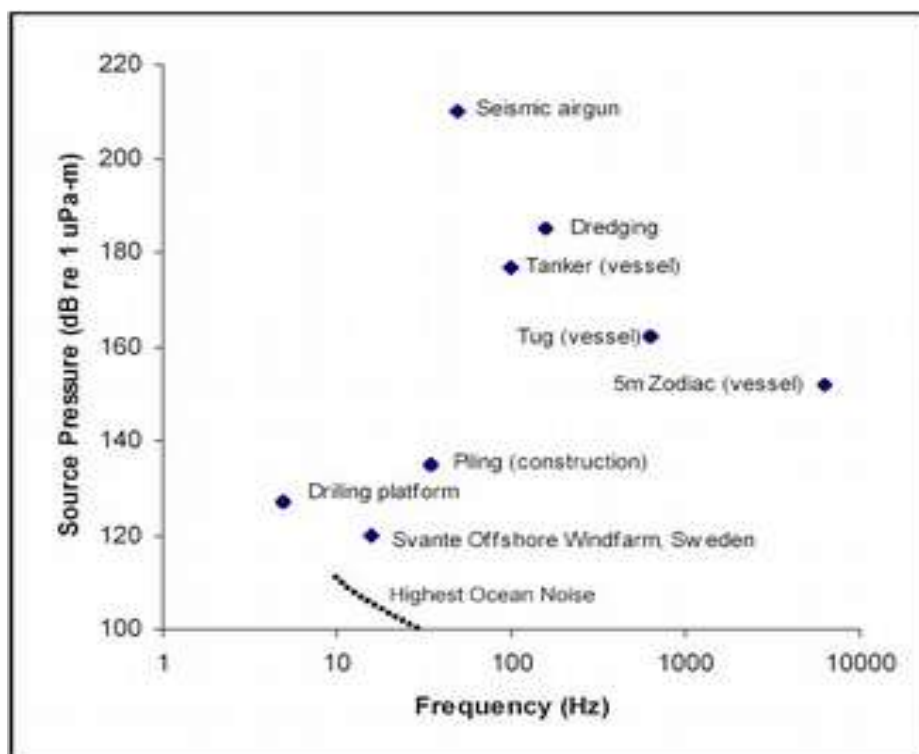
Destaca la presencia de Cd y Pb ambas sustancias prioritarias para la directiva Marco del Agua (Decisión del Consejo nº 2455/2001/CE), así como de As y Cu aunque en cantidades mínimas una vez considerada la tasa de vertido y rango de dispersión.

**Antibióticos y Terapéuticos:** respecto al uso de medicamentos y productos químicos, debido a que se trata de un proyecto abierto al cultivo de diversas especies, y a que las cantidades y especies pueden variar con los años, no es posible disponer *a priori* de datos concretos sobre el uso de productos químicos más allá de los datos presentados en el apartado 2.4.3.

## 2.7. EMISIONES SONORAS

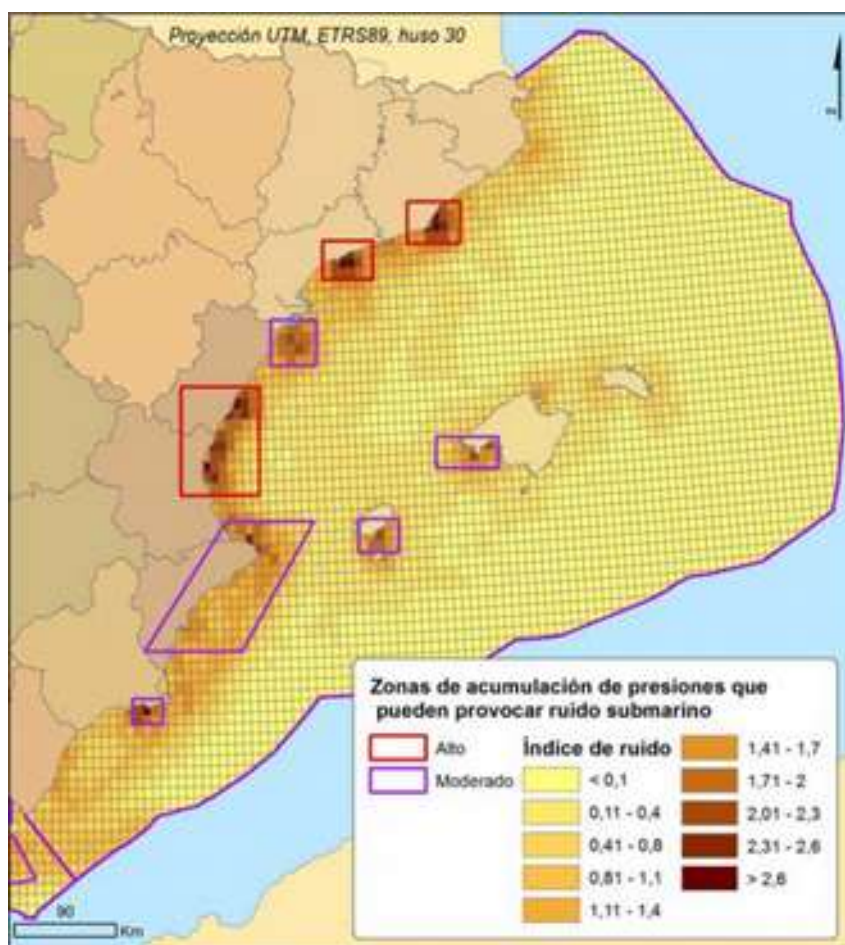
La frecuencia de la presión sonora subacuática asociadas al tráfico marino generado por las embarcaciones de alimentación y mantenimiento estaría en el rango de 100 HZ y 150 dB (Richardson, 1995). La emisión no es continua ya que el tráfico se circunscribe

a los periodos de alimentación diaria por lo habitual durante la mañana (Figura 17).



**Figura 17:** Picos de intensidad en el espectro de frecuencia para algunas fuentes de ruido submarino antropogénico (adaptado de Richardson et al. 1995). Empezando por el más alto: Una perforadora de percusión, la actividad de dragado, motor de un petrolero, motor de un remolcador, motor de una zodiac (5m), construcción de pilares (ej. puente), plataforma de perforación, parque de aerogeneradores *offshore* de Svante (Suecia).

Dentro del proceso de implementación de la Estrategia común marina europea el grupo de trabajo del CEPYC-CEDEX realizó una evaluación del riesgo de ruido submarino para el conjunto del litoral mediterráneo español en función de la acumulación de actividades potencialmente emisoras (tráfico, perforaciones, sondeos, dragados, etc.). La cuadrícula correspondiente a la zona de estudio fue registrada un bajo índice de ruido (ver Figura 18).



**Figura 18:** índice de ruido en función de la acumulación de presiones que pueden provocar ruido (tomado de CEPYC-CEDEX, 2012)

## 2.8. EMISIONES ATMOSFÉRICAS

Tal y como ha sido expuesto en la descripción del proyecto (apartado 2.3.2), el desarrollo de la actividad acuícola implica el uso de embarcaciones auxiliares para el transporte de alimento, mantenimiento de las instalaciones, transporte de ejemplares al puerto.

El proyecto objeto de estudio, dado que supone el traslado de la instalación actual a la nueva concesión, no implica modificación en el número de embarcaciones o viajes, por motivos de mantenimiento o alimentación con respecto a la situación actual. Sin embargo, el incremento de la producción anual implicará el aumento del número de viajes para la pesca al final del ciclo cuando los individuos alcancen la talla comercial. Así, el impacto por emisiones a la atmósfera del proyecto vendrá dado, principalmente, por el incremento en las emisiones ante mayores cargas de transporte de alimento y transporte a puerto de los peces.

Así, según las estimas de alimentación calculadas en el apartado 2.4.1, se espera consumir al final del ciclo (19 y 16 meses respectivamente) en torno a las 4000 Tm en las jaulas de dorada y 9500 Tm para las de lubina. En total se consumirán 13400 Tm de pienso extrusado al final del ciclo.

Aproximadamente el 90% del consumo de combustible se produce en las tareas rutinarias diarias de alimentación y mantenimiento, aunque estas maniobras se han mejorado notablemente con los sistemas automáticos de dosificación de alimento (tabla 7), en los que un mismo barco suministra alimento a varias jaulas a la vez sin necesidad de cambiar de posición. En las maniobras de pesca interviene un barco diferente que captura los ejemplares en su talla comercial después del último mes del ciclo, dilatándose estas maniobras hasta un máximo de dos meses en el peor de los casos (cultivo sincrónico en la totalidad de las jaulas).

Tabla 7. Consumos anuales de combustible en instalaciones similares. Fte: CULMAREX.

Año	Combustible Litros de Gasoil	Combustible Litros de Gasolina	Total Litros
2017	147.910	4.089	151.999
2016	191.032	3.977	195.009
2015	258.782	4.814	263.596

Tabla 8. Estimaciones de consumos totales anuales de combustible de las embarcaciones a utilizar en las instalaciones proyectadas.

EMBARCACIÓN	Nº	CONSUMO ANUAL (l/año)
Alimentación	1	40000
Mantenimiento	1	50000
Auxiliar buceadores	2	10000
Pesca/maniobras	1	75000
<b>TOTAL</b>		<b>175000</b>

De esta forma, el promotor estima unos consumos anuales para el total de embarcaciones a utilizar de 1750000 l/año .

Sobre la base de los consumos de combustible presentados en la tabla 8 para instalaciones de similares características y distancia a puerto, se ha procedido al cálculo de la *Huella de Carbono* (desarrollado específicamente en el apartado 5.4.2). Los esfuerzos de las empresas del grupo CULMAREX por la eficiencia energética han sido considerables, consiguiendo una reducción importante del consumo de combustible en sus embarcaciones.



### 3. ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS

A continuación se presenta el análisis de las diferentes alternativas contempladas en el proyecto teniendo en cuenta los criterios de viabilidad ambiental, técnica y económica.

Atendiendo a dichos criterios, debemos destacar:

- El número, disposición y tamaño de jaulas es el óptimo para las especies a cultivar, dado que el proyecto supone el traslado de dos concesiones previas, resulta imprescindible asegurar el total de producción de ambas en esta nueva localización, por lo que se descarta el análisis de alternativas en cuanto al número y tipo de jaulas así como su disposición y espaciado dentro de los límites establecidos de la concesión.
- Los límites y dimensiones de la concesión se encuentran ajustadas al número, dimensiones y sistemas de anclaje de las jaulas establecidas con un mínimo margen de seguridad, por lo que se descarta el análisis de alternativas en cuanto al tamaño de la concesión.

Según la experiencia del equipo que suscribe y los datos de la bibliografía manejada, en acuicultura los efectos se restringen a un área muy local dentro de las instalaciones y están limitados al sistema bentónico, que es reversible siempre que las densidades alcanzadas por el cultivo no exceden unos límites marcados por las condiciones ambientales locales. En estas situaciones cuando las tasas de renovación de las aguas son suficientes la calidad de las aguas no varía significativamente y el cultivo no se ve sometido a situaciones de estrés que lo hagan inviable.

De esta forma, el estudio de alternativas se plantea desde el punto de vista del análisis de diferentes posibilidades de localización de la parcela a solicitar dentro del área de estudio definida. Posteriormente, teniendo en cuenta los resultados del estudio bionómico realizado mediante sonar de barrido lateral y los puntos de verificación mediante imágenes de vídeo submarino, se procede a la identificación y caracterización de las comunidades localizadas bajo las diferentes alternativas. Finalmente, teniendo en cuenta la importancia ambiental de dichas comunidades, se determina la mejor alternativa de ubicación teniendo en cuenta, a su vez, criterios técnicos y económicos.

#### 3.1. LOCALIZACIÓN DE ALTERNATIVAS

Inicialmente, se plantea el análisis de un total de 3 alternativas distribuidas sobre la superficie del área de estudio. De esta forma, en la Figura 19 se muestra la localización de las 3 alternativas .

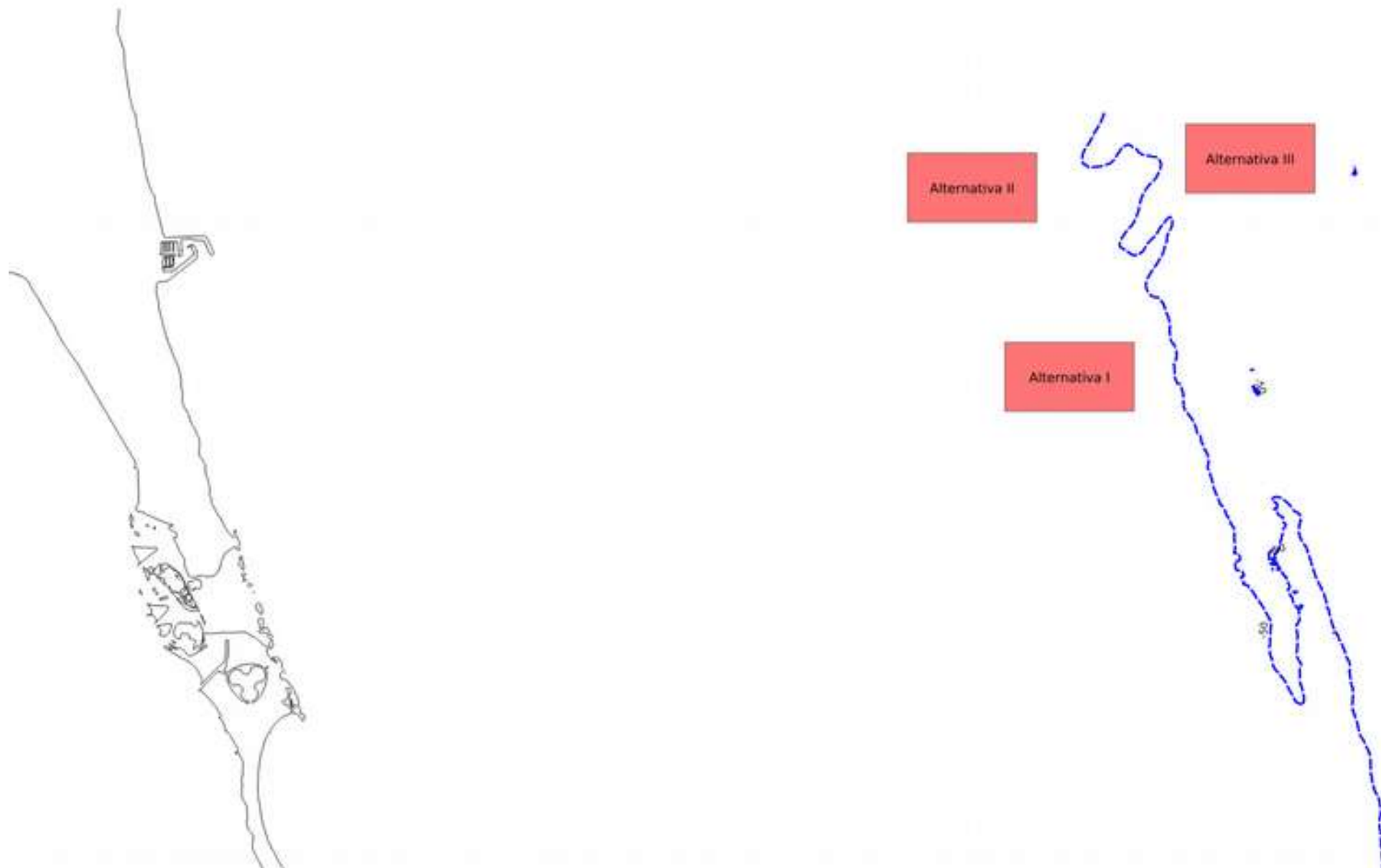


Figura 19. Localización de las 3 alternativas propuestas en el ámbito de trabajo. (-----) Batimétrica de -50 m.

### 3.2. BIONOMÍA Y PUNTOS DE VIDEO

Disponiendo de la información aportada tras un reciente estudio de cartografiado bionómico mediante sonar multihaz en el ámbito de trabajo, desarrollado ampliamente en el ANEXO I. ESTUDIOS COMPLEMENTARIOS, se realizó una campaña de verificación mediante imágenes de vídeo submarino de un total de 49 puntos, de tal forma que se pudieran obtener imágenes en cada una de las biocenosis detectadas.

Dichas imágenes permitieron comprobar los resultados indicados por el método del sonar así como aportar valiosa información sobre las comunidades biológicas asentadas en la zona estudiada (Figura 28). En las siguientes imágenes pueden verse ejemplos característicos de cada tipo de fondo:



Figura 20. Costra rocosa con detrítico costero y algas coralináceas. Punto VA49.

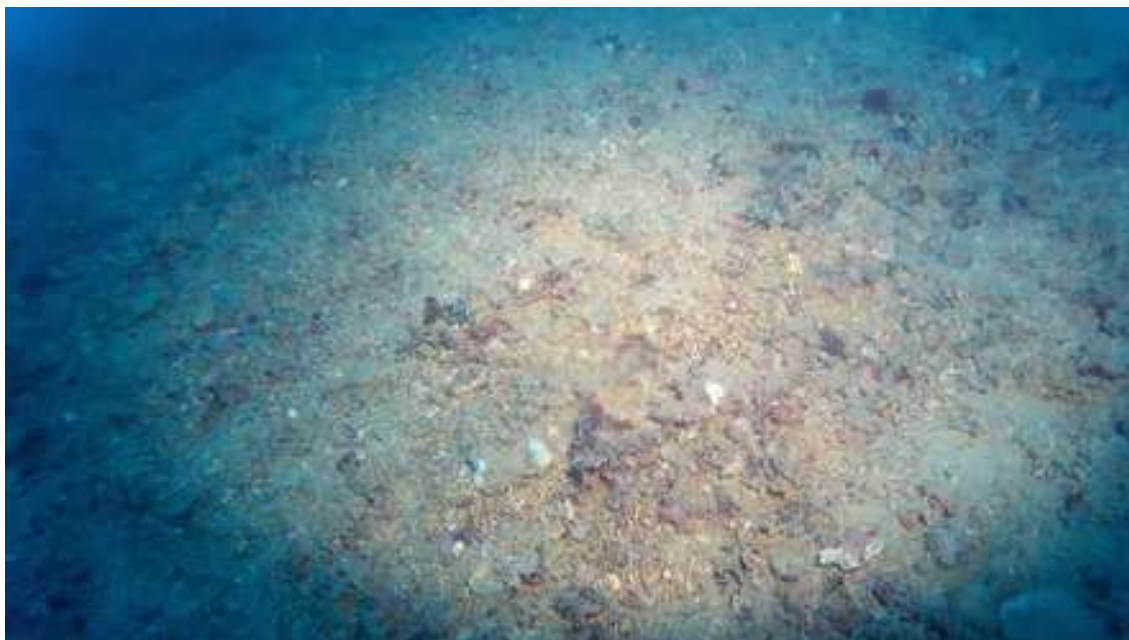


Figura 21. Detrítico costero. Punto VA25.



Figura 22. Detrítico costero y algas coralináceas (Mäerl). Punto VA35.



Figura 23. Detrítico costero con manchas de algas coralíneas. Punto VA45.



Figura 24. Detrítico costero enfangado. Punto VA23.



Figura 25. Detrítico costero enfangado con algas coralináceas y esciáfilas muy dispersas. Punto VA21.



Figura 26. Detrítico costero enfangado con bloques de roca sueltos. Algas esciáfilas y coralináceas. Cnidarios. Punto VA24.



Figura 27. Fondo de fango. Punto VA17.

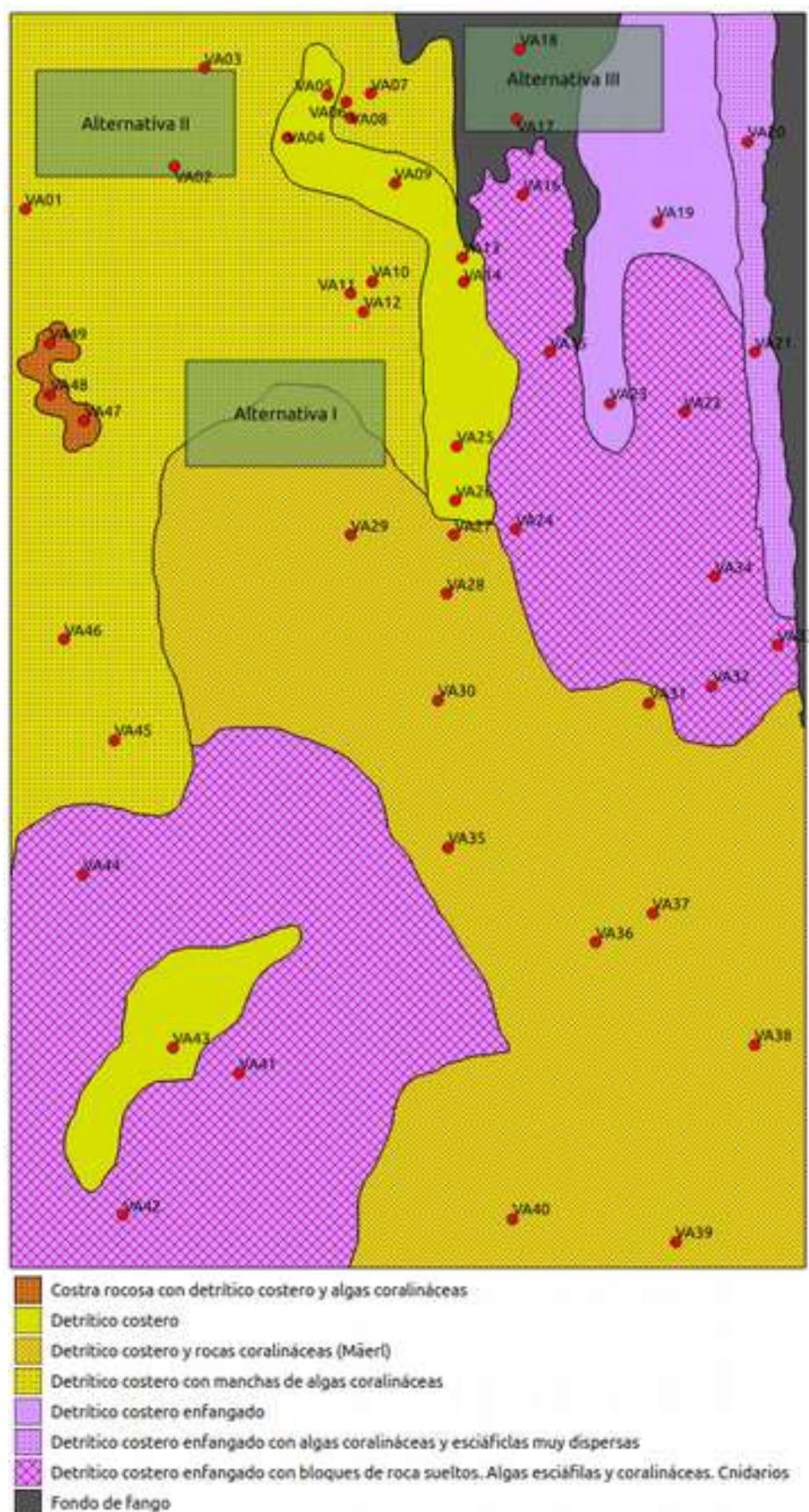


Figura 28. Cobertura bionómica de los fondos localizados en el área de trabajo obtenida mediante sonar multihaz y puntos de cámara de vídeo para verificación visual.

### 3.3. ANÁLISIS DE LAS DIFERENTES ALTERNATIVAS

De forma general cualquiera de las alternativas analizadas, exceptuando la Alternativa 0, implican el desarrollo del proyecto y, por tanto, potenciales impactos positivos sobre el medio socio económico. La creación de nuevas instalaciones de cultivo abre el margen de respuesta de las empresas concesionarias para adaptar la producción ante las demandas de mercado a la vez que genera nuevos puestos de trabajo para cubrir las diferentes necesidades de la actividad en las instalaciones. Por otro lado, las instalaciones supondrían un incremento en los valores de producción acuícola de la Comunidad autónoma de la Región de Murcia mejorando su posicionamiento a escala nacional respecto a otras Comunidades.

#### 3.3.1. ALTERNATIVA 0

Esta alternativa implicaría la no realización del proyecto manteniendo la situación.

#### *IMPACTOS POTENCIALES*

Esta alternativa no supone cambio alguno, y por tanto no tendría ningún impacto potencial sobre el medio natural. Sin embargo, el principal impacto sería del ámbito socio económico debido a que esta alternativa repercute directamente en la viabilidad económica de las empresas concesionarias, obligadas en la situación económica actual a mantener una relación coste beneficios muy estrecha y trabajar en el límite máximo de producción concedido, sin posibilidad de crecimiento, así como, presentando una gran exposición a pérdidas producidas por la imposibilidad de respuesta ante demandas de mercado superiores y por la enorme competencia, tanto a nivel nacional como desde otros países con menores requisitos a nivel administrativo.

#### 3.3.2. ALTERNATIVA I

Esta alternativa consiste en la localización de la concesión en el sector norte de la zona de trabajo (Figura 29) y a 1,7 km al sureste de las instalaciones más próximas del Polígono de acuicultura de San Pedro del Pinatar, en un rango de profundidad comprendido entre los -39 y los -48 m (Figura 30).

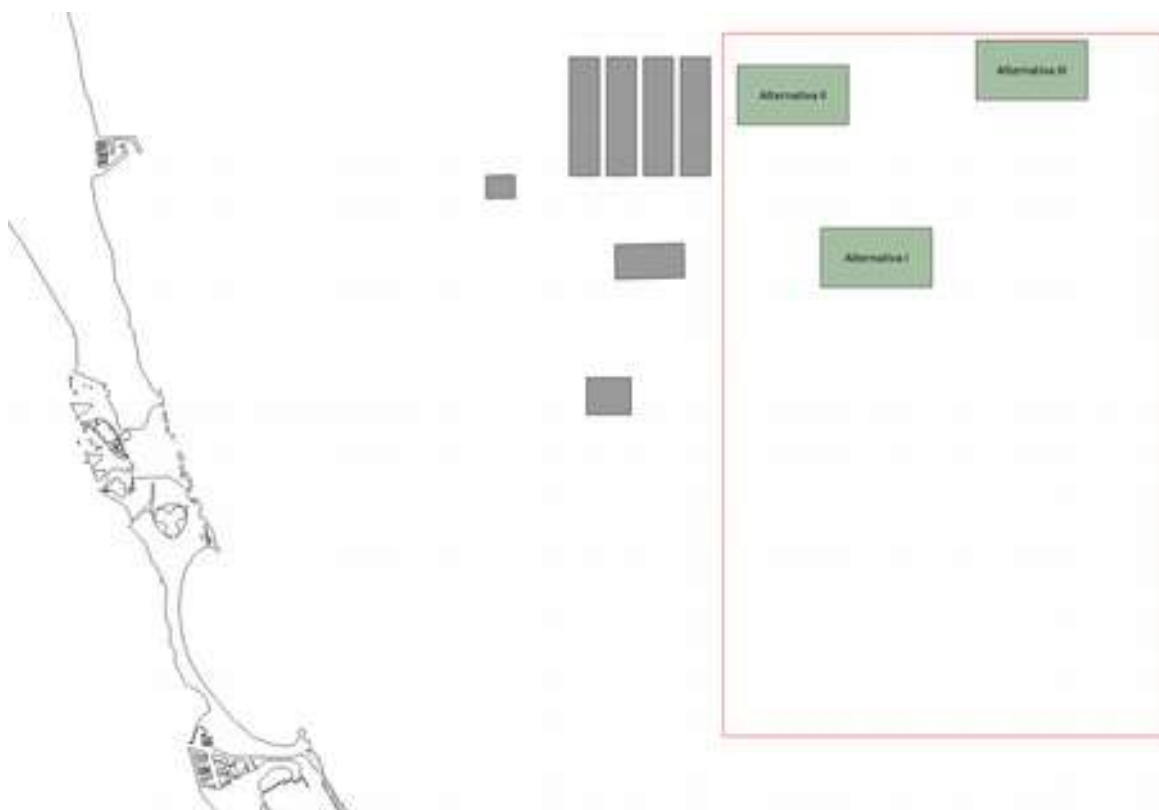


Figura 29. Localización de las diferentes alternativas contempladas en el ámbito de estudio.

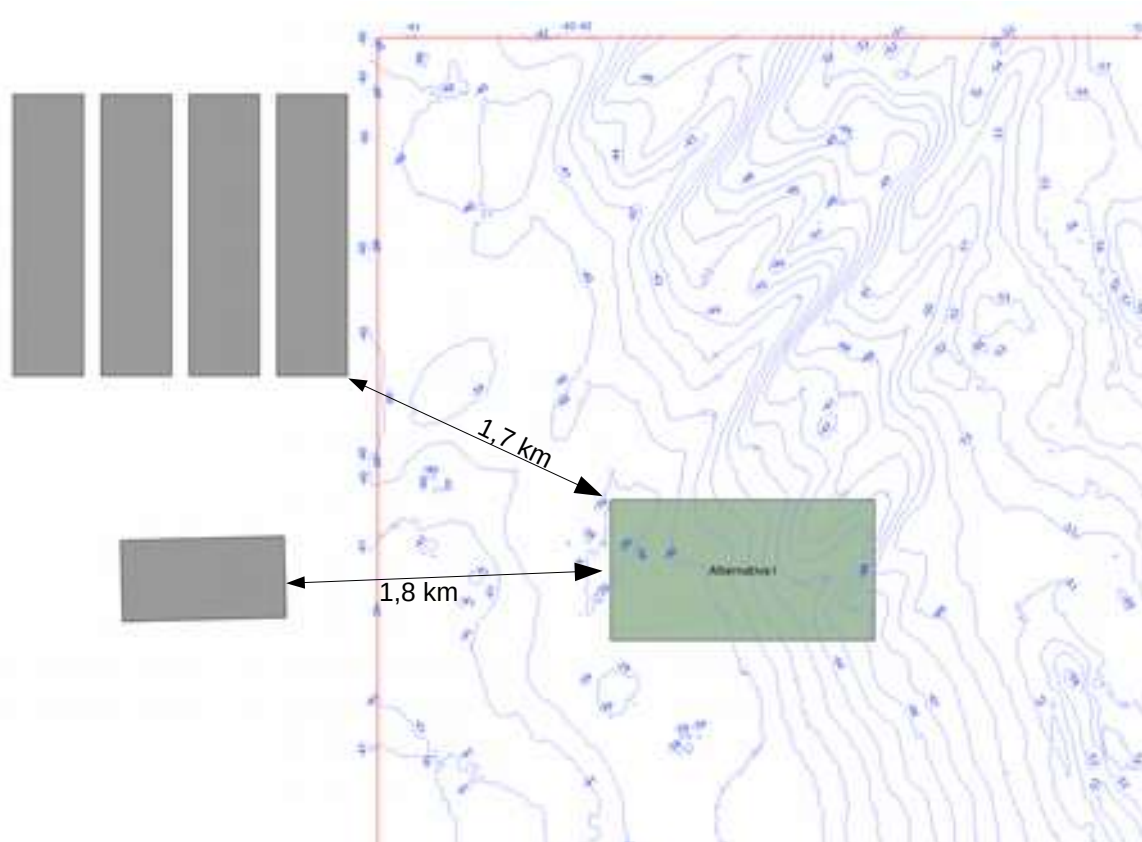


Figura 30. Profundidades, localización y distancia de la Alternativa I.

Respecto a los fondos, esta alternativa se caracteriza por abarcar bajo su superficie un detrítico costero con dos desarrollos diferenciados de facies de algas coralináceas (Figura 31). Así, una mitad de la concesión queda sobre fondos de detrítico costero con facies de algas coralináceas distribuidas a machas que, aunque no llegan a constituir un auténtico Maërl, sí que llegan a formar en algunas zonas concentraciones destacables que contrastan con otras zonas en las que la pérdida de esta facies es total.

Lo que destaca en esta alternativa es, fundamentalmente, el sector sur de la concesión que quedaría sobre fondos de detrítico costero con facies de algas coralináceas que implica un mayor grado de desarrollo de estas comunidades constituyendo un Maërl más consolidado (Figura 31).

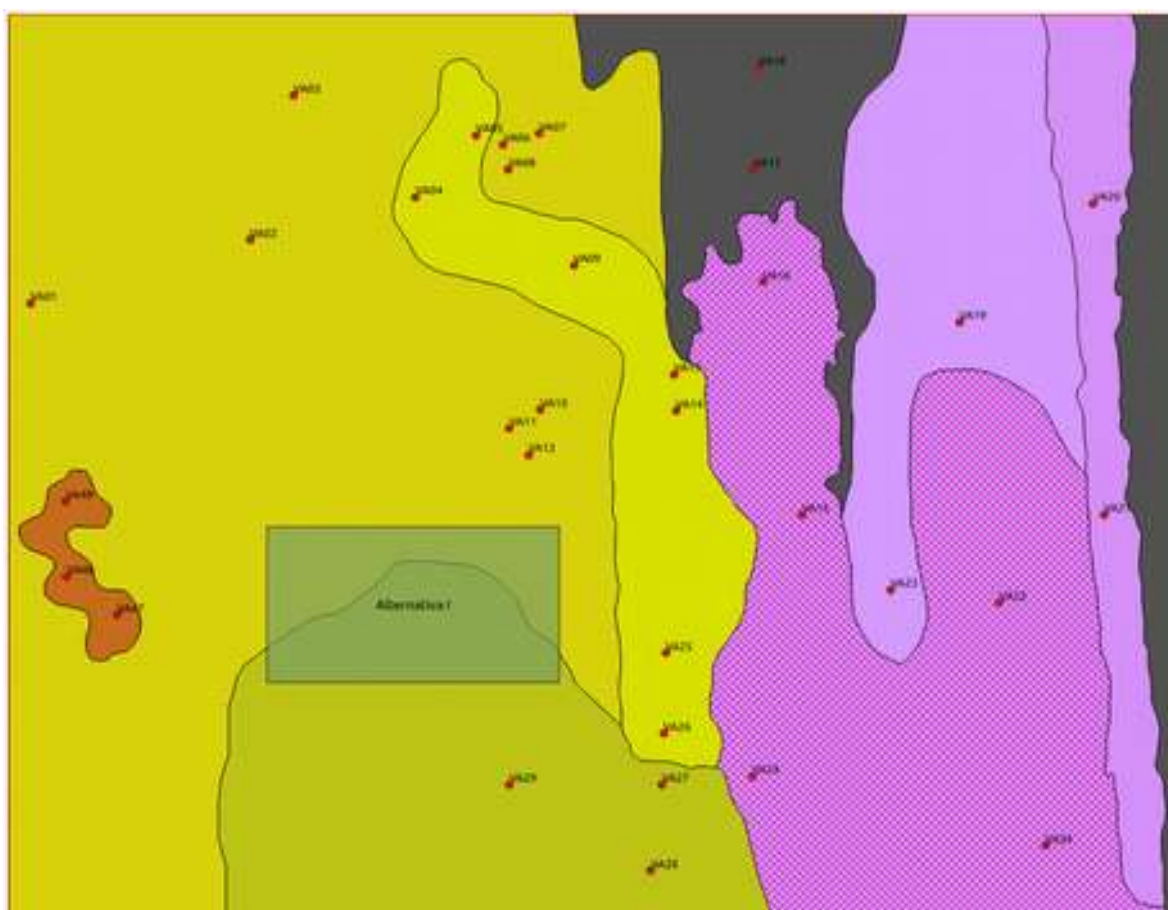


Figura 31. Alternativa I sobre fondo de detrítico costero con facies de algas coralináceas (■) y zonas de algas coralináceas (Maërl) (■). Localización de las estaciones de vídeo VA10, VA27 y VA28 que caracterizan los fondos de la concesión correspondiente a la Alternativa I.

## IMPACTOS POTENCIALES

La ubicación de esta alternativa al SE respecto a la concesión más próxima del Polígono de acuicultura de San Pedro del Pinatar a una distancia de 1,7 km, debería resultar suficiente para evitar potenciales impactos con efectos sinérgicos con el vertido particulado procedente de las instalaciones de dicho polígono, sin embargo, al encontrarse a favor de las corrientes dominantes, no se debe descartar la posible aparición de episodios puntuales de impacto o sinergias procedentes del vertido disuelto de las mismas instalaciones.

La presencia de fondos de detrítico costero con facies de algas y, especialmente, algas coralináceas, implica la potencial afección a las comunidades biológicas que lo caracterizan entre las que se encuentra *Phymatoliton calcareum*, incluido en el Anexo V de la Directiva Hábitats; *Especies animales y vegetales de interés comunitario cuya recogida en la naturaleza y cuya explotación pueden ser objeto de medidas de gestión*.

Para corroborar la presencia y estado de desarrollo de dichas comunidades, durante la campaña de vídeo se registraron imágenes de diferentes zonas para abarcar la diversidad de fondos bajo la concesión correspondiente a esta alternativa I (VA10 y VA28) (Figura 31).

Tal y como se puede observar en la Figura 32, la estación VA02 presenta un fondo de detrítico costero con facies de algas coralináceas distribuidas a machas que, aunque no llegan a constituir un auténtico Maërl, sí que llegan a formar en algunas zonas concentraciones destacables que contrastan con otras zonas en las que la pérdida de esta facies es total. Estas comunidades no evolucionan hacia un määrl debido a que son localizadas a profundidades donde la acción del oleaje durante los temporales resuspende y desestructura estas manchas aunque con un efecto menos intenso que en zonas más someras.

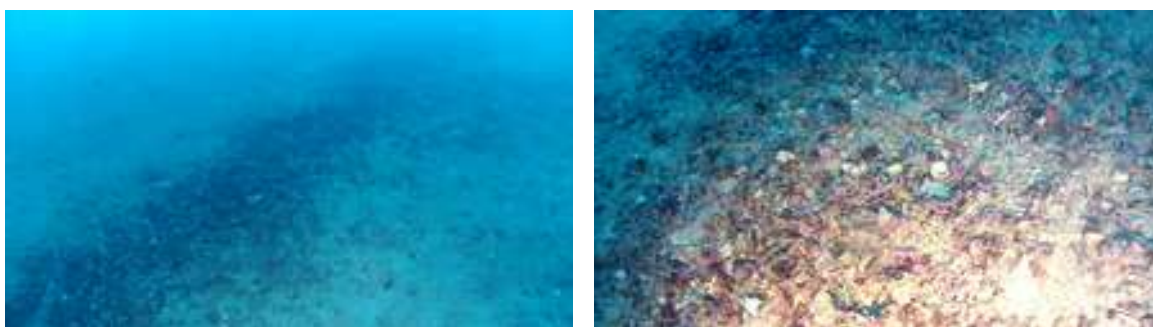


Figura 32. Imágenes correspondientes a la estación de vídeo VA10 mostrando la disposición a manchas (facies) y detalle de las algas coralináceas. Zona norte de la concesión en la alternativa I.

Sin embargo, se destaca el contraste respecto a la estación VA28 (Figura 33), en el área centro- sur de la alternativa I, en la que las facies de Maërl alcanzan un destacable grado de consolidación y extensión sobre el detrítico costero.

De esta forma, se pone de manifiesto la existencia de un gradiente Norte-Sur en el desarrollo de estas facies de algas coralináceas, puesto de manifiesto en la estación VA27 en la que el grado de desarrollo de estas facies, aunque destacable, resulta inferior al existente en VA28 (Figura 34).

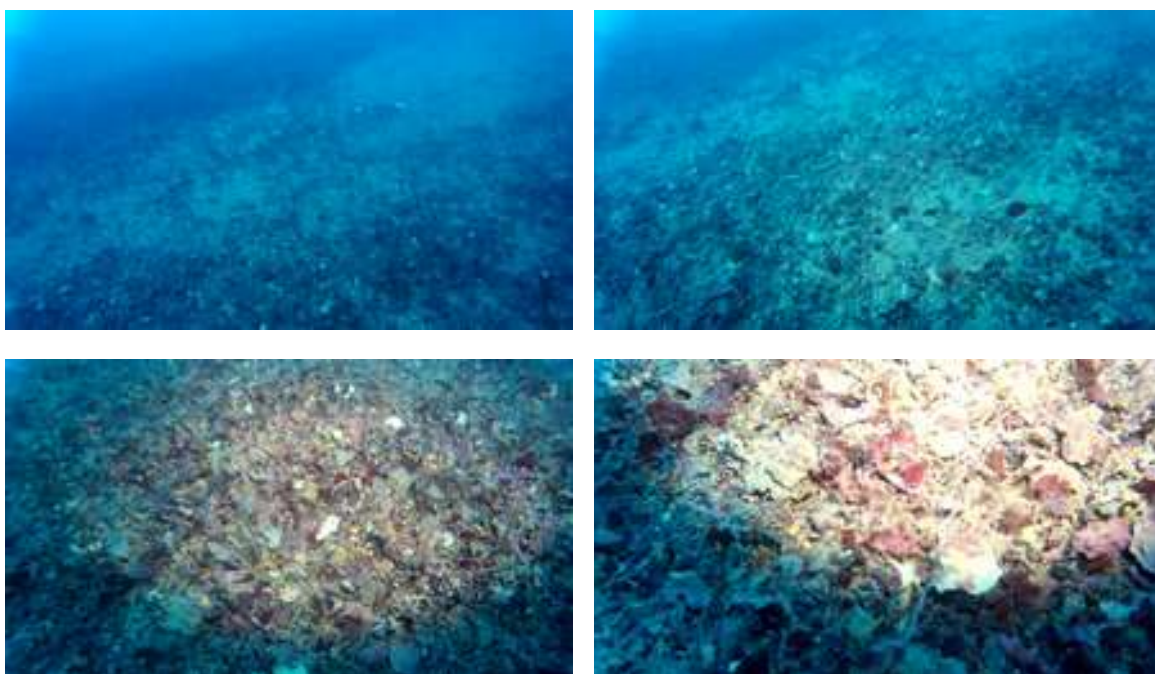


Figura 33. Imágenes correspondientes a la estación de vídeo VA28 mostrando el desarrollo y densidad de las facies de Maërl de los fondos de detrítico costero. Zona centro-sur de la concesión en la alternativa III.

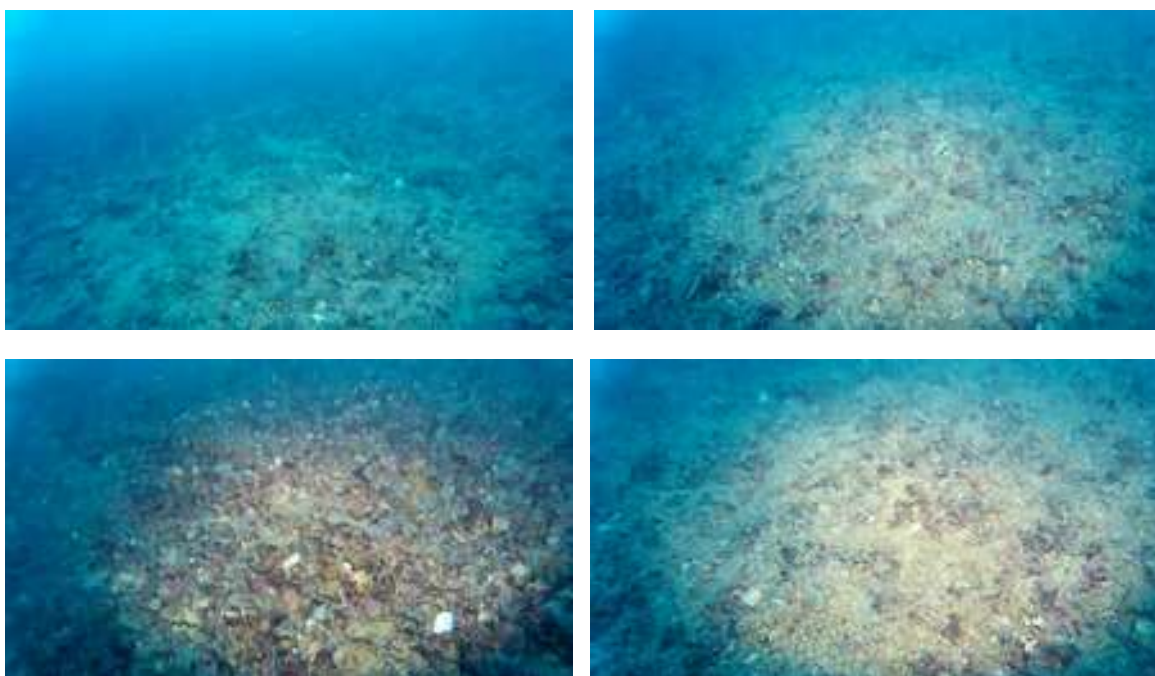


Figura 34. Imágenes correspondientes a la estación de vídeo VA27 mostrando el desarrollo y densidad de las facies de Maërl de los fondos de detrítico costero. Zona centro-sur de la concesión en la alternativa III.

Dado que el tamaño de la concesión se ajusta con escaso margen a la totalidad de las 42 jaulas previstas en el proyecto, sin posibilidad de ajustes o cambios en la ubicación de las mismas, cabe esperar un impacto significativo sobre estos fondos localizados bajo las jaulas en la zona norte y sur de la concesión y, por tanto, sobre estas comunidades de Maërl.

### 3.3.3. ALTERNATIVA II

Esta alternativa consiste en la localización de la concesión en el sector noroeste de la zona de trabajo (Figura 29) y a 400 m al este de las instalaciones más próximas del Polígono de acuicultura de San Pedro del Pinatar, en el rango batimétrico comprendido entre los -40 y -44 m (Figura 35).

Respecto a los fondos, esta alternativa se caracteriza por abarcar en su zona central un detrítico costero sin otras formaciones relevantes y, en sus zonas norte y sur, el mismo detrítico costero con facies de algas coralínáceas similares a las comentadas en la alternativa I (Figura 36).

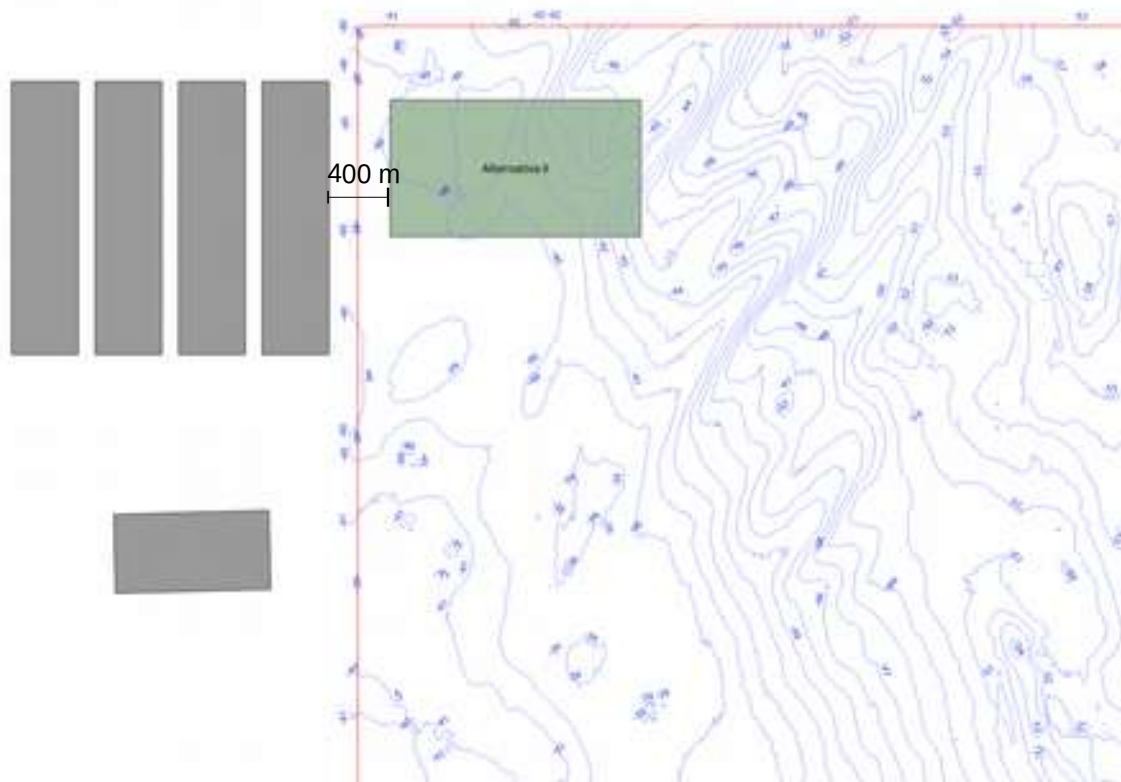


Figura 35. Profundidades, localización y distancia de la Alternativa II.

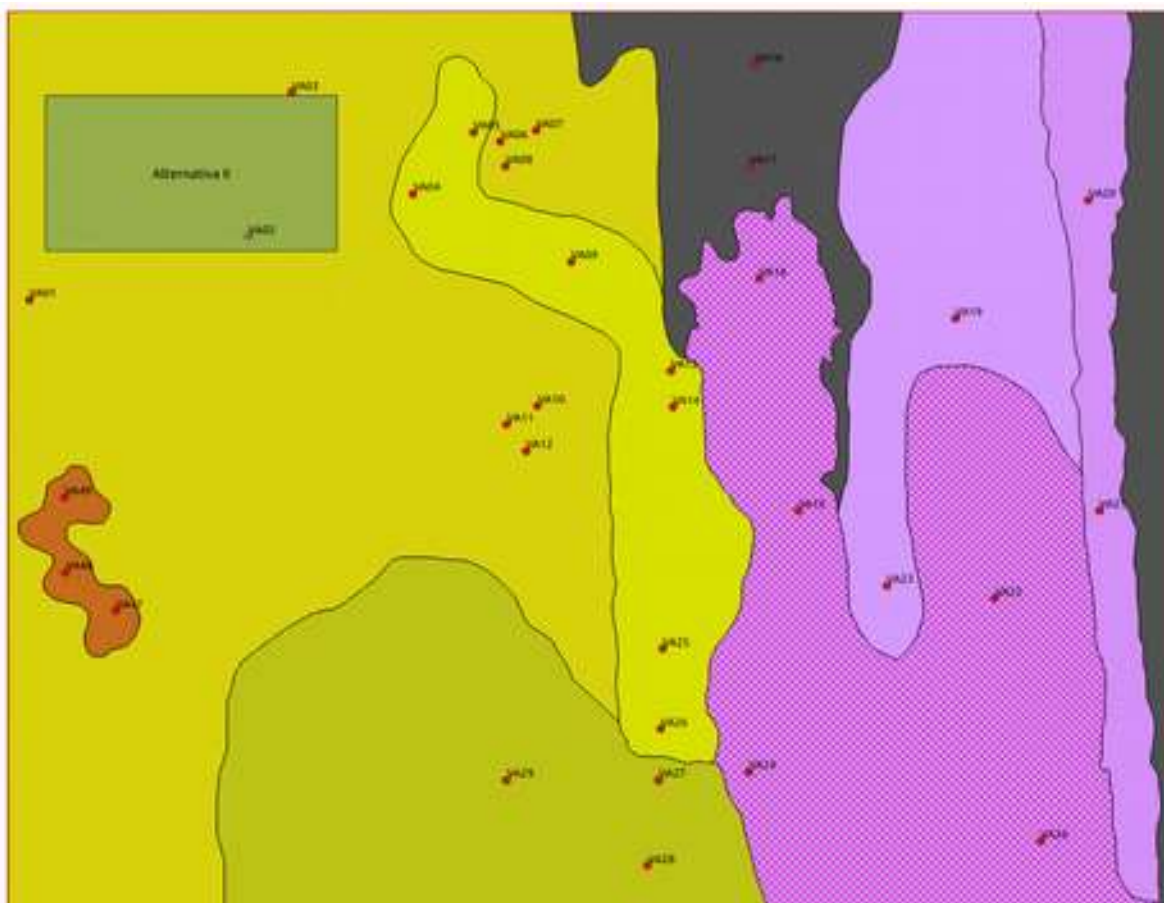


Figura 36. Alternativa II sobre fondo de detrítico costero con facies de algas coralíneas ( ). Localización de la estación de vídeo VA02 que caracterizan los fondos correspondientes a la concesión de la Alternativa II.

## IMPACTOS POTENCIALES

En este caso, la distancia de la concesión a las instalaciones del Polígono de Acuicultura de San Pedro del Pinatar (400 m), no se estima suficiente para evitar posibles impactos con efectos sinérgicos con las instalaciones de dicho polígono.

La presencia de fondos de *detrítico costero con manchas de algas coralíneas* implica la potencial afección a las comunidades biológicas que lo caracterizan entre las que se encuentra *Phymatoliton calcareum*, incluido en el Anexo V de la Directiva Hábitats; *Especies animales y vegetales de interés comunitario cuya recogida en la naturaleza y cuya explotación pueden ser objeto de medidas de gestión*.

Para corroborar la presencia y estado de desarrollo de dichas comunidades, durante la campaña de vídeo se registraron imágenes de un punto localizado en el interior de la concesión correspondiente a esta alternativa II (VA02) (Figura 36).

Tal y como se puede observar en la Figura 37, la estación VA02 presenta un fondo de detrítico costero con facies de algas coralíneas distribuidas a machas que, aunque no llegan a constituir un auténtico Maërl, sí que llegan a formar en algunas zonas concentraciones destacables que contrastan con otras zonas en las que le pérdida de

esta facies es total. Estas comunidades no evolucionan hacia un Mäerl debido a que son localizadas a profundidades donde la acción del oleaje durante los temporales resuspende y desestructura estas manchas aunque con un efecto menos intenso que en zonas más someras.

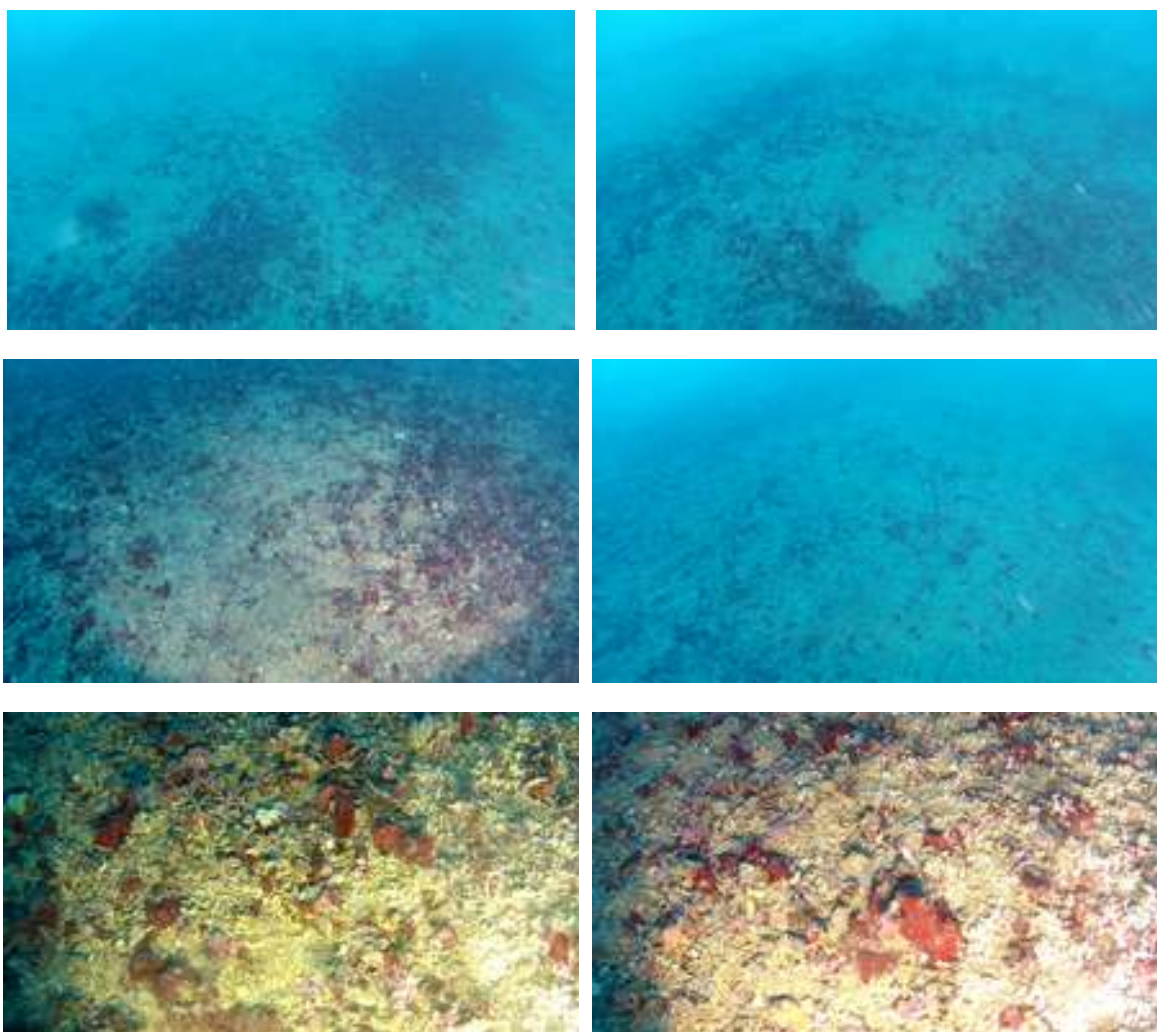


Figura 37. Imágenes correspondientes a la estación de vídeo VA02 mostrando la heterogeneidad, disposición a manchas (facies) y detalle de las facies de algas coralináceas que quedarían localizadas bajo las jaulas de la alternativa II.

Dado que el tamaño de la concesión se ajusta con escaso margen a la totalidad de las 42 jaulas previstas en el proyecto, sin posibilidad de ajustes o cambios en la ubicación de las mismas, cabe esperar un impacto significativo sobre estos fondos localizados bajo las jaulas y, por tanto, sobre estas comunidades de algas coralináceas y las propias del detrítico costero.

### 3.3.4. ALTERNATIVA III

Esta alternativa consiste en la localización de la concesión en el sector norte de la zona de trabajo, a 3,6 km al este de las instalaciones más próximas del Polígono de acuicultura de San Pedro del Pinatar, en el rango batimétrico comprendido entre los -52 y -57 m (Figura 38).

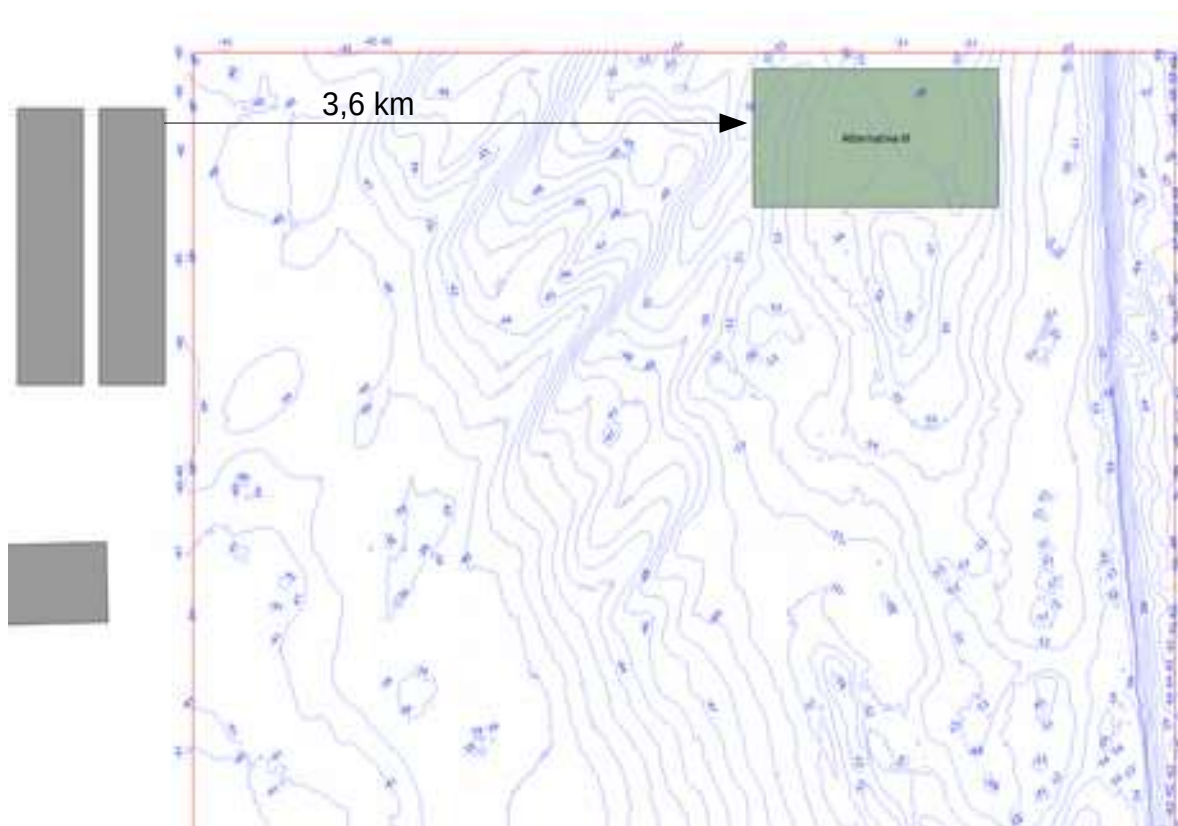


Figura 38. Profundidades, localización y distancia de la Alternativa III.

Respecto a los fondos, esta alternativa se caracteriza por abarcar bajo su superficie dos tipos de fondo diferenciados (Figura 39). Así, una mitad este de la concesión queda sobre fondos de detrítico costero enfangado sin otras formaciones relevantes, mientras que su otra mitad oeste presenta fondos de fango donde el componente biológico del sedimento queda muy reducido o incluso ausente.



Figura 39. Alternativa III sobre fondo de detritico costero enfangados (■) y fondos de fangos (■). Localización de las estaciones de video VA17, VA18 y VA19 que caracterizan los fondos de la concesión correspondiente a la Alternativa III.

## IMPACTOS POTENCIALES

En este caso, la distancia de la concesión a las instalaciones del Polígono de Acuicultura de San Pedro del Pinatar (3,6 km), es suficiente para evitar posibles impactos con efectos sinérgicos con las instalaciones de dicho polígono.

La ubicación de esta alternativa sobre fondos fangosos implica la ausencia de afecciones sobre comunidades de algas coralíneas descritas en anteriores alternativas.

Para corroborar la ausencia de dichas comunidades, durante la campaña de video se registraron imágenes de diferentes puntos para abarcar la diversidad de fondos bajo la concesión correspondiente a esta alternativa III (VA17 - VA19) (Figura 39).

Tal y como se puede observar en la Figura 40, la estación VA17, en la mitad oeste de la concesión, se caracteriza por la presencia de fondos fangoso sin comunidades destacables.



Figura 40. Fondo de fango. Estación VA17.

Desplazándonos al sureste respecto a la estación anterior, se comprueba un gradiente en el que se produce una reducción del componente fangoso dando lugar, tal y como muestra la estación VA19, a un detrítico costero enfangado sin comunidades destacables (Figura 41).



Figura 41. Detrítico costero enfangado. Estación VA19.

Así, dadas las características de los fondos sobre los que se establece la alternativa III, no cabe esperar un impacto significativo sobre ningún tipo de comunidad relevante bajo la jaulas de la concesión.

No obstante, tal y como puede observarse en la Figura 39, esta alternativa se encuentra a, aproximadamente 80 m del límite, detectado mediante sonar multihaz, de fondos de detrítico costero enfangado con bloques de roca en el que se presentan comunidades de algas esciáfilas y coralináceas y cnidarios (■). Esta biocenosis no ha aparecido en ninguna alternativa anterior. La presencia de estos fondos de implica la potencial afección a las comunidades biológicas que lo caracterizan entre las que se encuentra *Phymatoliton calcareum*, incluido en el Anexo V de la Directiva Hábitats; *Especies animales y vegetales de interés comunitario cuya recogida en la naturaleza y cuya explotación pueden ser objeto de medidas de gestión*. A su vez, entre los cnidarios pueden presentarse especies de gorgonáceos como el género *Eunicella* o *Lophogorgia*, característicos de este tipo de fondos.

La Figura 42 presenta diferentes imágenes correspondientes a la estación de vídeo VA16 localizada sobre esta biocenosis de detrítico costero enfangado con bloques de roca sueltos, comunidades esciáfilas y coralináceas y cnidarios.

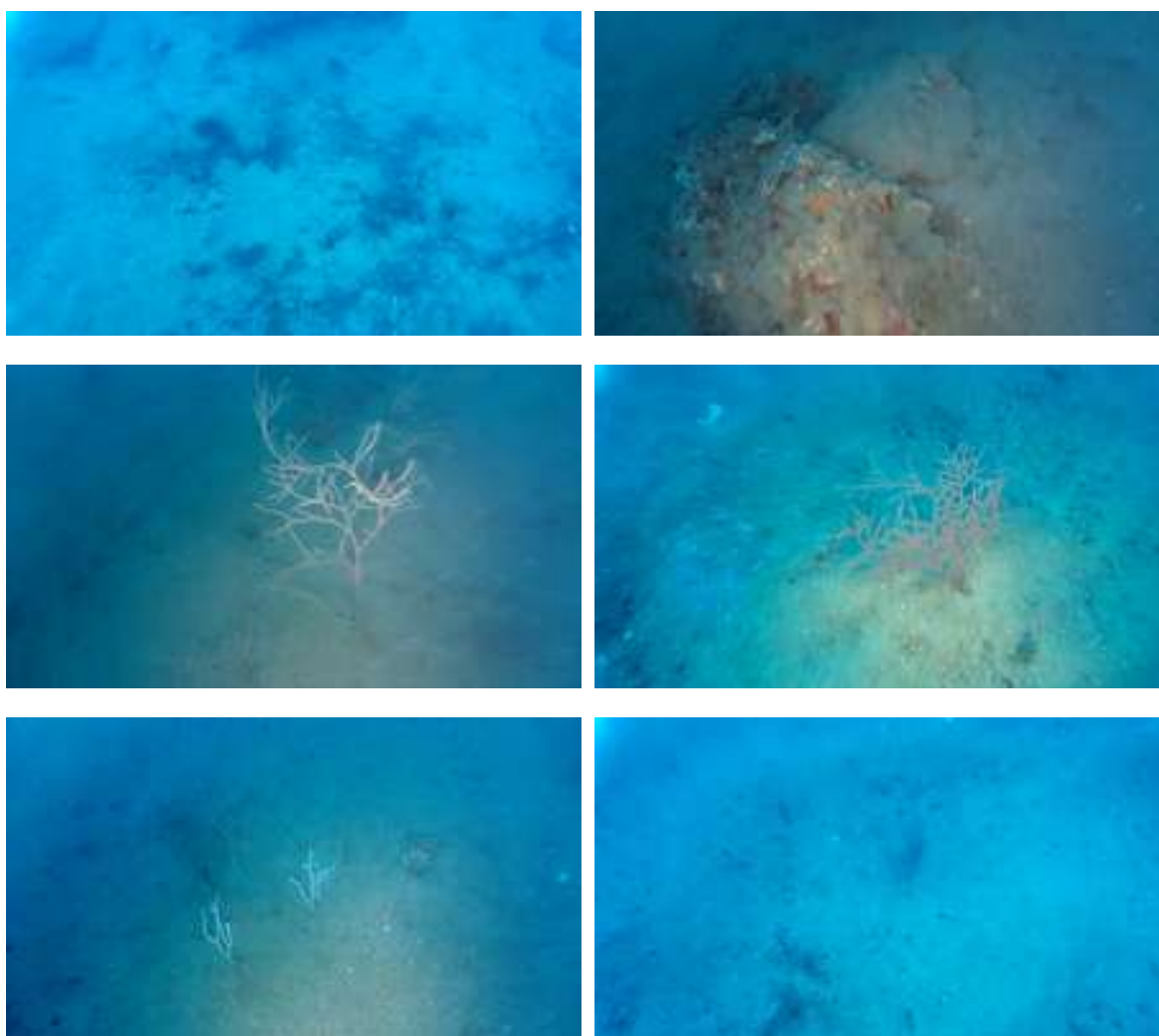


Figura 42. Imágenes correspondientes a la estación de vídeo VA16 mostrando el fondo detrítico costero enfangado, lajas de roca y comunidades de cnidarios gorgoniáceos.

### ALTERNATIVA III-B

Vistas las características de los fondos próximos a la alternativa III, con la finalidad de evitar potenciales afecciones sobre las comunidades de *detrítico costero enfangado con bloques de roca sueltos*, *comunidades esciáfilas* y *coralináceas y cnidarios*, observadas a 80 m al sur de la concesión, se plantea una nueva configuración de la alternativa III mediante su desplazamiento 1,1 km al norte fuera del área de estudio (Figura 43).

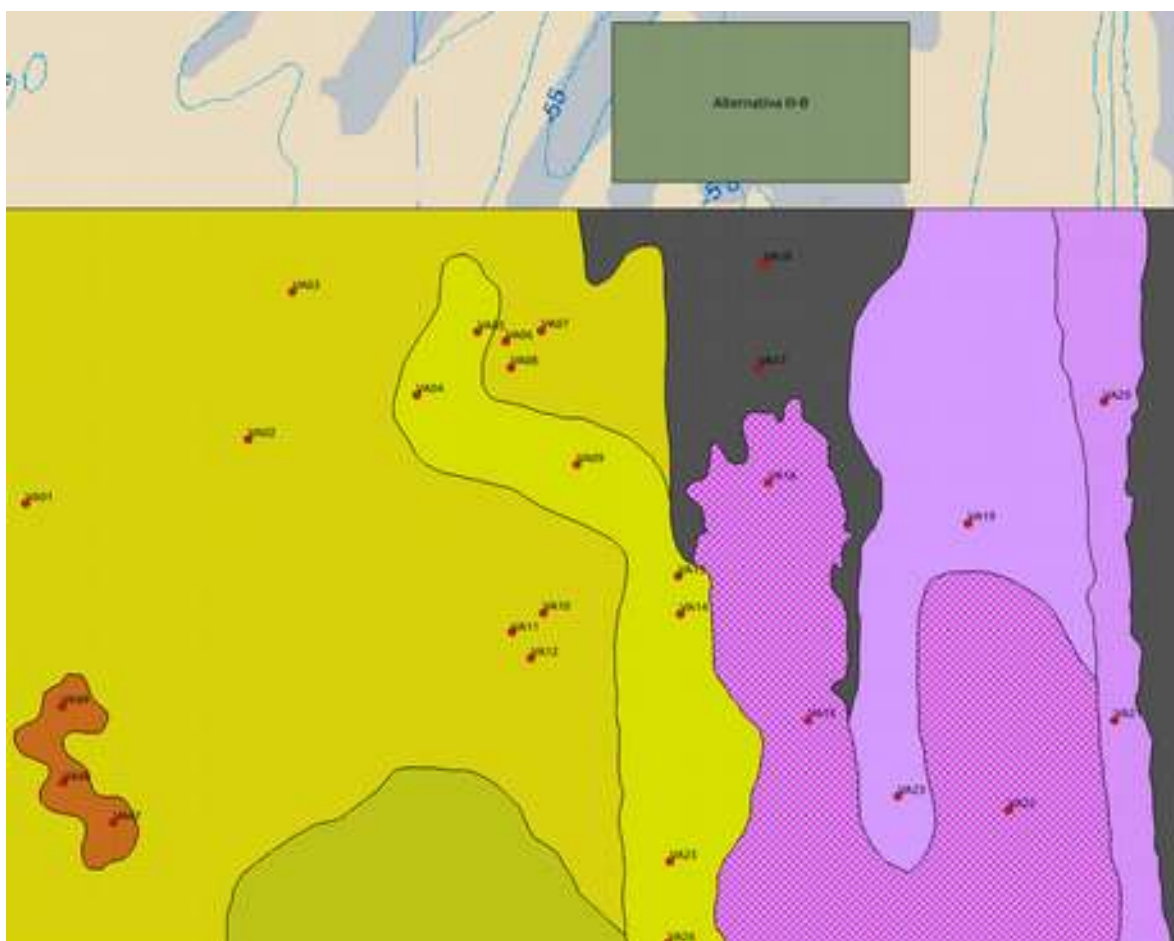


Figura 43. Configuración de la alternativa III (Alt III-B) desplazada, aproximadamente, 1 km y ubicada íntegramente sobre fondo de fangos, evitando afección sobre las comunidades de detritico enfangado detectadas.

Al ubicarse fuera de la zona estudiada mediante sonda multihaz, se realizó una nueva campaña de vídeo-transectos con la finalidad de verificar la continuidad de los fondos de fango.

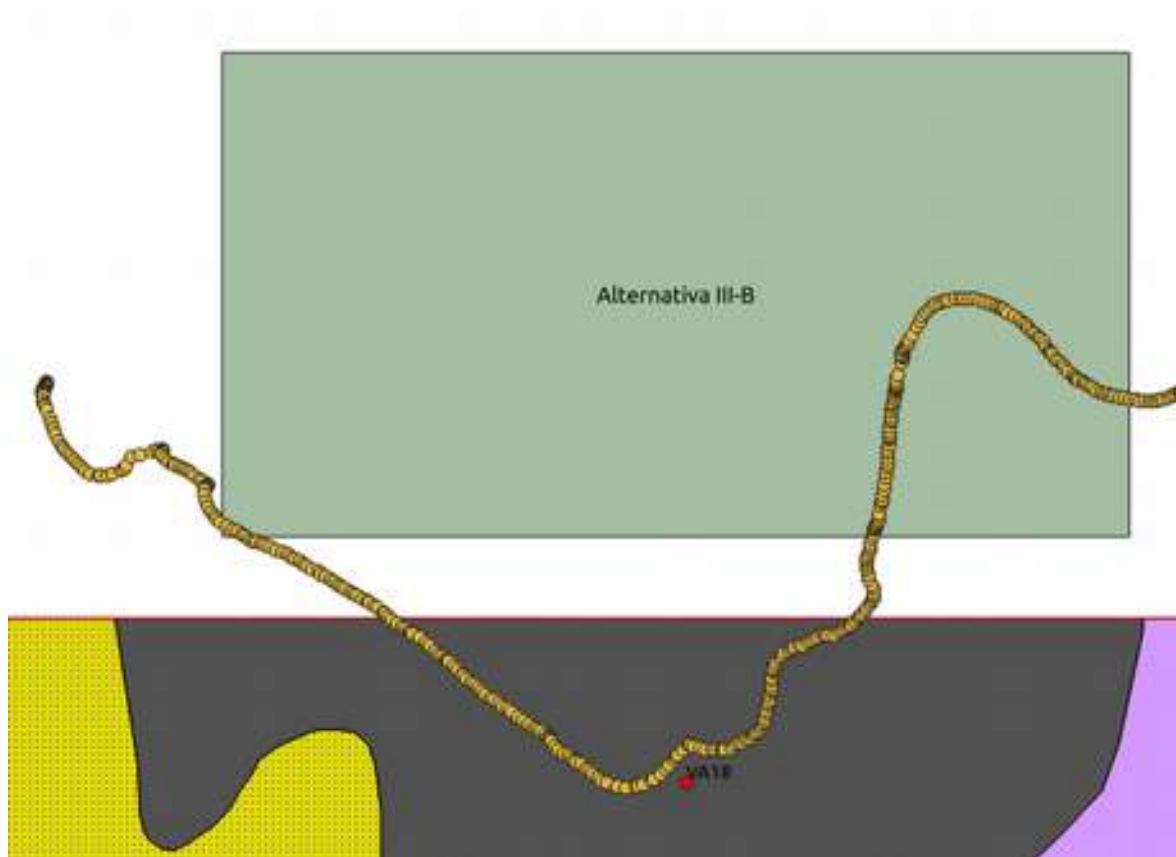


Figura 44. Transecto de vídeo realizado para verificar la continuidad de los fondos fuera del ámbito de estudio.



Figura 45. Fondos de fangos correspondientes a zonas bajo la concesión de la alternativa III-B en transecto de verificación realizado.

De esta forma, la nueva configuración de esta alternativa, Alternativa III-B, establece la concesión íntegramente sobre fondos fangosos y alejada 1,1 km de las comunidades de *detrítico costero enfangado con bloques de roca sueltos*, *comunidades esciáfilas* y *coralináceas* y *cnidarios*, reduciendo, de esta forma, potenciales afecciones sobre dichas comunidades.

### 3.4. SELECCIÓN INICIAL DE ALTERNATIVAS

Atendiendo a la caracterización de los fondos realizada, la presencia de posibles sinergias con otras instalaciones existentes y la influencia socio-económica del proyecto, se ha realizado una valoración del grado de incidencia potencial de las diferentes alternativas expuestas.

El criterio de valoración de los fondos se ha establecido según las comunidades y el grado de dispersión observado en las mismas en un rango de 1-5 según la siguiente tabla:

FONDO	Valoración
Detrítico costero enfangado	1
Detrítico costero con facies de algas coralináceas	3
Detrítico costero con facies de Maërl	5
Fango	0
Detrítico costero enfangado con bloques de roca y comunidades de algas esciáfilas y coralináceas y cnidarios	4

Con esto, la valoración del grado de incidencia potencial de cada una de las alternativas contempladas se establece sumando la valoración de los fondos anterior con la valoración de la potencial presencia / ausencia (1/0) de efectos sinérgicos con otras instalaciones existentes y restando la influencia socio-económica del desarrollo del proyecto (1/0) (mejora el mercado de trabajo y el posicionamiento en producción acuícola de la Comunidad Autónoma a nivel nacional).

Tabla 9. Análisis de las diferentes alternativas respecto a la ubicación de la concesión a solicitar.

Alternativa	a.Fondos	b.Sinergias	c.Socio-económico	TOTAL (a+b-c)
<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>
<b>I</b>	5	0	1	<b>4</b>
<b>II</b>	3	1	1	<b>3</b>
<b>III</b>	4	0	1	<b>3</b>
<b>III-B</b>	0	0	1	<b>-1</b>

De acuerdo a los resultados obtenidos en el análisis, las alternativas de ubicación del proyecto que menos impacto potencial ejercen son la 0 (no realización del proyecto) y la III en su configuración "B".

De esta forma, para el desarrollo del presente trabajo, se selecciona la alternativa III-B (localización sobre fondo fangoso) la cual minimiza el potencial impacto sobre las comunidades biológicas de interés, presentes en el ámbito de estudio, a la vez que no se estiman efectos significativos sinérgicos con los vertidos procedentes del Polígono de Acuicultura de San Pedro del Pinatar.



## 4. DIAGNÓSTICO TERRITORIAL Y MEDIO AMBIENTE AFECTADO POR EL PROYECTO

Dada la notable antigüedad de la cartografía bionómica oficial de la zona (CALVÍN, J.C., FRANCO NAVARRO, I., MARTINEZ INGLES, A.M., MARIN, A., BELMONTE, A., BELANDO, A., VICENTE, M. & BALLESTER, R., 1998. Estudio de revisión y actualización de la cartografía bionómica del litoral sumergido de la Región de Murcia. D. G. del Medio Natural. Comunidad de Murcia), a los efectos del presente estudio, se ha procedido a su actualización mediante una serie de trabajos relacionados con el cartografiado con sonar de barrido lateral (estudios sonográficos), en los que se ha obtenido nueva y precisa información sobre:

- Determinación de las zonas expuestas sobre el fondo a partir del mosaico sonográfico generado.
- Estudio batimétrico de precisión para obtener cartografía georreferenciada.
- Obtención de una cartografía en las zona de estudio, incluyendo distribución textural de sedimentos superficiales, distribución bionómica así como aquellos obstáculos y elementos antrópicos que se encuentren, todo esto apoyándose en los datos batimétricos y sonográficos verificados posteriormente mediante filmación con cámara submarina.

De esta forma, ha sido posible conocer las características de los fondos del área de estudio indicada en el apartado 4.7.2, así como las diferentes comunidades que en él se asientan.

A su vez, se ha recopilado la información procedente de los numerosos trabajos realizados sobre la zona de estudio, en especial del *PLAN INTEGRAL DE VIGILANCIA AMBIENTAL 2017 DE LAS EMPRESAS DE CULTIVOS MARINOS INSTALADAS EN LA FRANJA COSTERA COMPRENDIDA ENTRE EL PUERTO DE SAN PEDRO DEL PINATAR Y PUNTA DE ALGAS (MURCIA) y anteriores*, (TAXON Estudios Ambientales S.L. 2017) y de los *ESTUDIOS NECESARIOS PARA EL MÁXIMO APROVECHAMIENTO DEL ÁREA DEL POLÍGONO DE ACUICULTURA FRENTE A SAN PEDRO DEL PINATAR* realizado por TAXON Estudios Ambientales S.L. en 2009 para el Servicio de Pesca y Acuicultura de la CARM. Estos trabajos constituyen la base para el análisis del estado actual de los factores ambientales y para el análisis de su respuesta al actual nivel de actividad. No debe por tanto extrañar que el presente inventario evalúe la calidad ambiental actual sino también su evolución histórica. Otras fuentes de información consultadas, también desarrolladas por TAXON Estudios Ambientales S.L., han sido:

- *Estudio de Impacto Ambiental del Emisario submarino para la evacuación de la salmuera de la Planta Desaladora de agua marina del Nuevo Canal de Cartagena, (Mancomunidad de los Canales del Taibilla, 1.998-2001).*
- *Evaluación de los efectos sobre el medio receptor del vertido de la Planta desaladora del Nuevo Canal de Cartagena por el canal perimetral de las Salinas de San Pedro del Pinatar (Mancomunidad de los Canales del Taibilla, 2002)*
- *Evaluación de los efectos sobre el medio receptor del vertido de la Planta desaladora del Nuevo Canal de Cartagena mediante emisario con difusores, paralelo a costa, (Mancomunidad de los Canales del Taibilla,2003).*
- *Estudio de Impacto Ambiental sobre la Obra de la toma de agua de mar mediante captación de agua por drenes en la Barra de los Esculls de El Mojón para la Planta desaladora del Nuevo Canal de Cartagena (UTE. Abengoa Pridesa,2003)*
- *Plan de Vigilancia Ambiental de la construcción del emisario submarino para la evacuación de la salmuera de Planta desaladora del Nuevo Canal de Cartagena. Informe Estado Preoperacional, (Mancomunidad de los Canales del Taibilla,2005)*
- *Estudio de Impacto Ambiental de la Ampliación de la Planta desaladora del Nuevo Canal de Cartagena (Mancomunidad de los Canales del Taibilla,2005)*
- *SERVICIO DE INFORMACION OCEANOGRÁFICA DE LA REGIÓN DE MURCIA (<https://caamext.carm.es/siom>), especialmente útil para los datos relativos a corrientes y perfiles físico-químicos de la columna de agua.*
- *ESTUDIOS SOBRE EL ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LOS HÁBITATS MARINOS DE INTERÉS COMUNITARIO Y/O MEDITERRÁNEO PRESENTES EN EL LITORAL SUMERGIDO DE LA REGIÓN DE MURCIA (2005).*
- *ESTUDIOS NECESARIOS PARA EL MÁXIMO APROVECHAMIENTO DEL ÁREA DEL POLÍGONO DE ACUICULTURA DE SAN PEDRO DEL PINATAR (2009) realizado por el Servicio de Pesca de la CARM.*
- *Estudio de Impacto Ambiental del Polígono de Acuicultura de San Pedro (TAXON, 2002).*
- *Revisión de los Estudios de Impacto Ambiental y Planes de Vigilancia Ambiental anteriormente realizados en la zona.*
- *PROYECTO I+D MEJORA DE PARÁMETROS DE GESTIÓN EN EL CULTIVO DE DORADA (IDI-20091040)*

- GESTIÓN SANITARIA EN ACUICULTURA Y CARACTERIZACIÓN Y ESTANDARIZACIÓN DE CONDICIONES DE SANIDAD ANIMAL EN ACUICULTURA MARINA: CREACIÓN DE MAPAS EPIDEMIOLÓGICOS Y ELABORACIÓN DE ESTRATEGIAS PARA EL DISEÑO DE UNA RED DE VIGILANCIA EPIDEMIOLÓGICA Subproyecto Murcia (Servicio de Pesca y Acuicultura, CARM, 2009) - Subproyecto Murcia (2007-2010)
- *Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto de Ampliación de Producción de las instalaciones acuícolas del área de San Pedro del Pinatar*. Asociación de Acuicultores de San Pedro del Pinatar (Taxon, 2013)

#### 4.1. CLIMA ATMOSFÉRICO

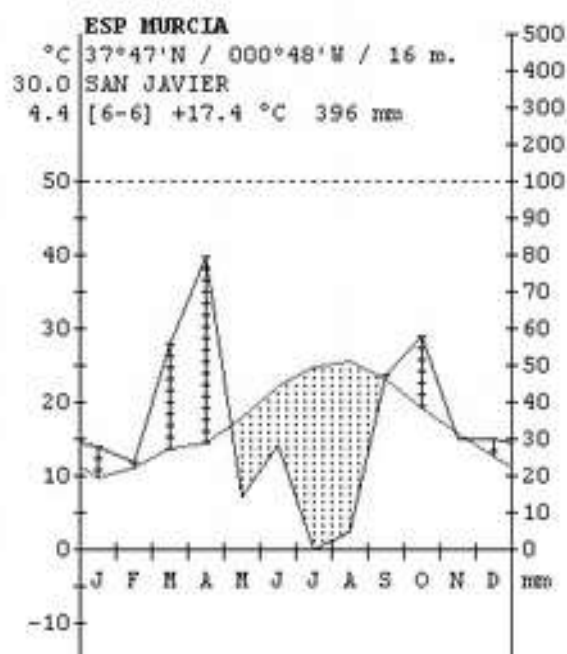
Las características térmicas y pluviométricas de la franja litoral de la Región de Murcia coinciden con las del resto de la Región en su aislamiento de las perturbaciones originadas por la influencia atlántica, que en la costa se ve acentuada por su alejamiento del origen de dichas perturbaciones, y por el efecto protector de sucesivas barreras montañosas (GIL, 1987). Dentro del dominio Mediterráneo que caracteriza a la Región, la franja costera cae plenamente dentro de la denominada “Murcia árida”, con una precipitación anual inferior a 500 mm. Además dentro de la margen costera regional, existe un gradiente decreciente de precipitación desde la parte oriental (con valores máximos en Cabo de Palos, atribuibles a la penetración de este accidente en el Mediterráneo) hasta la occidental, donde se alcanzan valores inferiores a 200 mm (Águilas). Así, el sector costero motivo del estudio, situado al norte de Cabo de Palos, se incluiría en el clima *semiárido* (precipitación anual entre 300 y 500 mm).

Otra característica común a toda la franja costera es la irregularidad interanual del ritmo pluviométrico. Dentro del año, este ritmo viene caracterizado por un máximo en el mes de abril (primavera), presentando un máximo secundario en octubre (otoño). Los mínimos se producen durante los meses de verano. Las temperaturas son máximas durante los meses de verano y mínimas en invierno, presentando una media de 17,4°C. La oscilación térmica anual es de 15,6 °C. Presenta un periodo de aridez comprendido entre los meses de mayo y agosto, siendo más acusado durante los dos últimos meses de verano. Finalmente, se aprecia un periodo de posibles heladas comprendido entre los meses de diciembre y marzo (Figura 47).

Mes	T	TM	Tm	R	H	DR	DN	DT	DF	DH	DD	I
Enero	10.8	16.0	5.5	42	72	3.7	0.0	0.7	0.6	1.6	8.1	173
Febrero	11.6	16.7	6.5	27	71	3.2	0.0	0.7	1.3	0.7	6.5	171
Marzo	13.4	18.5	8.4	24	70	3.2	0.0	0.3	0.8	0.2	7.3	206
Abril	15.3	20.4	10.2	23	68	2.9	0.0	0.7	0.6	0.0	6.3	224
Mayo	18.4	22.9	13.8	25	69	3.0	0.0	1.4	0.3	0.0	6.8	266
Junio	22.2	26.4	17.9	7	69	1.1	0.0	0.9	0.2	0.0	11.0	288
Julio	24.8	28.9	20.7	2	70	0.4	0.0	0.7	0.1	0.0	15.0	307
Agosto	25.5	29.5	21.5	7	72	0.8	0.0	1.0	0.1	0.0	12.5	283
Septiembre	23.2	27.5	18.9	39	71	2.6	0.0	2.2	0.2	0.0	7.6	224
Octubre	19.4	24.0	14.7	39	73	3.6	0.0	1.7	0.5	0.0	5.9	200
Noviembre	14.9	19.8	10.0	47	72	4.4	0.0	0.9	0.5	0.1	6.4	162
Diciembre	11.9	16.9	6.8	30	73	4.1	0.0	0.6	0.6	0.7	7.2	156
Año	17.6	22.3	12.9	313	71	32.9	0.0	11.7	5.8	3.1	99.8	2621

- T Temperatura media mensual/anual (°C)
- TM Media mensual/anual de las temperaturas máximas diarias (°C)
- Tm Media mensual/anual de las temperaturas mínimas diarias (°C)
- R Precipitación mensual/anual media (mm)
- H Humedad relativa media (%)
- DR Número medio mensual/anual de días de precipitación superior o igual a 1 mm
- DN Número medio mensual/anual de días de nieve
- DT Número medio mensual/anual de días de tormenta
- DF Número medio mensual/anual de días de niebla
- DH Número medio mensual/anual de días de helada
- DD Número medio mensual/anual de días despejados
- I Número medio mensual/anual de horas de sol

**Figura 46:** Valores normales de la estación de San Javier obtenido del periodo: 1981-2010 - Altitud (m): 4 Latitud: 37° 47' 20" N - Longitud: 0° 48' 12" O.



**Figura 47:** Climograma de la estación de San Javier obtenido a partir de los datos tomados durante los años 1989-1994.

La humedad relativa es en general muy elevada, con medias anuales superiores al 71% y valores superiores en verano, atribuibles a los vientos de levante. De esta forma, se evita un excesivo estrés hídrico de  $900 \text{ lm}^{-2}\text{a}^{-1}$  rebajándolo hasta los  $600 \text{ lm}^{-2}\text{a}^{-1}$ .

#### 4.1.1. RÉGIMEN DE VIENTOS

El viento es un fenómeno atmosférico casi constante en el litoral, con gran influencia sobre las corrientes marinas de superficie, pudiéndose transmitir al resto de la columna de agua.

Como medidas de viento se ha utilizado el análisis estadístico de los puntos de medida de la red WANA procedentes de los resultados de modelos numéricos de Puertos del Estado. La rosa de direcciones marca un claro eje NE-SW, siendo las componentes NE y ENE son las más intensas y frecuentes. La velocidades medias máximas mensuales se sitúan entre 10-15 m/s (Tabla 10)

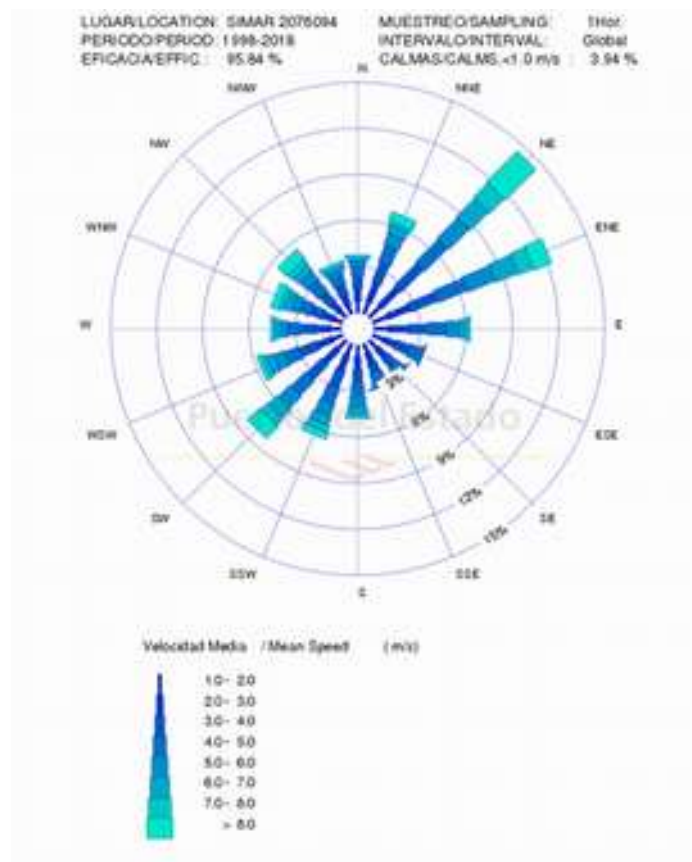
Durante el primer trimestre del año la dirección del viento más frecuente es del cuadrante comprendido entre la dirección SW y NW, con un total del 51% de las medias registradas. Durante el segundo y tercer trimestre las direcciones más frecuentes son del cuadrante NE-SE con un 53% y un 61% respectivamente, de las observaciones.

Para el cuarto trimestre del año puede diferenciarse entre los meses de octubre cuando el 43% de las observaciones continúan siendo del NE-SE, y los de noviembre diciembre cuando el 75% de las observaciones cambian hacia NW-SW.

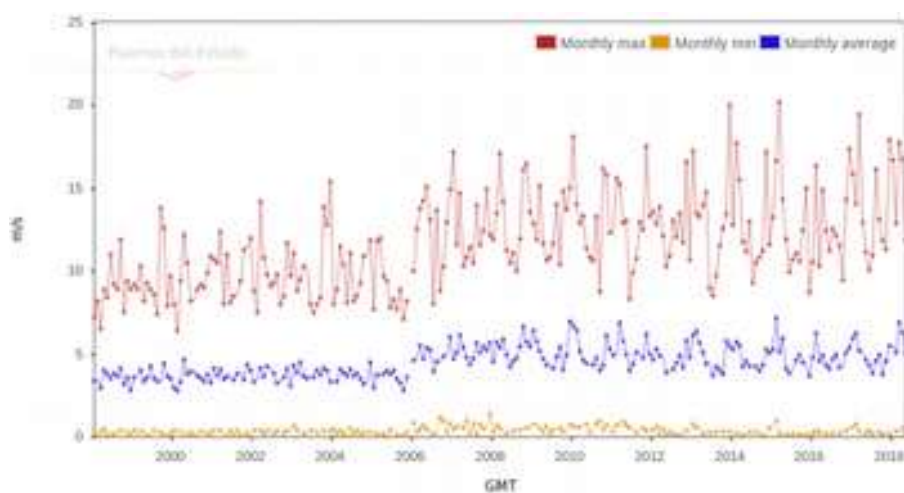
**Tabla 10:** Intensidad máxima (m/s) y dirección de procedencia del viento (grados) para el año 2017 en el punto WANA 2076094 de las estaciones de medida de Puertos del Estado (datos procedentes de modelo numérico).

Punto WANA 2076094 Año 2017 / 2076094 WANA Point, Year 2017				
Mes/Month	Vm Max./Max. Vm	Dir.	Día/Day	Hora/Hour
Enero/January	15.86	33	19	03
Febrero/February	14.05	297	05	14
Marzo/March	19.45	58	13	10
Abril/April	12.94	41	27	13
Mayo/May	11.16	47	28	14
Junio/June	10.06	322	30	01
Julio/July	10.96	57	06	10
Agosto/August	16.14	38	10	02
Septiembre/September	13.11	34	16	01
Octubre/October	11.86	51	22	07
Noviembre/November	11.30	40	30	05
Diciembre/December	17.94	223	11	09

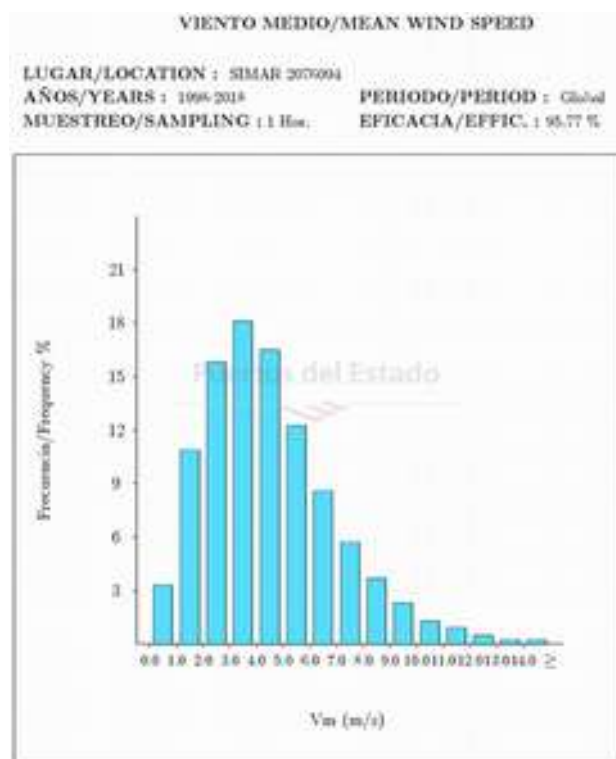
Generado por/Generated by Puertos del Estado Fecha/Date 18 May 2018



**Figura 48:** rosa de vientos obtenida a partir del punto WANA2076094 de Puertos del Estado para el periodo 1998-2018.



**Figura 49:** Serie temporal de valores mensuales (máximo, mínimo y media) a partir del punto WANA2076094 de Puertos del Estado para el periodo 1998-2018.



**Figura 50:** Histograma de frecuencias de la intensidad media del viento del punto SIMAR2076094 de Puertos del Estado para el periodo 1998-2018.

## 4.2. CLIMA MARINO - OCEANOGRAFÍA

### 4.2.1. OLEAJE

Los registros de oleaje utilizado en este apartado proviene del conjunto de datos SIMAR, concretamente del punto SIMAR2076094 (Lat: 37,833°N; long: -0,667°E; Prof: INDEFINIDA) del modelo numérico de Puertos del Estado. Estos datos no provienen de medidas directas y de forma general, tienden a subestimar los picos en las velocidades de viento y las alturas de ola en situaciones de temporal muy extremo, por ello se comparan con registros de observación directa provenientes de la Boya de Cabo de Palos, que aunque actualmente se encuentra desmantelada, posee un histórico entre 1985 y 2012.

Dicha boya registró durante 2012 alturas significantes (Hs) de hasta 4,8 metros (Tabla 11) y estimas del régimen medio escalar de 0,6 m para la Hs media. Estos datos no resultan completamente extrapolables a costa, debido a la modificación que sufren al acercarse a la misma, aunque las series estadísticas, procedentes de modelos numéricos de oleaje referentes a puntos más someros (SIMAR2075094, Lat: 37,83° N; long:0,75°W) señalan alturas significativas muy similares (4,7 m en idéntico periodo) (Figura 51). Como complemento el modelo espectral PROPS desarrollado por el Laboratorio de Ingeniería Marítima de la Universidad Politécnica de Cataluña dentro de un convenio de colaboración con Clima Marítimo (Puertos del Estado), fue utilizado en

esta zona y sus resultados (Figura 53) indican que en las proximidades de la costa pueden darse olas de altura significativa (Hs) de 2,5 metros y en localizaciones concretas de hasta 4 metros

Estas alturas junto con la escasa pendiente de la plataforma costera son suficientes para la aparición de “cuerpos de agua rompiente” con elevadas velocidades de movimiento y vectores de dirección un tanto caóticos y gran potencia en su componente vertical. A profundidades muy someras disipan parte de su energía movilizandando el sedimento a modo de un “molinillo de olas” donde materia orgánica e inorgánica son cribados y eliminados el componente más fino.

Como se aprecia en la Figura 54 las direcciones significativas de oleaje en la zona, abarcan desde el NE hasta el SSW, no existiendo un oleaje de dirección significativa del primer cuadrante. De las observaciones visuales de oleaje, se deduce que apenas existen diferencias en cuanto a la frecuencia de las direcciones del oleaje tipo sea y del oleaje tipo swell, predominando en ambos casos el oleaje proveniente, bien del ENE-E, o bien del S. En cuanto a las magnitudes, las diferencias entre ambos tipos también son pequeñas, si bien son algo mayores para el oleaje tipo swell. Según los regímenes extremales escalares, con un período de retorno de 2 años aparecerán olas de altura próxima a los 4,5 m, de 5,5 m cada 10 años y de casi 7 m cada 100 años. El oleaje umbral establecido para la consideración de condiciones de temporal es de Hs=1,5 m, con una media de 30,4 días/año en las que se alcanza o sobrepasa dicho valor.

**Tabla 11:** Tabla resumen anual de Hs/Tp frente a la dirección, recogidas en el punto SIMAR 2076094 (Puertos del Estado) para el año 2017. Los datos no proceden de medidas directas, sino que se han obtenido mediante modelos numéricos

EFICACIA 100.0% AÑO/YEAR 2017		Hs (m)												
		<= 0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	> 5.0	TOTAL	
calmas/calms		0.947												0.947
Dir	N 00	0.240	0.388	0.411	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.039
	NNE 22	0.308	0.742	0.228	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.279
	NE 45	1.210	3.916	1.724	0.993	0.468	0.103	0.194	0.046	—	—	—	—	8.653
	ENE 67	5.148	13.539	4.555	1.724	0.639	0.377	0.183	0.046	0.023	—	—	—	26.233
	E 90	11.290	15.537	3.288	0.879	0.502	—	—	—	—	—	—	—	31.495
	ESE 112	4.806	1.998	0.377	0.011	—	—	—	—	—	—	—	—	7.192
	SE 135	1.644	0.822	0.091	0.148	0.034	—	—	—	—	—	—	—	2.740
	SSE 157	1.391	0.925	0.057	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2.283
	S 180	2.203	1.495	0.194	0.046	—	—	—	—	—	—	—	—	3.938
	SSW 202	2.237	4.795	1.062	0.240	0.068	0.046	0.034	—	—	—	—	—	8.482
	SW 225	0.982	0.868	0.068	0.034	—	—	—	—	—	—	—	—	1.952
	WSW 247	0.457	0.411	0.023	0.011	—	—	—	—	—	—	—	—	0.902
	W 270	0.297	0.297	0.057	0.023	—	—	—	—	—	—	—	—	0.674
	WNW 292	0.171	0.502	0.046	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.719
NW 315	0.183	0.639	0.023	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.845	
NNW 337	0.148	0.263	0.217	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.628	
TOTAL		32.626+ 0.947	47.135	12.420	4.110	1.712	0.525	0.411	0.091	0.023	—	—	100%	
Generado por / Generated by Puertos del Estado														
Fecha de Hoy/Today is: 30-May-18														

Tabla 12: Tabla de alturas máximas de ola significativa (Hs) recogidas en el punto SIMAR 2076094 (Puertos del Estado) para todo el periodo (1958-2018), expresadas según dirección y altura de ola. Los datos no proceden de medidas directas, sino que se han obtenido mediante modelos numéricos. Los ángulos representan direcciones de procedencia del oleaje: N = 0, E = 90, S = 180, W = 270.

Hs: Altura Significante /Significant Height				metros/meters		
Tp: Periodo de Pico/Peak Period				segundos/seconds		
Dir: Direccion media de procedencia/Mean Direction, "coming from"				0= Norte/North; 90= Este/East		
Punto SIMAR 2076094 1958 - 2018 / SIMAR Point 2076094 1958 - 2018						
Mes/Month	Hs Max./Max. Hs	Tp	Dir	Año/Year	Dia/Day	Hora/Hour
Enero/January	4.22	8.63	64	2010	26	09
Febrero/February	4.39	9.80	81	1985	21	03
Marzo/March	4.34	9.09	78	1990	04	22
Abril/April	4.71	10.42	80	1997	09	00
Mayo/May	3.76	9.17	74	1990	01	11
Junio/June	3.54	9.26	85	1967	05	21
Julio/July	2.43	8.35	80	2016	04	03
Agosto/August	3.02	7.63	73	1987	29	12
Septiembre/September	3.32	9.33	101	1989	06	06
Octubre/October	5.26	10.10	85	1973	19	08
Noviembre/November	4.46	10.00	81	1972	28	06
Diciembre/December	5.03	10.21	49	2013	01	09
Generado por/Generated by Puertos del Estado				Fecha/Date 30 May 2018		

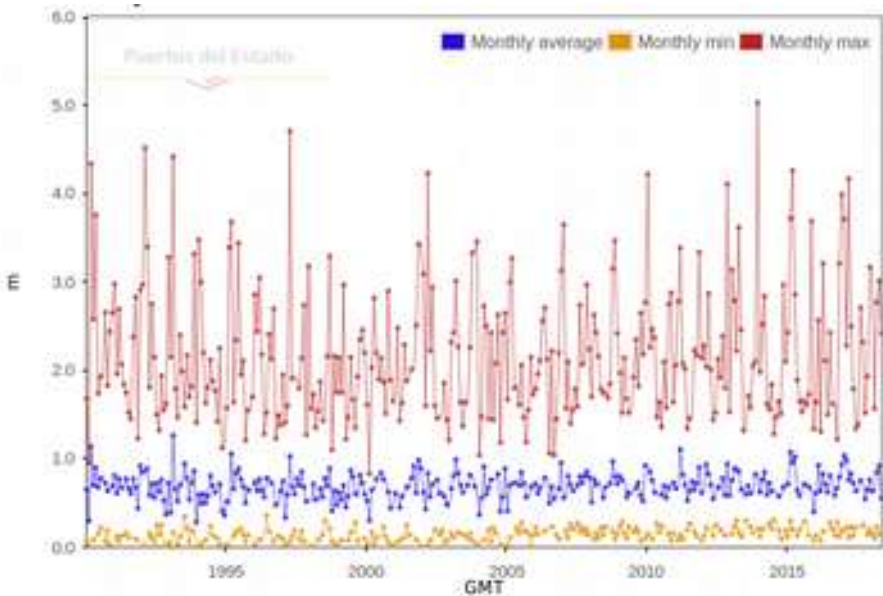


Figura 51: Serie temporal para la altura de ola significativa de 1990 a 2017 para el punto SIMAR 2076094 (Puertos del Estado). Los datos no proceden de medidas directas, sino que se han obtenido mediante modelos numéricos.

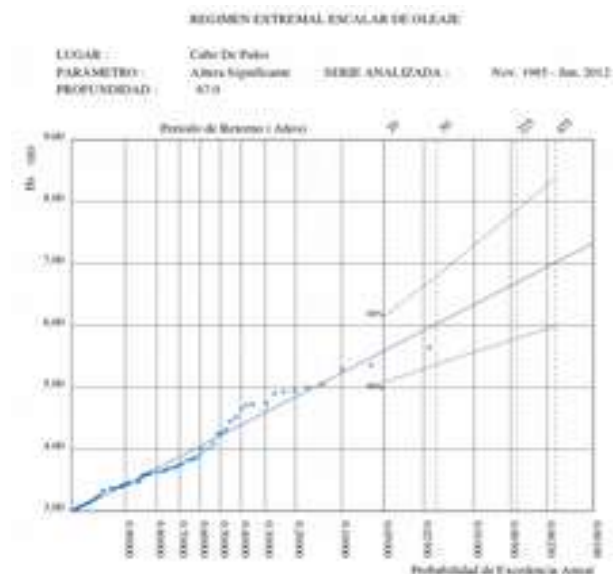


Figura 52: Régimen extremal de oleaje de la Boya de Cabo de Palos. Fuente: Puertos del Estado.

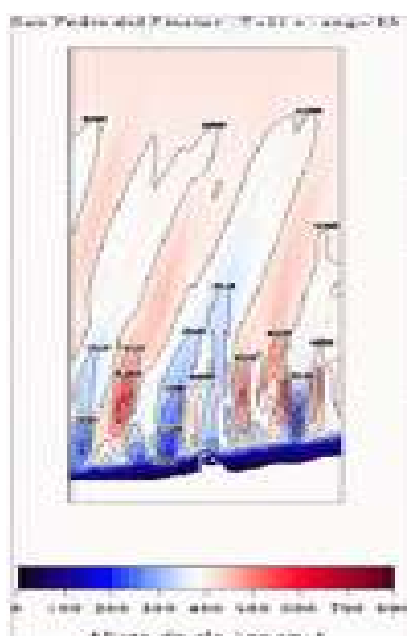


Figura 53: Modelo de propagación de oleaje PROPS (LIM-UPC) aplicado al puerto de San Pedro del Pinatar. Los números indican la Hmax centímetros (imagen obtenida de internet).

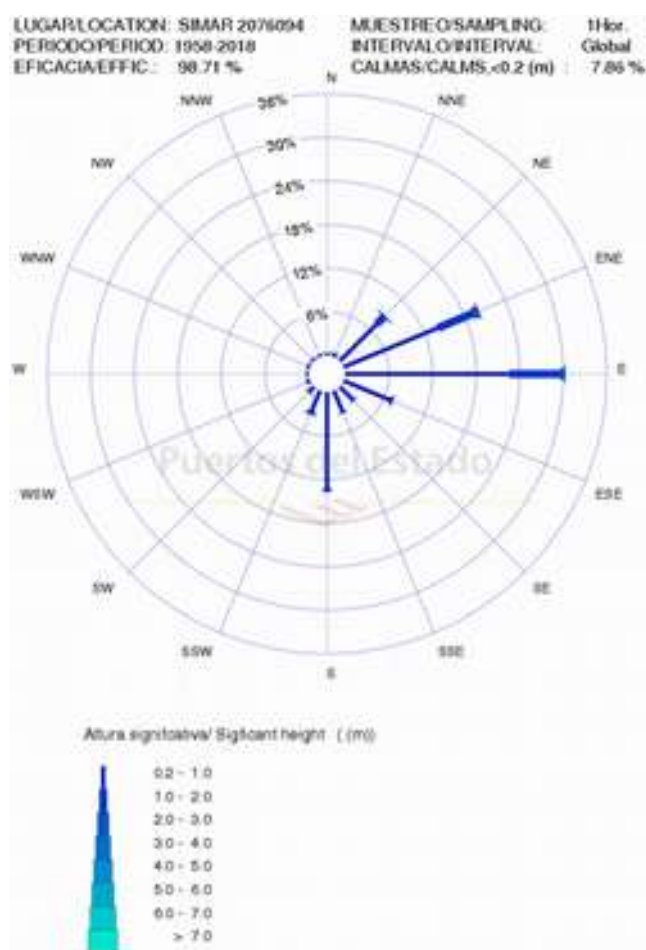
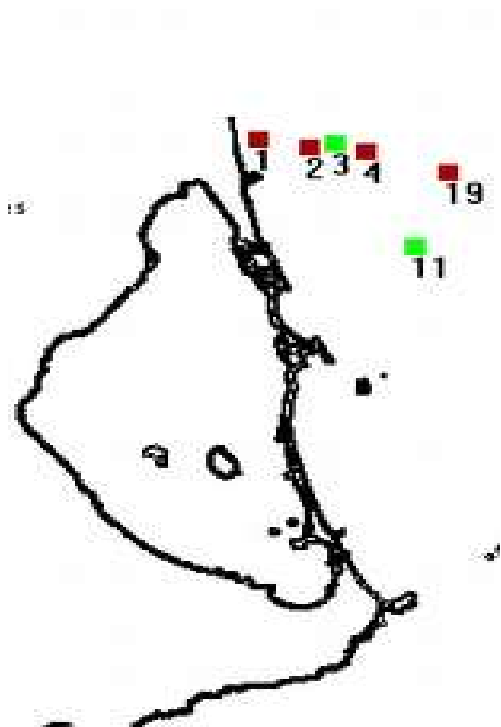


Figura 54: Rosa de oleaje correspondiente al punto SIMAR 2076094 (los datos no proceden de medidas, sino que se han obtenido mediante modelos numéricos de Puertos del Estado)

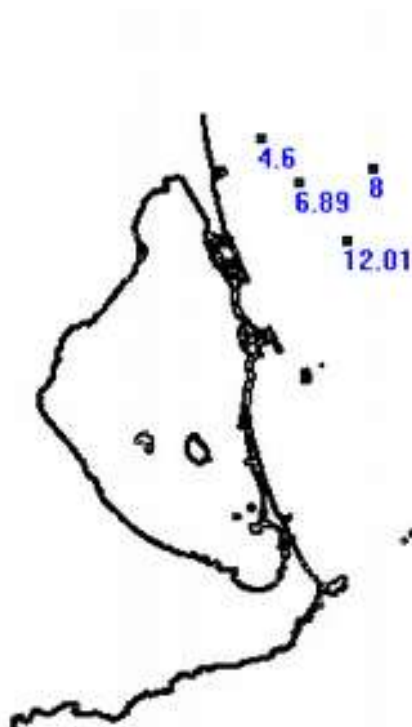
#### 4.2.2. REGIMEN DE CORRIENTES. ESTRUCTURA HIDROGRÁFICA.

Para el presente informe se fondeo un instrumento correntímetro próximo a la zona de estudio, en las coordenadas geográficas Latitud  $37^{\circ} 49,59' N$ ; longitud  $0^{\circ} 39,72' W$ , desde 5/06/18 a 6/07/18. Además, se poseen datos de diversos registros de corrientes de los estudios realizados en las instalaciones de cultivos marinos próximos a la zona de estudio (Figura 109), algunos de ellos con una **duración de casi 2 años**, lo que otorga gran fiabilidad a los análisis. La información de varios de estos fondeos disponible de forma gratuita gracias al Sistema de Información Oceanográfica de Murcia que la ofrece gratuitamente a través de internet. Se relacionan algunos de ellos:

- San Pedro I ( $37,8162^{\circ} N$ ;  $0,6927^{\circ} W$ ) perfilador fondeado a 35 metros y datos de dos años de fondeo ( 01/10/03 al 01/10/05)
- San Pedro II ( $37,8252^{\circ} N$ ;  $0,6662^{\circ} W$ ) perfilador fondeado a 38 metros con datos desde el 08/08/03 al 02/09/03
- Mojón ( $37,8398^{\circ} N$ ;  $0,7302^{\circ} W$ ) perfilador a 20 metros con datos de 15 días de corrientes.
- Cabo de Palos ( $37,6316^{\circ} N$ ;  $0,6757^{\circ} W$ ) perfilador fondeado a 36 metros y datos del 14/03/07 al 29/04/07
- Emisario de San Pedro ( $37,8415^{\circ} N$ ;  $0,7262^{\circ} W$ ) perfilador fondeado a 27 metros y datos del 01/04/2013 al 30/05/2013



**Figura 55:** Localización de los correntímetros fondeados en el área de San Pedro.



**Figura 56:** Velocidades medias registradas en profundidad por los diferentes correntímetros

El fondeo más reciente se ha utilizado para la simulación hidrodinámica de los vertidos. No obstante, a efectos de caracterización de la hidrodinámica en el ámbito de estudio, es mucho más representativa la serie de dos años de datos registrados por el fondeo de San Pedro I localizado en el PCM (núm. 19 en Figura 55), aunque la información del resto será citada para la descripción de los patrones espaciales. Las tablas 13 y 14 presentan un resumen estadístico por sectores y capas de profundidad de los resultados de dicho fondeo. En la capa de superficie, más expuesta a la influencia del viento, la intensidad fue mayor 0,55 m/s, pero sin una dirección dominante. Por el contrario en las capas inferiores existió una marcada componente SE, con velocidades entre los 0,08 y 0,11 m/s. Estos registros permiten diferenciar el comportamiento hidrodinámico según dos capas, una más superficial influida por el viento de gran variabilidad pero con una componente principal SW y una secundaria NE, e intensidades medias de 0,54 m/s. La otra capa estaría en profundidad menos influida por los cambios de dirección e intensidad del viento de periodo corto, presentando un comportamiento más constante, con una dirección dominante SE e intensidades en torno a los 0,09 m/s. Este patrón es perfectamente visible a través de la hodógrafa de corrientes (Figura 71) donde se evidencia el desplazamiento neto hacia la componente SE desde las capas más superficiales. La influencia mareal sobre la corriente es casi nula. Siendo el viento y la corriente general Mediterránea que discurre de N-S paralela a la costa, los fenómenos causantes de las variaciones de corriente registradas.

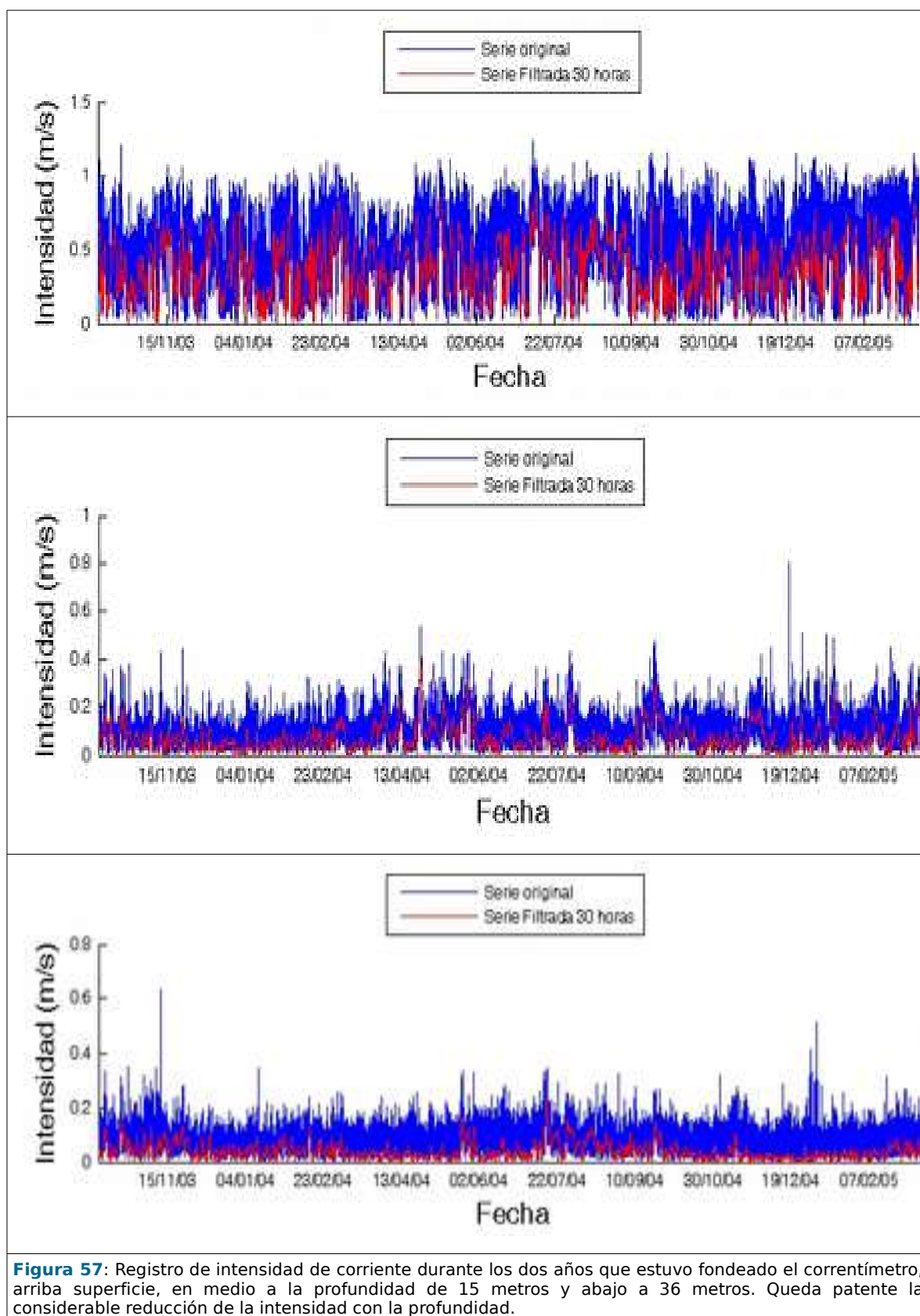
Tabla 13: Estadísticos de los datos registrados en San Pedro 1.

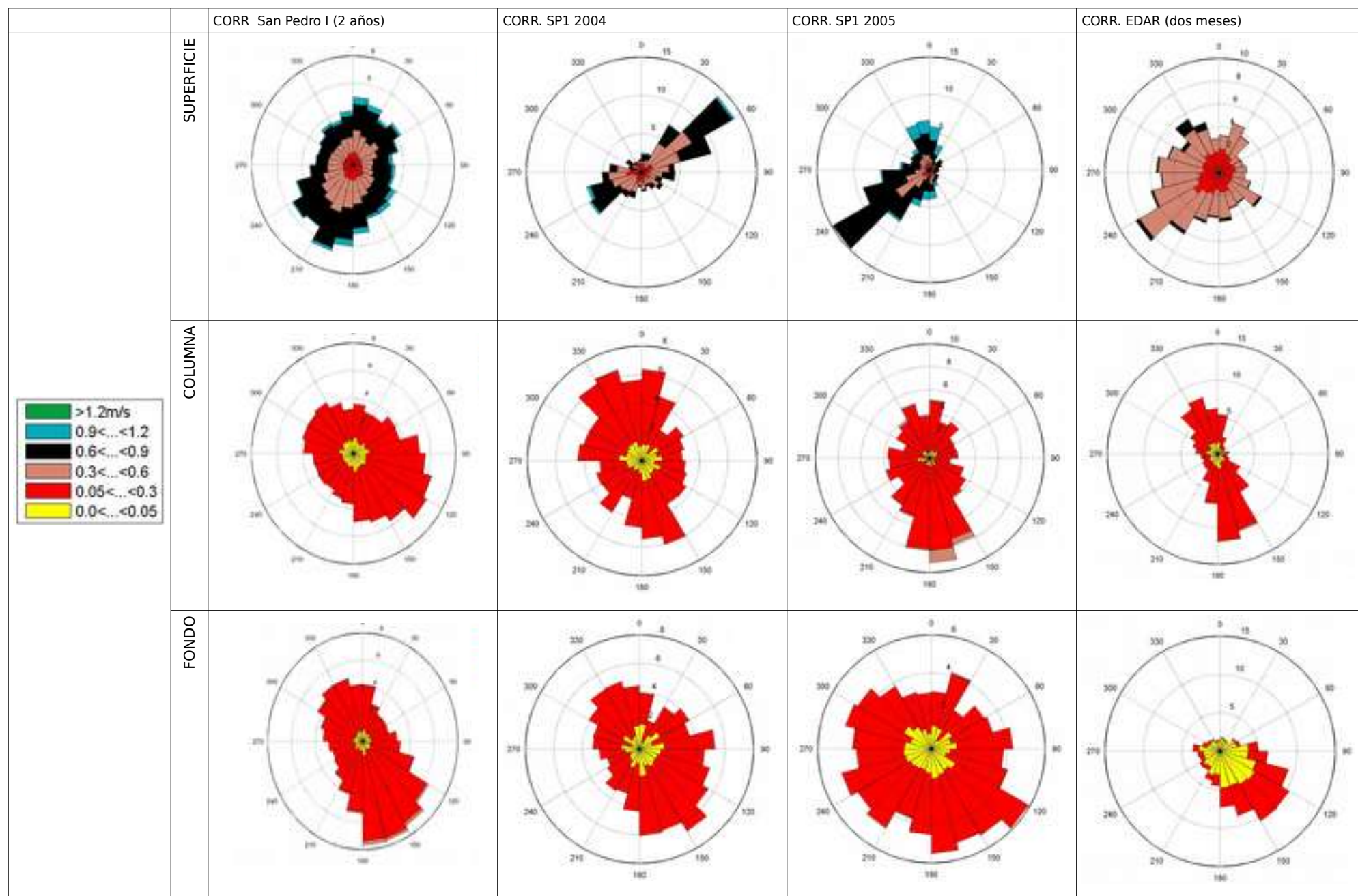
Número de registros	25654
<b>Temperatura</b> Media	15,21° C
<b>Temperatura</b> Máxima/Mínima	25,59° C / 12,32° C
<b>Temperatura</b> Desviación estándar	2,12° C

	Profundidad (metros)		
	0m	15m	35m
<b>Dirección</b> Media	175,89	185,56	174,28
<b>Intensidad</b> Media (m/s)	0,54	0,11	0,08
<b>Intensidad</b> Media (nudos)	1,05	0,21	0,16
<b>Intensidad</b> Máxima/Mínima (m/s)	1,23 / 0,007	0,80 / 0,0	0,63 / 0,0
<b>Intensidad</b> Máxima/Mínima (nudos)	2,40 / 0,01	1,56 / 0,0	1,23 / 0,0
<b>Dirección</b> Desviación estándar	100,43	97,53	99,19
<b>Intensidad</b> Desviación estándar	0,25	0,06	0,04
Proporción debida a la marea	1,19 %	0,18%	1,5 %

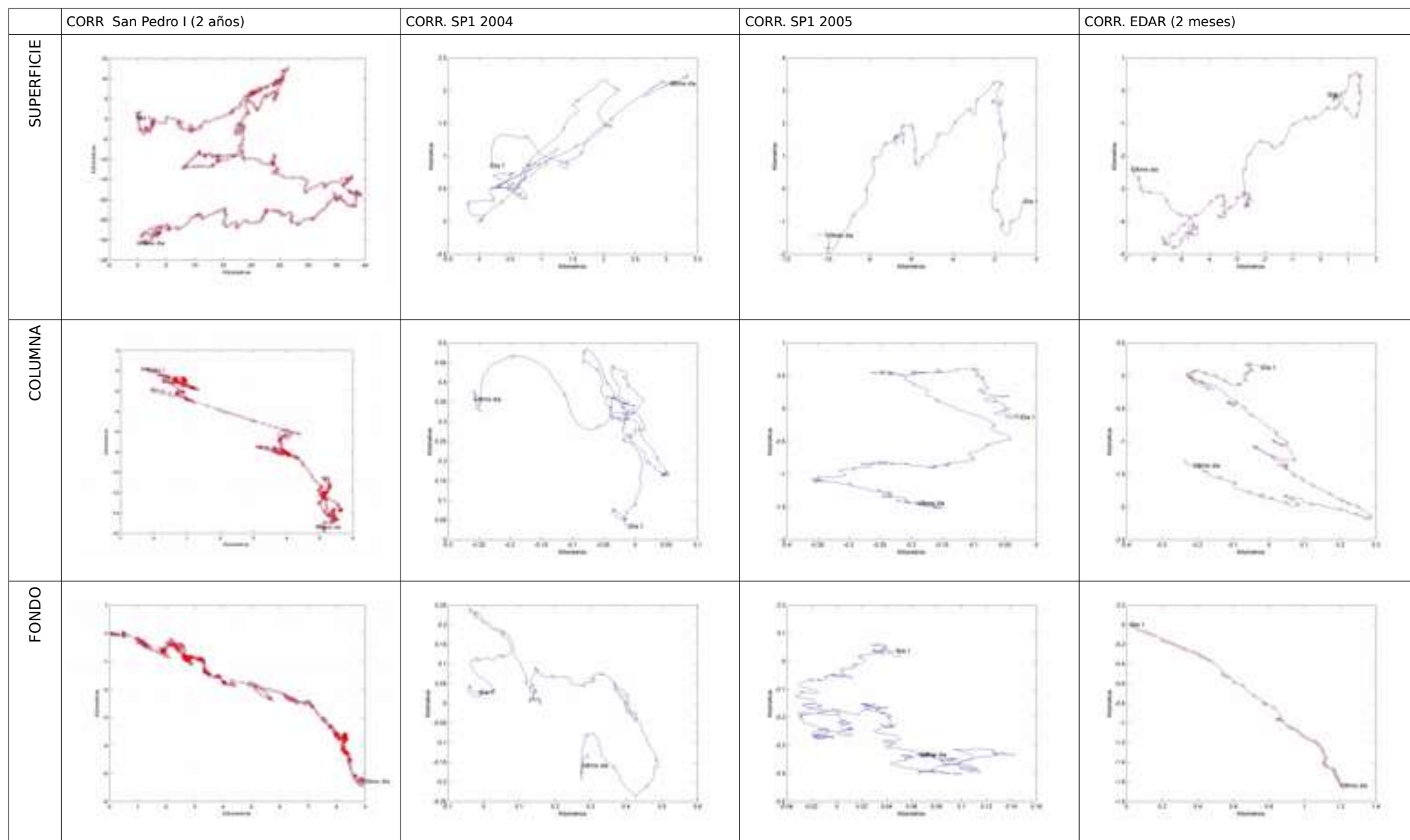
**Tabla 14:** Clasificación de los datos de corrientes registrados según su intensidad y dirección, a las profundidades de 0m, 15m, 35m.

CAPA SUPERFICIAL (0m)		Vel.Máxima		Vel.Media	
Dirección	Proporción	m/s	Nudos	m/s	nudos
N	13,53	1,12	2,17	0,57	1,11
NE	11,20	1,23	2,40	0,55	1,07
E	10,59	1,16	2,26	0,55	1,07
SE	13,41	1,21	2,35	0,53	1,04
S	17,83	1,11	2,15	0,54	1,06
SW	13,58	1,06	2,07	0,54	1,05
W	8,90	1,11	2,16	0,48	0,94
NW	10,96	1,15	2,24	0,54	1,06
CAPA COLUMNA (15m)		Vel.Máxima		Vel.Media	
Dirección	Proporción	m/s	Nudos	m/s	nudos
N	9,52	0,43	0,84	0,10	0,19
NE	7,39	0,45	0,88	0,08	0,16
E	14,12	0,52	1,01	0,12	0,22
SE	22,55	0,54	1,05	0,13	0,26
S	12,89	0,45	0,88	0,11	0,21
SW	8,21	0,38	0,74	0,09	0,17
W	11,42	0,81	1,57	0,10	0,20
NW	13,92	0,51	0,99	0,11	0,22
CAPA FONDO (35m)		Vel.Máxima		Vel.Media	
Dirección	Proporción	m/s	Nudos	m/s	nudos
N	10,03	0,41	0,80	0,08	0,15
NE	12,50	0,32	0,63	0,08	0,16
E	18,59	0,34	0,67	0,10	0,19
SE	15,78	0,63	1,23	0,09	0,17
S	10,27	0,51	0,99	0,08	0,15
SW	9,34	0,47	0,92	0,08	0,15
W	12,19	0,34	0,67	0,09	0,17
NW	11,31	0,50	0,97	0,08	0,16





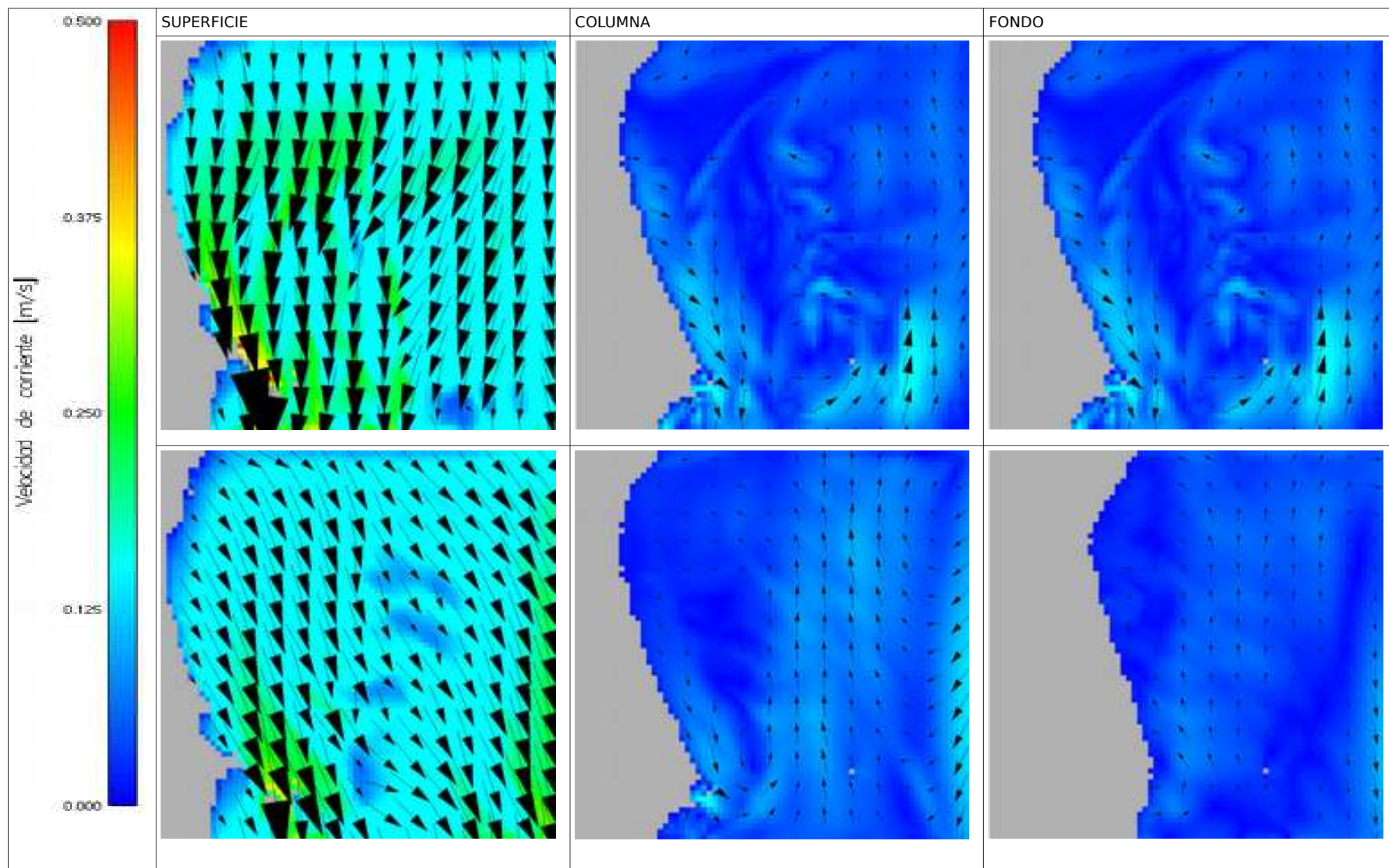
**Figura 58:** Rosa de corriente resultante de los datos registrados a las profundidades de 0, 15 y 35 metros.



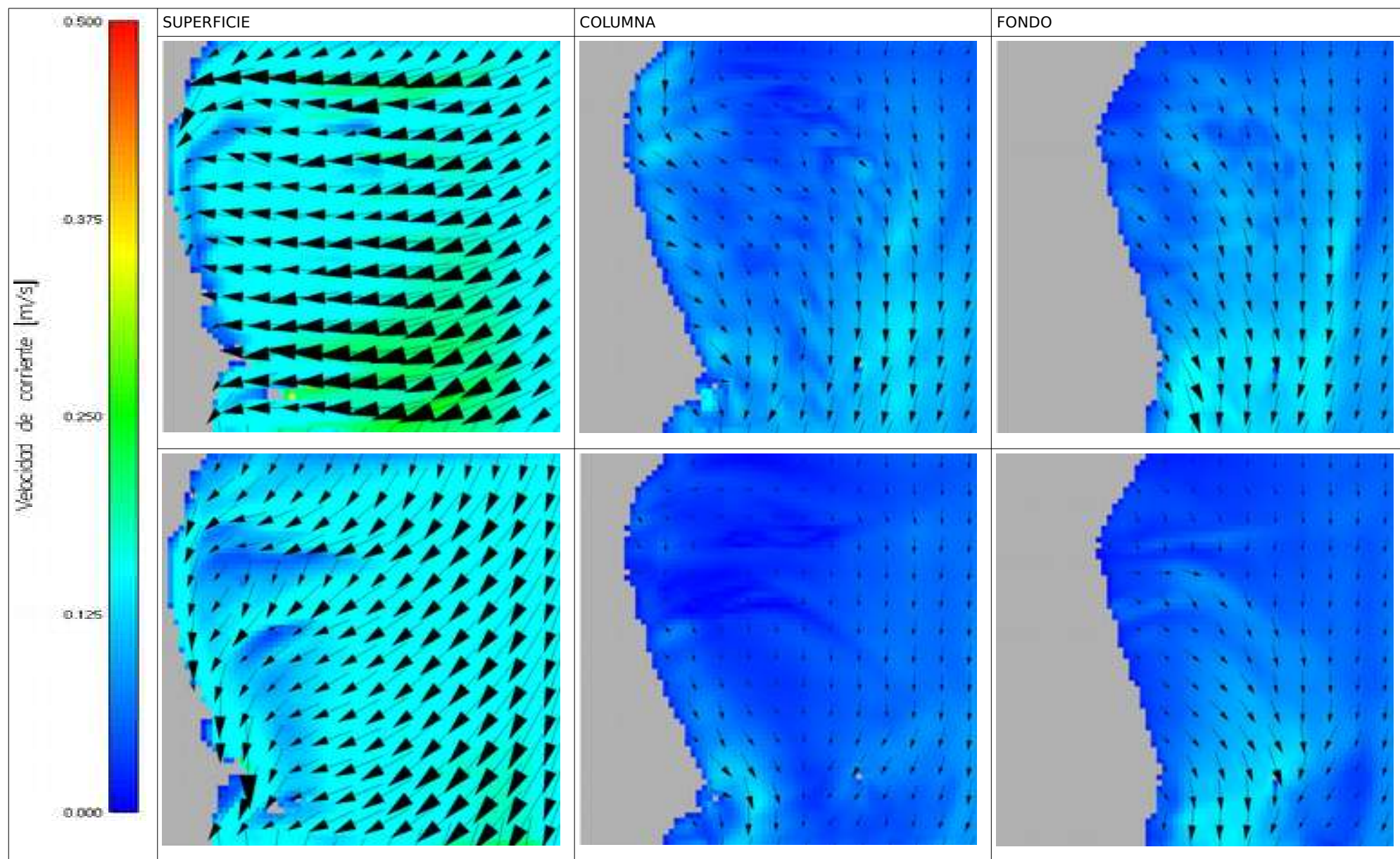
**Figura 59:** Vector progresivo u hodógrafo de la corriente para los datos registrados a las profundidades de 0, 15 y 35m.

Para describir el patrón espacial de circulación de corrientes se ha recurrido a los resultados de la simulación numérica de la costa de la Región de Murcia realizada para el trabajo *Estudios necesarios para el máximo aprovechamiento del Polígono de Acuicultura de San Pedro del Pinatar* (Taxon, 2012). Este modelo fue desarrollado en colaboración con el grupo de investigación MARETEC de Instituto Superior Técnico de la Universidad de Lisboa, y que además de un grupo de prestigio internacional son los propios autores del software empleado (MOHID).

Los resultados del modelo confirman la existencia de un patrón de corrientes dominantes N-S hasta la zona de cabo de Palos que viran a E a partir de este zócalo rocoso y el estrechamiento de la plataforma continental. A escala local se presentan los resultados para cuatro instantes representativos del periodo de la simulación (Figuras 60 y 61). A este nivel no se aprecian tan claramente los efectos de la circulación a nivel de mesoscala, que se mantiene distante de costa debido a la extensión de la plataforma continental y su baja corriente, aún así para las capas superficiales las direcciones e intensidades están más marcadas por los vientos locales. A media columna de agua y en fondo, las corrientes son mucho más débiles y constantes. Bajo situaciones de corrientes en columna y fondo con dominante SE es patente una mayor heterogeneidad espacial en las direcciones de corriente asociadas a pequeños resaltes topográficos, probándose pequeños giros de muy baja intensidad de corriente, que desaparecen cuando la componente NW es dominante, siendo entonces el patrón espacial muy homogéneo .



**Figura 60:** resultados hidrodinámicos del modelo Mohid para la dos instantes del periodo de simulación, presentando los resultados para superficie, columna y fondo.



**Figura 61:** resultados hidrodinámicos del modelo Mohid para la otros dos instantes del periodo de simulación, presentando los resultados para superficie, columna y fondo

## MAREAS

La influencia de los fenómenos mareales en la zona de estudio es pequeña, en torno al 2.2 %, siendo mayor la influencia del viento, oleaje o de los patrones de circulación general. La Tabla 15 muestra los armónicos de marea extraídos a partir del análisis subinercial de los datos de corriente (TAXON, 2006), siendo su principal componente la K1 con un carácter de variación diurno.

**Tabla 15:** Armónicos de marea de los datos de corriente registrados a las profundidades de 0, 15 y 35 metros.

CAPA SUPERFICIAL (0m)		
Componente Armónica	Amplitud (m)	Fase
O1	0,012	149,01
K1	0,062	148,77
N2	0,006	127,66
M2		252,77
S2	0,017	357,51
CAPA COLUMNA (15m)		
Componente Armónica	Amplitud (m)	Fase
O1	0,002	354,87
K1	0,004	89,61
N2	0,002	53,88
M2	0,003	132,34
S2	0,001	34,80
CAPA FONDO (35m)		
Componente Armónica	Amplitud (m)	Fase
O1	0.002	340,47
K1	0.002	34,91
N2	0.020	210,38
M2	0.007	129,70
S2	0.003	182,47

El análisis espectral sobre la presencia de patrones o ciclos en el registro temporal de corrientes, tales como la marea o la variación día-noche del viento indicó la presencia de 2 ciclos/día, lo cual corresponde a un proceso que tiene una variación de 2 días. A frecuencias bajas destacan los procesos cercanos a los 0,1 ciclos/día (figura 62).

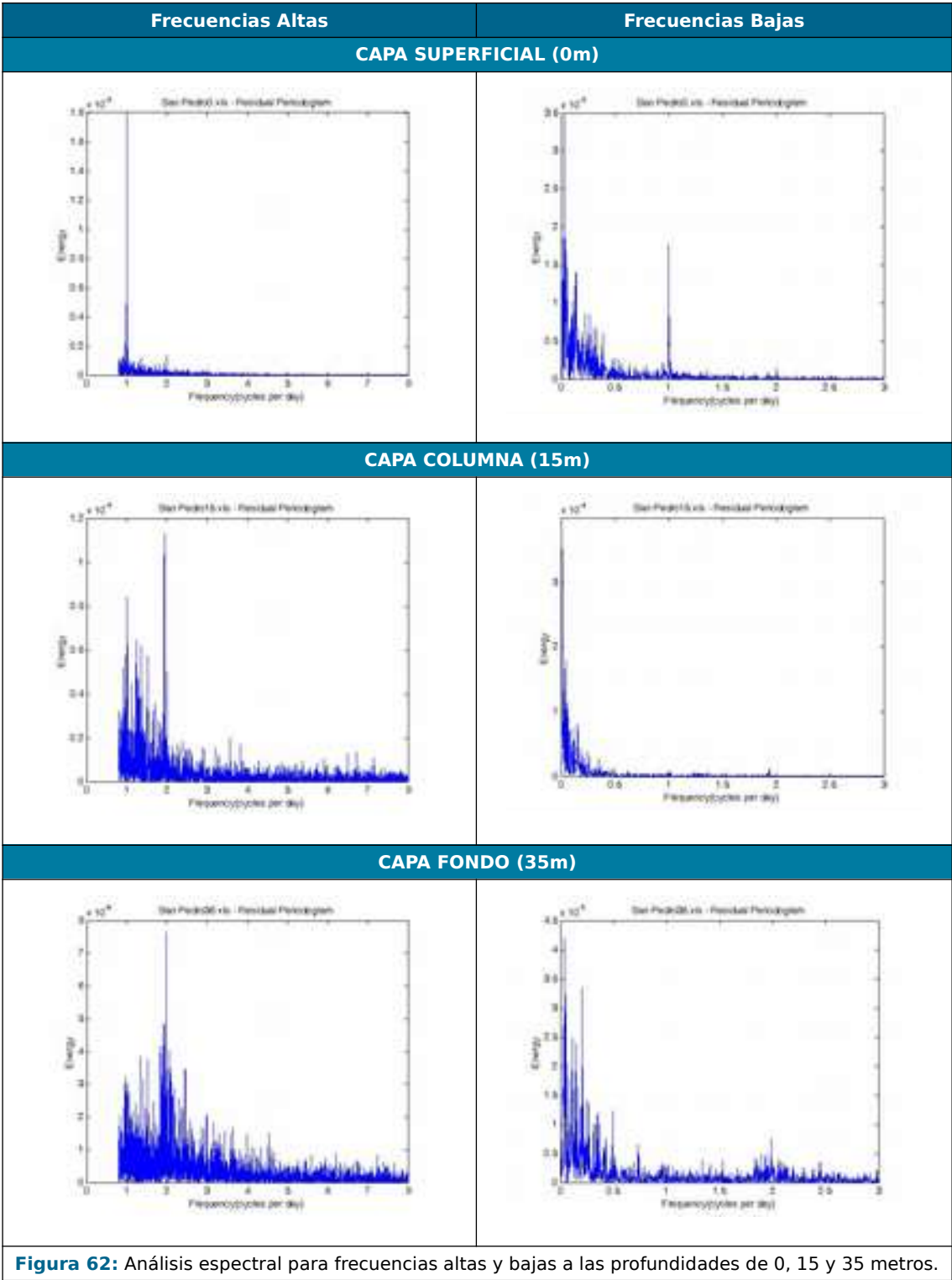


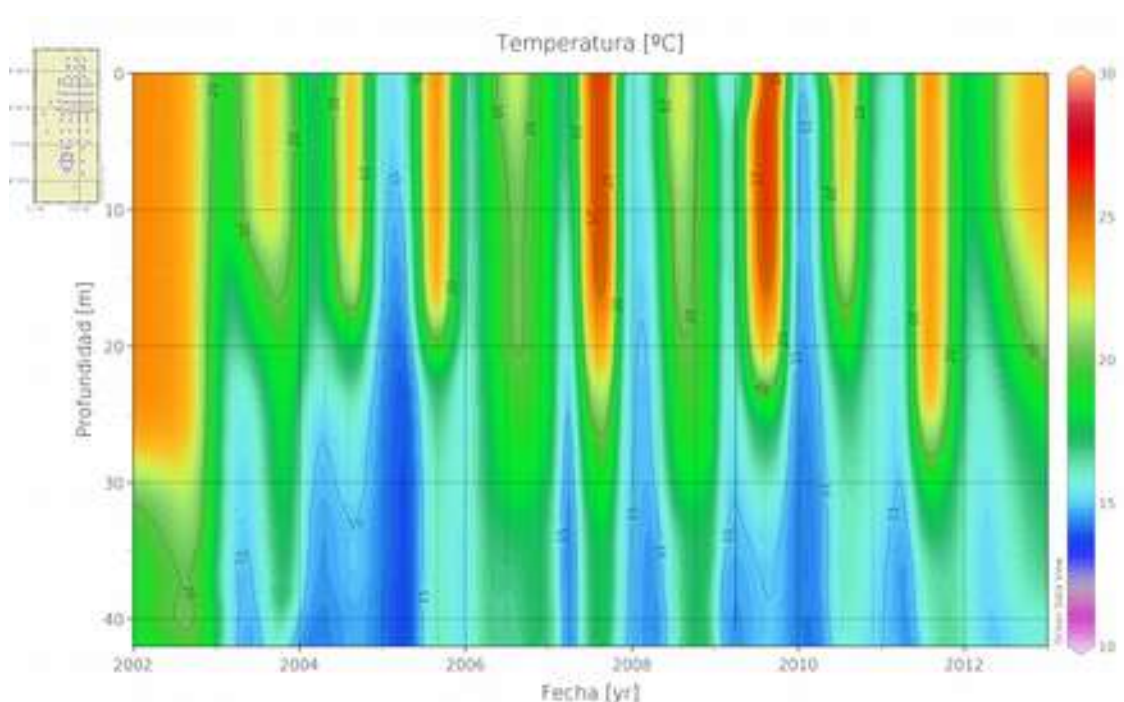
Figura 62: Análisis espectral para frecuencias altas y bajas a las profundidades de 0, 15 y 35 metros.

EIA. Cultivo de peces litoral norte RM / DT2019/018

### 4.3. HIDROGRAFIA

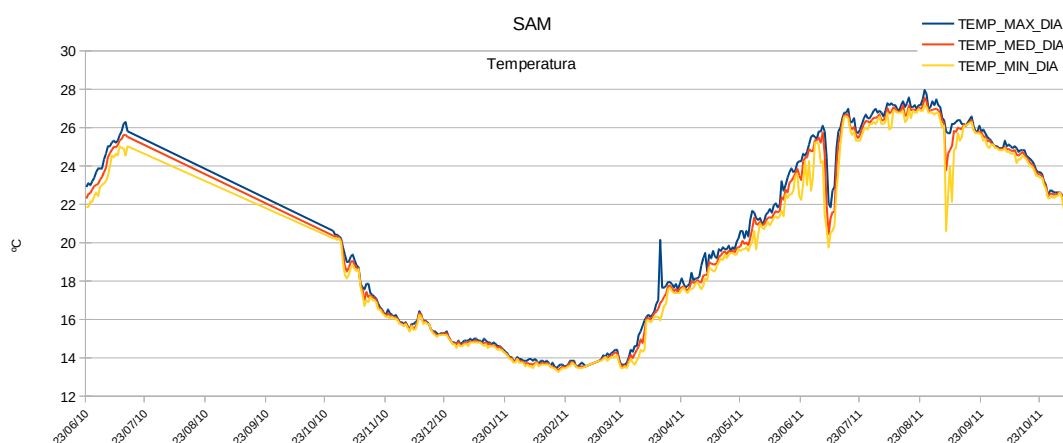
#### 4.3.1. ESTRUCTURA TERMOHALINA

El Mediterráneo se caracteriza por sus aguas frías en invierno (12-14°C) y cálidas durante el verano (24-26° C). Esta situación es debida a que se trata de un mar relativamente confinado, con escasa influencia de las aguas atlánticas que sólo penetran por el estrecho de Gibraltar, a la vez que se ve sometida a un clima cálido y seco. Durante la primera parte del año predomina la influencia de las aguas procedentes del Golfo de León que alcanzan netamente la zona costera de Cabo de Palos. Al norte del cual la influencia de las aguas de Alborán es notablemente menor. No obstante, en aguas superficiales (inferiores a los 250 metros profundidad), como las que nos ocupan, pertenecen al dominio de las denominadas MAW (*Modified Atlantic Water*). En zonas litorales la principal fluctuación aún más ligada a la estacionalidad o a la dualidad entre invierno-primavera y verano-otoño. A escala mucho más local y en la zona costera, la de mayor interés para el presente proyecto, pueden registrarse fluctuaciones importantes de menor periodo, de modo que la combinación de gradientes espaciales y temporales es bastante compleja. Aparte de la evolución general del ciclo anual de temperatura, resulta difícil establecer patrones bien definidos para las distintas combinaciones de temperatura y salinidad debido a la influencia continental (río Segura y ramblas) y de los afloramientos o hundimientos costeros.

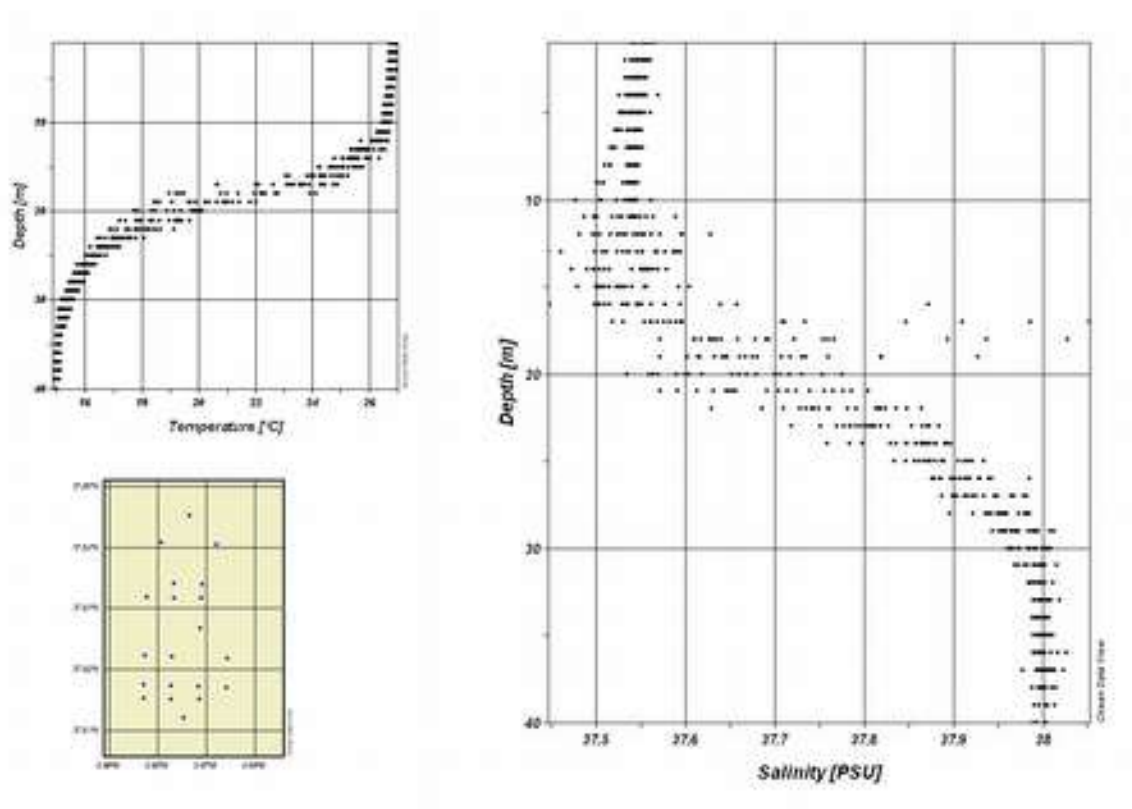


**Figura 63:** Evolución estacional del perfil de columna de agua para la variable temperatura en el conjunto de estaciones de control de calidad de agua del PVA del PCM-SP durante los años 2002-2012 (Taxon, 2012).

La evolución de la temperatura y la salinidad a lo largo del ciclo anual está marcada por el predominio de la estratificación térmica cuyo establecimiento y rotura acontece durante las transiciones primavera-verano y verano-otoño (Figura 195). Durante el resto del año las variables de temperatura y salinidad presentan perfiles con un grado de homogeneidad muy altos. Es a partir de abril cuando empieza a formarse la termoclina estacional, aunque para entonces el gradiente térmico no es muy marcado y se mantiene en las proximidades de la superficie, aproximadamente hasta 10 metros de profundidad. Durante el verano, y especialmente a finales del mismo, la termoclina alcanza su máximo desarrollo, estableciéndose dos capas, una superficial hasta los veinte metros de profundidad y con valores de salinidad y temperatura de 37,5 psu y 26 °C respectivamente, y otra inferior con valores 38 psu y 16°C (Figura 196). Es destacable la existencia de un máximo de producción en profundidad evidenciado por valores de fluorescencia y turbidez (2,5-5 NTU), precisamente en la capa de fondo de agua fría, esto podría indicar algún tipo de afloramiento de nutrientes desde el fondo confinados por debajo de la termoclina.



**Figura 64:** Registro continuo de temperatura durante todo un ciclo anual en una de las instalaciones del polígono (Tomado de Taxon, 2012).



**Figura 65:** Perfiles de salinidad y temperatura durante la época de formación de la termoclina .

### 4.3.2. RÉGIMEN TRÓFICO

Desde hace tiempo es conocido que la productividad biológica del Mediterráneo se halla entre las más bajas del mundo, comparable a la del mar de los Sargazos o a los giros oceánicos centrales (Sournia, 1972). No obstante es posible distinguir algunas zonas en las que la productividad es algo más elevada como el Golfo de León, o el mar Adriático (Figura 66). Recientemente algunos autores han intentado subdividir las masas de agua mediterráneas de acuerdo a su régimen trófico mediante clasificaciones multivariantes de las imágenes satélite (D'Ortenzio y D'Alcalá, 2009). Según esta clasificación las masas de aguas más litorales del levante español corresponderían a los subtipos costeros caracterizadas por la existencia de un bloom fitoplanctónico más o menos acusado durante el cual puede hasta duplicarse la biomasa planctónica, mientras que las aguas interiores carecerían de dicho bloom (Figura 66).

De forma general existe un incremento de productividad desde el interior hacia la costa. Este incremento acontecería bien en otoño, siendo entonces más acusado, o ya entrado el invierno, mucho menos pronunciado (Figura 67). Si comparamos los datos locales con los valores medios del Mediterráneo se comprueba su notable productividad donde durante los bloom se alcanzan valores de  $1 \text{ mg/m}^3$  Chl mientras la media de las máximas globales para todo el Mediterráneo no superan los  $0,28 \text{ mg/m}^3$  Chl (Figura 67).

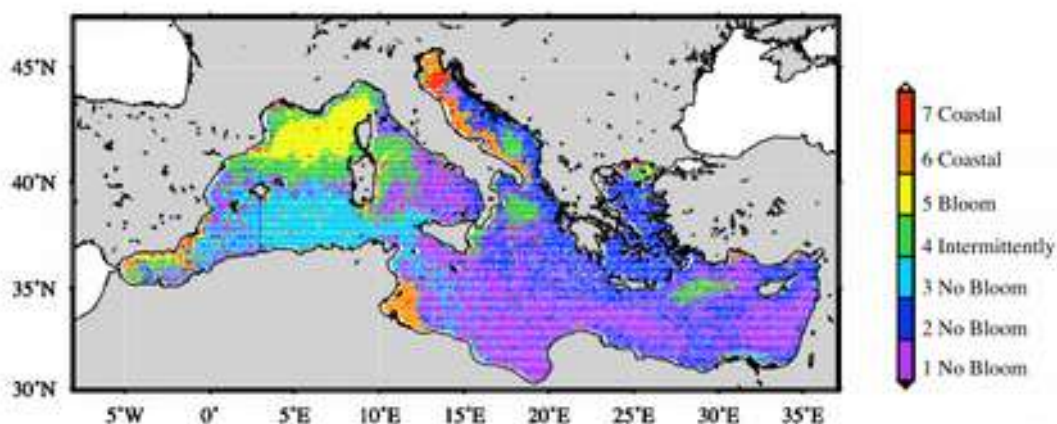


Figura 66: Clasificación multivariante del régimen trófico de las aguas del mediterráneo (tomado de D'Ortenzio y D'Alcalá, 2009).

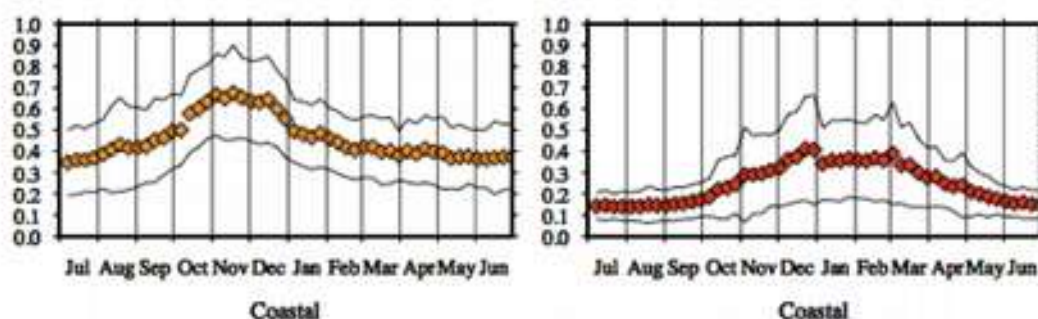
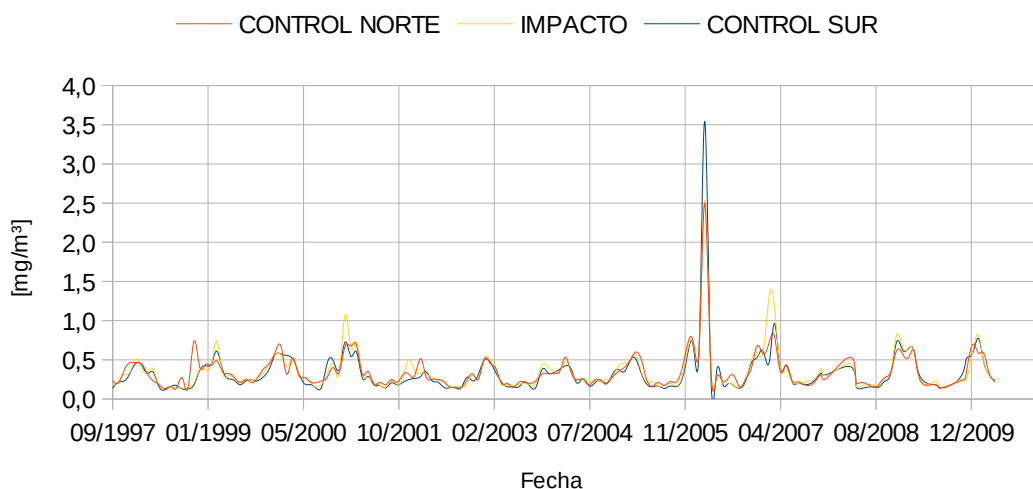


Figura 67: Evolución anual de la concentración fitoplanctónica para los subtipos costeros (tomado de D'Ortenzio y D'Alcalá, 2009)

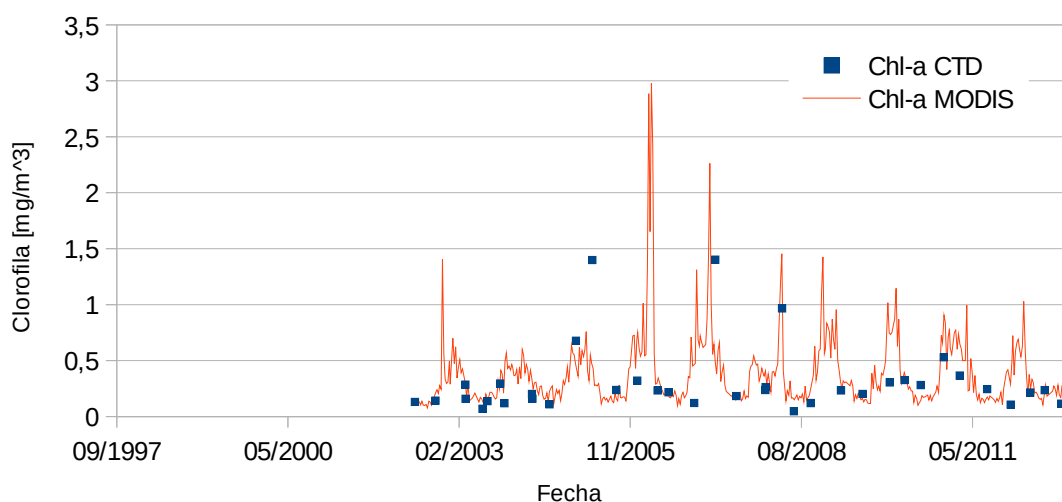
El PVA de los cultivos marinos de la zona de San Pedro del Pinatar permite disponer de datos locales procedentes de mediciones "in situ" para variables como la temperatura, salinidad, turbidez o fluorescencia. (Taxon,2002-2018). Estas campañas acumulan ya información de 40 estaciones durante 16 años, donde cada estación es realmente un perfil continuo de toda la columna de agua. Adicionalmente se dispone de información procedente del satélite SeawiFS para el periodo 1997-2010 y de la plataforma satelital MODIS de observación oceanográfica para el periodo 2002-2012. En la Figura 68 se muestran datos procedentes del satélite SeawiFS.

Al tratarse de datos semanales se observa perfectamente el ciclo intraanual con picos invernales de clorofila próximos a  $0,5 \mu\text{gr/L Chl-a}$ , pero también a escala interanual de picos muy superiores como el de 2005 con  $3,5 \mu\text{gr/L Chl-a}$ . El hecho de que estos picos se den simultáneamente en los dos controles y en la zona de impacto es incompatible con su atribución a los vertidos del PCM-SP, ya que el carácter direccional de éstos según corrientes impide afectar a ambos controles simultáneamente, e indican que se tratan de fenómenos a mayor escala. La Figura 69 muestra simultáneamente datos procedentes del instrumento MODIS y la serie obtenida "in situ" (TAXON) para el mismo polígono y periodo (puntos azules). La concordancia entre las tres fuentes es muy notable.

## Concentración de Clorofila a



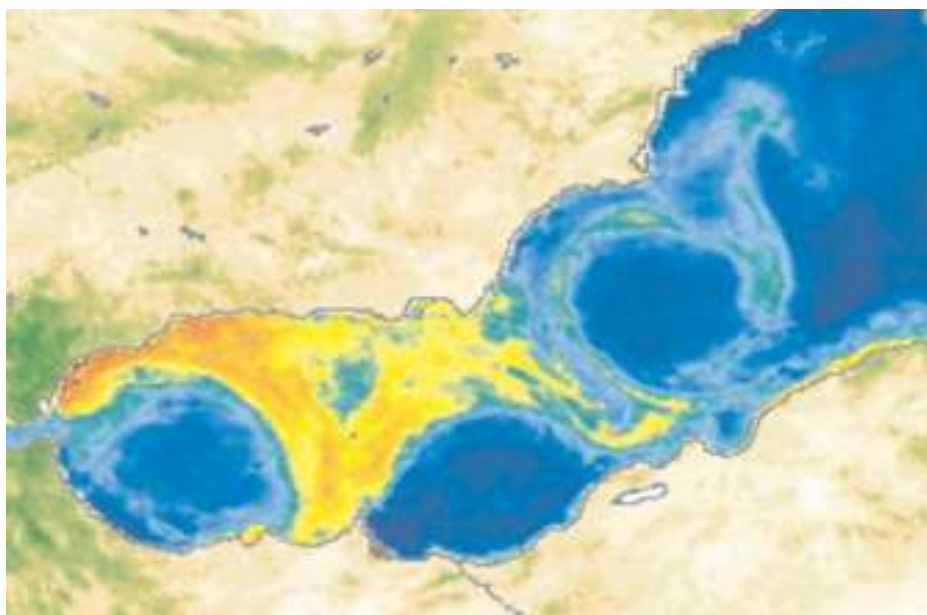
**Figura 68:** Serie temporal de concentración de clorofila según datos del satélite SeawiFS para las coordenadas del polígono de cultivos marinos (amarillo), para una zona control a 5 kms al norte del mismo. (azul, y para otro control 5 kms al sur (naranja).).



**Figura 69:** Serie temporal comparativa de concentración de clorofila-a entre los datos registrados por el CTD (azul) y los ofrecidos por el satélite del proyecto MODIS de la NASA (naranja). Para la zona de estudio.

En líneas generales estos resultados concuerdan con el patrón general descrito en el apartado para el conjunto de la masa de agua. Se observan máximos invernales y picos de productividad próximos a  $0,5 \mu\text{gr/L}$  Chl-a, pero también demuestran la existencia de series de años, como 2005, en los que los valores máximos propuestos se rebasan notablemente, alcanzado picos de  $3,5 \mu\text{gr/L}$  Chl-a y con frecuencia valores superiores a  $1 \mu\text{gr/L}$  Chl-a. Estos picos de productividad aparecen también en la zona control y acontecen a una escala muy superior a la zona de estudio por lo que podrían ser consecuencia de fenómenos a mesoescala relacionados con afloramientos y giros

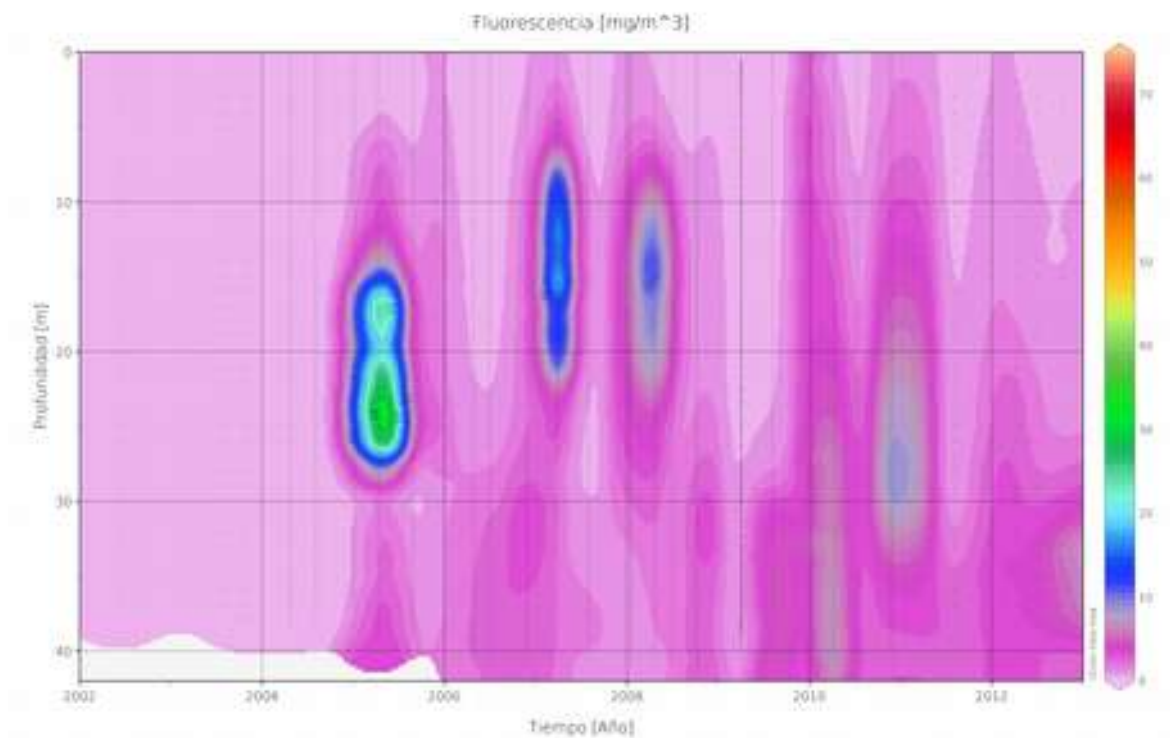
ciclónicos en el mar de Alborán. Se sabe que, en ocasiones, esta influencia es muy dominante y acontece cuando los vientos de componente sur (jaloques) provocan un tercer giro ciclónico de las aguas superficiales del Mar de Alborán que desde las costas argelinas alcanzaría las Costas regionales mezclando comunidades y aportando nutrientes (Figura 70). Este giro se bifurca al la altura del zócalo de Cabo de Palos en dos direcciones una Norte hacia la cuenca Balear y otra sur hacia el Mar de Alborán donde nuevamente recircularía. La existencia de este y otros de fenómenos de ámbito más local debería obligar a cierta cautela a la hora de establecer valores de referencia comunes para la toda la zona LEVON. En todo caso la masa de agua Mojón-Cabo Negrete parece comportarse en ocasiones más de acuerdo al subtipo LEVC1, lo que parece lógico si se tiene en cuenta que estamos ante una de las plataformas costeras más extensas del levante español, donde la cota -40 se alcanza a más de 9 km de costa y la -100, ya en el talud continental, a más de 14 kms. Quedando por tanto muy restringida la influencia del agua oceánica y ocurriendo una mezcla de los fenómenos más costeros en toda ella.



**Figura 70:** Imagen satélite donde a partir de la señal registrada por los pigmentos fotosintéticos se evidencia la existencia de un tercer giro ciclónico en el mar de Alborán.

Las mediciones “in situ” de fluorescencia presentadas en la Figura 71 permiten analizar la variación temporal en la abundancia fitoplanctónica para un perfil de columna de agua localizado en la zona de estudio y una serie temporal que abarca desde junio de 2002 hasta octubre de 2012. Los datos de fluorescencia indican la presencia de fitoplancton en toda la zona de mezcla e indican la extensión de la zona eufótica más allá de los 40 m de profundidad que abarcan estos perfiles. Durante la época de mezcla acontecen máximos subsuperficiales a la profundidad de 15-25 m, cuya intensidad fue excepcional en invierno de 2005, cuando apenas había actividad el el PCM-SP. Durante el estío con la formación de la termoclina se produce el agotamiento de nutrientes en

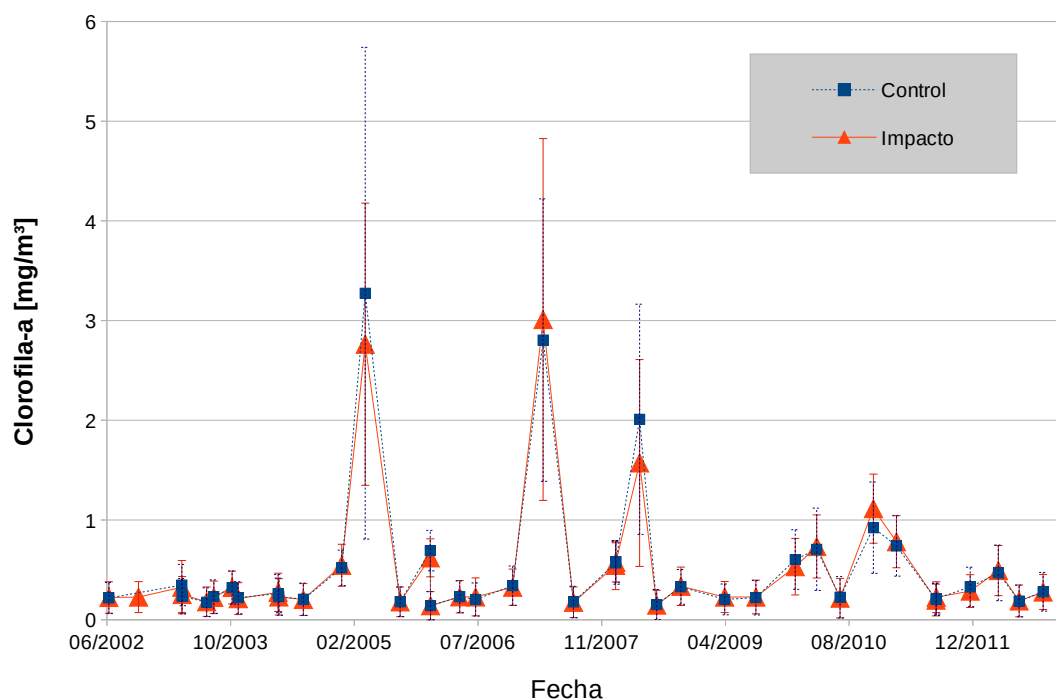
superficie y la consecuente desaparición del fitoplancton superficial, mientras que en profundidad el aporte de nutrientes no es interrumpido y se mantiene una cierta producción primaria.



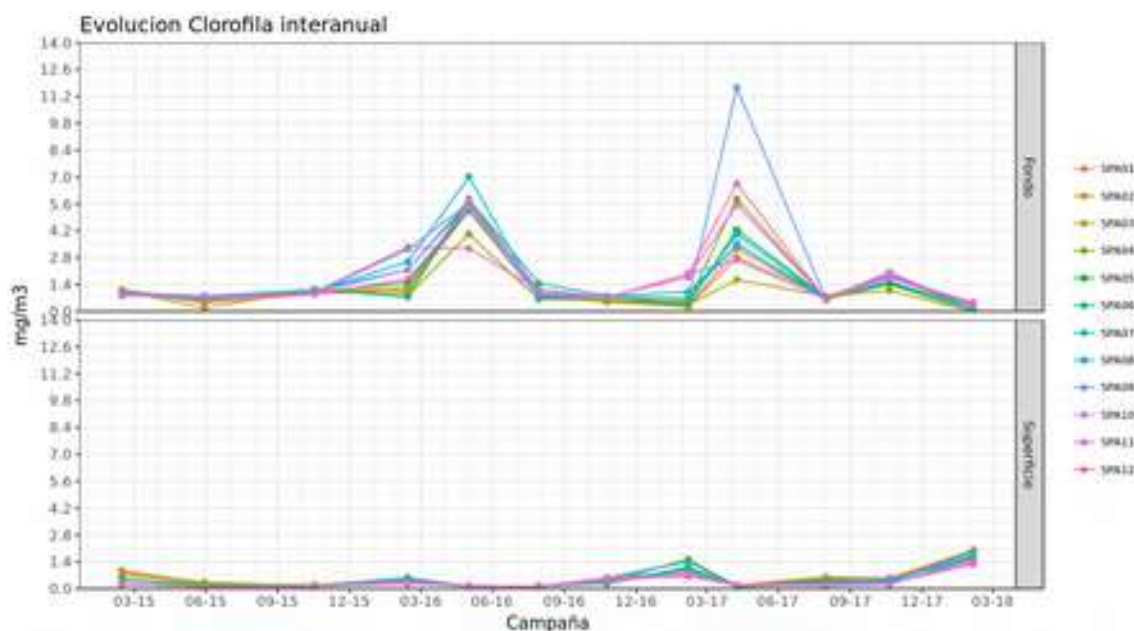
**Figura 71:** Evolución estacional del perfil de columna de agua para la variable fluorescencia en el conjunto de estaciones de control de calidad de agua del PVA del PCM-SP durante los años 2002-2012.

## VALORACIÓN

Los cambios estacionales e interanuales presentados en el apartado anterior, no registran tendencias evolutivas netas, aunque sí signos de ciclos plurianuales. Cuando se comparan estos datos con los procedentes de una zona control situada unos 5 kms al norte del PCM-SP (Figura 68) tampoco se hallan diferencias. Los registros de *Clorofila-a-fluorescencia* obtenidos “in situ”, muestran iguales resultados tanto en la serie temporal, como en la comparación de los resultados de las estaciones control e impacto del PVA (Figura 72). Ambas series evidencian la existencia de importantes variaciones interanuales, sin un patrón o tendencia definidos, y con un comportamiento común entre estaciones impacto y control. Durante estos fenómenos de incremento de la productividad aumenta también la variación espacial, como evidencia la amplitud de las barras de error, pero ésta tampoco puede ser atribuida al efecto de las jaulas pues acontecen con idéntica magnitud en las estaciones control.



**Figura 72:** Comparación de los resultados de clorofila-a de las estaciones control e impacto del PCM-SP de San Pedro a lo largo de diez años de seguimiento de los PVA (TAXON, 2012):



**Figura 73:** Representación gráfica de la serie temporal de Clorofila a (in vivo) (en mg/m-3) en superficie y fondo para cada estación de muestreo. Periodo 2015- 2018. Fuente: PVA Integral de San Pedro del Pinatar.

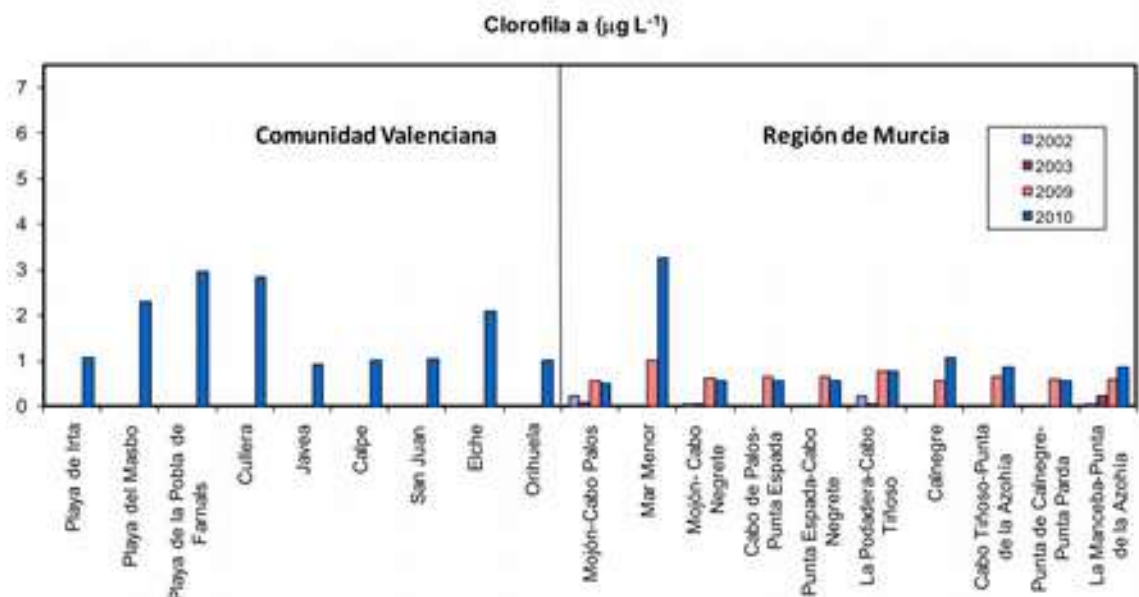
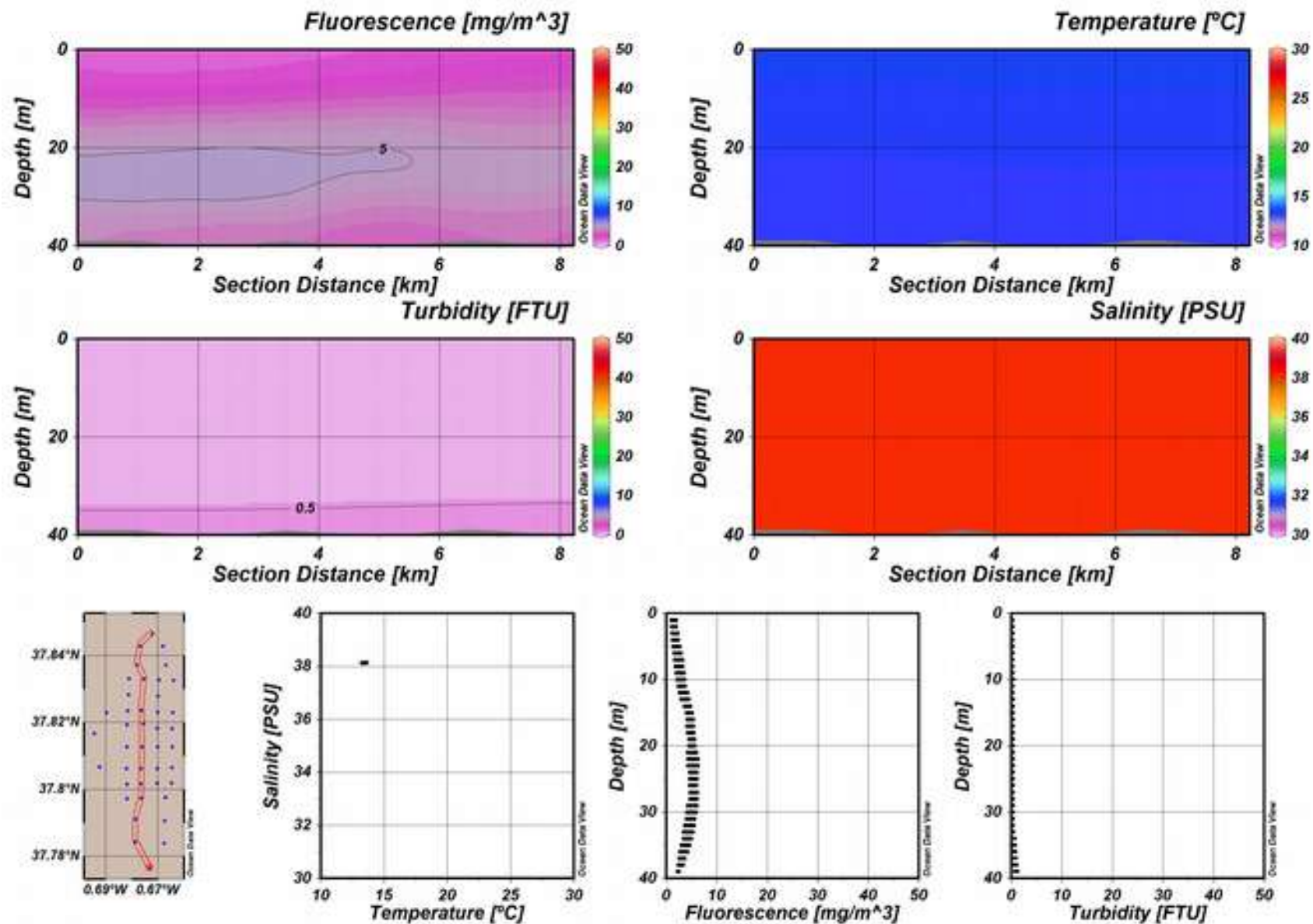


Figura 74: Valores de clorofila promediados por localidad para Valencia y Murcia (tomado de WISE-SoE-marine).

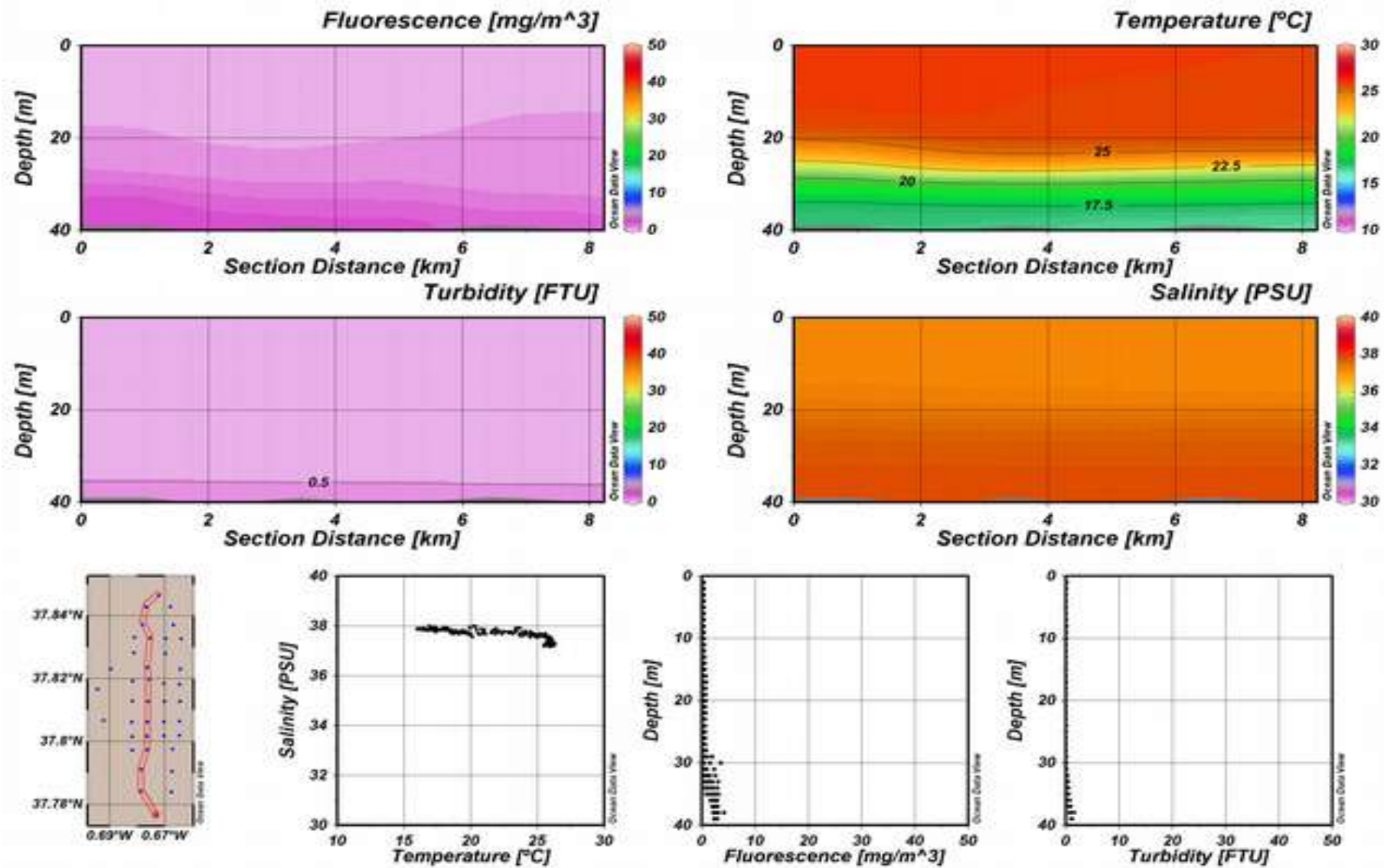
Tipo de agua		Condición de referencia	Límite bueno/muy bueno	Límite bueno/moderado	Valores de base (indicador 5.2.1)
5, 6, 7, 8 (Tipo IIIW)	In-shore	2,2	2,6	3,6	-
	Near-shore	0,9	1,1	1,8	1,76 (LEVC1)
1, 2, 3, 4 (Tipo II)	In-shore	3,8	4,6	7,0	-
	Near-shore	1,9	2,4	3,6	-
9 (Tipo I)	In-shore	10,4	12,7	22,3	-

Figura 75: Valores de referencia de clorofila a (percentil 90; µg L<sup>-1</sup>) Para los tipos de agua en que se definieron valores diferentes para aguas in-shore y near-shore. Se muestran para comparación los valores de base (percentil 90; µg L<sup>-1</sup>) de clorofila a obtenidos en aplicación de la DMEM (Tomado de IEO, 2012).

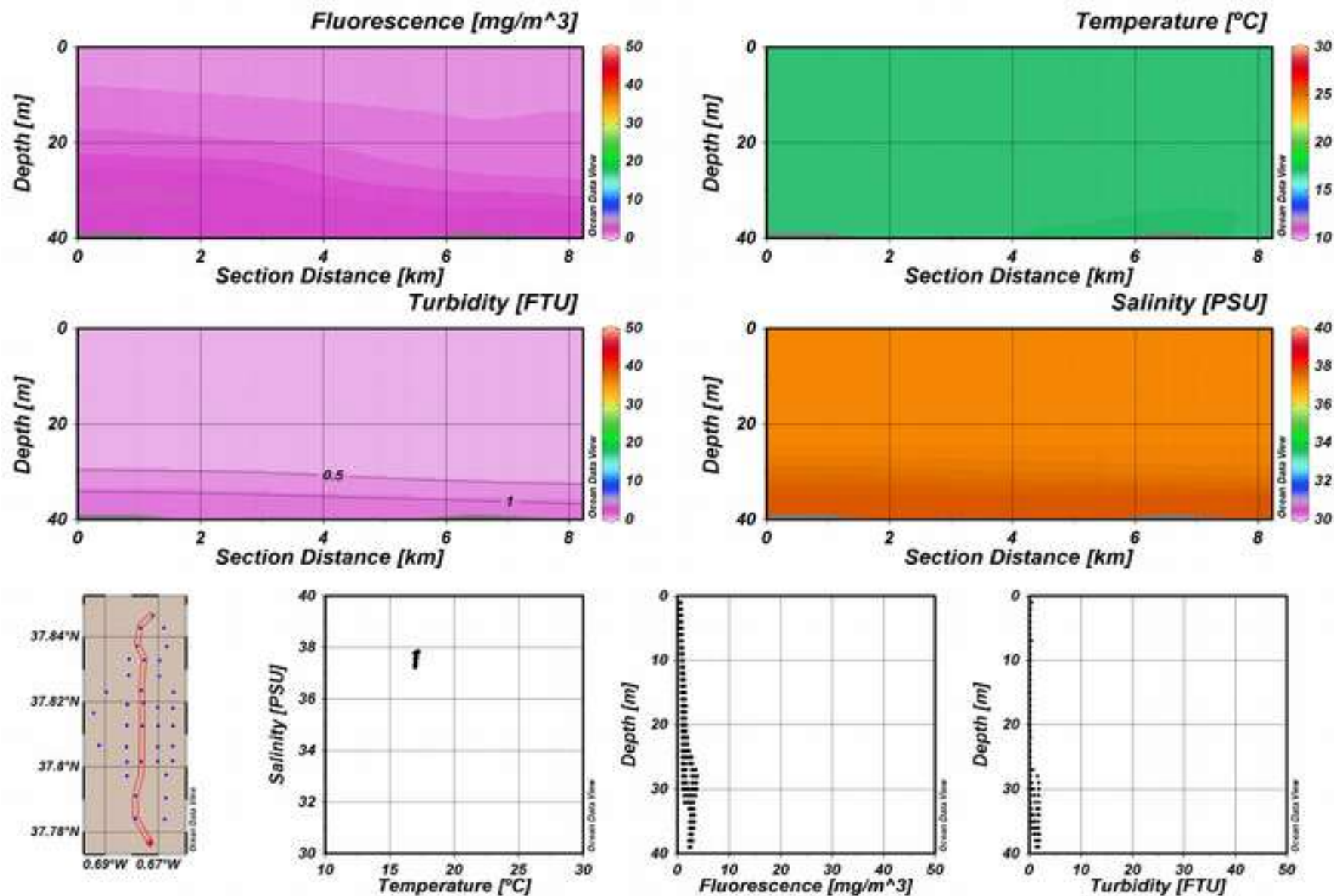
Otra forma útil de detectar la influencia de las jaulas en la estructura vertical de la columna de agua es visualizar la interpolación de perfiles consecutivos a lo largo de un transecto que atravesase todo el PCM-SP. Las figuras 76, 77 y 78 muestran el resultado de este tipo de interpolaciones para los muestreos de invierno, verano y otoño de 2011 a lo largo del transecto indicado en la propia figura. En ellas no se aprecia influencia de las jaulas ni siquiera termoclina (Figura 77). Finalmente la evaluación del criterio Fitoplancton para la DMA en la masa de agua Mojón-Cabo Negrete de acuerdo a los límite publicados en la Instrucción de Planificación Hidrológica para los tipos de agua costera fue de **muy buena** (ver Figuras 74 y 75).



**Figura 76:** Perfil vertical de las variables hidrográficas de fChorofila-a-fluorescencia, temperatura, turbidez y salinidad para un transecto que cruza todo el polígono de cultivos marinos en invierno de 2011. No se aprecian anomalías inducidas por la presencia del polígono (TAXON, 2011).



**Figura 77:** Perfil vertical de las variables hidrográficas de Chlorofila-a-fluorescencia, temperatura, turbidez y salinidad para un transecto que cruza todo el polígono de cultivos marinos en verano de 2011. No se aprecian anomalías inducidas por la presencia del polígono (TAXON, 2011).



**Figura 78:** Perfil vertical de las variables hidrográficas de Chlorofila-a-fluorescencia, temperatura, turbidez y salinidad para un transecto que cruza todo el polígono de cultivos marinos en otoño de 2011. No se aprecian anomalías inducidas por la presencia del polígono (TAXON, 2011).

## 4.4. GEOLOGÍA

### 4.4.1. ESTRATIGRAFÍA

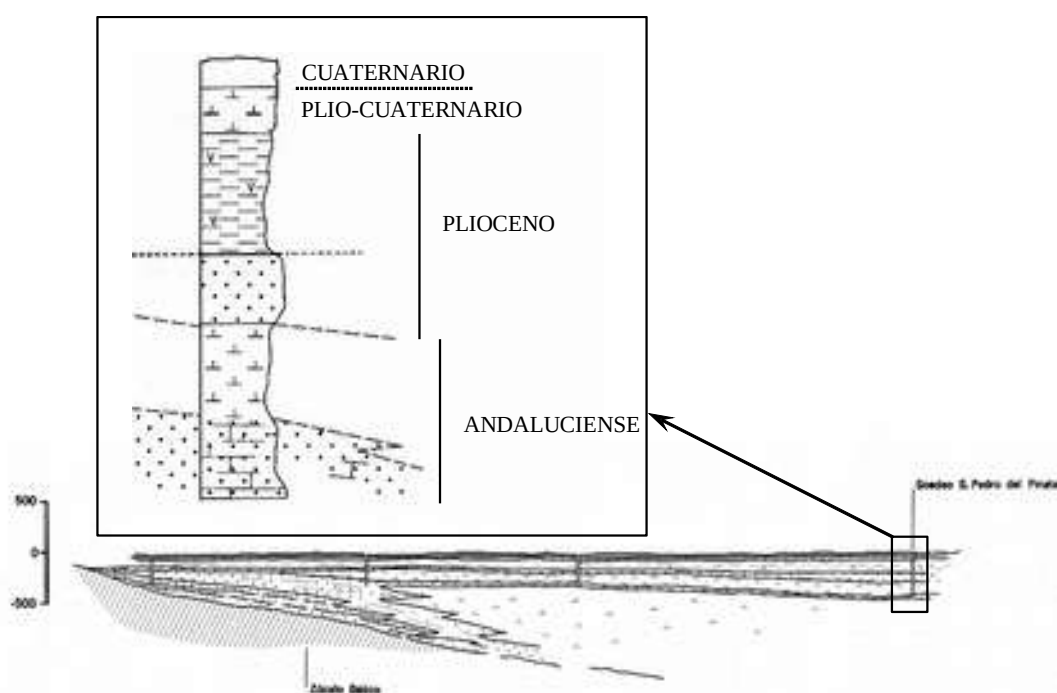
La serie litoestratigráfica que cubre el área del T.M. de San Pedro del Pinatar, se encuentra limitada a una cronoestratigrafía muy reciente la cual abarca únicamente desde el Mioceno Superior hasta el Cuaternario Moderno. Bajo el área de estudio podemos encontrar las siguientes unidades estratigráficas ordenadas de mayor a menor cronología:

NEOGENO: Microfaunísticamente, de este periodo pueden identificarse dos conjuntos sedimentarios de edades respectivas miocena y pliocena:

- *Tortonense Superior - Andaluciense* (Mioceno Superior): Constituido por Margas grises con lentejones de arenisca.
- *Andaluciense* (Mioceno Superior): Caracterizado por presentar una compleja serie litoestratigráfica en la que destacan las margas arenosas y margas sobre la serie descrita con anterioridad. Sobre esta se encuentran areniscas con niveles margosos y, finalmente, una capa de margas grises y areniscas sobre las cuales aparecen los materiales del Plioceno.
- *Plioceno*: Apoyado por intermedio de una discordancia erosiva y angular sobre el Andaluciense. Presenta dos capas fácilmente identificables:
  1. *Areniscas basales*: Constituyen una línea continua de cresta con un marcado carácter transgresivo. Se encuentran constituidas por una alternancia entre litarenitas, sublitenitas y calcarenitas intraclásticas arenosas con delgados niveles margosos.
  2. *Margas blancas superiores*: Constituyen un delgado nivel con espesor máximo de 20 m. Concretamente, en la cuenca de San Pedro del Pinatar alcanza un gran desarrollo donde además se carga de cristales de yeso. No presenta intercalaciones de arenisca aunque se aprecia el aumento del carácter arcilloso conforme nos dirigimos hacia el techo de la capa.
- *Plío-Cuaternario*: Apoyada sobre una clara discordancia angular y erosiva sobre los materiales descritos con anterioridad. A grandes rasgos, esta formación contiene dos tramos característicos los cuales, en conjunto, pueden llegar a alcanzar más de 20 m de profundidad; uno inferior (en ocasiones ausente) constituido por arcillitas y limonitas rojas, y otro superior formado por una costra o caliche. Esta coraza de caliche, a menor escala, se encuentra constituida por diferentes capas

de este material y de arenas las cuales quedan intercaladas entre las primeras. El análisis granulométrico de estas arenas revela una correspondencia con un medio sedimentario claramente eólico, con posible herencia de playa.

**CUATERNARIO:** Comprende los materiales depositados en etapas recientes. Toda el área que abarca la población de San Pedro del Pinatar, incluida la zona de ubicación de la desaladora y su ampliación, se encuentran sobre un glacis de superficie topográfica suavemente inclinada hacia la costa.



**Figura 79:** Corte geológico y estratigráfico del área de San Pedro del Pinatar (muy próximo a la zona de ubicación de la planta desaladora y las obras de ampliación de la misma). Modificado de Mapa Geológico de España. IGME.

- **Glacis:** Esta constituido por limos negros y limos rojos con cantos encostrados formando, en ocasiones, una costra o caliche. Cabe destacar un escarpe muy degradado que surca el glacis paralelamente a la actual costa del Mar Menor en el cual puede apreciarse una diferente distribución de los limos a uno y otro lado del mismo. De esta forma, los limos rojos y cantos encostrados se localizan a un lado (compartimiento alto) mientras que los limos negros se localizan, preferentemente, al otro (compartimiento bajo). Cada uno de estos compartimientos presenta diferentes características las cuales revelan una génesis continental para el área alta mientras que el área baja, muy posiblemente, presentó una génesis de marisma o albufera.

#### 4.4.2. TECTÓNICA

La región de estudio se encuadra dentro de un marco tectónico regional, como la cuenca o cobertera neógeno-cuaternaria que se apoya directamente sobre las unidades béticas s.s. Este substrato ha regido y continúa rigiendo, mediante continuos movimientos, la tónica estructural a adoptar por los sedimentos neógenos-cuaternarios.

Dentro del contexto de la tectónica de placas, es posible considerar al dominio interno de las Cordilleras Béticas como el principal constituyente de la placa suprayacente bajo la cual, en una línea de subducción, se hunde la meseta y el área externa de la Cordillera Bética. En este modelo encajaría el vulcanismo ácido joven del Mar Menor y la sismicidad de la región.

A una mayor escala, pueden apreciarse anomalías gravimétricas tanto positivas como negativas, que se corresponden con altos y cuencas neógenas, respectivamente. Estas anomalías además de presentar la esperada dirección bética, toman otra completamente perpendicular a la primera, destacando la dirección anómala de la fosa o cuenca de San Pedro del Pinatar y el alto del Cabezo Gordo.

Esta distribución NO - SE no se corresponde con un relieve inmóvil fosilizado por la sedimentación neógena ya que los índices generales parecen indicar un levantamiento continuo y progresivo, coetáneo con los procesos de sedimentación neógeno-cuaternaria. Es muy probable que esta dirección anómala NO - SE corresponda a direcciones hercínicas removilizadas durante el ciclo alpino.

El vulcanismo del Mar Menor y Campo de Cartagena (al que se la puede asignar una edad plio-cuaternaria) se manifiesta como consecuencia de la dinámica tectónica que en esta zona activa se está produciendo constantemente quedando claramente demostrado por la existencia de un elevado gradiente geotérmico.

Salvo los de origen volcánico, todos los materiales presentes en el área de estudio pertenecen al cuaternario, siendo posible distinguir entre dos grandes conjuntos con cronología relativas bien determinadas:

- Cuaternario antiguo: comprende a su vez con dos formaciones de génesis bien distinta: calcarenitas y calizas oolíticas. Corresponden a un antiguo cordón o barra litoral, que en gran parte parece ser el responsable del cierre del Mar Menor. En general poseen un elevadísimo porcentaje de restos de moluscos, equinodermos y algas coralígenas.
- Glacis: ocupa una superficie topográfica suavemente inclinada hacia la costa, está constituido por limos negros grises y rojos, que evidencian una génesis de marisma o albufera.

- Cuaternario moderno: constituido por arenas de playa y arenas de duna móviles o fijadas. Existen además limos negros de marisma con materia orgánica y conchas de Gasterópodos.

#### 4.4.3. GEOMORFOLOGÍA LITORAL

##### *LITORAL EMERGIDO: LA COSTA*

El tramo costero comprendido entre Cabo Palos y Torrevieja es un litoral bajo, de playas anchas y abiertas, de material fino y abundantes dunas, interrumpidas por el afloramiento muy ocasional de pequeños tramos de costa rocosa (menos de 2m) como los Esculls del Mojón o pequeñas islas volcánicas (ej. Grosa). La existencia de cuerpos de agua rompiente favorece la aparición de vaguadas paralelas a orilla y a continuación bancos de arena algo elevados. Se trata de una cuenca sedimentaria que fue inundada por los mares terciarios y después invadida por los acarreos aluviales del Segura y del Vinalopó, dando como resultado una amplia llanura litoral que puede denominarse del Bajo Segura. La formación de espacios palustres costeros cerrados por cordones dunares ha sido un rasgo característico en la evolución reciente de este territorio. Entre estos espacios destacan las Lagunas de la Mata, Torrevieja, Santa Pola y por supuesto la más grande de todas ellas el propio Mar Menor, con más de 13.000 hectáreas y cerrado al Mediterráneo por una larguísima barra litoral de 24 kilómetros de longitud -La Manga-. Existen diversas islas en el área de plataforma próxima a la Manga como Isla Grossa, Farallón, las Islas Hormigas y las islas interiores del mar Menor, en este caso de naturaleza volcánica y que se caracterizan como tramos de costa rocosa medios (entre 2 y 20 m).

La corriente de deriva dominante con un sentido N-S determina el acarreo y transporte de material heterométrico alóctono procedente de los ríos Segura y Vinalopó y en menor medida de ramblas como río Seco y Nacimiento. El perfil costero rectilíneo permite el flujo libre y que la transferencia litoral de estos materiales tenga lugar sin interrupción a lo largo de grandes distancias. Hoy día el puerto de San Pedro del Pinatar ha interrumpido el transporte sedimentario de la zona ocasionando una importante regresión en la playa de La Llana.

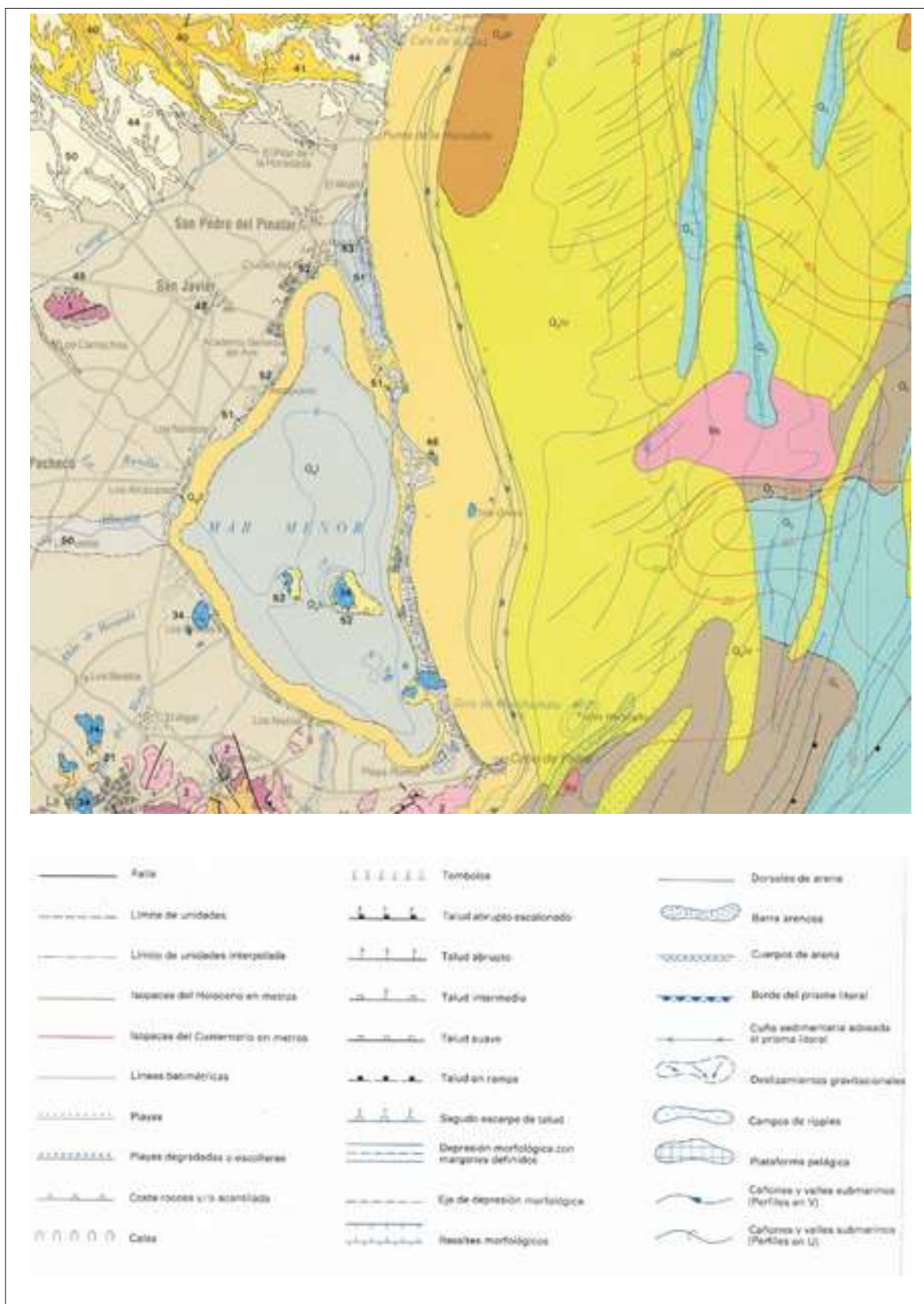
##### *LITORAL SUMERGIDO*

El litoral sumergido se caracteriza por la existencia de una gran plataforma circalitoral muy somera con profundidades máximas de 60 metros y escasa pendiente. Su longitud es de 40 km, la anchura media es de 25 km, con tramos de hasta 30 km (Punta Prima) y un mínimo de 13 km (Cabo Palos). El borde plataforma está a -130m dando paso a un talud continental entre suave y abrupto. Morfológicamente el sector se caracteriza por su variedad de formas y una complicada mezcla de morfologías sobre todo de tipo deposicional, por la presencia de formas heredadas y por el afloramiento del zócalo de

la plataforma en Cabo Palos. A continuación se describen los principales tipos morfológicos hallados en el sector:

- Prisma litoral: se trata de un amplio prisma de 42 km de longitud entre Cabo de Palos y Punta de la Horadada. Presenta una forma rectilínea, paralelo a costa, situado entre los 15-20 m de profundidad , distancias a costa entre 2-5 km y potencias entre 8 y 15 m.
- Cuña deposicional: se dispone adosada sobre el borde del prisma, fosilizando en su sector más meridional. Presenta una anchura media entre 500-600m y su límite inferior se encuentra a -30 m
- Campos dorsales de arena: se trata agrupaciones de acumulaciones lineales de materiales arenosos equivalentes a los campos de dunas terrestres. En la zona de estudio se han descrito hasta tres campos (Figura 80):
  1. Campo 1: es el más extenso (150 km<sup>2</sup>) se localiza entre Torrevieja y Cabo Palos entre entre las batimétricas 35-54 m, Se han identificado al menos 43 dorsales de arena. La longitud de onda varia entre 300-900 m y su extensión horizontal entre 700-5700. La altura entre 1,5- 8 con pendiente de hasta 5° . La orientación es N53° y ángulos respecto a la línea de costa entre 30-82° .
  2. Campo 2: a mayor profundidad que el anterior (78-90 m) ocupa unos 20 km<sup>2</sup> entre las puntas de Horadada y Torrevieja. Se han identificado 17 dorsales de arena de características más homogéneas que el anterior. Longitudes de onda entre 375-1600 m, extensión horizontal media de 1200 m y alturas entre 1,5-6. Su espesor medio es de 2,5 m y pendiente de hasta 3° . Orientación N44°E y ángulo con la línea de costa entre 15-52° ,
  3. Campo 3: es el más estrecho, aparece asociado al afloramiento que define la curva batimétrica de -100 m. Cubre unos 23 km<sup>2</sup>, entre las Salinas del Cotorillo y Punta Prima. Incluye 15 dorsales con dos modas en la longitud de onda: una de primer orden de 1200m y otra secundaria de 570m. Extensión horizontal media de 1150m , potencia de 2m, alturas máxima de 3,5, pendientes de 2° y ángulos respecto a la línea de costa entre 8-46° .
- Campos de ripples: se han detectado dos campos aunque al sur de Cabo de Palos rellenando depresiones costeras a 80-100 m por lo que son considerados formas relictas.

- Cuerpos de arena son grandes depósitos arenosos en forma de cuña con el flanco más abrupto orientado mar adentro. Sólo se ha constatado la presencia de uno de ellos frente a la punta de Loma Larga a unos 35 m de profundidad y con altura máxima de 22m. Tiene un orientación algo oblicua respecto a la línea de costa, 5,4 km de longitud y amplitud de hasta 1 km. Se corresponden a morfología deposicionales de materiales arenosos y forma asimétrica en perfil y alargada en planta.
- Dorsales aisladas. Se trata de acumulaciones material arenoso asociadas a resaltes morfológicos. En la zona de estudio existen 3 de estas dorsales tipo “beach rock” asociadas al afloramiento de areniscas del pleistoceno. La más superficial se sitúa a -60 m
- Resaltes morfológicos (crestas y escarpes): bastante irregulares en forma y distribución, pueden aparecer aisladas o asociados en campos. Se trata de afloramientos rocosos de areniscas pleistocénicas o del propio zócalo. Tienen carácter lineal y paralelo a las líneas batimétricas. A menudo se trata de formas erosivas heredadas producto de una hidrodinámica anterior. En las zonas con costa rocosa, previamente a los fondos sedimentarios, se observan acantilados que alcanzan poca profundidad y que, en ocasiones, están seguidos por una estrecha franja de bloques desprendidos. Este patrón se repite en la plataforma sumergida donde antiguas barras arrecifales emergen, al menos parcialmente, de los fondos sedimentarios en dirección paralela o algo oblicua a la costa ocasionando pequeños escalones (5-10 m) acompañados de bloques de derrubio que tendrán gran significación biológica por las comunidades que se asientan sobre ellos (Figura 80). Estas barras de sedimentos litificados de edad cuaternaria separan el dominio del prisma arenoso playero del dominio del prisma litoral submarino sedimentario.
- Depresiones: corresponden a morfología negativas. En la zona de estudio se localizan varias de ellas de considerable extensión aunque situadas todas en la plataforma externa a más de 100 m de profundidad y fuera del ámbito de estudio.



**Figura 80:** Síntesis geomorfológica de la plataforma costera (Modificado de Mapa Geológico de la Margen Continental y Zona Terrestre. Hoja MURCIA 79-79E. Instituto Tecnológico GeoMinero de España).

#### 4.5. SEDIMENTO MARINO

La plataforma continental de la zona de estudio se caracteriza por un complejo mosaico de facies sedimentarias. En general existe una importante cobertura de materiales gruesos de naturaleza arenosa carbonatados y con dispar estado de equilibrio hidrodinámico. Sobre estos materiales se han añadido otros más modernos propios de los ambientes sedimentarios que se desarrollaron tras la última transgresión eustática.

Dentro del **Ambiente litoral** las playas del cordón dunar de la Manga se caracterizan por su contenido en arenas finas a muy finas con presencia de bioclastos (moluscos) y una fracción terrígena a base de cuarzo. El contenido en carbonato varía desde el 27-34% al norte hasta el 58% en el Estacio.

Ya en el dominio marino sobre la **Plataforma continental** aparece un mosaico de facies sedimentarias:

- Facies litoral terrígena: (hasta -28 m) constituida por sedimentos arenosos (>90% arena fina o muy fina) bien clasificados y con un porcentaje en carbonatos en torno al 40%. La principal fuente de sedimentos aportados a las playas proviene de los cauces fluviales (Segura, Vinalopó, Nacimiento y Seco). A este fenómeno fluvial hay que añadir el procedente de la erosión de antiguos relieves proximales. La arena transportada por el viento en esta zona también puede actuar como fuente de suministros. El carácter sedimentológico de la plataforma interna mixta que posee esta zona, determina que los sedimentos detríticos de origen orgánico, derivados de la destrucción de abundante fauna marina de aguas someras, y de aquella que se asocia con las praderas de *Posidonia oceanica*, sea también una importante fuente de alimentación de la franja infralitoral. Todos estos agentes y procesos marinos originan una variedad morfosedimentaria relativamente amplia en las dos zonas comprendidas entre la playa y la barra arrecifal existente (0-4 m) y las aguas afuera de la barra, lugar donde comienza a desarrollarse el prisma sedimentario costero a partir de los 20 metros de profundidad.
- Facies de praderas de fanerógamas: la existencia de una importante pradera de *Posidonia oceanica* (una de las de mayor extensión del Mediterráneo) determina unos sedimentos netamente diferenciados. Las praderas constituyen auténticas trampas de sedimentos, que además acumulan arena entre sus rizomas de sustentación y a los que se añaden importantes aportes de materia orgánica procedentes de sus propios restos en descomposición (pérdida anual hojas). Se trata de sedimentos arenosos (75%) con un porcentaje variable de fangos y detritus que puede ser localmente dominantes (>70%) especialmente en praderas en regresión. La composición de la fracción arena es de naturaleza terrígena con alto contenido en carbonato (57%) y una proporción destacable de

gravas biógenas (15-34%) con gran abundancia de foraminíferos epífitos procedentes de los que se desarrollan sobre las hojas.

- Facies litoral carbonatada: se trata de facies modernas cuyo límite inferior está determinado por la estabilidad y desarrollo de los ecosistemas, por lo que es de difícil precisión. Incluyen sedimentos heterométricos con porcentaje de gravas superior al 20% y contenidos en carbonato entre el 70-90%. La arena es de procedencia biógena incluyendo restos de bivalvos, gasterópodos, briozoos, algas rojas y coralinas, serpúlidos y foraminíferos bentónicos susceptibles de una interpretación paleoambiental.
- Facies mixtas: se trata de un tipo de facies litoral intermedio entre las facies terrígenas y las calcáreas o de praderas de fanerógamas, incluyendo sedimentos en su mayor parte arenosos (90%). La grava (23-39%) es predominantemente biógena, mientras que la arena es terrígena (66%). se consideran típicas de la zona de transición entre el dominio interlitoral e infralitoral, a profundidades de unos 10 m.
- Facies de plataforma interna: aparecen al norte de la zona de estudio frente a las costas de Cabo Roig formando una estrecha banda paralela a costa, a continuación de la facies litoral carbonatada y hasta los 30 m de profundidad (Figura 81). Al disminuir la influencia del oleaje sobre la facies terrígenas el grosor de la arena va disminuyendo paulatinamente hasta un sedimento fino en equilibrio con las condiciones hidrodinámicas de la zona. La composición puede fluctuar temporalmente a consecuencia de episodios de tormenta. La relación biógenos/terrígenos aumenta con la profundidad. Moluscos y foraminíferos bentónicos integran la fracción biógena. Se trata de sedimentos limo-areno-arcillosos con una proporción de carbonato del 43% y un ligero predominio de los componentes terrígenos en la fracción arena.
- Facies de plataforma media: en la zona de estudio aparece a continuación de las facies de plataforma interna y paralela a ésta (Figura 81). Surgen en profundidades en las que el gradiente energético disminuye aún más y permite la sedimentación de limos (20 -46 m) . Se trata de limos arcillosos con un porcentaje de arena inferior al 4% y carbonato < 43% y ligero predominio de los componente terrígenos en la fracción arena.
- Facies de arenas carbonatadas: ocupan una gran extensión de la plataforma continental (Figura 81). Su desarrollo mar adentro está condicionado por distintos parámetros climáticos y oceánicos de forma que bajo determinadas condiciones locales pueden extenderse desde la cuña litoral hasta el borde de la plataforma continental (100 m). Los componentes bioclásticos de esta facies en la zona de estudio indican que se podría tratar de sedimentos relictos (hasta el

90%). La proporción de carbonato (70-75%) y grava (15-23%) puede alcanzar valores menores que en los sedimentos litorales debido a la presencia de cierta cantidad de fango (7-12%).

- Facies palimpsest carbonatadas: Comprenden los materiales relictos carbonatados parcialmente modificados por las condiciones ambientales impuestas en la plataforma continental, tras el último período de ascenso eustático. En general los sedimentos identificados son arenas, con una baja proporción de gravas, y con una mayor cantidad de limo que de arcilla. Sin embargo, la proporción de fango puede llegar a ser predominante cuando los sedimentos se localizan en depresiones en las que es más fácil la acumulación de las partículas finas. El contenido en carbonato (56%) está directamente relacionado con la proporción de arena, compuesta mayoritariamente por restos biógenos relictos, semejantes a los descritos anteriormente. Estos componentes bioclásticos pueden llegar localmente a alcanzar el 78% en la fracción arena.

La zona estrictamente situada en el ámbito de estudio correspondería mayoritariamente a facies litoral carbonatada con un grado de enfangamiento muy variable, destacando la presencia de facies palimpsest carbonatadas en la mitad norte del ámbito definido.

**Tabla 16:** valores de la media (x) y desviación típica (dx) de las principales variables de las facies sedimentarias. PRF = profundidad; Gr =% grava; Are = % de arena; Lim = % limos; Arc= % arcilla; Co3 = % carbonatos; Bio = % biógenos en fracción arena; Ter = % terrígeno; N = número de total de muestras. (Tomado de Medialdea *et al*, 1990).

FACIES	PRF	Gr		Are		Lim		Arc		CO <sub>3</sub>		Bio		Ter		N
		x	dt	x	dt	x	dt	x	dt	x	dt	x	dt	x	dt	
Litoral terrígeno	10 - 28	0,6	0,5	91,8	5,7	ND		ND		42,1	2,0	3,0	1,6	97,0	1,6	7
Litoral carbonatado	10 - 15	22,7	11,8	95,7	1,3	ND		ND		78,0	8,3	75,0	10,8	25,0	10,8	3
Praderas de fanerógamas	10 - 20	34,4	23,1	88,7	4,3	7,8	4,3	6,5	3,3	57,8	7,8	27,0	8,1	73,0	8,1	8
Mixtas	10 - 11	39,0	7,3	91,7	2,5	ND		ND		61,7	6,0	33,3	10,3	66,6	10,3	3
Plataforma interna	19 - 30	0,0		19,3	8,5	60,1	6,4	19,8	4,6	43,1	3,3	44,5	18,0	55,5	18,0	9
Plataforma media	30 - 46	0,0		3,5	2,9	59,4	8,4	37,0	7,2	43,1	2,6	41,1	16,6	58,9	16,6	9
Plataforma externa	101 - 125	0,0		16,5	5,8	42,0	8,1	41,5	7,8	47,3	1,3	58,7	22,7	41,2	22,7	4
Arenas carbonatadas	26 - 118	22,9	16,7	87,7	5,7	ND		ND		75,8	11,8	68,6	23,4	31,4	23,4	98
Palimpsest carbonatado	32 - 126	8,2	8,2	54,5	18,3	22,9	10,2	21,6	10,6	56,2	10,7	53,7	20,3	45,8	20,4	130
Palimpsest terrígeno (1)	50 - 115	4,7	3,4	61,4	7,9	21,0	5,7	17,6	5,4	47,5	5,4	29,4	11,5	70,6	11,5	20
Palimpsest terrígeno (2)	55 - 113	1,3	1,1	30,7	4,3	34,8	6,4	34,2	7,8	46,8	2,9	33,2	7,3	66,8	7,3	19
Desbordamiento B. Plat.	127 - 370	3,0	8,2	34,3	15,1	39,6	12,5	26,3	8,3	49,0	6,8	50,4	17,4	49,6	17,7	121
Lodos neríticos	130 - 397	0,0		9,7	3,8	47,4	6,9	42,9	9,5	46,5	2,4	48,5	12,6	51,1	12,6	23
Talud alto fondo	118 - 180	10,0	3,9	87,7	4,4	5,0	0,8	5,3	2,6	85,5	6,2	97,0	1,4	3,0	1,4	4

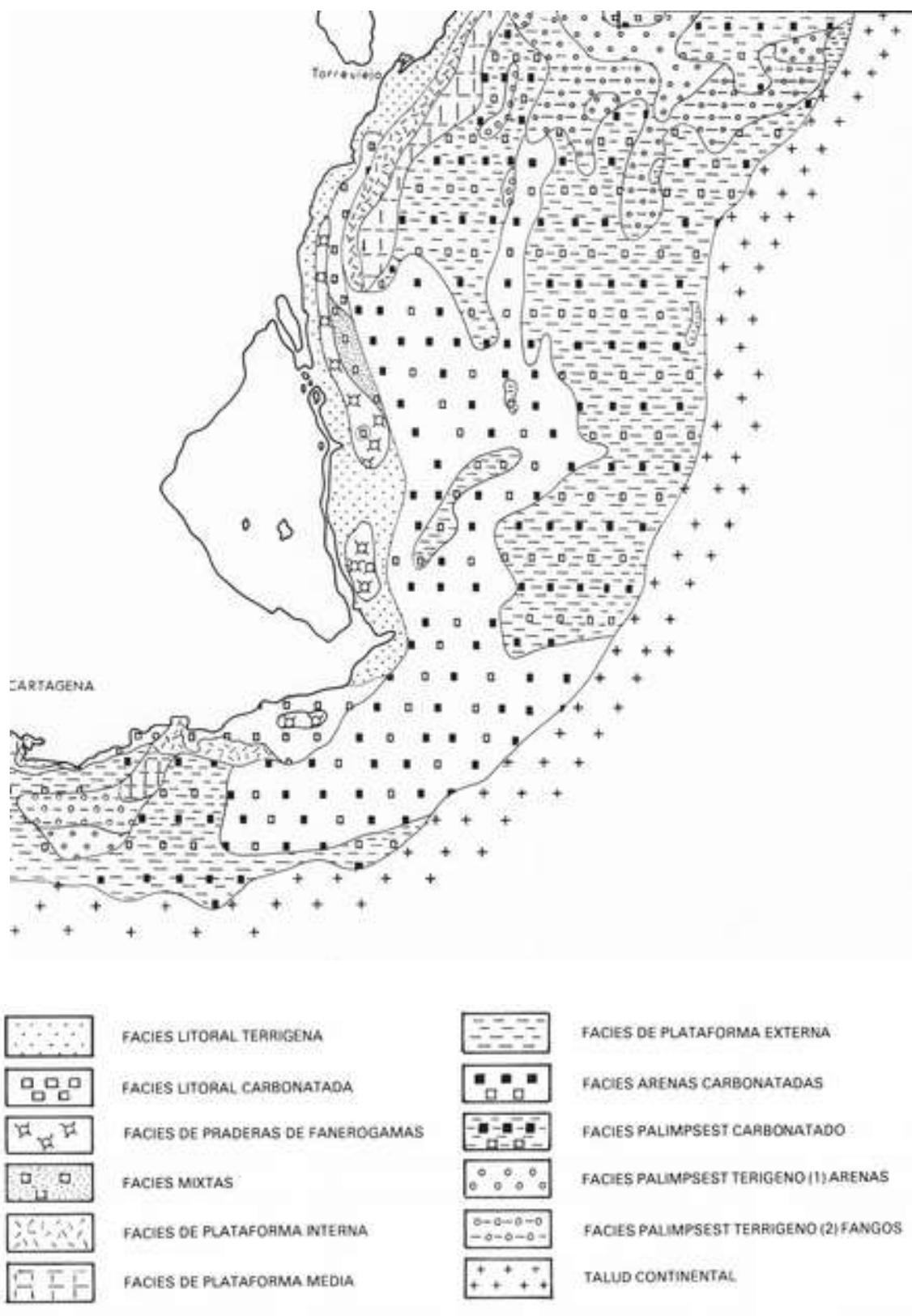


Figura 81: Distribución de las facies sedimentarias en la zona de estudio (Tomado de Medialdea et al, 1990).

#### 4.5.1. CAMPAÑA DE MUESTREO

Para caracterizar los sedimentos presentes en el ámbito de la concesión a solicitar se ha desarrollado una campaña de muestreo compuesta por 12 estaciones (Figura 82) en las que han sido determinados los siguientes parámetros:

- Granulometría
- Materia orgánica
- Potencial REDOX
- Infauna bentónica

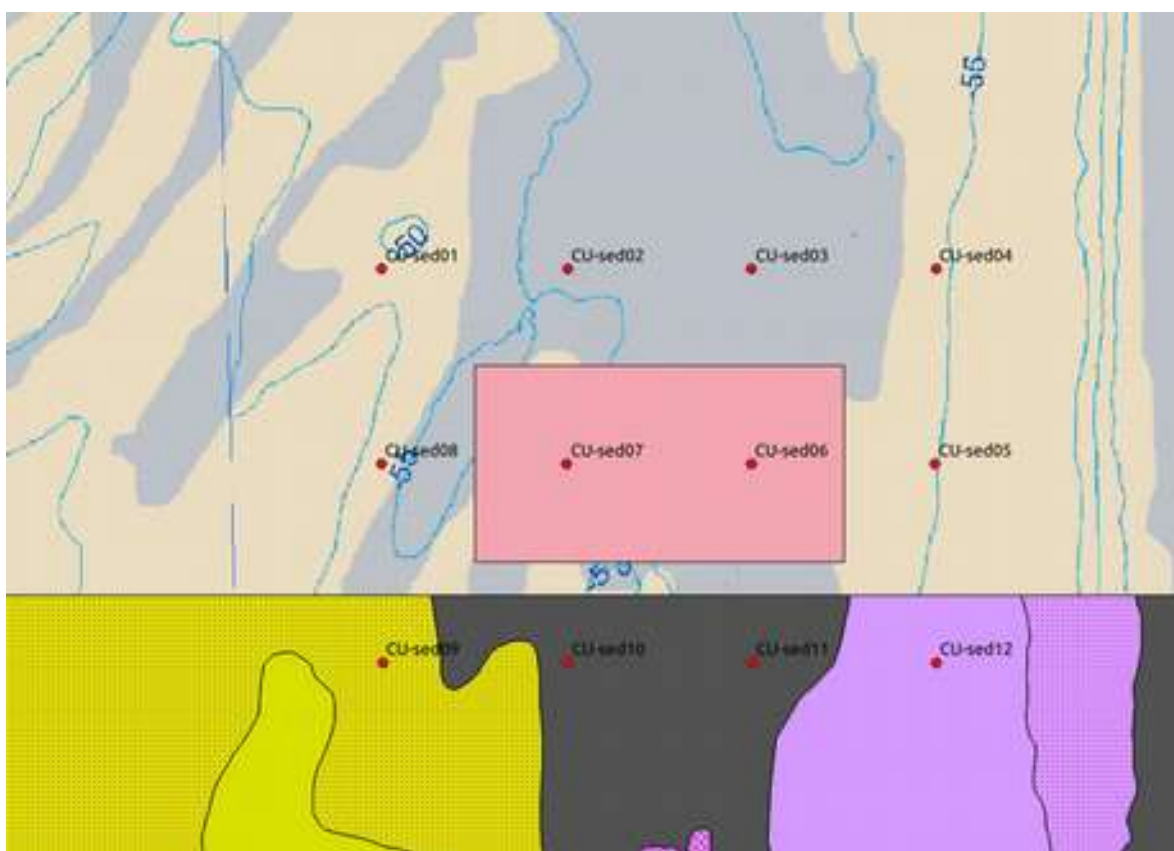


Figura 82. Localización de las 12 estaciones de muestreo para el estudio de los sedimentos y la infauna en el ámbito de la concesión a solicitar.

#### 4.5.2. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

El análisis granulométrico de un sedimento expresa las proporciones de las diferentes partículas minerales agrupadas por tamaños, tras la separación de los agregados. Nos permite definir la naturaleza textural de un sedimento.

La Tabla 17 recoge la textura del sedimento de los fondos de las 12 estaciones localizadas en el área de estudio durante la campaña única de verano 2018.

Los resultados muestran los porcentajes más elevados para los materiales de tamaño de grano inferior a 2mm (arenas, limos-arcillas), y registros bajo y equilibrados en la distribución final de gravas Figura 83.

Tabla 17. Distribución granulométrica del sedimento de los fondos de las doce estaciones localizadas en el área de estudio. Verano 2018.

Estaciones	Gravas(%)	Arenas totales(%)	Limos-Arcillas(%)
CU-sed01	2,5	83,1	14,4
CU-sed02	3,3	77,1	19,6
CU-sed03	3,1	71,9	25,0
CU-sed04	7,0	75,9	17,1
CU-sed05	9,0	80,1	,10,8
CU-sed06	2,8	70,8	26,4
CU-sed07	2,1	77,4	20,5
CU-sed08	10,9	63,6	25,5
CU-sed09	8,9	69,6	21,4
CU-sed10	7,0	69,2	23,7
CU-sed11	6,1	71,8	22,1
CU-sed12	12,3	65,4	22,3

Estamos ante unos fondos muy homogéneos (en lo que respecta a la distribución de sus tres principales fracciones de grano), de naturaleza arenosa levemente enfangados dependiendo de la estación en estudio.

Los registros totales para arenas muestran una media para la zona del 73%, con una horquilla de valores que oscila entre el máximo de CU-sed01 (83%) y un mínimo del 64% obtenido en la estación CU-sed08.

En lo que se refiere a los materiales finos, los registros se muestran (con la excepción de las estaciones CU-sed01 - 05) muy equilibrados, con valores que superan el 20% y una media para la zona del 22.4%.

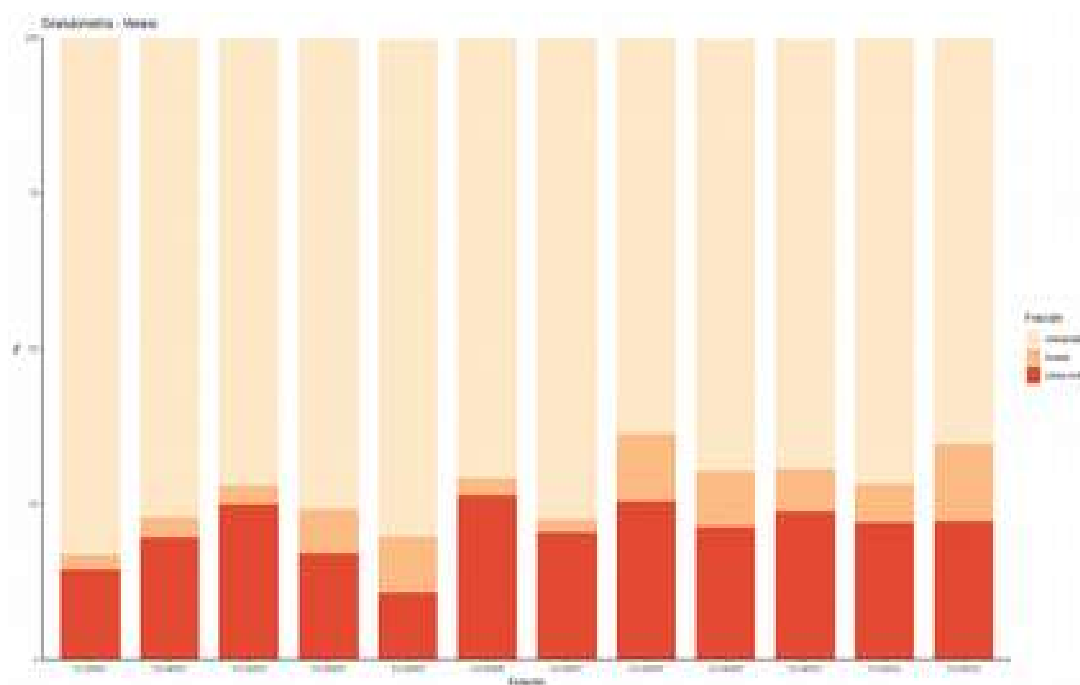


Figura 83. Distribución granulométrica de las 12 estaciones correspondientes a la campaña de sedimento realizada para el presente estudio.

La Figura 84 muestra el triángulo textural donde vienen representados y clasificados los sedimentos atendiendo a su textura. En este queda reflejada la homogeneidad granulométrica de la zona con fondos clasificados como arenas levemente engolfadas, con la excepción de las estaciones CU-sed01 - 05, ambas de naturaleza arenosa.

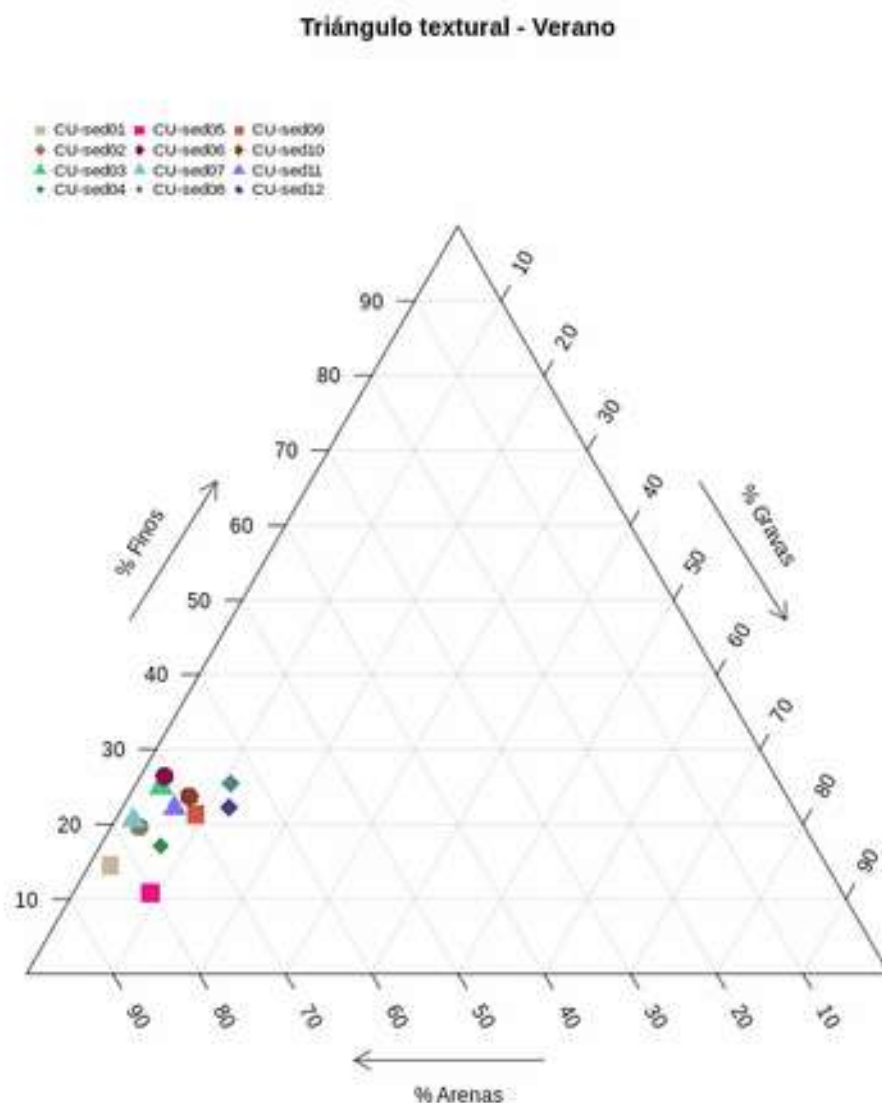


Figura 84. Triángulo textural de los sedimentos de las 12 estaciones muestreadas.

#### 4.5.3. CONTENIDO EN MATERIA ORGÁNICA

Los valores obtenidos en el análisis de materia orgánica oxidable y carbono orgánico oxidable de los sedimentos se recogen en la siguiente tabla y se representan en la Figura 85.

Tabla 18. Valores de carbono orgánico oxidable y materia orgánica oxidable en el sedimento de los fondos de las 12 estaciones del área de estudio durante la campaña única 2018,

Estaciones	Carbono Orgánico Oxidable (%)	Materia Orgánica Oxidable (%)
CU-sed01	0,24	0,42
CU-sed02	0,28	0,48
CU-sed03	0,40	0,70
CU-sed04	0,38	0,65
CU-sed05	0,30	0,51
CU-sed06	0,36	0,62

Estaciones	Carbono Orgánico Oxidable (%)	Materia Orgánica Oxidable (%)
CU-sed07	0,26	0,46
CU-sed08	0,43	0,75
CU-sed09	0,44	0,76
CU-sed10	0,41	0,70
CU-sed11	0,36	0,61
CU-sed12	0,43	0,74

Los contenidos en materia orgánica aparecen correlacionados con la granulometría, de manera que aquellas estaciones con niveles más elevados de materiales finos muestran los porcentajes más elevados para compuestos orgánicos, con una media para la zona de, l 0.63% y una horquilla de valores que oscila entre el máximo en CU-sed09 del 0.76% y el mínimo del 0.42% de CU-sed01. Se trata de valores propios de fondos de esta naturaleza.

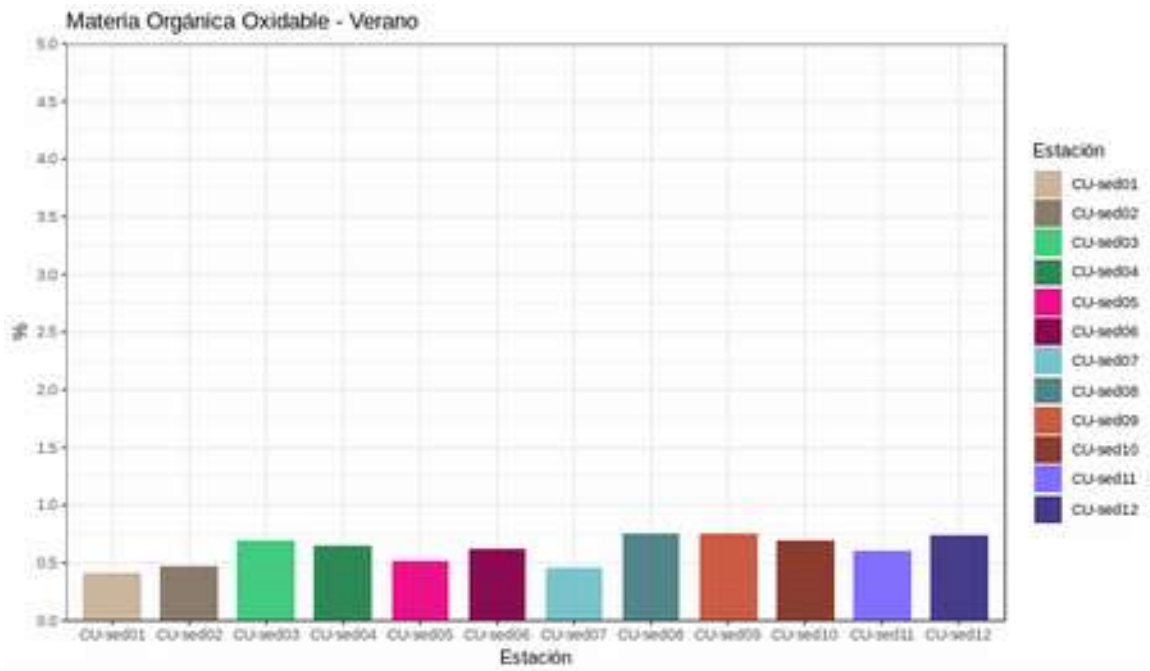


Figura 85. Porcentajes de materia orgánica en los sedimentos de las 9 estaciones estudiadas.

#### 4.5.4. POTENCIAL REDOX

El Eh indica las condiciones químicas de óxido-reducción que determinan el modo en que se realizan las reacciones de degradación de materia orgánica en el sedimento (Gray, 1981). Cuando tenemos elevados porcentajes de materia orgánica oxidable, se puede producir una brusca caída en los valores de O<sub>2</sub> quedando así los sedimentos en estado anóxico.

Los valores obtenidos en el análisis de Eh de los sedimentos se recogen en la siguiente tabla y en la Figura 86.

Tabla 19. Niveles de potencial rédox en el sedimento de los fondos de las 12 estaciones del área de estudio durante la campaña única 2018,

Nombre	Redox "in situ" (mV)
CU-sed01	-150
CU-sed02	-132
CU-sed03	-149
CU-sed04	-132
CU-sed05	-87
CU-sed06	-152
CU-sed07	-111
CU-sed08	-149
CU-sed09	-163
CU-sed10	-160
CU-sed11	-135
CU-sed12	-153

Los registros obtenidos muestran relación entre la naturaleza granulométrica del sedimento y sus niveles de potencial rédox, con valores muy negativos asociados a zonas en las que los porcentajes de materiales finos son más elevados.

Estamos ante unos fondos con registros muy negativos que reflejan el bajo grado de intercambio de oxígeno entre la columna de agua y el sedimento, favoreciendo así la aparición de condiciones propias de un medio reductor.

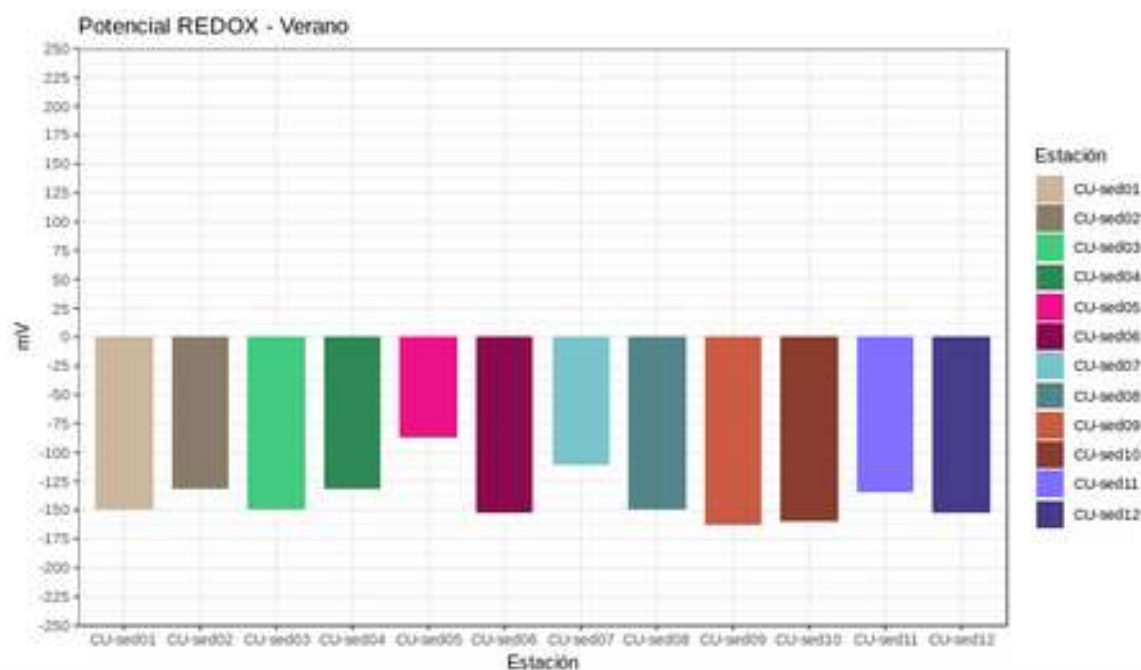


Figura 86. Niveles de potencial rédox en los sedimentos de las 12 estaciones estudiadas.

#### 4.5.5. MACROFAUNA BENTÓNICA

Para la caracterización de las comunidades bentónicas presentes en los fondos de la zona de estudio, se realiza una descripción de los principales grupos que la forman, un estudio de la estructura de la comunidad, usando los parámetros Índice de Diversidad de Shannon, riqueza de especies y equitabilidad, y por último se calcula el EQR (Estatus Ecológico), basado en los valores obtenidos del índice biótico BOPA (Dauvin y Ruellet, 2007).

Las comunidades bentónicas presentes en la zona de estudio están constituidas principalmente por los grupos taxonómicos de poliquetos, crustáceos y moluscos, y en menor medida por otros grupos. Tabla 3.

Los poliquetos son el grupo que presenta claramente una mayor riqueza de especies y abundancia de individuos, seguidos muy de lejos de los crustáceos y los moluscos. (Figura 87 y 88)

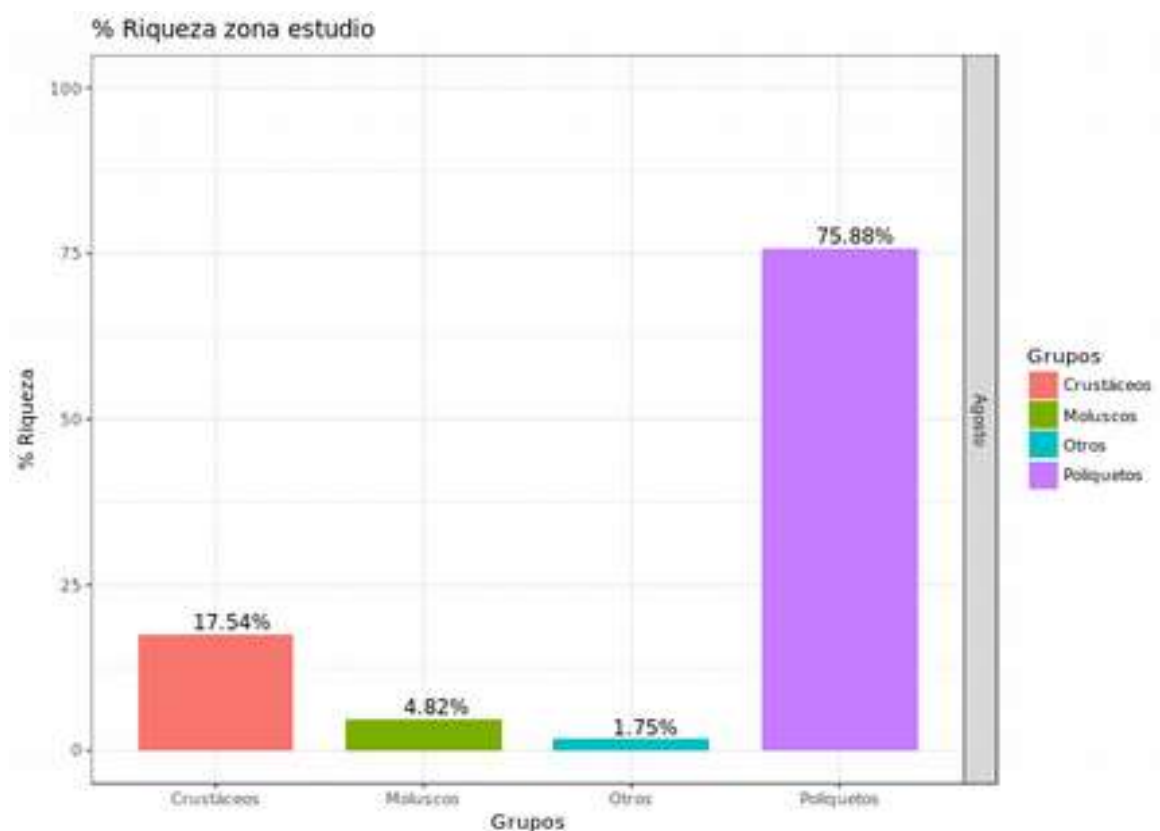
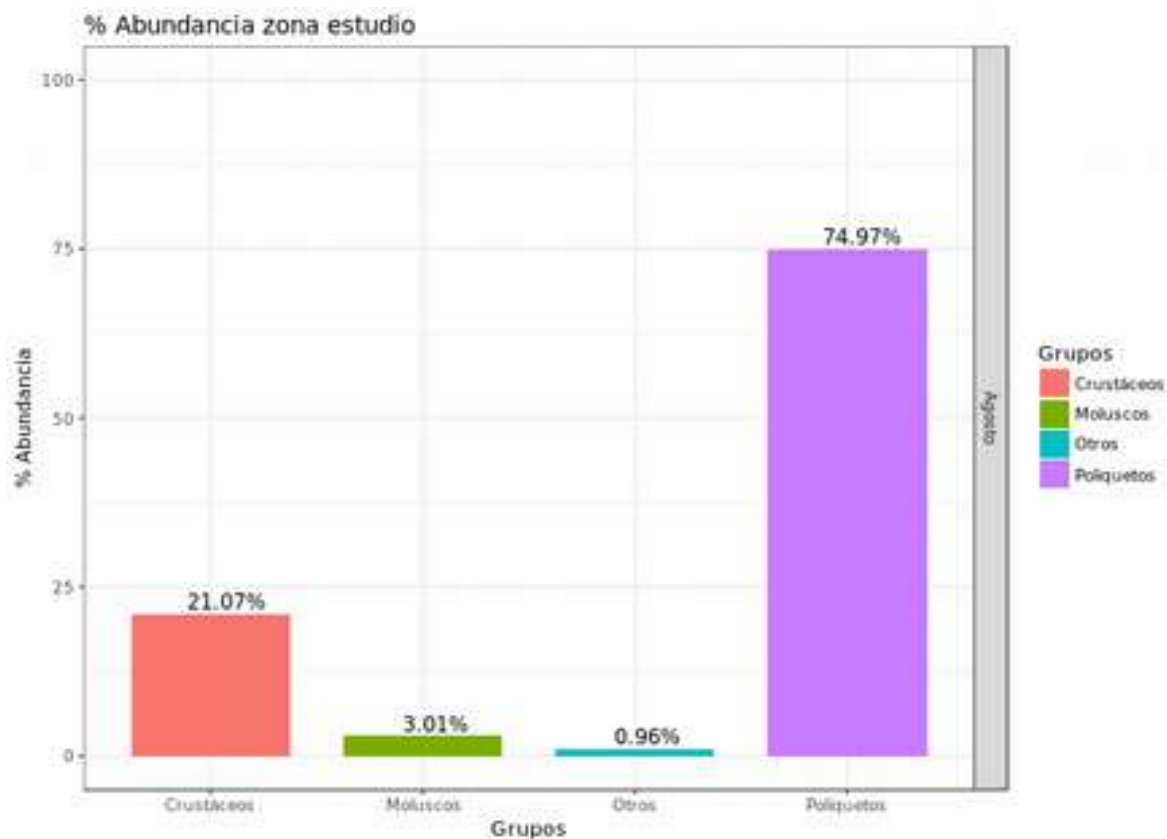


Figura 87. Distribución de la riqueza de especies en los distintos grupos taxonómicos presentes en la zona de estudio.



**Figura 88.** Distribución de la abundancia de individuos en los distintos grupos taxonómicos presentes en la zona de estudio.

Al centrar el estudio sobre las estaciones de muestreo, se observa el mismo patrón que en el enfoque general, los poliquetos son el grupo que mayor número de individuos y especies presenta en todas las estaciones de muestreo, seguidos de los crustáceos y moluscos, a excepción de la estación CU-sed02, donde los crustáceos igualan, en número de individuos, a los poliquetos. (Figura 89 y 90).

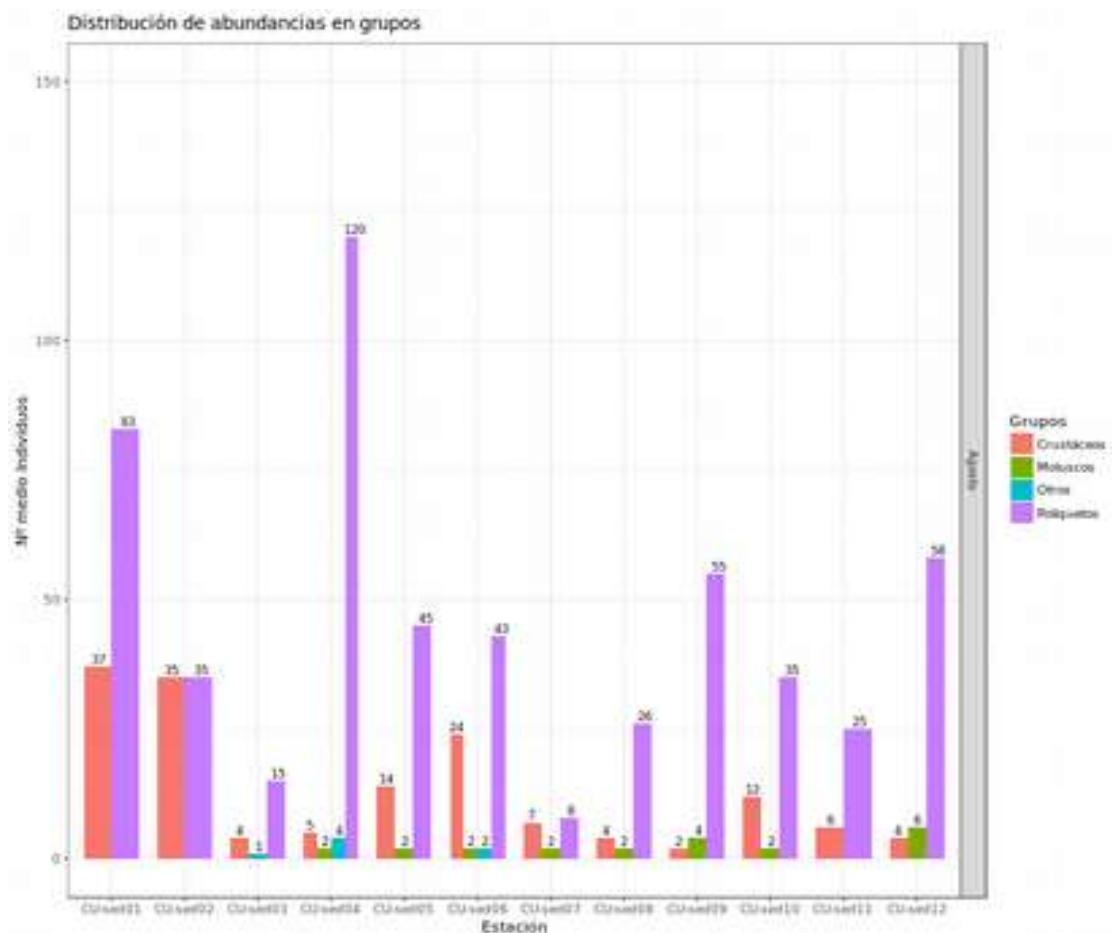


Figura 89. Distribución de la abundancia de individuos en los distintos grupos taxonómicos presentes en las estaciones de muestreo.

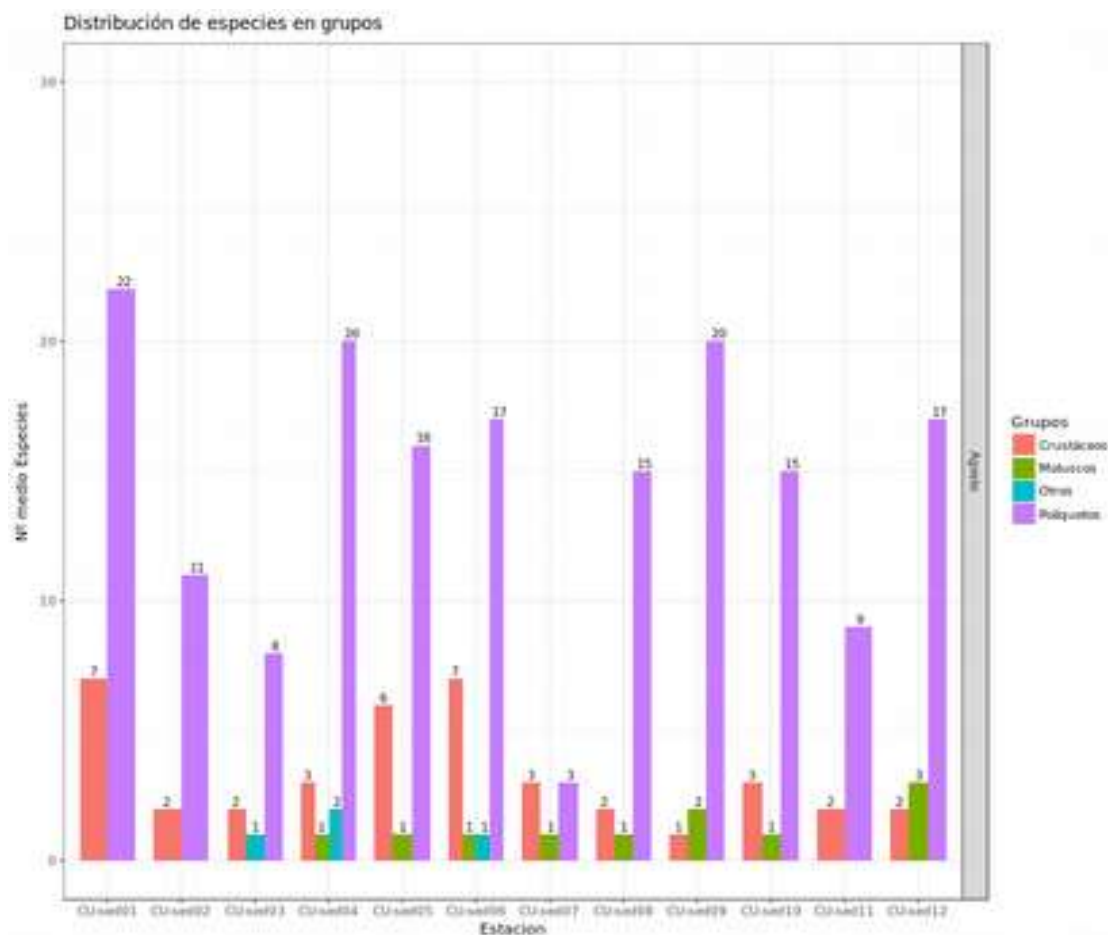


Figura 90. Distribución de las especies en los distintos grupos taxonómicos presentes en las estaciones de muestreo.

En cuanto a las especies más representativas dentro de cada grupo, se han identificado en la población de poliquetos a la familia *Syllidae*, de tipo *Errante* y con hábitos tróficos carnívoros generalmente, en concreto a la especie *Sphaerosyllis sp.1* (Figura 91). Los sillidos se consideran indicadores de buena calidad de sedimentos. En el grupo de los crustáceos se observan a los tanaidáceos de la especie *Apseudopsis mediterraneus* (Figura 92), como los más abundantes. En los moluscos, el bivalvo de la especie *Venus casina* (Figura 93), es la más observada. Finalmente, en lo referente a otros grupos mucho menos representativos, el equinodermo de la especie *Amphiura sp.1* (Figura 94), destaca sobre las demás.

	
<p>Figura 91. Ejemplar de poliqueto del género <i>Sphaeroyllis</i>.  <a href="http://www.aphotomarine.com/worm_sphaerosyllis_hystrix.html">http://www.aphotomarine.com/worm_sphaerosyllis_hystrix.html</a></p>	<p>Figura 92. Ejemplar de Tanaidaceo del género <i>Apseudopsis</i>. <a href="http://cinabrio.over-blog.es/tag/biologia%20marina/3">http://cinabrio.over-blog.es/tag/biologia%20marina/3</a></p>
	
<p>Figura 93. Concha del bivalvo <i>Venus casina</i>.  <a href="http://www.idscaro.net/sci/04_med/class/fam5/species/venus_casina1.htm">http://www.idscaro.net/sci/04_med/class/fam5/species/venus_casina1.htm</a></p>	<p>Figura 94. Ejemplar del equinodermo de la especie <i>Amphiura sp.1</i>. <a href="https://alchetron.com/Amphiura">https://alchetron.com/Amphiura</a></p>

### Abundancia de la comunidad BENTÓNICA

La abundancia (número de individuos observados por unidad de muestreo). Es un parámetro que puede presentar una gran variabilidad dependiendo de las condiciones del sedimento. Así, en un sedimento donde está bien balanceada la entrada de materia orgánica y el consumo de la misma, los valores se mantienen estables dentro de unos márgenes.

Se han encontrado y **analizado un total de 731 individuos**, distribuidos dentro de los principales grupos observados durante el estudio como muestra la siguiente tabla:

Campaña	Moluscos	Poliquetos	Crustáceos	Otros
Verano 2018	22	550	154	5

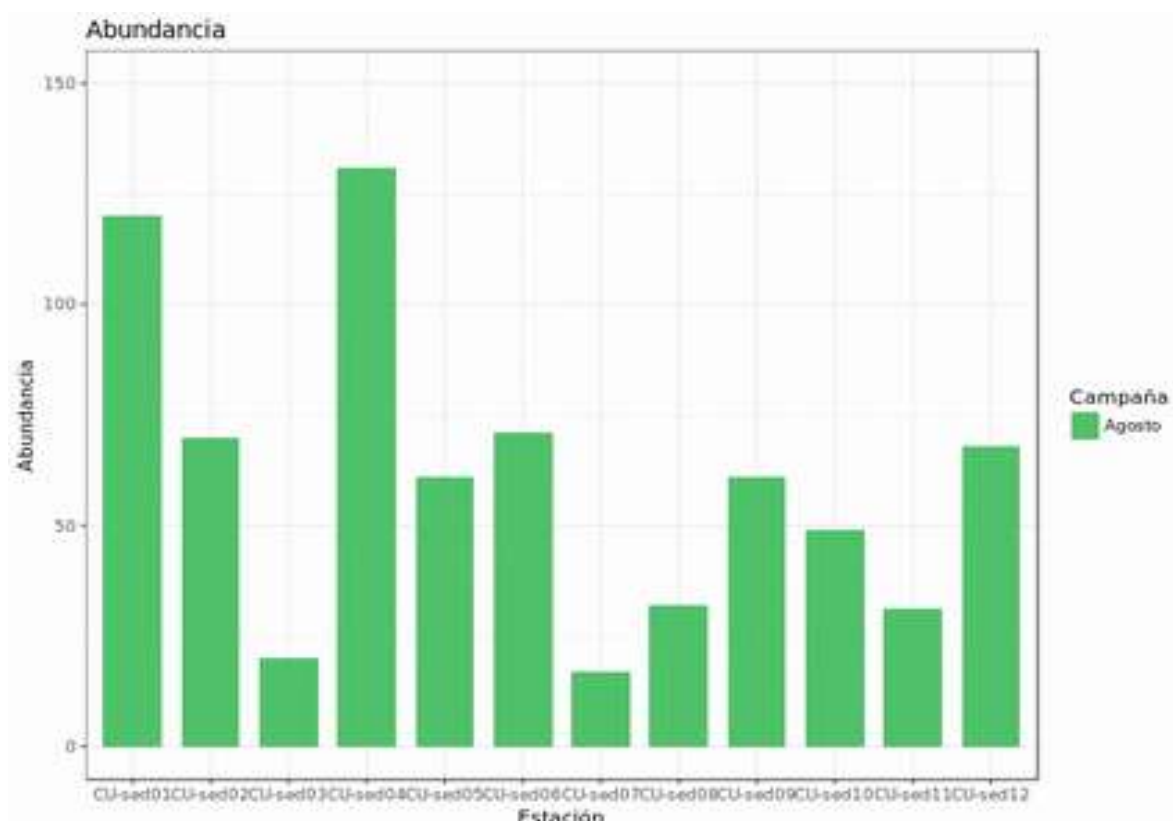


Figura 95. Abundancias de individuos obtenidas en las estaciones de muestreo.

## ESTRUCTURA DE LAS COMUNIDADES BENTÓNICAS

En la Tabla 20 se muestran los principales parámetros utilizados para el estudio de la estructura de las comunidades bentónicas, junto al índice biótico BOPA (Dauvin y Ruellet, 2007) y los valores EQR (Estatus Ecológico).

Tabla 20: Estadísticos descriptivos de los parámetros utilizados para caracterizar la estructura de la comunidad bentónica, el índice BOPA y los valores EQR. (\*Cuando el n.º de individuos en la muestra es <20, no se puede calcular el índice BOPA, Dauvin y Ruellet, 2007).

Estaciones	Diversidad	Riqueza	Abundancia	Equitabilidad	BOPA	EQR
CU-sed01	4.47	29	120	0.92	0.02	0.95-MUY BUENO
CU-sed02	2.82	13	70	0.76	0	1-MUY BUENO
CU-sed03	3.38	11	20	0.98	-	*np(<21 indiv.)
CU-sed04	4.09	26	131	0.87	0.03	0.9-BUENO
CU-sed05	4.21	23	61	0.93	0.05	0.83-BUENO
CU-sed06	4.33	26	71	0.92	0.09	0.7-BUENO
CU-sed07	2.68	7	17	0.95	-	*np(<21 indiv.)
CU-sed08	4.12	18	32	0.99	0.07	0.77-BUENO
CU-sed09	4.3	23	61	0.95	0.04	0.86-BUENO
CU-sed10	3.97	19	49	0.93	0.04	0.85-BUENO
CU-sed11	3.21	11	31	0.93	0.02	0.92-BUENO
CU-sed12	4.11	22	68	0.92	0.06	0.81-BUENO

La **diversidad** de una comunidad da idea de cuanto de heterogénea es, o lo estructurada que está. Así pues, valores altos de este parámetro es indicativo de que goza de buena salud, y que los distintos niveles tróficos (sedimentarios, herbívoros, carnívoros, filtradores, etc), están representados en las proporciones adecuadas. Este parámetro está relacionado con la **riqueza** o número de especies diferentes que se observan. Por otro lado, la **equitabilidad** indica si las especies tienen una presencia ponderada (valores próximos a 1), o por el contrario si existen situaciones donde unas dominan sobre otras (valores próximos a 0).

Las comunidades de macrobentos estudiadas muestran valores estructurales normales para el tipo de sustrato en el que habitan. Son comunidades con altos valores de diversidad y ricas en especies, sin que haya síntomas de dominancia de unas sobre otras.

Se han observado **un total de 103 especies** en toda la zona de estudio. La distribución dentro de los principales grupos es la que muestra la siguiente tabla:

Campaña	Moluscos	Poliquetos	Crustáceos	Otros
Verano 2018	8	75	18	2

A continuación se presentan las gráficas de riqueza de especies (Figura 96), diversidad (Figura 97) y equitabilidad (Figura 98) en las estaciones de muestreo:

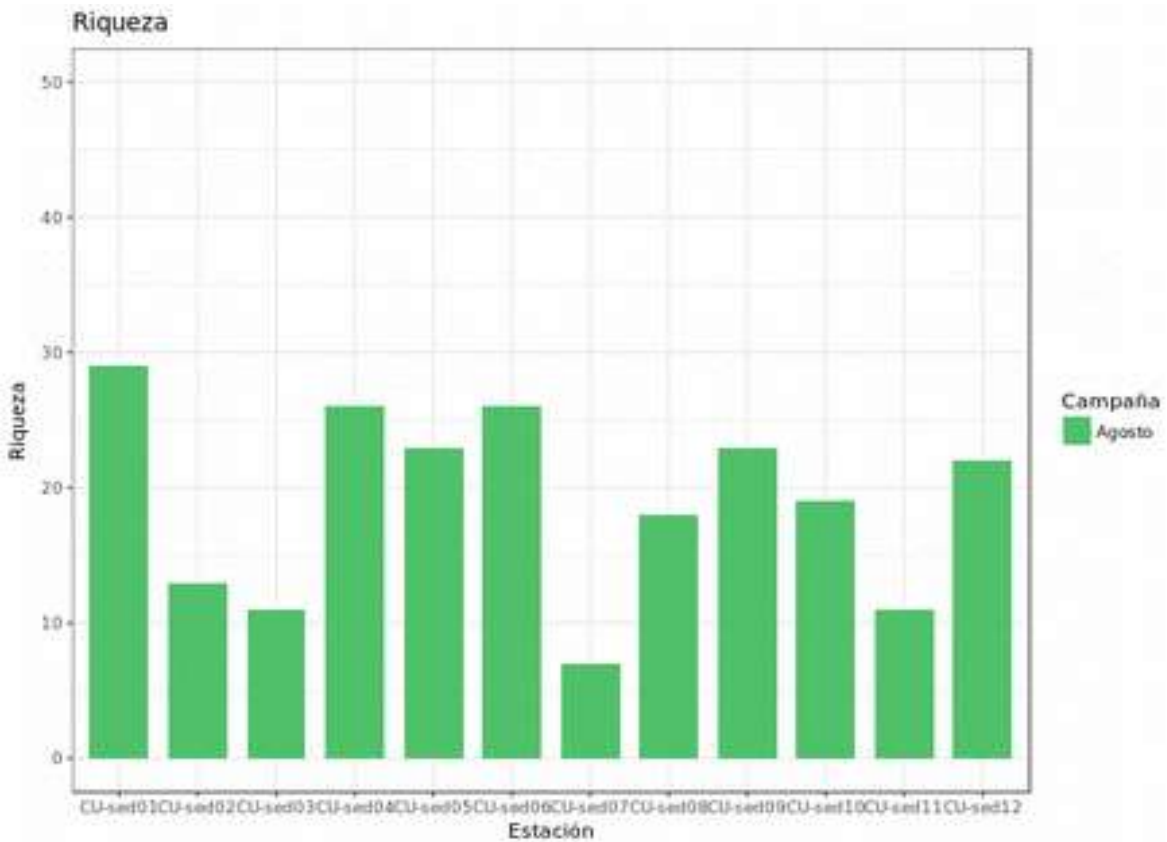


Figura 96. Representación gráfica de los valores de riqueza obtenidos en las distintas estaciones de muestreo

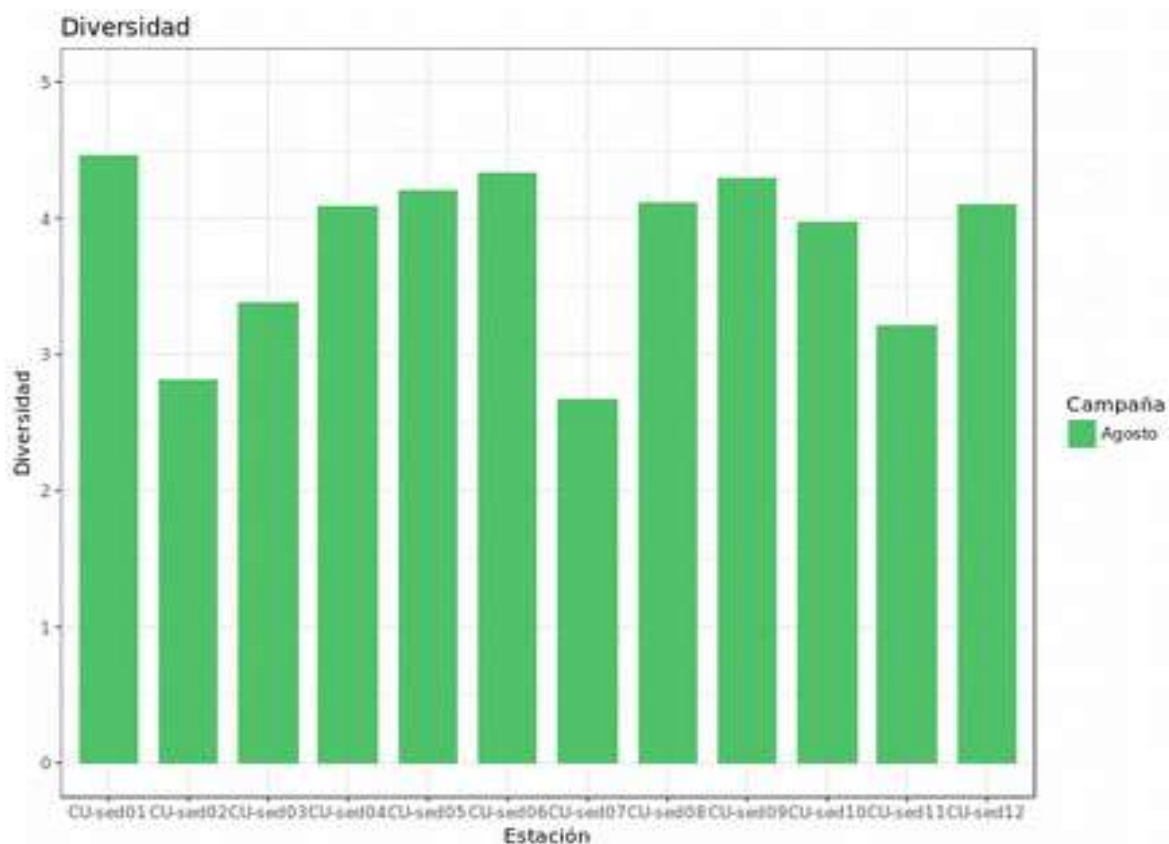


Figura 97. Representación gráfica de los valores de diversidad obtenidos en las distintas estaciones de muestreo.

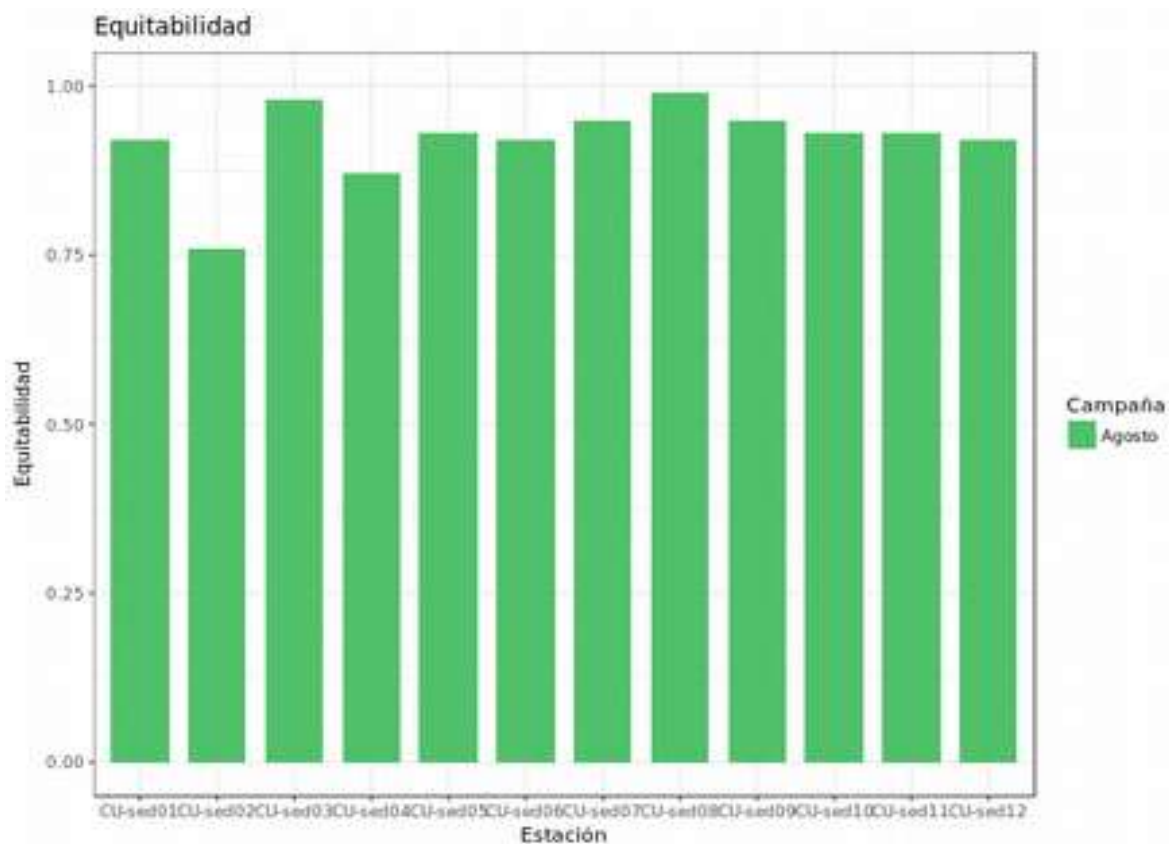


Figura 98. Representación gráfica de los valores de equitabilidad obtenidos en las distintas estaciones de muestreo.

### INDICE BOPA (DAUVIN Y RUELLET, 2007)

El índice BOPA (Dauvin y Ruellet, 2007), es un índice biótico que sirve para conocer el estado ecológico de las comunidades bentónicas de una zona de estudio, integrándolo en un solo valor.

El índice está basado en la composición de grupos ecológicos, usando el grupo de los anfípodos y el de los poliquetos.

Los valores del índice pueden variar entre 0 y 0,30103. Que el valor sea 0 significaría que no hay poliquetos oportunistas y se trataría de un sedimento con muy poca materia orgánica y cuando el valor es 0,30103 significa el caso contrario. (Labrunet et al., 2006; Borja et al., 2007; Dauvin y Ruellet, 2007).

Para la interpretación de los valores obtenidos de este índice, se tiene en cuenta el ejercicio de intercalibración en base al punto 1.4.1. del Anexo V de la Directiva 2000/60 Directiva Marco del Agua, recogido en la Decisión 2013/480/UE, por la que se fijan los valores de las clasificaciones de los sistemas de seguimiento de los Estados Miembros a raíz del ejercicio de intercalibración:

Métodos nacionales de clasificación intercalibrados	Índices de Calidad Ecológica	
	Límite muy bueno-bueno	Límite bueno-aceptable
<b>EQR</b>	0,95	0,54

En este caso (Tabla: 1), los valores varían entre 0 y 0,09, lo que daría, según el ejercicio de intercalibración, unos valores de la EQR de 1 y 0,7 respectivamente. Todas las estaciones entran dentro del Estatus Ecológico (EQR) **Bueno**, a excepción de dos de ellas que obtienen el Estatus de **Muy Bueno**. Por otro lado, señalar que no se ha podido calcular el índice BOPA en dos de las estaciones (Cu-sed03 y 07), porque el n.º de individuos no era superior a 20 por muestra (Dauvin y Ruellet, 2007) (Figura 99)

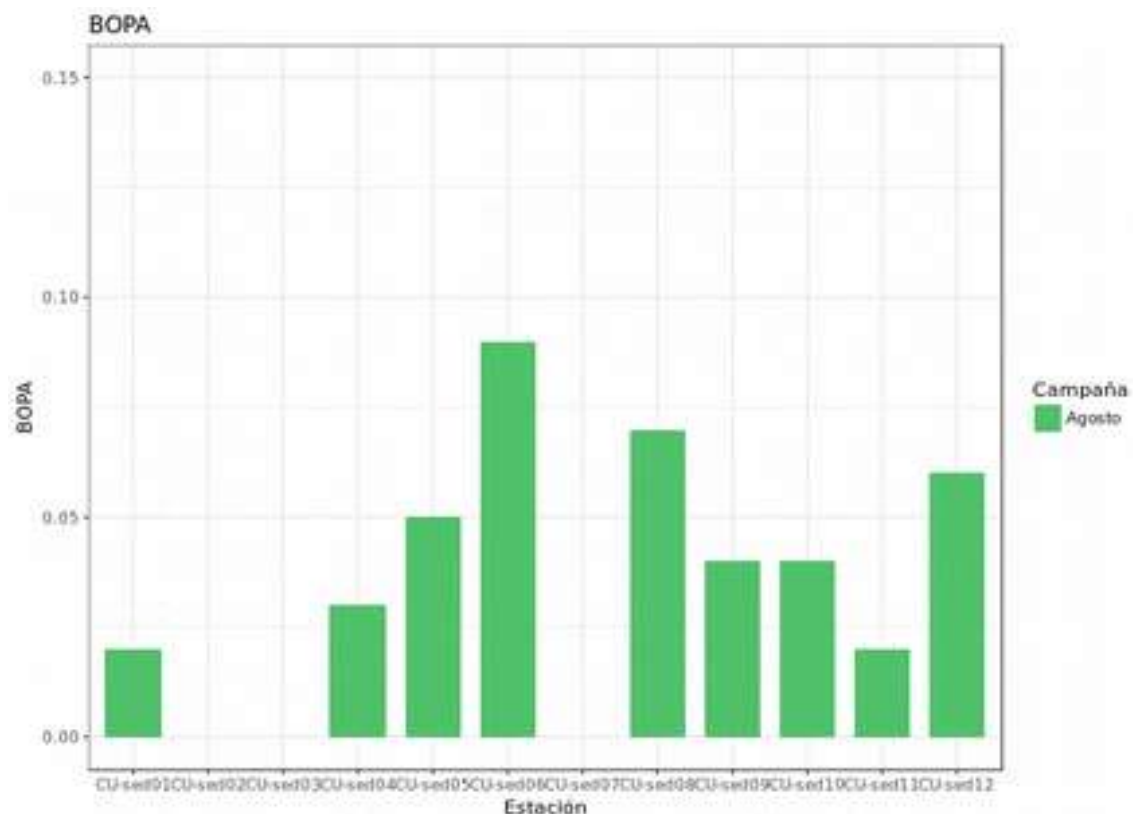


Figura 99. Representación gráfica de los valores medios del índice BOPA obtenidos en las distintas estaciones de muestreo

## LISTADO DE ESPECIES

Tabla 21: Listado de especies observadas en la zona de estudio.

Phylum	Clase	Orden	Familia	Taxon
ANNELIDA	POLYCHAETA	ERRANTIA	Amphinomidae	Chloeia venusta
ANNELIDA	POLYCHAETA	ERRANTIA	Amphinomidae	Chloenopsis atlantica
ANNELIDA	POLYCHAETA	ERRANTIA	Chrysopetallidae	Arichlidon reysii
ANNELIDA	POLYCHAETA	ERRANTIA	Dorvilleidae	Schistomeringos rudolphi
ANNELIDA	POLYCHAETA	ERRANTIA	Eunicidae	Eunice pennata
ANNELIDA	POLYCHAETA	ERRANTIA	Eunicidae	Eunice vittata
ANNELIDA	POLYCHAETA	ERRANTIA	Eunicidae	Nematonereis unicornis
ANNELIDA	POLYCHAETA	ERRANTIA	Glyceridae	Glycera tridactyla
ANNELIDA	POLYCHAETA	ERRANTIA	Goniadidae	Goniada hexadentes
ANNELIDA	POLYCHAETA	ERRANTIA	Goniadidae	Goniada maculata
ANNELIDA	POLYCHAETA	ERRANTIA	Hesionidae	Psamathe fusca
ANNELIDA	POLYCHAETA	ERRANTIA	Lumbrineridae	Lumbrineris gracilis
ANNELIDA	POLYCHAETA	ERRANTIA	Lumbrineridae	Lumbrineris latreilli
ANNELIDA	POLYCHAETA	ERRANTIA	Nephtyidae	Micronephthys stammeri
ANNELIDA	POLYCHAETA	ERRANTIA	Nereididae	Nereidinae sp. 1
ANNELIDA	POLYCHAETA	ERRANTIA	Nereididae	Nereis sp. 1
ANNELIDA	POLYCHAETA	ERRANTIA	Oeonidae	Drilonereis fillum
ANNELIDA	POLYCHAETA	ERRANTIA	Onuphidae	Aponuphis bilineata
ANNELIDA	POLYCHAETA	ERRANTIA	Onuphidae	Aponuphis brementi

Phylum	Clase	Orden	Familia	Taxon
ANNELIDA	POLYCHAETA	ERRANTIA	Onuphidae	Onuphis eremita
ANNELIDA	POLYCHAETA	ERRANTIA	Onuphidae	Onuphis iberica
ANNELIDA	POLYCHAETA	ERRANTIA	Paralacydoniidae	Paralacydonia paradoxa
ANNELIDA	POLYCHAETA	ERRANTIA	Pectinariidae	Amphictene auricoma
ANNELIDA	POLYCHAETA	ERRANTIA	Phyllodocidae	Phyllodoce maculata
ANNELIDA	POLYCHAETA	ERRANTIA	Phyllodocidae	Phyllodoce mucosa
ANNELIDA	POLYCHAETA	ERRANTIA	Phyllodocidae	Pseudomystides limbata
ANNELIDA	POLYCHAETA	ERRANTIA	Polynoidae	sp. 1
ANNELIDA	POLYCHAETA	ERRANTIA	Sigalionidae	Sthenelais boa
ANNELIDA	POLYCHAETA	ERRANTIA	Sphaerodoridae	sp. 1
ANNELIDA	POLYCHAETA	ERRANTIA	Syllidae	Eurysyllis tuberculata
ANNELIDA	POLYCHAETA	ERRANTIA	Syllidae	Exogone naidina
ANNELIDA	POLYCHAETA	ERRANTIA	Syllidae	Exogone sp. 1
ANNELIDA	POLYCHAETA	ERRANTIA	Syllidae	Exogone sp. 2
ANNELIDA	POLYCHAETA	ERRANTIA	Syllidae	Sphaerosyllis sp. 1
ANNELIDA	POLYCHAETA	ERRANTIA	Syllidae	Sphaerosyllis sp. 2
ANNELIDA	POLYCHAETA	ERRANTIA	Syllidae	Syllis sp. 1
ANNELIDA	POLYCHAETA	ERRANTIA	Syllidae	Syllis sp. 2
ANNELIDA	POLYCHAETA	SEDENTARIA	Ampharetidae	Ampharete sp. 1
ANNELIDA	POLYCHAETA	SEDENTARIA	Ampharetidae	Amphicteis gunneri
ANNELIDA	POLYCHAETA	SEDENTARIA	Ampharetidae	Melinna palmata
ANNELIDA	POLYCHAETA	SEDENTARIA	Capitellidae	Leiocapitella dollfusi
ANNELIDA	POLYCHAETA	SEDENTARIA	Capitellidae	Mediomastus fragilis
ANNELIDA	POLYCHAETA	SEDENTARIA	Capitellidae	Notomastus aberans
ANNELIDA	POLYCHAETA	SEDENTARIA	Capitellidae	Notomastus latericius
ANNELIDA	POLYCHAETA	SEDENTARIA	Chaetopteridae	sp. 1
ANNELIDA	POLYCHAETA	SEDENTARIA	Chaetopteridae	sp. 2
ANNELIDA	POLYCHAETA	SEDENTARIA	Chaetopteridae	sp. 1
ANNELIDA	POLYCHAETA	SEDENTARIA	Cirratulidae	Chaetozone setosa
ANNELIDA	POLYCHAETA	SEDENTARIA	Cirratulidae	Cirratulus sp. 1
ANNELIDA	POLYCHAETA	SEDENTARIA	Flabelligeridae	Pherusa sp. 1
ANNELIDA	POLYCHAETA	SEDENTARIA	Magelonidae	Magelona alleni
ANNELIDA	POLYCHAETA	SEDENTARIA	Magelonidae	Magelona sp. 1
ANNELIDA	POLYCHAETA	SEDENTARIA	Maldanidae	Asychis biceps
ANNELIDA	POLYCHAETA	SEDENTARIA	Maldanidae	Clymenura clypeata
ANNELIDA	POLYCHAETA	SEDENTARIA	Maldanidae	Euclymene oerstedii
ANNELIDA	POLYCHAETA	SEDENTARIA	Oweniidae	Myriochele sp. 1
ANNELIDA	POLYCHAETA	SEDENTARIA	Oweniidae	Owenia fusiformis
ANNELIDA	POLYCHAETA	SEDENTARIA	Paraonidae	Aricidea sp. 1
ANNELIDA	POLYCHAETA	SEDENTARIA	Paraonidae	Paradoneis armata
ANNELIDA	POLYCHAETA	SEDENTARIA	Paraonidae	Paradoneis sp. 1
ANNELIDA	POLYCHAETA	SEDENTARIA	Sabellidae	Chone filicaudata
ANNELIDA	POLYCHAETA	SEDENTARIA	Sabellidae	Chone sp. 1
ANNELIDA	POLYCHAETA	SEDENTARIA	Sabellidae	Euchone rubrocincta
ANNELIDA	POLYCHAETA	SEDENTARIA	Sabellidae	Euchone sp. 1

EIA. Cultivo de peces litoral norte RM / DT2019/018

Phylum	Clase	Orden	Familia	Taxon
ANNELIDA	POLYCHAETA	SEDENTARIA	Scalibregmatidae	Scalibregma inflatum
ANNELIDA	POLYCHAETA	SEDENTARIA	Serpulidae	Serpula vermicularis
ANNELIDA	POLYCHAETA	SEDENTARIA	Spionidae	Prionospio sp. 1
ANNELIDA	POLYCHAETA	SEDENTARIA	Spionidae	Spio sp. 1
ANNELIDA	POLYCHAETA	SEDENTARIA	Spionidae	Streblospio benedicti
ANNELIDA	POLYCHAETA	SEDENTARIA	Spionidae	sp. 1
ANNELIDA	POLYCHAETA	SEDENTARIA	Terebellidae	Pista cristata
ANNELIDA	POLYCHAETA	SEDENTARIA	Terebellidae	Polycirrus sp. 1
ANNELIDA	POLYCHAETA	SEDENTARIA	Terebellidae	sp. 1
ANNELIDA	POLYCHAETA	SEDENTARIA	Trichobranchidae	Terebellides stroemi
ANNELIDA	POLYCHAETA	SEDENTARIA	Trochochaetidae	Poecilochaetus serpens
ARTHROPODA	MALACOSTRACA	AMPHIPODA	Ampeliscidae	Ampelisca sp. 1
ARTHROPODA	MALACOSTRACA	AMPHIPODA	Ampeliscidae	Ampelisca multispinosa
ARTHROPODA	MALACOSTRACA	AMPHIPODA	Caprellidae	Phtisica marina
ARTHROPODA	MALACOSTRACA	AMPHIPODA	Corophidae	sp. 1
ARTHROPODA	MALACOSTRACA	AMPHIPODA	Corophiidae	Leptocheirus sp. 1
ARTHROPODA	MALACOSTRACA	AMPHIPODA	Dexaminidae	Dexamine sp. 1
ARTHROPODA	MALACOSTRACA	AMPHIPODA		Gammaridea sp. 1
ARTHROPODA	MALACOSTRACA	AMPHIPODA		Gammaridea sp. 2
ARTHROPODA	MALACOSTRACA	CUMACEA	Bodotriidae	Iphinoe serrata
ARTHROPODA	MALACOSTRACA	CUMACEA		Cumacea sp. 1
ARTHROPODA	MALACOSTRACA	DECAPODA	Galatheidae	Galathea bolivari
ARTHROPODA	MALACOSTRACA	DECAPODA	Processidae	Processa macrophthalma
ARTHROPODA	MALACOSTRACA	DECAPODA	Upogebiidae	Upogebia pusilla
ARTHROPODA	MALACOSTRACA	LEPTOSTRACA	Nebaliidae	Nebalia sp. 1
ARTHROPODA	MALACOSTRACA	MYSIDA	Mysidae	sp. 1
ARTHROPODA	MALACOSTRACA	TANAIDACEA	Apseudidae	Apseudopsis mediterraneus
ARTHROPODA	MALACOSTRACA	TANAIDACEA	Paratanidae	sp. 1
ARTHROPODA	OSTRACODA	MYODOCOPIDA	Cypridinidae	Vargula mediterranea
ECHINODERMATA	ECHINOIDEA	SPATANGOIDA	Loveniidae	Echinocardium cordatum
ECHINODERMATA	OPHIUROIDEA	OPHIURIDA	Amphiuridae	Amphiura sp. 1
MOLLUSCA	BIVALVIA	CARDIIDA	Cardiidae	Laevicardium crassum
MOLLUSCA	BIVALVIA	CARDITIDA	Astartidae	Astarte fusca
MOLLUSCA	BIVALVIA	LIMIDA	Limidae	Limaria hians
MOLLUSCA	BIVALVIA	MYOIDA	Corbulidae	Corbula gibba
MOLLUSCA	BIVALVIA	NUCULIDA	Nuculidae	Ennucula decipiens
MOLLUSCA	BIVALVIA	VENERIDA	Veneridae	Venus casina
MOLLUSCA	BIVALVIA	VENERIDA	Veneriidae	Timoclea ovata
MOLLUSCA	GASTROPODA	CAENOASTROPODA	Calyptaeidae	Calyptaea chinensis

## 4.6. CALIDAD DE AGUA

Numerosos estudios confirman que el aumento de nutrientes inorgánicos solubles (nitrógeno y fósforo) procedentes tanto de la excreción de los peces como de la mineralización de los compuestos orgánicos en el entorno de instalaciones acuícolas estimula el crecimiento del fitoplancton, pudiendo llegar a la eutrofización en la columna de agua (Morata, 2013). Además este incremento puede producir un aumento de la turbidez y déficit de oxígeno disuelto en dicha columna de agua por descomposición posterior de esta biomasa (Macías, 2005).

La sensibilidad a estos efectos puede variar según las zonas. Así, en aguas costeras marinas, estos efectos tienden a minimizarse, siempre en función de las tasas de renovación de agua, de la topografía y de la batimetría de la zona (Macías, 2005; Pérez-Pastor, 2005). Otros estudios revelan que en áreas expuestas, como es el caso de las jaulas en mar abierto donde la circulación del agua es elevada, se dan como resultado reducidos tiempos de residencia, que se traducen en una rápida dispersión de los contaminantes, impidiendo que éstos se detecten (Hall *et al.*, 1992; Holby y Hall, 1991).

### 4.6.1. NUTRIENTES INORGÁNICOS

Uno de los elementos liberados al medio por la actividad acuícola es el nitrógeno. Este, a diferencia del fósforo, permanece en mayor proporción disuelto en la columna de agua. Se ha demostrado que el aumento de las concentraciones de amonio (compuesto nitrogenado producto de la excreción de los peces en forma de amonio, urea, ácido úrico y aminoácidos) en las proximidades de las jaulas se traduce en un mayor crecimiento de microalgas. El problema del amonio es su toxicidad a niveles relativamente bajos (ya que pasa rápidamente a amoniaco). Determinados factores como el crecimiento, la supervivencia, la conversión del alimento y la eficiencia en la utilización de las proteínas de los peces puede verse afectado por ciertos niveles de amoniaco.

Por su parte, los nitritos son un estado de oxidación intermedio entre amoniaco y nitratos, que en aguas superficiales suele presentar valores muy bajos por su rápida oxidación a nitratos.

Los valores de nutrientes detectados en el ámbito de las instalaciones objeto de estudio durante el año 2018 (Tabla 22) muestran valores basales del medio muy bajos, destacando especialmente el fósforo que actúa como factor limitante de escasa concentración en estas aguas.

Tabla 22. Valores de nutrientes obtenidos en 2018 en estaciones localizadas en el ámbito de las instalaciones objeto de estudio.

Amonio(mg/l NH <sub>4</sub> )	Fosfatos(mg/l PO <sub>4</sub> )	Fósforo Total(mg P/l)	Nitratos(mg/l NO <sub>3</sub> )	Nitritos(mg/l NO <sub>2</sub> )	Nitrógeno Total(mg N/l)
0.105	<0.0077	<0.01	0.0482	0.0173	0.0553
0.0682	0.0138	<0.01	0.1469	0.0112	0.1253
<0.0129	0.0086	<0.01	<0.0133	<0.0066	<0.05
0.0929	<0.0077	<0.01	0.0413	0.016	0.0834
0.0897	<0.0077	<0.01	0.0266	<0.0066	0.1221
0.0653	0.0178	<0.01	<0.0133	<0.0066	0.1101

## VALORACIÓN

A pesar de la comentada variabilidad inherente a los nutrientes, la DMA ha seleccionado varios de éstos como indicadores del elemento de calidad físico-químico. En consecuencia los estados miembros de la UE deben proponer unos niveles de referencia y para 2016 deben garantizar el objetivo del “buen estado” para todas sus masas de agua. Para su cumplimiento, el *Real Decreto 817/2015, de 11 de septiembre, por el que se establecen los criterios de seguimiento y evaluación del estado de las aguas superficiales y las normas de calidad ambiental*, clasifica las masas de agua costeras así como establece los valores límite *bueno/moderado* que deben presentar dichas aguas para su consideración.

Así, los valores límite en el campo medio (CM) establecidos para las el tipo de masa de agua en el que se encuentra el proyecto (AC-T06) son los siguientes:

Nutriente	Valor límite bueno/moderado	Valoración
Amonio	0,0414	MODERADO
Nitratos	0,2263	BUENO
Nitritos	0,0212	BUENO
Fosfatos	0,0361	BUENO

Tal y como se puede comprobar en la tabla anterior, el amonio es el único parámetro que, de forma basal en el ámbito de estudio, presenta valores que superan el propio límite establecido en el Real Decreto 817/2015, resultando moderados.

#### 4.6.2. MATERIALES EN SUSPENSIÓN

La concentración de sólidos en suspensión en las aguas naturales, es un parámetro que presenta grandes variaciones. La dificultad de poder observar estas variaciones interanuales deriva del hecho de que se trata de un parámetro que se ve muy afectado por factores ambientales y geográficos, como puede ser la profundidad a la que se toma la muestra, la distancia a costa, la productividad planctónica, las condiciones meteorológicas, el oleaje, el viento o la lluvia, etc.

Los valores obtenidos en ámbito de las instalaciones objeto de estudio durante el año 2018 muestran valores basales del medio muy bajos, inferiores a 5 mg/l de sólidos en suspensión.

#### 4.6.3. CALIDAD MICROBIOLÓGICA

Durante los últimos años instalaciones próximas al ámbito de trabajo han estado sometidas a un estricto control epidemiológico como consecuencia de la ejecución de sendos proyectos de investigación JACUMAR<sup>1</sup> y CDTI<sup>2</sup> durante los cuales se analizó la presencia de los principales patógenos víricos y bacterianos existentes tanto en poblaciones silvestres como cultivadas, así como en diferentes compartimentos del medio.

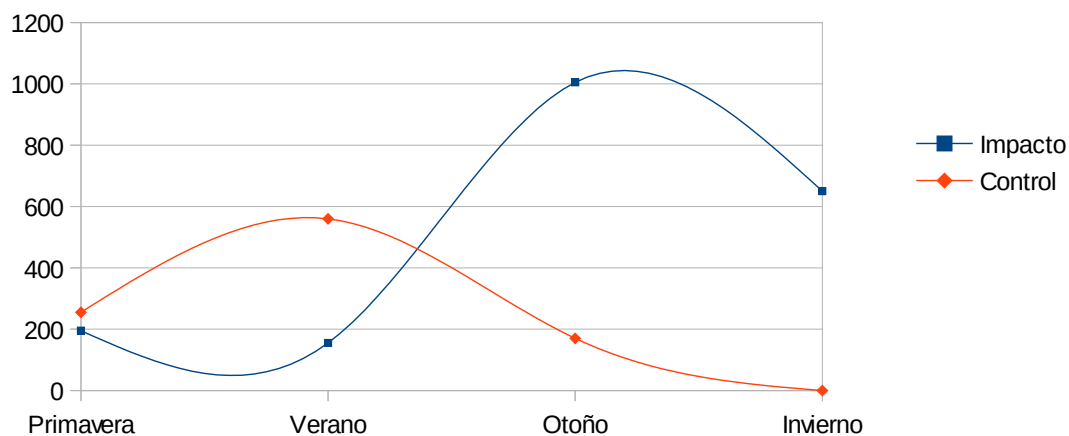
- Virus: Estos trabajos no detectaron presencia de virus como el SHV o el NPI
- Bacterias: el seguimiento estacional de las aguas reveló la presencia de bacterias coliformes, enterobacterias, enterococos, estafilococos, *Salmonella* sp., *Sigheila* sp. tanto en las estaciones de control como en las de impacto, en general con valores muy similares, con una fuerte variación estacional y sin que se pudiera vincular su presencia al vertido de la instalación. Es destacable la ausencia de *Clostridium perfringens*, *Vibrio* sp. y Estafilococos patógenos en todos los ensayos de agua, aunque sí en sedimento (figuras 100, 101 y 102).

1 GESTIÓN SANITARIA EN ACUICULTURA Y CARACTERIZACIÓN Y ESTANDARIZACIÓN DE CONDICIONES DE SANIDAD ANIMAL EN ACUICULTURA MARINA: CREACIÓN DE MAPAS EPIDEMIOLÓGICOS Y ELABORACIÓN DE ESTRATEGIAS PARA EL DISEÑO DE UNA RED DE VIGILANCIA EPIDEMIOLÓGICA: Subproyecto Murcia (Dirección General de Ganadería y Pesca de la Región de Murcia, 2009)

2 PROYECTO I+D MEJORA DE PARÁMETROS DE GESTIÓN EN EL CULTIVO DE DORADA (TAXON *et al.* 2012)

## Bacterias aerobias

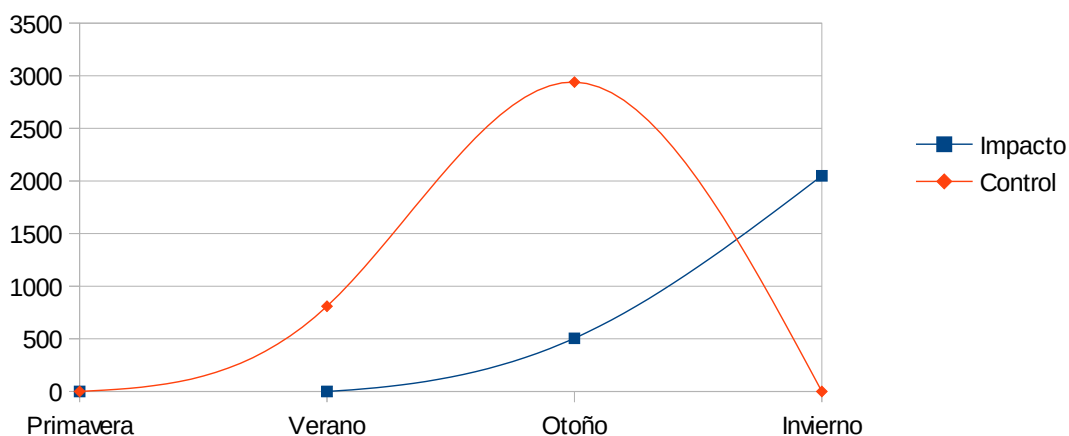
(recuento estacional)



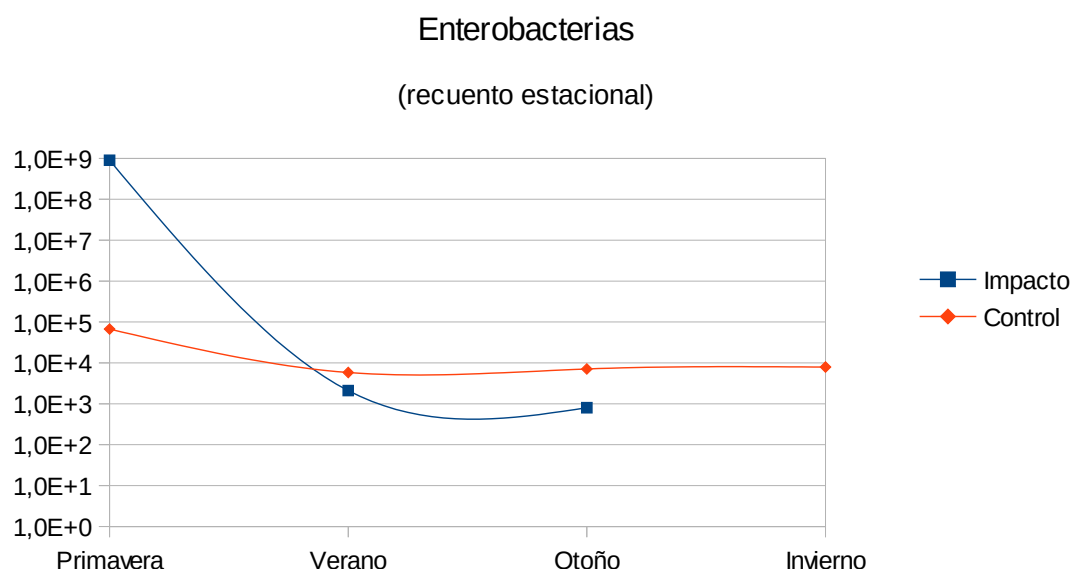
**Figura 100:** Resultados del recuento microbiológico para bacterias aerobias en la zona de cultivo (medias varias concesiones) y en controles alejados (UM-Taxon, 2012).

## Salmonella sp. y Shigela sp.

(recuento estacional)



**Figura 101:** Resultados del recuento microbiológico para *Salmonella sp.* en la zona de cultivo (medias varias concesiones) y en controles alejados (UM-Taxon, 2012).



**Figura 102:** Resultados del recuento microbiológico para Enterobacterias. en la zona de cultivo (medias varias concesiones) y en controles alejados (UM-Taxon, 2012).

## 4.7. MEDIO BIÓTICO (HÁBITATS)

### 4.7.1. INTRODUCCIÓN

Este apartado realiza una descripción y valoración de las comunidades biológicas asentadas sobre los fondos marinos del área de estudio, con objeto de detectar la existencia de comunidades y asociaciones biológicas con interés de conservación que estén recogidas en los diferentes catálogos, convenios y directivas suscritas por España. La valoración ecológica se ha restringido únicamente a aquellas realmente susceptibles de recibir algún tipo de impacto.

La base cartográfica para la descripción bionómica de la zona de estudio la constituye la cartografía oficial de la CARM que fue obtenida de estudios que datan ya más de 15 años (Calvín et al, 1999) y en los que participaron miembros del equipo redactor. Esta bionomía, especialmente en el detrítico profundo contenía descripciones generalistas de los hábitats basadas más en lo que podría hallarse que en la constatación de lo que realmente había.

Este conocimiento se ha visto enormemente agrandado gracias a la aportación realizada por estudios como la actualización realizada en las áreas LIC sumergidas de la región en la evaluación de su estado de conservación realizada para la CARM (TAXON, 2004), el proyecto SPACE y sobre todo la actualización bionómica realizada al objeto de los *Estudios Necesarios para el Máximo aprovechamiento del área del Polígono de Acuicultura frente a San Pedro del Pinatar* (Taxon, 2009) encargado por el Servicio de Pesca de la CARM.

A estos estudios descriptivos se unen datos cuantitativos más locales del entorno de las instalaciones obtenidos gracias a los 20 años de ejecución de los PVAs de acuicultura (TAXON, 1998-2018).

Para completar la información existente, dado que el ámbito de trabajo se encuentra en una zona todavía más alejada de costa hasta el momento no prospectada, para el desarrollo del presente trabajo, se han realizado una serie de trabajos específicos de campo constituidos por:

- campaña de sonar multihaz cubriendo la totalidad del ámbito de trabajo descrito en el apartado 10.1.3.
- campaña de cámara de vídeo submarina en un total de 49 puntos para verificación de la interpretación de los sonogramas resultantes de la campaña de sonar.
- Campaña de toma de muestras y caracterización sedimentológica (expuesto en el apartado 4.5.1).

En el ANEXO I. ESTUDIOS COMPLEMENTARIOS, se expone una descripción detallada de las características y resultados obtenidos en los trabajos desarrollados en las dos primeras campañas.

Esta recogida de información complementaria ha servido para obtener una cartografía bionómica más detallada de la zona en la que se han podido diferenciar hasta un total de 8 biocenosis diferentes sobre un área caracterizada hasta el momento únicamente como *fondo de detrítico costero*.

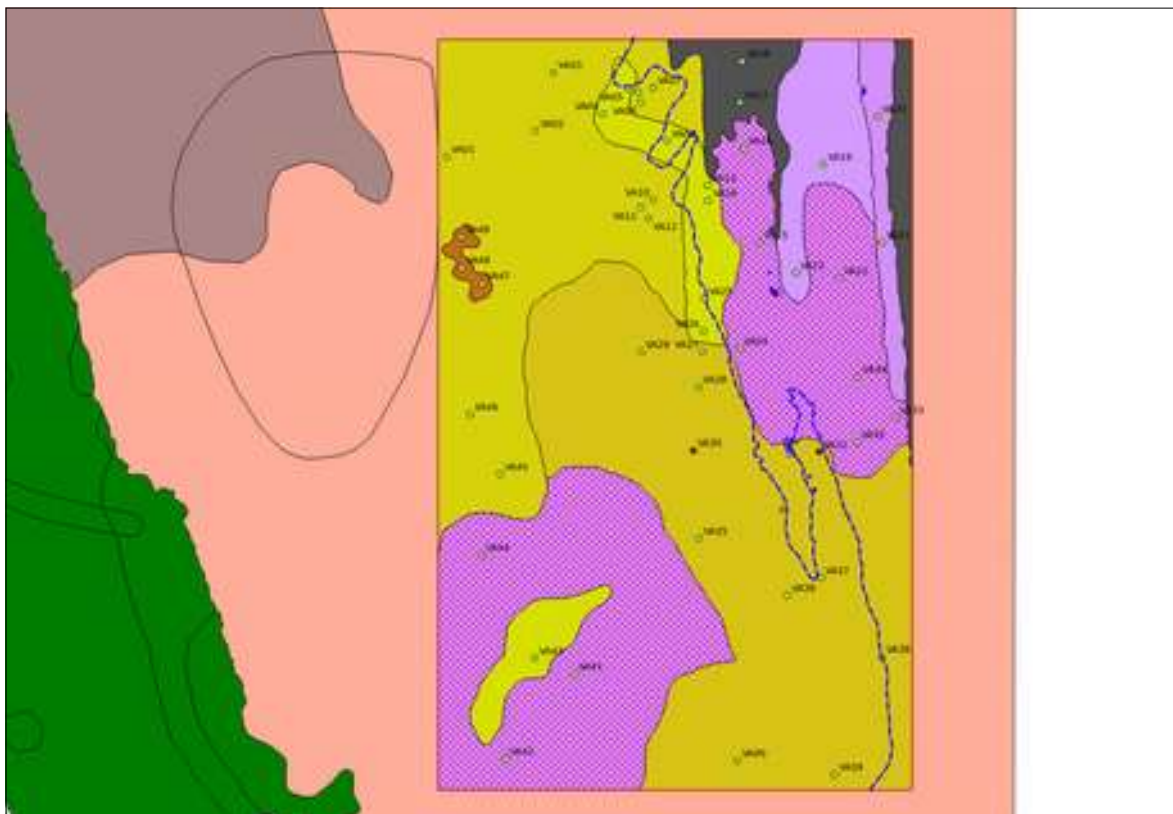


Figura 103. Conjunto de biocenosis diferenciadas en el área de trabajo mediante campaña de sonar de barrido multihaz sobre la cobertura bionómica oficial de la CARM de fondo detrítico costero ( ). Conjunto de 49 puntos de verificación bionómica mediante cámara de vídeo submarino.

De forma general, la zona se caracteriza por un predominio de las comunidades de sustrato blando en la zona circalitoral. Estos fondos blandos están formados por partículas sueltas de distintos tamaños, presentando un aspecto monótono y empobrecido debido a la ausencia de grandes especies vegetales y animales, así como un relieve uniforme. A su vez, presentan una gran inestabilidad causada por el hidrodinamismo de la zona (corrientes, oleaje), el cual dificulta en gran medida el desarrollo de organismos epibiontes. Por el contrario, en estos fondos destaca la presencia de organismos endobiontes y organismos que se pueden desplazar libremente por el sustrato. En menor medida o en condiciones muy concretas, también se desarrollan organismos sésiles, los cuales ayudan a estabilizar el sustrato y favorecen el asentamiento de una comunidad estructuralmente más compleja (p.e. fondos de Maërl y campos de gorgoniaceas).

Los organismos que habitan estos fondos blandos van a estar directamente condicionados por el tamaño y origen de las partículas de los mismos. El hidrodinamismo de la zona, así como la presencia de aportes terrígenos, serán los que condicionen la naturaleza de los fondos y, por ende, los organismos que los habiten.

De forma más concreta, las biocenosis de fondos blandos que aparecen en la zona de estudio son dos; por un lado la biocenosis de fondos detríticos costeros, en la cual podemos encontrar distintos subtipos de la misma, basándonos en el desarrollo de la

comunidad de algas calcáreas que se desarrollan y el grado de enfangamiento de los mismos, y por otro lado la comunidad de fangos.

Las comunidades bentónicas encontradas en el sector costero del área de estudio son las siguientes:

Piso Infralitoral:

- Formaciones de fanerógamas marinas:
  - Pradera de *Posidonia oceanica*.
    - Mata muerta de *Posidonia oceanica*.
    - Facies de sustitución de *Caulerpa racemosa*

Piso Circalitoral:

- Fondos detríticos costeros.
  - Fondos detríticos.
    - Fondos detrítico costero.
    - Fondos detrítico costero con algas coralináceas.
    - Fondos detrítico costero con maërl.
  - Fondos detríticos enfangados.
    - Fondos detrítico costero enfangado.
    - Fondos detrítico costero enfangado con algas coralináceas.
    - Fondos detrítico costero enfangado con bloques, algas coralináceas y gorgonias.
  - Costra rocosa de detrítico costero.
- Fondos de fangos.

#### 4.7.2. DETRÍTICO COSTERO

La biocenosis de detrítico costero aparece en fondos blandos circalitorales caracterizados por una mezcla de componentes de origen terrígeno (aportes desde ramblas o ríos) y de origen biológico, procedente de los concrecionamientos de algas calcáreas y/o de los restos de moluscos, equinodermos y briozoos producidos *in situ* o en otras biocenosis (p. ej., la pradera de *P. oceanica*). El predominio del componente biológico o terrígeno en estas biocenosis determinará si se trata de una comunidad de detrítico costero enfangado o no enfangado, respectivamente. Aparece al pie de los fondos rocosos o al final de la pradera de *Posidonia oceanica*, cuyas comunidades de organismos son la fuente de los restos orgánicos sólidos presentes, y puede extenderse hasta profundidades de 100 ó más metros.

En el área de estudio la biocenosis de detrítico aparece con distintos grados de enfangamiento, con lo cual podemos encontrar tanto biocenosis de detríticos costeros (sin fangos) como biocenosis de detríticos costeros enfangados.

Un aspecto importante de esta biocenosis es la presencia de algas calcáreas de vida libre (*Lithothamnion valens*, *Phymatolithon calcareum*, *Peyssonnelia rosa-marina*), las cuales también presentan un gradiente de aparición, el cual marca la clasificación de las distintas biocenosis. Encontrando fondos donde casi no existe la presencia de algas calcáreas hasta fondos donde la presencia y densidad de estas algas forma una biocenosis de Maërl.

A continuación se presenta el inventario de las especies de macrófitos y sobre todo de la macrofauna encontradas en estos fondos detríticos:

•Algas:

*Zanardinia prototypus*  
*Arthrocladia villosa*  
*Lithothamnion valens*  
*Dictyota sp.*  
*Phytomatolithon calcareum*  
*Peyssonnelia sp.*

•Poriphera:

*Cliona viridis*  
*Condrosia reniformis*

•Equiueros:

*Bonelia viridis*

•Cnidarios:

*Lophogorgia sarmentosa*  
*Aglaophenia acacia*  
*Eunicella singularis*  
*Cerianthus membranaceus*

•Moluscos:

*Pecten jacobaeus*  
*Chlamys varia*  
*Astraea rugosa*  
*Venus verrucosa*

•Anélidos:

*Serpulidae (Protula tubularia)*  
*Sabellidae (Spirographis sp., Sabella pavonina)*

•Crustáceos:

*Plesionika narval*

•Equinodermos:

*Echinaster sepositus*  
*Chaetaster longipes*  
*Holothuria tubulosa*

*Astropecten aranciacus*

•Peces:

*Serranus cabrilla*

*Coris julis*

*Torpedo sp.*

Tanto la proporción de sedimentos de origen terrígeno y restos de origen biológico, como las distintas proporciones de ocupación de comunidades de algas calcáreas, son las principales características que nos ayudan a definir las distintas biocenosis encontradas en la zona de estudio y que pasamos a describir detalladamente a continuación.

### FONDOS DE DETRÍTICO COSTERO

Se trata de fondos donde los aportes terrígenos son casi nulos, presentando un sedimento de composición más gruesa, donde los restos de origen biológico son mayoritarios. Estos fondos detríticos se caracterizan por la rareza del componente algal, por lo que la biocenosis se encuentra principalmente caracterizada por la fauna. La ausencia de este estrato algal del detrítico se observa en muchas otras zonas del litoral murciano, bien debido a la influencia de aportes terrígenos, el paso de las artes de arrastre o factores ambientales de tipo local o climático que determina su desarrollo.

La fauna que caracteriza los fondos detríticos costeros, donde la presencia del estrato algal es casi testimonial, se caracteriza por la presencia de una gran comunidad infaunal compuesta, principalmente, por poliquetos, crustaceos y moluscos, así como animales que se desplazan por estos fondos como equinodermos (*Astropecten aranciacus*, *Martasterias glacialis*, *Ophioderma longicaudum* y *Holothuria sp.*), moluscos (*Octopus vulgaris*) y peces (*Torpedo sp.*, *Coris julis*).

En cuanto a la valoración de esta biocenosis, solo cabe destacar que es la más pobre, junto con los fondos de fango, de todas las encontradas en la zona de estudio. Esto es debido, principalmente, a la ausencia de una comunidad algal estructurada.



Figure 104: Ejemplar de *astropecten aranciatus* sobre fondo detrítico costero.



Figure 105: Ejemplo de fondo detrítico costero en la estación VA25.

### FONDOS DE DETRÍTICO COSTERO CON ALGAS CORALINACEAS

Se trata de fondos donde, de nuevo, los aportes terrígenos son escasos y el componente del sedimento de origen biológico es mayoritario, pero en los cuales el componente algal toma un mayor protagonismo. En éstos encontramos concreciones algales de un tamaño considerable que llegan a configurar manchas o facies de mayor o menor extensión dispuestas longitudinalmente y áreas en las que el detrítico costero muestra una total ausencia de este componente algal.

Estas comunidades no evolucionan hacia un Mäerl debido a que se localizan a profundidades donde la acción del oleaje durante los temporales resuspende y desestructura estas manchas aunque con un efecto menos intenso que en zonas más someras.

Dicho componente algal se encuentra constituido principalmente por rodófitos calcareos como *Phymatolithon calcareum*, *Peyssonelia sp.* y *Mesophyllum sp.* y rodófitos de otros grupos como *Phyllophora crispa* y *Vidalia volubilis*.

La fauna que se puede encontrar en este tipo de fondo es similar a la que encontramos en los fondos detríticos costeros, anteriormente descrita.

En cuanto a la valoración de esta biocenosis, cabe destacar la presencia de especies de interés como el alga calcárea *Phymatolithon calcareum* incluidas en el Anexo V de la Directiva Hábitats; *Especies animales y vegetales de interés comunitario cuya recogida en la naturaleza y cuya explotación pueden ser objeto de medidas de gestión.*



Figura 106: Ejemplo de fondo detrítico costero con facies de algas calcáreas.

### *FONDOS DE DETRÍTICO COSTERO CON MAËRL*

Al igual que los anteriores, son fondos donde los aportes terrígenos son escasos y el componente del sedimento de origen biológico es mayoritario, destacando el componente algal, el cual toma un protagonismo principal, formando un verdadero Maërl. La localización de estas comunidades a profundidades en las que la acción del oleaje durante los temporales no alcanza a resuspender y desestructurar estas formaciones permite el desarrollo de concreciones algales que tapizan mayoritariamente los fondos dejando zonas puntuales expuestas de detrítico costero de pequeño tamaño (Figura 107).

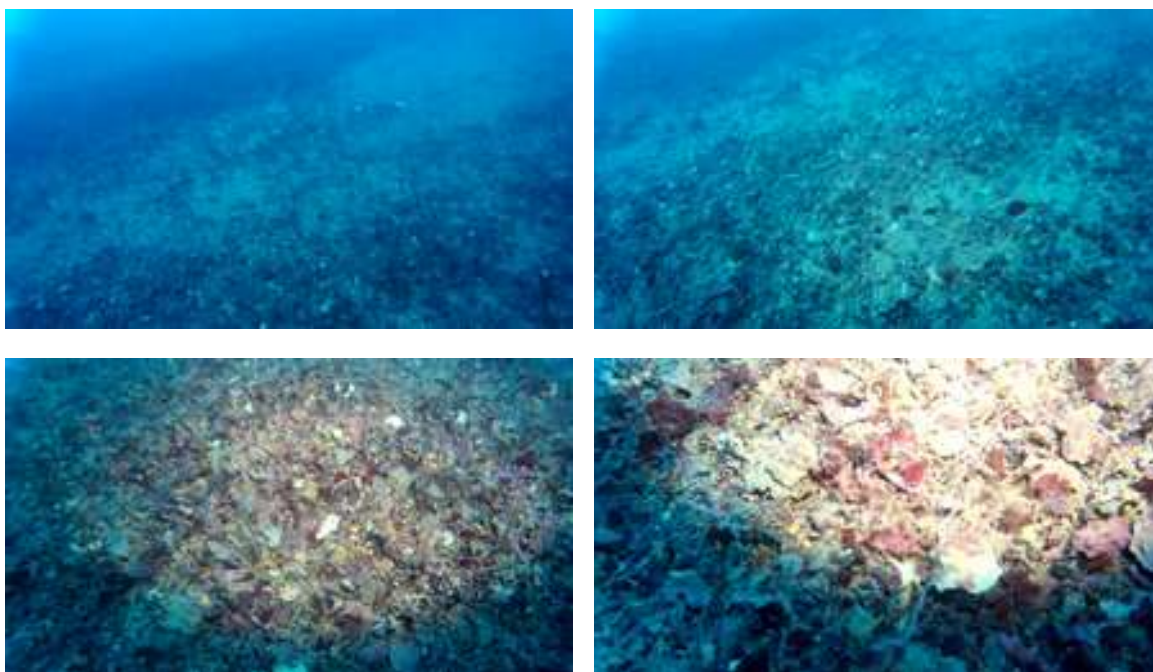


Figura 107. Desarrollo y densidad de los fondos de detrítico costero con facies desarrolladas de Maërl.

En cuanto a las especies algales presentes en la biocenosis volvemos a encontrar rodófitos calcareos como *Phymatolithon calcareum*, *Peyssonelia sp.* y *Mesophyllum sp.* y rodófitos de otros grupos como *Phyllophora crispa* y *Vidalia volubilis*, aunque cabe destacar que su densidad y complejidad aumentan de forma notable.

La fauna que se puede encontrar en este tipo de fondo es similar a la que encontramos en los fondos detríticos costeros, anteriormente descrita, pero con un desarrollo y una diversidad mayor debido a la gran cantidad de nuevos nichos creados por la estructura tridimensional de la compleja y desarrollada comunidad algal.

En cuanto a la valoración de esta biocenosis, la comunidad de Maërl tiene una elevada importancia ecológica debido a que alberga una gran variedad de fauna y flora siendo zona de cría y refugio de muchas especies. Por otro lado, al estar constituido por algas calcáreas, es una de las principales fuentes de carbonato cálcico marino el cual ayuda al mantenimiento del pH del agua de mar. También cabe destacar la presencia de especies de interés como el alga calcárea *Phymatolithon calcareum* incluidas en el Anexo V de la Directiva Hábitats; *Especies animales y vegetales de interés comunitario cuya recogida en la naturaleza y cuya explotación pueden ser objeto de medidas de gestión.*

### FONDOS DE DETRÍTICO COSTERO ENFANGADO

En estos fondos los aportes terrígenos toman un papel importante y el componente del sedimento de origen biológico deja de ser el componente mayoritario. El aumento de partículas finas (fango) en el sedimento de estos fondos nos indica un menor hidrodinamismo en la zona, lo cual provoca la sedimentación de las partículas de menor diámetro.

De nuevo, el componente algal de estos fondos es muy escaso, siendo la fauna su principal componente biológico. Dicha fauna se caracteriza por la presencia de una gran comunidad infaunal compuesta, principalmente, por poliquetos, crustaceos y moluscos, así como animales que se desplazan por estos fondos como equinodermos (*Astropecten aranciatus*, *Martasterias glacialis*, *Ophioderma longicaudum* y *Holothuria sp.*), moluscos (*Octopus vulgaris*) y peces (*Torpedo sp.*, *Coris julis*).

En cuanto a la valoración de esta biocenosis, al igual que sucede con los fondos de detrítico costero, se trata de fondos pobres, debido ,principalmente, a la ausencia de una comunidad algal estructurada y de la presencia de especies de interés como podrían ser el alga calcárea *Phymatolithon calcareum* o especies de gorgonia como *Eunicella singularis* o *Lophogorgia sarmentosa*.

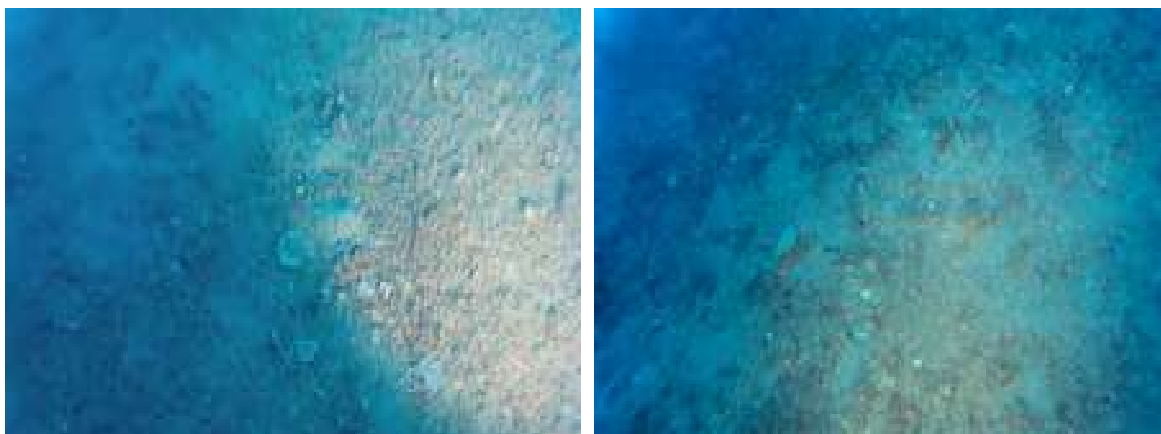


Figura 108. Ejemplo de fondo detrítico costero enfangado en el ámbito de estudio.

### FONDOS DE DETRÍTICO COSTERO ENFANGADO CON ALGAS CORALINACEAS

Se trata de fondos donde los aportes terrígenos son importantes y el componente de origen biológico es minoritario, pero en los cuales el componente algal toma un mayor protagonismo. En éstos encontramos concreciones algales de un tamaño considerable y zonas de detrítico costero enfangado estrictamente dicho.

En cuanto a las especies algales presentes en la biocenosis podemos destacar rodófitos calcareos como *Phymatolithon calcareum*, *Peyssonelia sp.* y *Mesophyllum sp.* y rodófitos de otros grupos como *Phyllophora crispa* y *Vidalia volubilis*.

La fauna que se puede encontrar en este tipo de fondo es similar a la que encontramos en los fondos detríticos costeros enfangados, anteriormente descrita.

En cuanto a la valoración de esta biocenosis, cabe destacar la presencia de especies de interés como el alga calcárea *Phymatolithon calcareum* incluidas en el Anexo V de la Directiva Hábitats; *Especies animales y vegetales de interés comunitario cuya recogida en la naturaleza y cuya explotación pueden ser objeto de medidas de gestión.*

### FONDOS DE DETRÍTICO COSTERO CON BLOQUES, ALGAS CORALINACEAS Y GORGONIAS

Se trata de fondos enfangados de detrítico costero con la presencia de bloques de sustrato duro (calcarenita). Sobre estos bloques se desarrolla una comunidad algal de porte erecto y, sobre todo, una comunidad de gorgonias (*Eunicella singularis* y *Lophogorgia sarmentosa*). Estas biocenosis no forman un verdadero “campo de gorgonias” ya que su presencia queda restringida a los bloques de roca que se encuentran de manera dispersa en estos fondos, presentando una densidad de individuos baja. El resto de la fauna es similar a la que encontramos en los fondos detríticos costeros, anteriormente descrita.

En cuanto a la valoración de esta biocenosis, cabe destacar la presencia de especies de gorgoniáceos y algas de porte erecto, los cuales le dan un mayor valor ambiental a la zona. Estas comunidades con gorgonias representan una complejidad añadida a los fondos detríticos costeros enfangados, siendo también buenas indicadores de buen estado del hábitat. Aunque cabe destacar que la densidad de individuos hallados en la zona es de escasa magnitud.



Figure 109: Ejemplar de gorgonia (*Eunicella singularis*).



Figure 110: Ejemplo de fondo detrítico con bloques y algas coralináceas.

### *COSTRA ROCOSA DE DETRÍTICO COSTERO*

Esta biocenosis se trata de un caso muy especial de fondo detrítico costero donde se produce el afloramiento del sustrato rocoso (calcareníctico) que se encuentra bajo el sustrato sedimentario de los fondos detríticos.

Este afloramiento rocoso supone un sustrato idóneo para la fijación de especies algales de porte erguido y, en general, especies algales coralináceas.

El valor ambiental de esta biocenosis es considerable, ya que supone un hábitat heterogéneo y con gran cantidad de nichos, ideal para el desarrollo de comunidades animales y vegetales más complejas. No obstante, su desarrollo y presencia en la zona de estudio es muy escasa.

### *FONDOS DE FANGOS*

Esta biocenosis es el caso extremo de los fondos detríticos costeros dominados por partículas finas (fangos), donde el componente biológico del sedimento queda muy reducido o incluso ausente. Estos fondos presentan un aspecto muy homogéneo y pobre en cuanto al desarrollo de especies epibiontes.

Al igual que sucede con los fondos detríticos, la mayor riqueza biológica se encuentra en su comunidad infaunal, sin desarrollo de especies vegetales debido a la gran dificultad que tienen éstas para asentarse en sustratos fangosos con una gran fragilidad ante episodios de fuerte hidrodinamismo local.

#### 4.7.3. COMUNIDADES PLANCTÓNICAS

El plancton es la fracción de organismos marinos o dulceacuícolas que, debido a su mínima capacidad de movimiento, son incapaces de contrarrestar la dinámica marina, manteniéndose a la deriva en el medio. Por tanto los mecanismos hidrodinámicos, como es el caso de las corrientes paralelas a la costa, el desplazamiento de masas de agua o cualquier otro tipo de fenómeno mesoescalar, determinan su distribución espacial. La abundancia de estos organismos decrece, de forma general, a medida que nos alejamos de la costa. Por norma general se concentran en zonas donde la producción es máxima, diluyéndose las acumulaciones al bajar la concentración de nutrientes o cuando el factor limitante es la luz.

#### FITOPLANCTON

En verano, las especies de fitoplancton que se encuentran próximas a la costa (Almirall, 1976) presentan, entre sus características, las de una gran movilidad, crecimiento lento y requerimientos nutricionales complejos. Estas especies son indicadoras de una gran estabilidad del medio, es decir una elevada estratificación de la columna de agua. Especies de este tipo son *Ceratium fusus*, *Peridinium pyriforme*, *Peridinium diabolus* y *Peridinium trochoideum*.

En invierno y primavera, en cambio, las especies que aparecen denotan la existencia de movimientos verticales de las masas de aguas. Así, se encuentran especies de tipo béntico-nerítico en superficie. Especies de este tipo son *Pinnularia sp.*, *Girosigma spencerii*, *Navicula sp.*, *Licmophora abbreviata*, y *Nitzschia bilobata*. Hay que decir que en invierno, debido a la aparición de fenómenos de afloramientos costeros de aguas profundas inducidos por la dominancia de los regímenes de vientos que hacen que se aleje el agua superficial mar adentro, el índice de diversidad es más bajo.

En primavera, sin embargo, aunque los vientos son también importantes, es la lluvia y los aportes de nutrientes terrestres que esto significa, la que provoca unos *blooms* primaverales del fitoplancton, que van a presentar unas características distintas al de invierno, ya que se dan especies de crecimiento lento propias de ambientes oligotróficos y pelágicos junto con especies r-estrategas, es decir oportunistas, que tienen tasas de reproducción elevada. Ejemplos de estas últimas son pequeños dinoflagelados y el organismo *Porella globulus*. Las calmas que siguen a estas tormentas primaverales ocasionan fenómenos de concentración del fitoplancton en muchos puntos de la costa; así, *Noctiluca scintillans*, que da lugar a aguas rojizas,

puede llegar a alcanzar concentraciones del orden de 10.000 cel/cm<sup>3</sup>.

Según Margalef (1963), además de las sucesiones fitoplanctónicas que van de invierno a verano, es decir, sucesiones estacionales, cada periodo de crecimiento tiene a su vez una serie de fases que se podrían ajustar a las siguientes:

*1ª Fase* o Fase de Crecimiento. Estaría caracterizada por la presencia de pequeñas diatomeas y flagelados, con tasas de multiplicación elevadas y con preferencias por altas concentraciones de nutrientes.

*2ª Fase*. En esta fase, la comunidad fitoplanctónica presentaría mayor riqueza específica y predominarían diatomeas grandes, con una velocidad de crecimiento menor.

*3ª Fase*. En esta fase predominarían los dinoflagelados y se alcanzaría en los meses de verano.

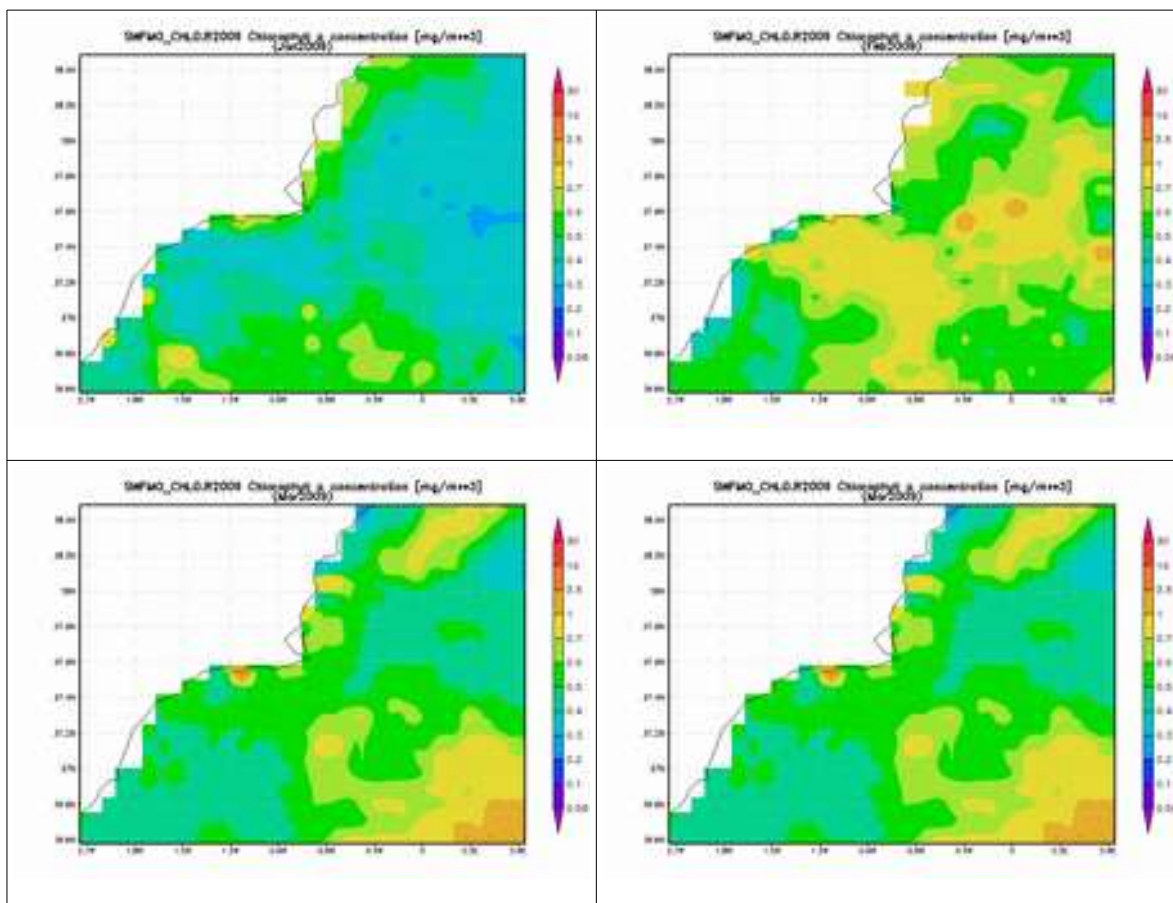
De acuerdo con Almirall (1976), en las costas del mediterráneo español las especies que se podrían asignar a cada una de las fases serían las siguientes:

Fase 1ª: *Asterionella japonica*, *Chaetoceros constrictus*, *Exuviaella compressa* y *Skeletonema costatum*.

Fase 2ª: *Chaetoceros sp.*, *Leptocilindros danicus*, *Leptocilindros minimum*, *Nitzschia longissima* y *Nitzschia seriata*.

Fase 3ª: *Thalassionema nitzchioides*, *Eucampia zoodiacus* y *Rhizosolenia sp.*, además de piridíneas de gran tamaño típicas de la tercera fase de una sucesión de plancton marino, según Margalef (1963).

Para las aguas costeras de la Región de Murcia Souza *et al* (2007) , N. Bouza y M. Aboal (2008) confirman que la comunidad planctónica de las costas murcianas es netamente más similar a la zona de Alborán.



**Figura 111:** evolución estacional de la clorofila en las costas regionales a partir de imágenes Seawiff.

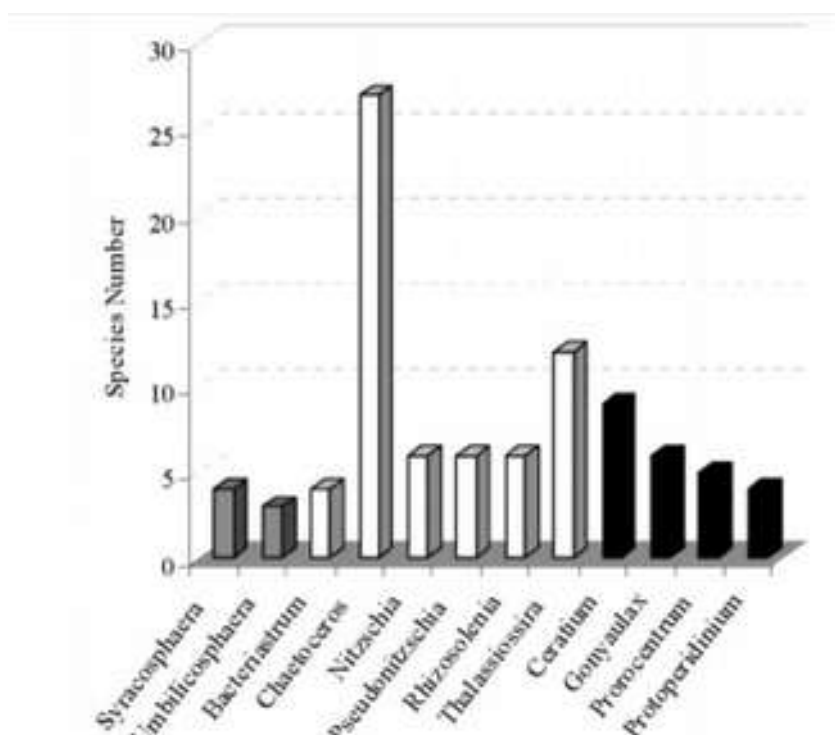
## ZOOPLANKTON

Las variaciones locales de las comunidades zooplanctónicas vienen marcadas por la topografía y por sucesos hidrológicos complejos que controlan los nutrientes y la productividad. Como características generales, cabe decir que las comunidades existentes en la zona nerítica presentan índices de biomasa de mayor rango que las de aguas oceánicas, al mismo tiempo que presentan menor diversidad específica. Es decir, el zooplancton de la costa es menos diverso que el zooplancton de alta mar. En lo que respecta a las variaciones estacionales en la costa catalana, Sabater *et al.* (1989) encontraron unos valores extremos en la plataforma continental que van desde 0,2 mg m<sup>-3</sup> a 60 mg m<sup>-3</sup>, con un máximo en el periodo comprendido entre abril y mayo con abundancia de zooplancton gelatinoso. La diversidad específica en la cuenca occidental del mar Mediterráneo tiende a descender en dirección este, desde el Estrecho de Gibraltar y el mar de Alborán (Champalbert, 1996).

En las costas regionales la composición de la comunidad zooplanctónica también ofrece una clara estacionalidad, dominando los copépodos en invierno, primavera y otoño y en verano los cladóceros. El incremento de la concentración de este último grupo es destacable, pues pasa de un 3% en primavera a un 45% en verano, debido

principalmente a la proliferación *Penillia parvirostris* y del género *Podom sp*.

En general las comunidades planctónicas típicas de aguas oligotrófas como las que nos ocupan están dominadas por pequeños organismos. Es el caso de las diatomeas con 143 especies (55%), seguidas por dinoflagelados con 63 taxones (28%) y cocolitophoridae con 33 taxones (14%). Los grupos representados por un menor número de especies corresponden a las familias *Chrysophyceae* con 6 (2.5%), *Eustigmatophyceae* con 1 (0.4%) y *Euglenophyceae* con 1 (0.4%).



**Figura 112:** abundancia porcentual de las principales familias de fitoplancton de las costas murcianas.

#### 4.7.4. ICTIOFAUNA

En cierto sentido las jaulas de acuicultura pueden ser consideradas como arrecifes artificiales flotantes, donde un importante número de especies encuentra refugio y una fuente segura de alimentación, pero al tiempo están sometidos a un mayor riesgo de captura si la pesca no estuviera regulada en el interior de las concesiones de acuicultura. En el entorno de las jaulas de San Pedro se han observado importantes concentraciones de peces, especialmente planctívoros. En el Mediterráneo se han descrito comunidades agregadas en torno a las jaulas integradas por hasta 30 especies, aunque claramente dominadas por sólo 1-3 (princp. Mugilidae; *Trachurus mediterraneus*, *Sardinella aurita* y *Boops boops*) (Dempster et al. 2002, Boyera et al. 2004; Tuya et al. 2005, Dempster, 2005). De forma local en la costa regional (Mazarrón) han sido descritas las siguientes densidades (Vita et al 2004).

Especie	Densidades
<b>Columna de agua</b>	Ind/1000 m <sup>3</sup>
<i>Dicentrarchus labrax</i>	12
<i>Diplodus annularis</i>	15
<i>Oblada melaneura</i>	15
<i>Sarpa salpa</i>	5
<i>Mugilidae</i>	86
<b>Bentos</b>	
<i>Diplodus vulgaris</i>	7
<i>Lithogobathus mormyrus</i>	7
<i>Mullus barbatus</i>	2
<i>Bothus podas</i>	2
<i>Mugilidae</i>	3

Estos agregados están mayoritariamente compuestos por adultos (80%) y experimentan importantes variaciones estacionales. Su presencia reviste especial interés por su utilidad de cara a reducir el vertido particulado del que se alimentan.



**Fotografía 4.1:** Excepcional concentración de pequeños pelágicos oportunistas bajo una jaula de cultivo.

#### 4.7.5. PRESENCIA DE ESPECIES DE INTERÉS ESPECIAL

##### *TORTUGA BOBA (CARETTA CARETTA)*

Es un tortuga marina cosmopolita notablemente migratoria con preferencia por las aguas templadas tropicales. En el Mediterráneo está presente todo el año, donde antiguamente anidaba en todas su playas. En la actualidad no anida en las costas españolas, aunque existen puestas esporádicas como la de 2001 en Vera (Almería). Existen citas de puestas en las playas de la Manga previas al desarrollo turístico de la misma.

Estudios recientes (LIFE02NAT/E/8610) han evidenciado la existencia de dos subpoblaciones para el conjunto del Mediterráneo (Figura 113):

- Subpoblación de origen atlántico que se distribuye desde el Estrecho a lo largo de la zona sur de las Islas Baleares y a lo largo de la costa del Norte de África.
- Subpoblación del Mediterráneo oriental constituiría un “stock” separado que en el Mediterráneo occidental se concentran en la zona al norte de las Baleares.

El Mediterráneo Occidental constituiría un área de alimentación para tortugas bobas juveniles procedentes de ambas subpoblaciones, aconteciendo una cierta mezcla en la zona del Mar de Alborán. Los estudios de seguimiento indican que las tortugas no siguen los patrones de corrientes, producción primaria o temperaturas de superficie, y que en cambio buscan activamente zonas abundancia de presas siguiendo factores de superficie, aunque sean efímeros, capaces de concentrarlas como zonas de convergencia, divergencia, “eddies”. En general estas zonas se **localizan principalmente a profundidades superiores a 2000 metros.**



**Figura 113:** Delimitación de la frontera entre las dos subpoblaciones de tortuga mora del Mediterráneo (tomado de LIFE02NAT/E/8610).

En la zona del Mar de Alborán parece existir una población residente especialmente concentrada durante los meses de verano (desde junio a septiembre) y que correspondería preferentemente a ejemplares juveniles del Atlántico emigrando durante esa época la población mediterránea a sus playas de puesta del mediterráneo oriental.

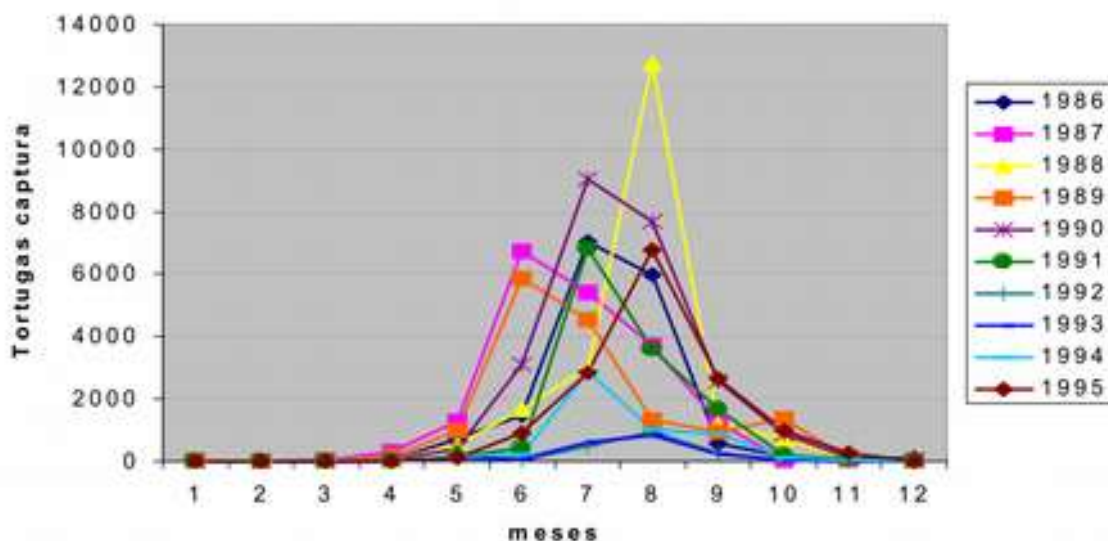
**Estatus:** Las poblaciones de tortuga boba se encuentran en regresión a escala mundial, estando incluidas en el libro rojo de especies amenazadas de la UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza) (2001), en el anexo I de CITES (Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres), y también en la Convención sobre la Conservación de las Especies Migratorias de Animales Silvestres, denominado Convenio de Bonn. En la Unión Europea esta especie se encuentra catalogada como especie de interés comunitario (DOCE, 1997-8.11.97/L305/50-), mientras que se encuentra catalogada como de interés

especial en España (B.O.E. 1990 -5.4.90/9470/82-). El “Atlas y Libro Rojo de los Anfibios y Reptiles de España” la cataloga en la categoría de “en peligro”.

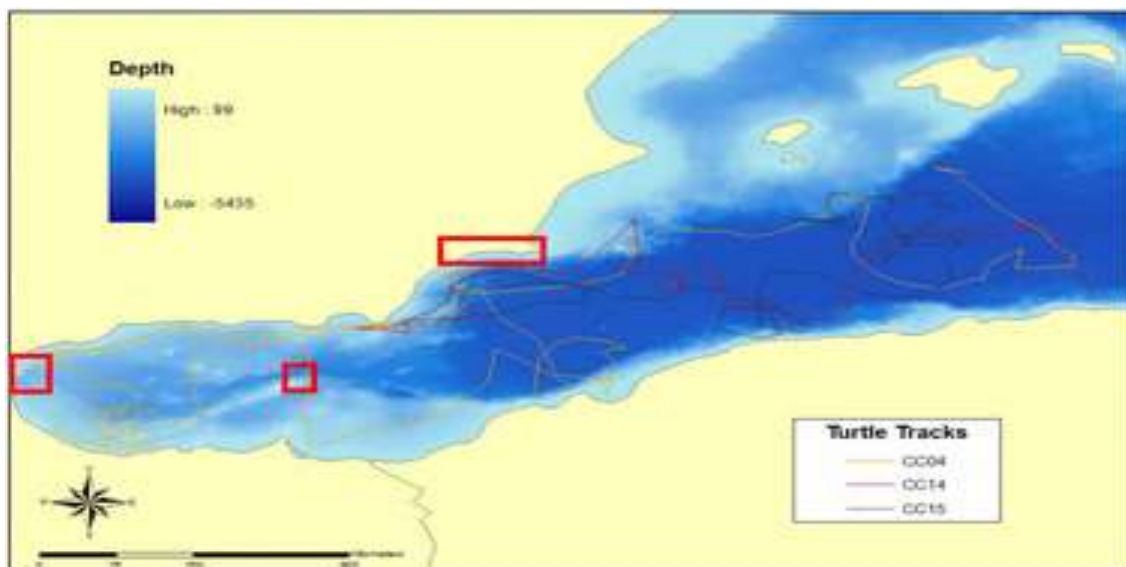
**Amenazas:** La amenaza más importante es la muerte directa en anzuelos dedicados al palangre de superficie para captura de atunes, que supone la muerte de más de 10.000 tortugas al año. También influyen negativamente el arrastre de fondo, la ingestión de plásticos, la contaminación marina, los impactos contra embarcaciones, y la pérdida de los hábitats de puesta, las playas vírgenes, por la ocupación turística

**Conservación:** A raíz del proyecto LIFE02NAT/E/8610 se ha constatado que si bien tanto el LIC Medio Marino de Murcia, como los del Estrecho y la Isla de Alborán son áreas de concentración de tortugas (ver Figura 115), realmente no se puede decir que estas áreas sean de mayor interés que el resto de la región mediterránea, la cual constituye en su conjunto un hábitat de alimentación y migración de gran relevancia.

La existencia de estos LICs puede facilitar la aplicación de determinadas medidas pero asegurar la efectividad de las mismas es preciso que el Plan de Conservación o Manejo sea acometido sobre la práctica totalidad de las cuencas del Atlántico y el Mediterráneo. Además el principal peligro de la zona es la actuación de los palangreros locales.



**Figura 114:** Estadísticas de captura de tortuga boba capturadas entre 1985-1995 (IEO, Camiñas).



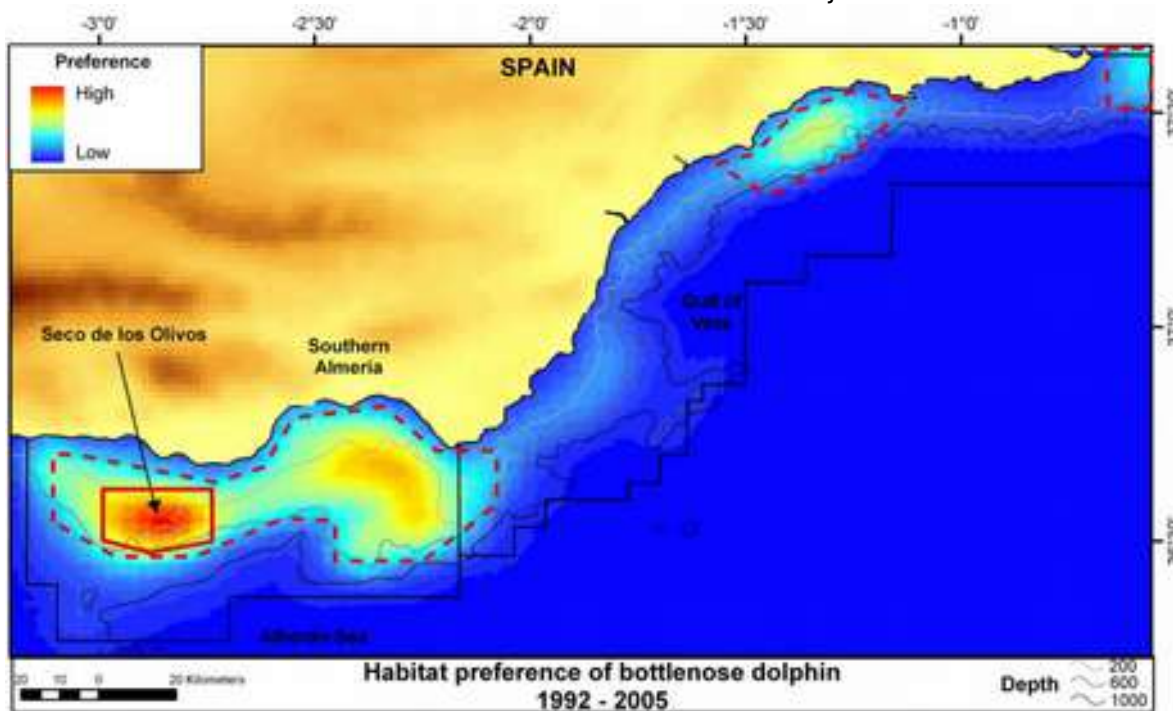
**Figura 115:** patrón de desplazamiento de una tortuga de procedencia Mediterráneo oriental (tomado de LIFE02NAT/E/8610). En rojo se superponen los actuales LICs marinos.

## CETÁCEOS

El sureste español constituye un área importante para varias especies de cetáceos, especialmente durante los pasos migratorios, por estar en la ruta de entrada-salida del Mediterráneo. El buen estado de conservación de las poblaciones de cetáceos en la Región de Murcia ha sido reconocido en diversos trabajos de investigación y conservación, habiéndose citado los siguientes.:

- **DELFIN LISTADO** (*Stenella coeruleoalba*). Hasta 2.45 m y hasta 120 kg. Es la especie más abundante en el Mediterráneo. Normalmente se encuentra alejado de la costa en zonas de gran profundidad. En 1990 sufrieron una grave epizootia vírica que causó la muerte de centenares de individuos, pero se han recuperado bastante bien. Pueden sumergirse hasta 700 m. Comen peces, pequeños cefalópodos, crustáceos etc. Presencia estable durante todo el año en la Región de Murcia, especialmente en la costa sur, normalmente al borde de la plataforma continental, aunque a veces a menos de 200m. Población aparentemente estable.
- **DELFIN COMÚN** (*Delphinus delphis*). Hasta 2,6 m y 85 kg. Especie abundante pero con una acusada regresión. En la Región de Murcia parece abundante entre Cabo de Palos y Cabo Cope, diversos trabajos muestran una presencia estival estable frente a Cartagena y Bahía de Mazarrón. A vez formando grupos mixtos con el delfín listado. A veces se ha citado alimentándose a menos de 50 m de profundidad muy cerca de Cartagena, pero lo habitual es que lo haga entre 500-1000 m. Parece experimentar una clara regresión en la Región de Murcia, especialmente en la zona de Cabo Tiñoso.

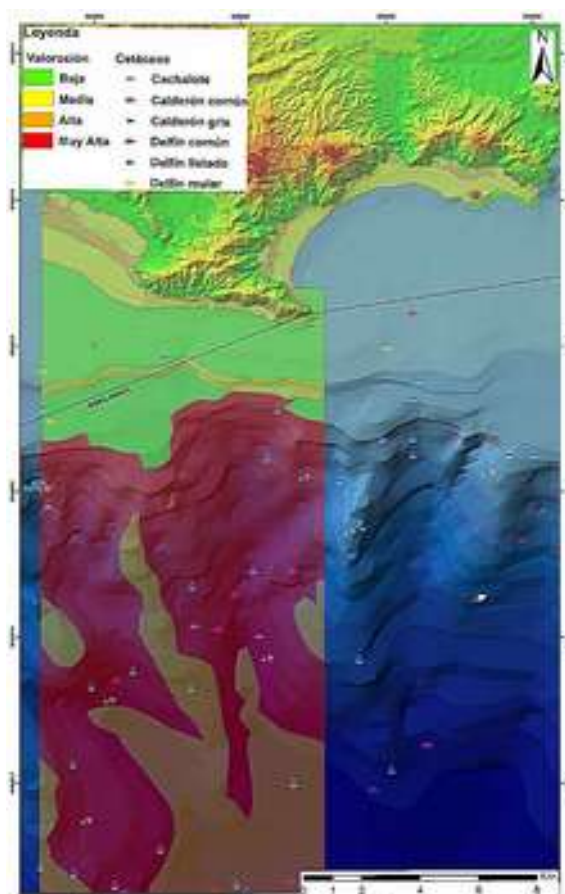
- **DELFIN MULAR** (*Tursiops truncatus*). Hasta 4,1 m y hasta 400 kg de peso en algunos individuos. Es el delfín que normalmente se adiestra en los delfinarios. En regresión en el Mediterráneo. Suele vivir cerca del litoral en zonas costeras. En Murcia parece existir una población residente en la costa sur de la región (entre la Azohía y Águilas), con áreas de campo bien definidas en un rango de 0-1000 m de profundidad, aunque con preferencia entre los 40-500m. A menudo de hábitos costeros frecuenta el litoral de Cartagena. No hay información fiable sobre su evolución reciente en la Región, según citas históricas es posible que acuse un pequeño declive, pero en general el estado de sus poblaciones locales parece bueno. El tamaño medio de las manadas registradas es de una decena de individuos, aunque se han citado grupos de hasta 100 ejemplares durante migraciones. En la región biogeográfica del Mediterráneo, el delfín mular (*Tursiops truncatus*) está considerada una especie prioritaria en el marco del acuerdo para la conservación de los cetáceos del Mar Negro y Mar Mediterráneo (ACCOBAMS) de la Convención de Especies Migratorias, así como en el marco del Plan de Acción del Mediterráneo de la UNEP. En marzo de 2006, la "subpoblación" de delfín mular del Mediterráneo fue evaluada por un taller de trabajo conjunto UICN/ACCOBAMS y se consideró que cualificaba como "vulnerable" de acuerdo con los criterios de la Lista Roja de la UICN.



**Figura 116:** Preferencias de hábitat del delfín mular en la zona Norte del Mar de Alborán.

- **CALDERÓN COMÚN O NEGRO** (*Globicephala melas*). Hasta 8,7 m y 3,5 Tm. Prefiere aguas profundas, sus presas principales son los cefalópodos. Parecen existir varios grupos estables reproductores entre Cabo Cope y Cabo Tiñoso.

- **CALDERÓN GRIS** (*Grampus griseus*). Hasta 4m y 400 kg. De distribución cosmopolita, en la Región de Murcia las observaciones realizadas hasta la fecha (ANSE, ARNITAK) limitan su presencia al borde la plataforma continental entre Cartagena y la Bahía de Mazarrón. La mayoría de las observaciones proceden del escarpe relativo a los cañones submarinos de Tiñoso, patrón quizás determinado por su alimentación casi exclusiva a base de cefalópodos pelágicos. Las observaciones locales relatan la presencia estable de dos grupos pequeños entre 10-20 individuos cada uno. Los datos recogidos no permiten inferir sobre la evolución histórica de su población.
- **CACHALOTE** (*Physeter macrocephalus*). Es el gigante de los odontocetos, hasta 19 m y 50 Tm. Son grandes buceadores de aguas profundas alejadas de la costa. Relativamente escaso. Se alimenta de cefalópodos y otras especies de profundidad. Machos bastante más grandes que las hembras. Pueden permanecer hasta dos horas bajo el agua.
- **RORCUAL COMUN** (*Balaenoptera physalus*). Es el segundo animal más grande del planeta después de la ballena o rorcual azul. Hasta 25 m y 80 Tm. Realizan migraciones estacionales hacia el norte de la cuenca occidental mediterránea. Comen principalmente crustáceos, bancos de pequeños peces y cefalópodos. Parece que se va haciendo más abundante en los últimos años.
- **ZIFIO COMÚN O DE CUVIER** (*Ziphius cavirostris*). Hasta 9 m y 6,5 Tm. Prefiere aguas profundas de más de 1000 m y alejadas de la costa. Has 40 minutos de media en inmersión y se alimenta de cefalópodos oceánicos. Es un cetáceo bastante escaso en las costas mediterráneas.
- **OTRAS ESPECIES.** De forma más ocasional se pueden presentar otros cetáceos en el Mediterráneo como la ORCA, que ha disminuido mucho (a principios del siglo XX eran abundantes en Baleares), la falsa orca, citas de yubarta etc.



**Figura 117:** recopilación de citas de cetáceos en el tramo costero frente a Cabo Tiñoso con motivos de los trabajos de propuesta de área marina protegida (tomado de Servicio de Pesca de la Región de Murcia, 2010).

## AVES MARINAS

El área de trabajo se encuentra dentro de una localización con importancia para la conservación de las aves marinas. A escala de sector costero, al menos seis especies poseen importantes efectivos y usan ese tramo como zona de alimentación, paso o nidificación (islotes de Murcia y Alicante) (Ver Tabla 23). La gaviota de Audouin (*Larus audouinii*) concentra aquí la tercera población reproductora a nivel mundial. Asimismo, los islotes acogen una importante población de paíño europeo (*Hydrobates pelagicus*) en el contexto ibérico-mediterráneo, y los humedales costeros poseen destacadas colonias de gaviota picofina (*L. genei*), charrán común (*Sterna hirundo*) y charrancito común (*S. albifrons*). La zona es también importante para la pardela cenicienta (*Calonectris diomedea*) pardela balear (*Puffinus mauretanicus*), en época reproductora y fundamentalmente en invierno (Arcos et al., 2009).

Tabla 23: Censos de aves marinas en el tramo costero de estudio (Arcos et al., 2009).

Especie	IBA*	Población	Años	Precisión	Criterios
<i>Hydrobates pelagicus</i>	ES407 <sup>2</sup>	125 pp.	2008	D	B1i, C2, C6
<i>Larus genei</i>	ES166	153 pp.	2004	A	B2,C2,C6
	ES167	423 pp.	2006	A	B2,C2,C6
<i>Larus audouinii</i>	ES166	35 pp.	2005	A	A1, C1
	ES167	700 pp.	2008	A	A1, A4i, B1i, B2, C1, C2, C6
	ES407	1.175 pp.	2005	B	A1, A4i, B1i, B2, C1, C2, C6
<i>Sterna hirundo</i>	ES166	362 pp.	2007	A	C6
<i>Sterna albitrons</i>	ES166	229 pp.	2007	A	B1i, B2, C2, C6
	ES167	45 pp.	2007	A	B2,C6
	ES169	165 pp.	2007	A	B1i, B2, C2, C6

Precisión: A: fiable; B: incompleta; C: pobre; D: desconocida

<sup>1</sup> A. Sartz (IMEDEA) com. pers. <sup>2</sup> ANSE com. pers.

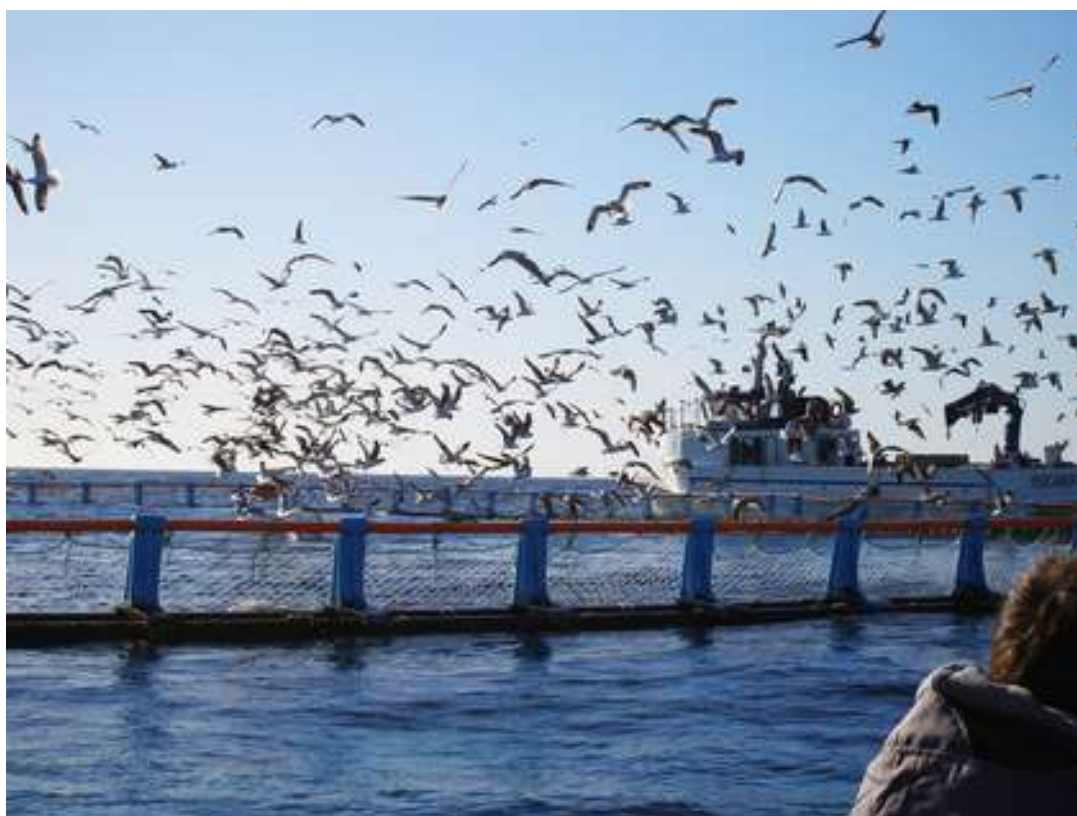
\* Esta IBA marina incorpora también la componente terrestre de tres isotes, anteriormente pertenecientes a las IBA ES170 (Gros y Hormigas) y ES164 (Tabarca), con el fin de facilitar la gestión de esos espacios.

El conjunto de todos estos valores ha motivado su inclusión en el catálogo de Areas Importantes para las aves marinas (IBAs) de la Sociedad Española de Ornitología, dentro un proyecto LIFE cofinanciado por el Ministerio de Medio Ambiente Medio Rural y Marino con la voluntad de extender en un futuro próximo la Red Natura 2000 hacia el mar. La zona de estudio se encuentra incluida en un espacio costero mucho más amplio que se extendería desde Cabo de Palos hasta Alicante, catalogado como ES407.

La visita periódica a la zona de estudio por parte del equipo redactor, ha permitido detectar la presencia en el entorno de la zona de estudio de alcatraz atlántico (*Morus bassanus*) y de forma más ocasional de frailecillos (*Fratercula artica*), págalo grande (*Stercorarius skua*), charrán patinegro (*Sterna sand vicensis*), fumarel común (*Chlidonias niger*), negrón común (*Melanitta nigra*) y alcas (*Alca torda*). Desde la instalación de las concesiones de acuicultura, y a su amparo como posadero o fuente de alimento, se observa la presencia de gaviota patiamarilla (*L. michaelis*), reidora (*L. ridibundus*), garceta común (*Egretta garzetta*), garcilla bueyera (*Bubulcus ibis*), garza real (*Egretta garzetta*), cormorán moñudo (*Phalacrocorax aristotelis*) y zampullín cuellinegro (*Podiceps nigricollis*), e incluso algunos limícolas como vuelvepedras (*Arenaria interpres*) ostreros (*Haematopus ostralegus*) y correlimos (*Calidris alpina*),

**AMENAZAS COLONIAS AVES MARINAS:** Las principales amenazas para las aves marinas son:

- Depredación: En sus colonias de cría por ratas, gatos domésticos, culebra bastarda o gaviota patiamarilla son especies depredadoras cuya presencia en las zonas de reproducción puede originar el declive de una colonia por predación sobre pollos e incluso adultos.
- Hábitat nidificación disponible: La preferencia de estas aves por islas e islotes hace que el área de reproducción sea muy reducida y, por tanto, la fragilidad de estas colonias es mayor. Si un factor puntual actúa sobre una de las colonias, puede afectar a buena parte de la población. Además, la presión turística y la presencia de depredadores en la costa acantilada limitan en gran medida la disponibilidad de estos hábitats de nidificación.
- Competencia interespecífica: La competencia ejercida por la gaviota patiamarilla, tanto por los hábitats de nidificación como por el alimento (cleptoparasitismo), así como la depredación que ejerce sobre pollos de otras aves, hacen que esta gaviota represente una grave amenaza para las aves marinas protegidas. Anualmente se llevan a cabo campañas de descaste de gaviota patiamarilla, en 2009 se desbrozó la vegetación exótica invasora de Palomas y Cueva de Lobos.



**Fotografía 4.2:** Concentración de gaviotas durante la alimentación de las jaulas.

## 4.8. MEDIO PERCEPTIVO

### VALORACIÓN DEL MEDIO PERCEPTIVO

La accesibilidad visual de la instalación, situada a 11 km del punto más próximo a la línea de costa (Puerto de San Pedro del Pinatar), puede considerarse como baja, puesto que se encuentra lo suficientemente alejada de costa y únicamente podría ser visible situándose el observador sobre dicho punto haciendo uso de prismáticos. DE otra forma no sería posible observar las instalaciones, pues éstas no conllevan elementos que puedan ser apreciados a simple vista, a esa distancia.

En consecuencia se puede concluir que no procede realizar un estudio más exhaustivo sobre el medio perceptivo. Estudios anteriores realizados por el equipo redactor del presente Proyecto, en instalaciones similares algunas de ellas más próximas a costa, así lo demuestran. En general, la valoración de la pérdida de calidad visual para este tipo de instalaciones y a las distancias consideradas suelen dar como resultados valores bajos, y la magnitud del impacto sobre el paisaje suele ser despreciable (entre 0,01 y 0,02 sobre 1).

## 4.9. SOCIOECONOMÍA

### 4.9.1. POBLACIÓN

El municipio de San Pedro del Pinatar ocupa una extensión de 22,3 km<sup>2</sup>. Su población fue de 24903 habitantes en el año 2017, lo que supone una densidad de 1117 hab/km<sup>2</sup>, la cual es bastante elevada para la media regional. La tasa de crecimiento vegetativo de 2016 resultó de 4,9, siendo la tasa de natalidad 13,1 y la tasa de mortalidad 8,2.

Al tratarse de una localidad eminentemente turística la población residente sufre una fuerte estacionalidad estival, época en la que se dispara alcanzando cifras de más de 80.000 habitantes. Sólo en el Municipio de San Pedro, el número de segundas residencias en el año 2.011 fue de 11.334, cifra ésta muy elevada si se compara con las 8.374 viviendas principales (58% - 42%).

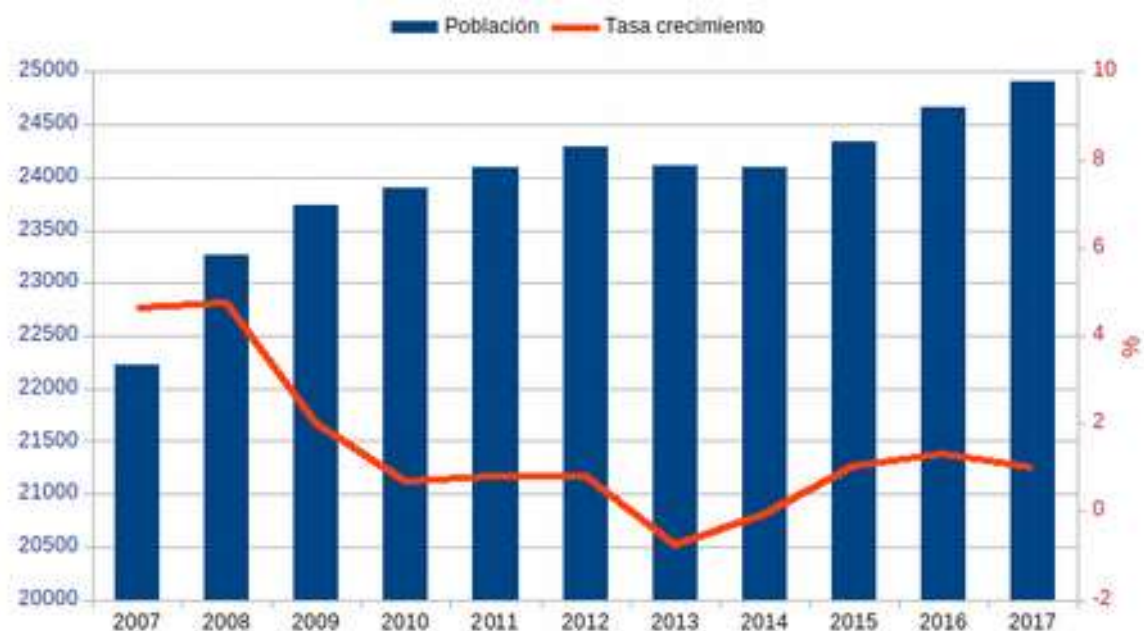


Figura 118. Evolución de la población de San Pedro del Pinatar durante los últimos 10 años (Fuente: INE).

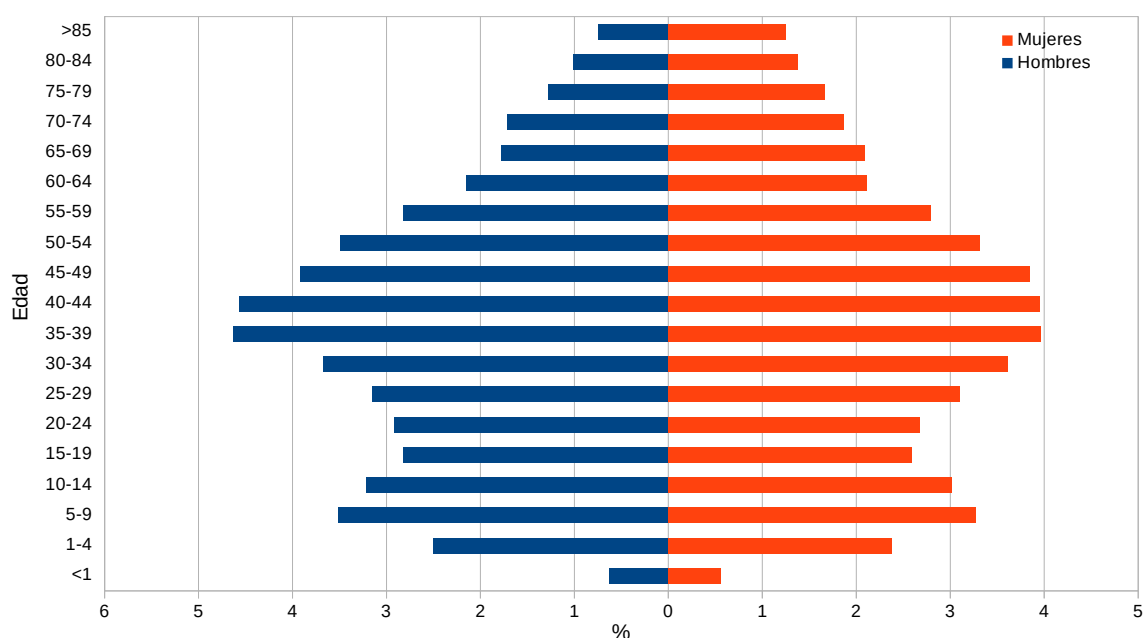


Figura 119. Estructura poblacional del municipio de San Pedro del Pinatar en el año 2017 (Fuente de datos: CREM).

De acuerdo con el padrón de 2017, los extranjeros representan un 24,3% de la población. Los inmigrantes más numerosos en el municipio proceden de África con un 10,4%; Europa con un 10,2%; América con un 3,3% y Asia con un 0,3%. La presencia significativa de población extranjera es un fenómeno que se ha verificado a lo largo de las últimas décadas en paralelo con el bloom migratorio del conjunto del Estado

español y al amparo del efecto llamada de la pasada época de bonanza económica vinculada al sector de la construcción. En San Pedro la mayor parte de la construcción se ha dedicado a segundas residencias y oferta turística, motivo por el que, al igual que los municipios alicantinos limítrofes, la presencia europeos que fijan aquí su residencia comienza a ser relevante.

Tabla 24. Evolución de la población extranjera en el municipio de San Pedro del Pinatar (Fuente: CREM).

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
<b>TOTAL</b>	23.272	23.738	23.903	24.093	24.285	24.102	24.091	24.339	24.660	24.903
<b>ESPAÑOLA</b>	17.191	17.341	17.451	17.725	17.770	17.793	18.070	18.304	18.573	18.844
<b>EXTRANJERA</b>	6.081	6.397	6.452	6.368	6.515	6.309	6.021	6.035	6.087	6.059
<b>EUROPA</b>	2.940	3.098	3.120	3.014	3.083	2.970	2.676	2.671	2.678	2.549
<b>ÁFRICA</b>	1.890	2.032	2.130	2.177	2.268	2.259	2.313	2.396	2.457	2.590
<b>AMÉRICA</b>	1.197	1.215	1.146	1.113	1.089	1.000	955	898	881	832
<b>ASIA</b>	54	52	56	64	75	80	77	70	71	87
<b>OCEANÍA Y APÁTRIDAS</b>										1

#### 4.9.2. EMPLEO

En la Figura 120 se recoge el paro registrado desde 2009 en el municipio de San Pedro del Pinatar. El último dato registrado refleja un total de 1.689 parados en el municipio, un 6,8% de la población total, de los que 170 corresponden al sector de la agricultura, ganadería y pesca. De forma general, la tendencia de empleo es claramente alcista en todos los sectores siendo el el sector primario (pesca y agricultura) el que parece haberse resentido menos durante estos últimos años, observándose incluso una cierta tendencia a la mejora en fechas recientes. La acuicultura constituye una fuente no despreciable empleo para el municipio, 120 trabajadores directos como patrones de barco, marineros y buceadores administrativos, transportistas, empleados de sala de envasado, comercio, etc. a los que habría que añadir 1000 empleos indirectos relacionados con el abastecimiento y servicios de esta actividad (astilleros, rederos, jaulas, pienso, combustibles, transportes, etc.). Además constituye una de las actividades con posibilidades reales de creación de empleo que obviamente pasan por nuevos proyectos de cultivo, como el que aquí analizamos, o el aprovechamiento de las recientemente inauguradas naves de apoyo a las concesiones de acuicultura construidas en el mismo puerto de San Pedro.

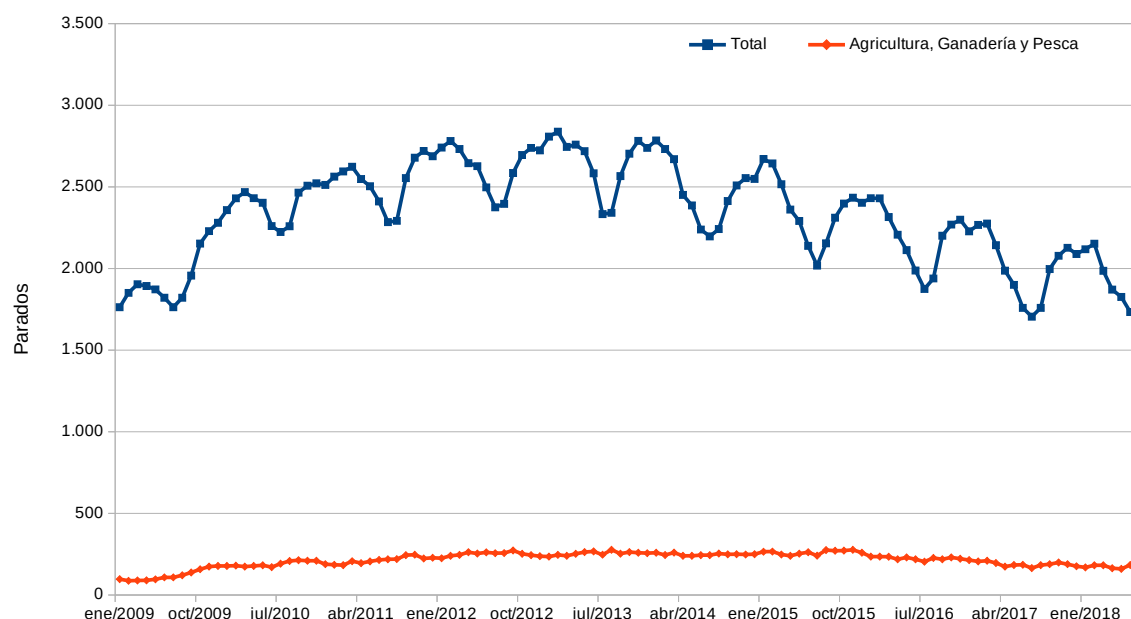


Figura 120. Evolución del paro en el municipio de San Pedro del Pinatar (datos del CREM).

### 4.9.3. ACTIVIDAD ECONÓMICA

**Desalación:** Desde el año 2005 el municipio es un importante centro productor de agua desalada a partir de la captación de agua de mar. Actualmente están funcionando dos plantas de ósmosis inversa, ambas gestionadas por la Mancomunidad de los Canales del Taibilla que producen agua destinada a consumo humano para toda la zona costera hasta Cartagena. La producción máxima diaria de ambas plantas es de 130.000 m<sup>3</sup> de agua desalada. La garantía de este abastecimiento es la base estratégica para los planes de desarrollo del municipio. Estas plantas potabilizadoras se encuentran situadas junto al parque natural de las Salinas y Arenales de San Pedro del Pinatar.

**Industria salinera:** Las salinas de San Pedro del Pinatar son explotadas de forma continua desde la época de los romanos. La producción se verifica de manera tradicional mediante la evaporación del agua de mar en diversas cubetas que ocupan una superficie próxima a las 900 has y que actualmente son explotadas por Salinera Española S.A. Con una producción 95.000 Tm de sal.

**Sector servicios:** Tal y como se puede apreciar en la figura 121, el sector servicios es el que alcanza un mayor número de trabajadores debido, fundamentalmente, a la elevada vocación y oferta turística del municipio que demanda, a su vez, de servicios de restauración, estancia, ocio, compras, ... Debido a la población extranjera residente durante todo el año, las necesidades de trabajo en este sector han pasado de presentar un marcado carácter estacional a ser mas o menos continuas durante todo el año siendo, no obstante, los meses estivales los que mayor demanda de trabajadores presenta este sector.

SECTOR	Trabajadores	%
Agricultura	5254	16,88
Industria	2652	8,52
construcción	2378	7,64
Servicios	20818	66,89
No clasificables	20	0,06
<b>TOTAL</b>	<b>31122</b>	

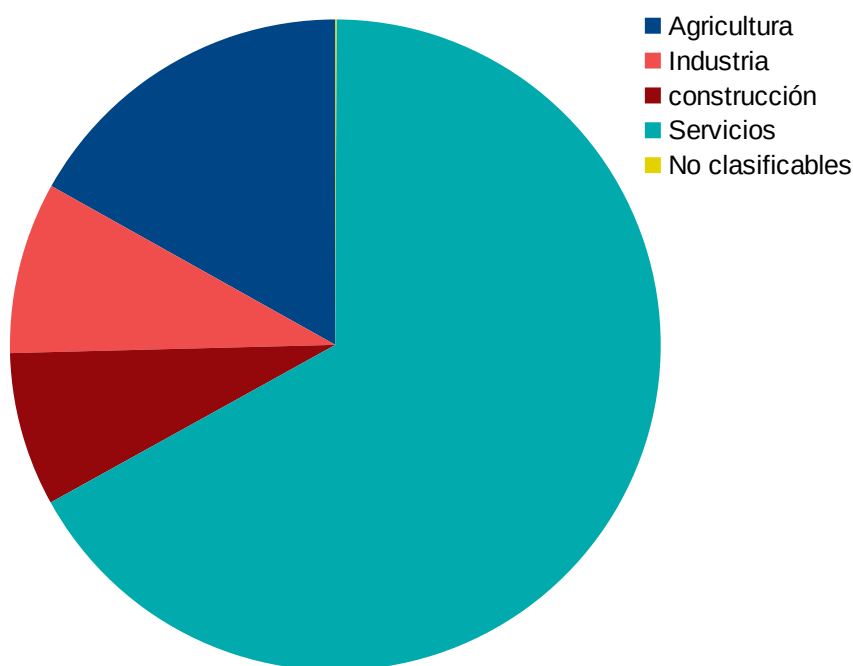


Figura 121. Trabajadores por sector de actividad en el municipio de San Pedro del Pinatar. Año 2017. Fuente: CREM

#### 4.9.4. ACTIVIDAD PORTUARIA

El puerto base que se utilizará para la actividad objeto de estudio es el Puerto de San Pedro del Pinatar. Está situado a unas 6 NM de la concesión a solicitar, a 6,8 NM del puerto deportivo Tomás Maestre y a 1,8 NM al N de Punta Algas. Su actividad es pesquera, aunque se reserva una dársena interior para embarcaciones de recreo que cuenta con 408 amarres para embarcaciones de 6-15 m de eslora. Se encuentra próximo al parque natural de Las Salinas de San Pedro. La gestión es por cuenta de la Comunidad Autónoma de Murcia o de concesiones de explotación administrativa como al Club Náutico Villa de San Pedro . Está protegido por el N por un dique alto y por el S por una escollera, con una apertura de bocana de 120 m. Orientada al S/SE. La bocana del club náutico tiene 36 metros.

Dentro del puerto merece mención especial la reciente construcción de siete naves de apoyo logístico para las empresas de acuicultura. Estas infraestructuras permiten afianzar la posición de la Región como la principal comercializadora de pescado de crianza a nivel nacional.

El puerto de San Pedro del Pinatar es un puerto refugio sin expectativas de un gran futuro comercial, contiene una cierta actividad pesquera y salinera, y se utiliza también como puerto deportivo. Aloja una flota pesquera de 73 embarcaciones (Tabla 25) con pequeñas variaciones interanuales que serían reflejo de cierta movilidad de la flota de cerco y a las artes menores. La mayoría de las embarcaciones son de pequeño calado dedicadas a la pesca artesanal lo que tiene su reflejo en el bajo número de trabajadores enrolados, 130 es decir un promedio de 1,78 por embarcación.



**Fotografía 4.3:** Vista aérea del puerto de San Pedro del Pinatar, al fondo las salinas.

**Tabla 25:** Evolución del número de embarcaciones pesqueras y número de trabajadores en el Puerto de San Pedro del Pinatar según artes y años (datos del CREM).

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
<b>TOTAL EMBARCACIONES PESQUERAS</b>	103	101	98	73	73	71	70	65	64	63	62	63	73
Arrastre	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
Artes menores	94	93	92	68	68	66	65	60	60	61	60	60	60
Cerco	7	6	4	3	3	3	3	3	2	1	1	2	3
Palangre superficie	1	1	1	1	1	1	1	1	1				1
<b>TOTAL TRABAJADORES</b>	116	121	110	103	98	96	123	93	120	126	127	114	130

#### 4.9.5. PESCA

En general, en esta zona se trata de una pesca no industrial, en la que se ven involucrados gran número de familias que han faenado en la zona desde tiempos históricos.

Según el volumen de pesca desembarcado, es el último puerto en importancia regional (con 2.162 toneladas en el año 2.017) que supusieron un volumen de negocio con 4.807.842 € (Tabla 26). Por modalidad de pesca, las artes menores son las que menor volumen de pesca ha desembarcado (3,9 toneladas), mientras que el cerco es el arte que mayor porcentaje de capturas abarca (74%) con 1.595 toneladas desembarcadas.

**Tabla 26:** Evolución de las capturas desembarcadas según artes de la cofradía de San Pedro del Pinatar ( datos en kilogramos).

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
<b>Total</b>	543.131	593.361	1.438.115	1.622.562	1.213.696	783.891	2.162.352
<b>Arrastre</b>	150	226	127	38	2.040	1.670	3.923
<b>Artes menores</b>	276.034	322.468	405.731	309.860	390.485	468.747	557.589
<b>Cerco</b>	265.085	268.447	1.030.205	1.309.403	813.578	307.819	1.595.736
<b>Palangre superficie</b>	1.863	2.221	2.052	3.261	7.593	5.656	5.104

•**Artesanal:** la pesca artesanal supone la flota más numerosa de la región de Murcia, representando más del 69% de las embarcaciones no censadas, sus especies objetivos son las típicas del litoral y algunas pelágicas en su acercamiento al litoral.

•**Trasmallo:** normalmente situado en el límite inferior de la pradera de *Posidonia oceanica* (la barbá)

•**Chirreteras:** arte fijo tipo moruna que está regulada por la Orden de 12 mayo de 1992, por la que se regula la pesquería de chirrete (*Atherina* sp.) con el arte de chirretera en aguas interiores de la Región de Murcia. Presenta VEDA en el mes de abril.

•**Chanquete:** regulada por la Orden de 21 de noviembre de 1988, por la que se establecen las normas que han de regir para la captura de la especie chanquete (*Aphia minuta*), en aguas interiores de la Región de Murcia. Su campaña de captura se extiende del 1 de diciembre al último día del mes de febrero (puede prorrogarse 30 días).

•**Moruna Gruesa:** es un arte fijo, cuyo uso está bastante extendido en la zona. El arte, las zonas de calamento, las postas, y época de pesca están regulados por el Decreto nº 12/1990, de 8 de marzo, por el que se regula el Reglamento de arte de moruna gruesa en aguas interiores de la Comunidad autónoma de Murcia. Su calamento ha de producirse entre el 10 de abril y el 30 de junio. Dentro del Distrito Marítimo de San Pedro se

sitúan diez postas pertenecientes a CALA TUNEZ, LA RAJA, PUNTA SECA, PUDRIMER, ESCULL DE ALICANTE, EL PEDRUCHO, EL MOJON, TORRE DERRIBADA, PUNTA DEL ESTACIO y ESCULLETE.

La especie más rentable es la dorada, aunque sus capturas fluctúan notablemente entre años consecutivos; otras especies con rendimientos notables son el boquerón, langostino, lubina, alacha y estornino. La evolución interanual de las capturas refleja notables oscilaciones en el volumen de capturas con numerosos máximos y mínimos que pueden ser el reflejo de situaciones de sobrepesca. (Tabla 27)

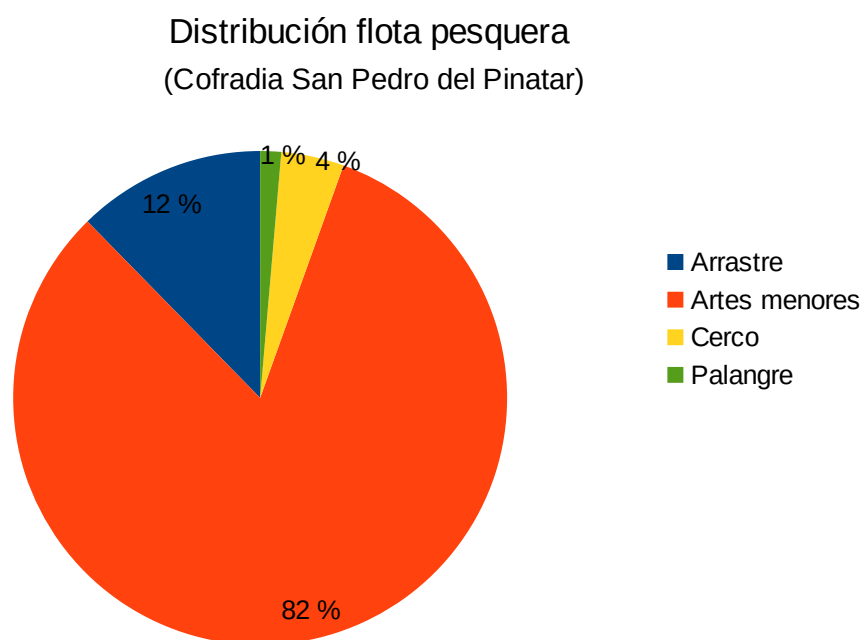


Figura 122. Distribución de la flota de la cofradía de San Pedro del Pinatar según artes. Año 2017 (Fuente: CREM).

Tabla 27: Evolución de la pesca desembarcada en San Pedro del Pinatar según especies y años con indicación de su valor de venta (fuente CREM, 2018).

San Pedro del Pinatar	2011		2012		2013		2014		2015		2016		2017	
	Kilogramos	Euros	Kilogramos	Euros	Kilogramos	Euros	Kilogramos	Euros	Kilogramos	Euros	Kilogramos	Euros	Kilogramos	Euros
<b>TOTAL</b>	543.130,99	1.911.820,38	593.361,32	2.154.868,61	1.438.114,84	3.615.641,44	1.622.561,73	3.902.088,38	1.213.695,75	4.140.218,05	783.891,28	3.310.071,09	2.162.351,59	4.807.841,97
<b>PECES</b>	531.132,47	1.601.325,56	576.111,62	1.866.999,08	1.421.529,79	3.275.398,87	1.601.033,61	3.529.924,61	1.194.193,13	3.759.331,70	755.430,97	2.853.118,38	2.138.966,65	4.383.803,52
<b>Aguilote, Chucho</b>					110,40	69,63	43,60	17,38	60,65	46,25	13,75	33,75	59,50	219,09
<b>Alacha</b>	183.540,00	67.787,60	157.574,70	85.713,90	402.094,50	157.981,17	621.614,75	206.272,23	301.079,20	114.822,28	60.145,90	19.422,51	634.269,77	190.929,08
<b>Aligote, Besugo</b>	102,80	52,83	257,10	243,48	52,00	45,62	96,20	107,53	21,20	18,99	6,20	24,09		
<b>Anguila</b>	19.463,75	129.824,92	24.489,51	192.407,46	45.289,89	361.568,12	18.291,11	137.617,78	18.570,09	134.998,44	20.731,81	109.900,61	18.206,07	156.811,95
<b>Atún</b>	8,50	59,50												
<b>Bacaladilla</b>									1,10	6,16				
<b>Bacoreta o Albacora</b>	863,50	1.329,29	5.527,40	9.522,69	753,90	1.102,87	14.066,67	22.479,41	5.866,83	7.875,60	4.527,35	5.361,55	1.323,55	1.839,54
<b>Besugo</b>					222,85	1.550,08	48,05	98,66	66,60	48,64	11,80	11,32	23,15	27,39
<b>Boga</b>	2,80	16,15	321,70	97,73	439,20	2,92	21,45	8,88	10,00	2,00	1.450,19	456,26	1.512,40	444,33
<b>Bonito</b>	1.662,96	8.206,02	5.769,60	21.002,24	32.425,43	65.946,81	21.128,40	78.535,81	41.483,15	82.736,22	1.801,20	7.723,07	11.274,15	41.234,84
<b>Boquerón</b>	4.943,50	14.171,58	6.224,58	10.911,48	359.373,55	666.049,27	271.323,70	594.131,93	244.702,60	483.527,19	164.651,56	501.686,74	238.606,99	412.704,60
<b>Brotola</b>	214,10	873,21	244,20	1.276,63	87,75	453,61	268,65	1.153,88	50,85	247,27	42,65	225,85	68,95	330,06
<b>Caballa</b>	720,00	396,00	10.680,00	16.027,90	95.549,20	51.985,62	92.884,85	43.725,28	56.454,52	34.815,82	18.375,23	20.084,79	28.045,62	13.866,87
<b>Caramel</b>			13,30	7,28	11,00	2,24	13,60	3,04			2,90	1,74	1,45	22,48
<b>Chanquete, Bacón</b>	582,40	14.537,74	2.796,30	47.669,28	2.672,00	60.384,12	3.109,45	71.103,26	3.090,95	92.344,75	5.730,70	131.836,53	6.001,90	145.599,54
<b>Cherna</b>							1,50	24,00	2,30	20,70	2,75	48,89	3,00	34,61
<b>Chirrete</b>	19.392,34	98.398,72	21.866,83	107.398,07	16.717,47	88.990,99	10.580,03	66.043,36	3.826,70	25.185,90	10.575,32	56.805,25	4.282,13	40.111,89
<b>Congrio</b>	33,20	38,20	43,50	49,49	40,10	14,15	41,60	27,53	62,60	59,75	27,25	27,92	57,85	36,49
<b>Corvallo</b>	7.215,50	20.974,23	1.687,25	5.101,08	3.296,05	10.160,90	2.485,64	8.359,67	1.091,05	4.114,62	151,15	513,03	1.182,45	5.134,94
<b>Corvina</b>					2.129,60	6.864,93	2,65	8,64			16,60	31,74	187,85	796,82
<b>Dentón</b>	4.829,11	37.618,85	1.524,13	17.020,37	1.516,70	15.752,91	1.593,06	13.584,99	1.744,55	21.030,24	607,28	8.388,58	713,25	7.835,39
<b>Doblada</b>			83,80	309,13	108,80	119,89	247,60	162,82	1.111,90	3.778,92	2,40	2,34	1.610,53	5.399,85
<b>Dorada</b>	100.094,42	506.918,23	130.851,86	652.179,51	194.046,30	1.002.866,74	128.507,33	860.371,02	217.412,58	1.675.613,89	291.001,56	1.187.862,40	370.316,50	2.149.407,56
<b>Espetón</b>	520,15	964,01	1.001,70	1.210,17	4.733,50	7.711,25	1.521,20	2.030,61	1.024,25	1.166,75	334,40	639,33	1.045,68	2.117,52
<b>Estornino</b>	10,00	13,00	0,70	7,37	113,50	196,34	1,30	9,75	25,30	12,59	753,14	281,84	585.878,83	183.847,96

<b>Gallineta</b>	603,75	11.623,79	999,45	19.456,83	25,10	502,30					55,40	1.076,51	281,50	4.353,06
<b>Jurel</b>	2.331,50	1.983,64	5.734,63	4.626,41	11.249,30	8.229,42	25.012,05	12.227,07	30.808,43	13.168,49	21.485,81	17.773,14	4.224,04	3.155,35
<b>Lecha</b>	5.293,22	60.854,45	5.021,08	57.680,97	10.396,10	90.837,62	24.242,64	270.117,81	6.201,45	78.492,38	1.145,45	15.701,71	12.830,95	127.105,32
<b>Lenguado</b>	3.605,55	58.317,13	8.221,97	105.845,66	3.588,31	65.297,44	1.218,60	22.916,92	769,75	14.742,34	600,63	6.952,47	0,40	0,80
<b>Lirio</b>	75,50	153,17	268,80	551,53										
<b>Llampúa</b>			8,50	4,07	17,00	25,50	57,80	108,32	84,50	159,22	7,55	14,37	24,00	72,00
<b>Lubina</b>	9.445,50	149.552,01	5.516,18	81.585,95	8.236,69	114.774,46	9.670,93	124.739,31	21.104,25	189.109,51	24.315,58	235.437,14	26.544,46	239.490,16
<b>Magre</b>	12.780,65	78.372,44	9.332,03	47.545,27	11.785,71	58.546,85	15.846,35	93.540,79	20.911,64	124.762,94	23.140,48	154.331,50	17.722,90	113.821,99
<b>Melva</b>	9.973,60	7.027,08	18.870,00	22.167,20	13.020,90	12.917,51	21.494,30	28.470,83	3.724,70	4.653,23	46,05	108,10	5.151,92	6.228,46
<b>Merluza, pescadilla</b>	180,80	862,85	60,30	287,07	75,25	220,00	96,85	316,33	85,80	340,98	11,20	75,89	23,75	83,71
<b>Mero y afines</b>	82,25	2.095,43	79,15	2.113,32	181,04	2.435,37	137,15	1.714,86	108,05	2.240,03	40,20	936,91	84,65	1.987,98
<b>Mújol</b>	7.276,85	22.433,14	16.152,28	32.468,91	17.881,38	37.056,39	10.297,83	26.731,04	19.749,40	41.548,50	15.132,12	30.150,39	17.041,48	27.287,48
<b>Musola</b>	782,00	2.121,71	1.129,50	2.842,34	674,78	1.494,14	432,55	585,81	403,55	774,95	33,40	108,46	171,05	544,46
<b>Pajel o breca</b>	1.809,94	8.237,17	1.900,35	7.994,21	964,30	3.035,97	1.248,65	4.932,13	667,70	2.318,54	235,85	925,51	378,00	1.463,17
<b>Palometa</b>	533,80	2.507,00	418,10	1.745,67	1.171,05	7.181,91	1.099,00	5.379,29	2.445,10	15.063,07	362,90	966,12	350,35	862,70
<b>Pargo</b>	7,90	77,50	52,55	179,56	37,95	146,06	34,30	130,20	13,55	24,40	114,60	622,21	219,05	950,21
<b>Pez de San Pedro</b>	75,85	827,42	162,50	2.540,83	132,90	1.614,39	311,96	3.687,72	155,45	1.825,80	25,45	514,17	96,00	1.224,04
<b>Pez espada</b>	1.648,20	10.968,00	2.221,20	13.327,20	1.728,20	6.633,28	3.256,20	14.257,22	7.413,00	34.769,22	5.615,80	28.226,79	2.705,80	22.253,38
<b>Rape</b>	344,60	1.876,01	419,90	2.451,20	278,65	1.481,57	246,95	1.145,70	381,85	1.697,89	70,05	416,98	166,05	869,60
<b>Rascacio</b>	2.561,17	8.462,75	2.785,87	9.545,56	2.141,63	11.760,42	4.055,96	24.309,81	2.279,56	13.685,60	1.623,13	5.880,23	62,40	434,03
<b>Raspallón</b>	18.880,27	53.997,12	16.964,75	32.229,88	11.628,09	22.559,35	15.277,82	42.276,58	9.107,86	30.237,03	12.049,90	20.458,55	8.258,30	16.939,44
<b>Rayas</b>	327,10	196,84	767,50	344,89	458,85	291,24	459,35	133,83	475,40	224,83	117,65	70,65	401,95	206,30
<b>Rodaballo</b>	32,25	544,58	115,25	2.245,25	28,10	619,06	71,20	1.432,54	23,35	552,12	5,90	157,00	3,95	74,01
<b>Rubio</b>	141,90	887,22	160,25	784,19	151,60	796,64	118,15	675,74	46,15	180,71	13,80	99,23	81,15	274,08
<b>Sable</b>					0,80	5,52								
<b>Salmonete</b>	15.567,74	135.193,02	12.581,56	104.936,24	8.519,79	78.749,81	16.670,98	125.158,27	19.878,75	93.141,23	11.818,13	58.352,92	15.042,45	61.400,42
<b>Salpa</b>			656,00	597,22	1.830,45	252,08	10.566,30	8.496,59	8.383,85	4.445,59	1.984,50	1.006,05	4.820,53	1.633,80
<b>Sardina</b>	84.478,00	59.922,40	80.830,70	115.238,19	137.564,55	220.920,44	234.945,15	546.630,84	120.160,00	319.830,67	34.077,94	77.876,94	78.286,50	154.358,12
<b>Sargo</b>	7.329,36	17.674,17	11.939,01	20.910,10	13.280,55	16.195,18	11.333,45	23.876,69	13.484,78	33.001,60	6.015,03	14.897,41	3.895,95	13.365,64
<b>Squaliformes</b>					2,30	6,81								
<b>Tintorera</b>									66,00	33,00			147,75	165,19
<b>Varios</b>	764,19	2.377,46	1.784,10	6.598,14	2.694,78	10.991,96	4.938,75	40.054,91	7.500,29	55.834,86	14.323,38	128.610,90	35.277,80	224.445,82

<b>CRUSTÁCEOS</b>	7.811,45	280.475,76	8.832,40	227.912,23	11.395,15	300.211,10	11.726,50	308.160,49	12.007,63	333.141,75	25.631,49	434.983,52	17.829,64	377.607,50
<b>Bogavante</b>	30,80	887,75	15,05	430,77	14,20	324,99	44,40	1.053,46	98,80	2.628,32	33,90	979,05	32,90	826,52
<b>Camarón</b>					2.941,91	21.309,09	1.855,20	19.182,39	1.755,85	19.536,59	861,09	9.419,90	455,95	4.473,19
<b>Cangrejo</b>	397,30	6.169,10	1.497,45	8.277,03	934,55	9.944,49	768,10	9.736,31	528,15	4.930,25	53,18	585,68	157,30	4.599,60
<b>Cigala</b>							3,50	44,60	7,20	160,74	0,95	4,36		
<b>Gamba roja</b>					19,00	140,00	18,50	185,00						
<b>Langosta</b>	118,55	3.758,86	55,05	1.527,10	13,43	297,86	85,10	2.041,22	150,75	4.611,73	55,15	1.646,20	26,00	782,54
<b>Langostino</b>	5.845,95	253.447,45	4.413,95	194.765,31	7.472,06	268.194,67	8.951,70	275.917,51	9.466,88	301.274,12	24.627,22	422.348,33	17.157,49	366.925,65
<b>Quisquilla</b>	1.418,85	16.212,60	2.850,90	22.912,02										
<b>MOLUSCOS</b>	4.187,07	30.019,06	8.417,30	59.957,30	5.189,90	40.031,47	9.801,62	64.003,28	7.494,99	47.744,60	2.828,82	21.969,19	5.555,30	46.430,95
<b>Calamar</b>	222,75	4.998,35	773,90	9.301,81	757,85	12.600,49	342,95	4.776,28	383,10	4.877,92	216,80	3.757,61	926,30	13.617,98
<b>Pulpo</b>	1.085,30	5.138,33	1.111,95	6.431,70	1.126,90	4.170,13	1.869,78	7.582,05	726,65	4.230,17	187,90	1.200,33	896,40	6.257,11
<b>Sepia o Jibia</b>	2.879,02	19.882,39	6.531,45	44.223,79	3.305,15	23.260,85	7.588,89	51.644,95	6.385,24	38.636,51	2.424,12	17.011,25	3.732,60	26.555,86

#### 4.9.6. ACUICULTURA

La actividad de la acuicultura a nivel industrial se inició en las costas murcianas en 1986, en la Bahía del Hornillo, con una experiencia de engorde de alevines de lecha o pez limón (*Seriola dumerilii*), con un peso medio de 80 gr, los cuales eran adquiridos a pescadores artesanales para posteriormente introducirlos en jaulas flotantes construidas en su totalidad de forma artesanal por los propios trabajadores de la empresa y tras su alimentación con pescado fresco capturado en el litoral aguileno fueron comercializados en su totalidad, unos 3.500 ejemplares con un peso medio de 1,5 kg, en los escasos restaurantes japoneses existentes en Madrid, en aquella época.

En la actualidad la acuicultura constituye un sector estratégico de gran importancia en la economía de la Región de Murcia, formado por catorce instalaciones, de las cuales 12 son concesiones de d.p.m.t. repartidas por el litoral murciano, de las que de norte a sur, estarían 7 situadas frente a las costas del T.M. de San Pedro del Pinatar, 4 en el T.M. de Cartagena, frente a la Cala del Gorguel y otra en el litoral del T.M. de Águilas. Todas ellas, junto con una concesión en tierra, en la Marina de Cope (T.M. de Águilas) dedicadas al cultivo de peces marinos, y una última en el T.M. de Lorquí dedicada al cultivo de especies continentales.

Dichas instalaciones pertenecen a los mayores grupos empresariales españoles dedicados a la acuicultura, como son el Grupo Andrómeda, Grupo Culmarex, Grupo Ricardo Fuentes e Hijos y Grupo Pescados Albaladejo, y todos ellos constituyen la **Asociación FARM de Empresas de Acuicultura de la Región de Murcia**. Al igual que también todas ellas pertenecen a la Agrupación de Defensa Sanitaria de la Región de Murcia (**ADSRM**).

Según datos recientes, en el año 2017 las principales especies cultivadas corresponden a la dorada con 4.121 Tm, lubina con 6.888 Tm y atún rojo con 3.314 Tm (Figura 123) lo que supone un total de producción de 14.323 Tm (un 12% superior respecto al año anterior).

El alcance de estos valores anuales sitúa a la Región de Murcia en la primera posición nacional con un 25% del total de la producción nacional, siendo la lubina la especie que mayor crecimiento productivo ha experimentado en los últimos años en la Región con una tendencia continua al alza (Figura 124), destacando especialmente el atún rojo que ha superado el doble de su producción este último año. A su vez, la comercialización desde Murcia es mucho mayor y supone el 60% de la cuota de mercado nacional ya que algunos grupos empresariales concentran aquí las operaciones de sus plantas situadas en otras comunidades autónomas (ej. Grupo Culmarex y Doramenor).

Con esto, durante el año 2017, la acuicultura generó, en la Región de Murcia, unos ingresos por valor de **108,3 millones de euros**, destacando respecto a los 17,8 millones de euros obtenidos por la pesca desembarcada en el conjunto de lonjas de la

Región ese mismo año.

Las instalaciones de acuicultura se da trabajo en el mar a más de un centenar de personas distribuidas en oficios como patrones de barco, mecánicos, marineros, buceadores, vigilantes, etc. Mientras que en tierra nos encontramos con una cantidad similar de puestos de trabajo, entre personal de administración, procesado y envasado, transporte, mantenimiento de jaulas de acuicultura y embarcaciones, etc. Lo que suponen unos 1.100 puestos de trabajo indirectos.

### Producción acuícola Región de Murcia - 2017

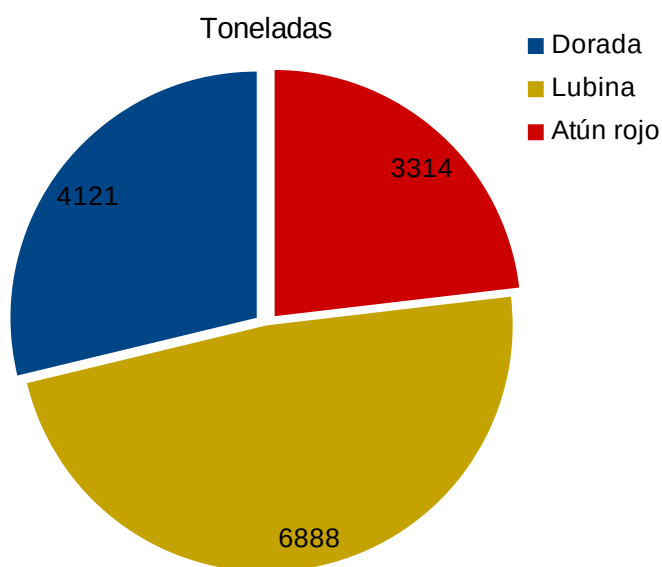


Figura 123. Producción acuícola anual en la Región de Murcia. Año 2017. Fuente: Estadística agraria de Murcia (2016-2017).

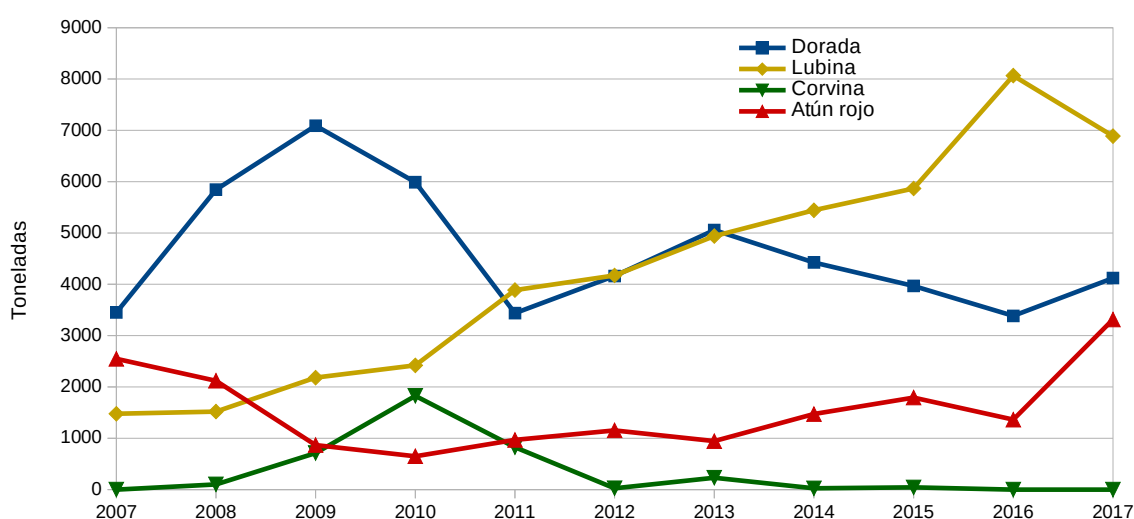


Figura 124. Evolución de la producción acuícola en la Región de Murcia durante los últimos diez años. Fuente: Estadística agraria de Murcia (2016-2017).

Es importante señalar la importancia que dicho sector representa en el campo de la investigación e innovación para la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia, pues se trata de una plataforma en donde tanto centros de investigación estatal, como el Instituto Español de Oceanografía, como centros de investigación autonómicos, como la Universidad de Murcia, la Universidad Politécnica de Cartagena y el Instituto Murciano de Investigación y Desarrollo Agrario y Alimentario han llevado a cabo numerosos proyectos de investigación en disciplinas tan punteras como la reproducción del atún rojo en cautividad, siendo uno de los grupos empresariales y en colaboración con la Consejería de Agricultura y Agua, el IEO, el primero a nivel europeo que ha conseguido reproducir esta especie en cautividad y posteriormente llevar los ejemplares nacidos a jaulas en mar abierto, donde se encuentran en la actualidad, y obteniendo por ello **“XI Premio Jacumar de Investigación en Acuicultura”** concedido por la Secretaría de Estado de Investigación, Desarrollo e Innovación, dependiente del Ministerio de Economía y Competitividad del Gobierno de España.

También nombrar proyectos de investigación financiados por CDTI encaminados a solucionar problemas de patología, en donde ha colaborado entre otras, la Universidad de Murcia. O el proyecto de mitigación del impacto ambiental, financiado con fondos JACUMAR (Junta Asesora de Cultivos Marinos), ó el proyecto de engorde de pulpo igualmente financiado por dichos fondos.

Finalmente debe significarse que ante el actual escenario de sobreexplotación de caladeros y tendencia recesiva de la pesca, la acuicultura ha emergido como una alternativa real capaz de compensar el declive pesquero. Esta situación provoca que las perspectivas de crecimiento sean muy altas para el sector acuícola en la Región de Murcia.

#### **4.9.7. USOS TURÍSTICOS Y RECREATIVOS**

A pesar de ser un municipio relativamente pequeño su situación estratégica en la costa y sus cualidades medioambientales han originado un crecimiento muy rápido de la población. Como se mencionó en el apartado de población, durante el verano los residentes se disparan alcanzando más de 80.000 habitantes lo que supone un número mínimo de 55.000 veraneantes, a los que habría que añadir el número de visitantes que no fijan su residencia estival en el municipio de San Pedro y sobre los que no existen datos fiables. Estas magnitudes han permitido el nacimiento de una floreciente industria turística que cuenta en el municipio de San Pedro con, 5 agencias de viajes, 67 restaurantes y 23 cafeterías. La oferta de alojamientos es amplia e incluye 12 hoteles, que suponen un 1135 plazas y 108 apartamentos turísticos con 330 plazas, aunque la mayoría de veraneantes prefieren el alquiler de casas particulares y urbanizaciones.

El principal atractivo turístico de San Pedro del Pinatar son las playas, entre las que destaca la playa de La Torre Derribada próxima al área de estudio y dentro de los límites del Parque Regional de Salinas y Arenales de San Pedro (otro reclamo turístico como lugar de observación de aves). Pilar de la Horadada también presenta un atractivo turístico gracias a los 4 Km de costa, y la calidad de sus playas entre las que se encuentran la playa de El Mojón y la playa de la Torre Derribada, dentro del área de influencia del presente proyecto.

- Playa de la Torre Derribada: se sitúa al norte del Parque Regional. Es una playa de 2.200 m de largo y 50 m de ancho, de bandera azul dispone de algunos servicios: aseos, vigilancia, accesos, transporte urbano, etc. No está urbanizada. Se caracteriza por su exposición a los vientos de levante. Tradicionalmente la playa de La Llana, situada en el extremo sur del Parque Regional, ha sido elegida para el baño, mientras que la fluencia de visitantes a la playa de la Torre Derribada era muy reducida tanto en época estival como durante el resto del año. Pero en la última década, probablemente debido a la regresión que está sufriendo la playa del La Llana junto con la masificación de la misma en verano, ha motivado un desplazamiento cada vez más numeroso de usuarios a la playa de La Torre Derribada, siendo una de las playas de mayor afluencia de visitantes de la zona, sobre todo en las cercanías del puerto.
- Playa del Mojón: se sitúa en el límite de las Provincias de Alicante y Murcia. La playa de bandera azul, tiene unas dimensiones de 500 m de longitud y 40 m de ancho, se encuentra urbanizada, cuenta con un pequeño paseo y dispone de lavapiés y restaurantes. En verano es cuando mayor afluencia presenta. Sin embargo, esta playa no es la más apreciada por los visitantes debido a los afloramientos rocosos (*sculls*). El acceso es a pie directo desde la carretera. Dispone de línea de autobús. Los puertos deportivos más próximos son el de la Torre de la Horadada y el de San Pedro, pero en esta playa no hay alquiler de motos acuáticas ni se practica el submarinismo.

Existen otros puntos de cierto interés turístico por su singularidad geomorfológica como las playas de arribazones, esculls o las propias islas (Farallón e Isla Grosa). Todos situados en tierra en la misma línea de costa. Diseminados por el litoral existen diversos puntos de buceo (Carbonero, Piedras Blancas, la Laja, Farallón e Isla Grosa) que son utilizados por diversos clubs de buceo locales para sus inmersiones.



**Fotografía 4.4:** Imagen de la Playa del Mojón. En primer plano de la fotografía se observan los restos de arribazón.

## **4.10. PLANIFICACIÓN TERRITORIAL E INFRAESTRUCTURAS**

### **4.10.1. COMPATIBILIDAD CON LA PLANIFICACIÓN TERRITORIAL**

Se ha consultado el SIT Murcia para confirmar la no interferencia con la planificación territorial, no habiendo detectado incompatibilidad alguna.

#### 4.10.2. NAVES DE USO ACUÍCOLA DEL PUERTO DE SAN PEDRO DEL PINATAR

Estas naves serán utilizadas como instalaciones de apoyo en tierra para la actividad objeto del presente estudio.



**Fotografía 4.5:** Naves construidas en la escollera del Pto. de San Pedro del Pinatar

## 4.11. ESPACIOS NATURALES PROTEGIDOS

La actividad acuícola que se proyecta, es compatible con los Objetivos Ambientales Generales y Específicos, que enmarcan la Estrategia Marina de la Demarcación Marina Levantino-Balear, no obstante se detallan los espacios naturales protegidos presentes en la zona de estudio.

### 4.11.1. ZEPA

Según la Directiva 79/409/CEE de 2 de abril, relativa a la conservación de las aves silvestres, las diferentes Comunidades Autónomas españolas han delimitado y declarado Zonas de Especial Protección Para las Aves (ZEPA) a partir de áreas que en cada región se consideran importantes para las aves (IBA).

Las instalaciones proyectadas se localizan sobre la zona ZEPA “Espacio marino de Tabarca-Cabo de Palos (ES0000508)” (Figura 126) la cual comprende las aguas de la plataforma continental, entre el Cabo de Palos y la bahía de Alicante, hasta poco más allá de la isobata de -50 m. Incluye las aguas circundantes a varias islas de pequeño tamaño, entre las que destaca la Isla Grosa en Murcia. Se trata de una zona marina de gran importancia como área de alimentación para seis especies de aves marinas, cinco de ellas con poblaciones nidificantes en diversas Zonas de Especial Protección para las Aves (ZEPA) del litoral e islotes de Murcia y Alicante.



Figura 126. Zona ZEPA ES0000508 localizada en el ámbito del proyecto.

#### 4.11.2. LUGARES DE INTERÉS COMUNITARIO

Las instalaciones proyectadas no se encuentran incluidas dentro de ningún área establecida como LIC.

La concesión objeto de estudio se encuentra a 8,7 km de distancia a la zona LIC más próxima (Cod. ES6200029 - Franja Litoral Sumergida de la Región de Murcia) y a 9,5 km de distancia de la ZEC Espacio marino de Cabo Roig (Cod. ESZZ16009) (Figura 127).

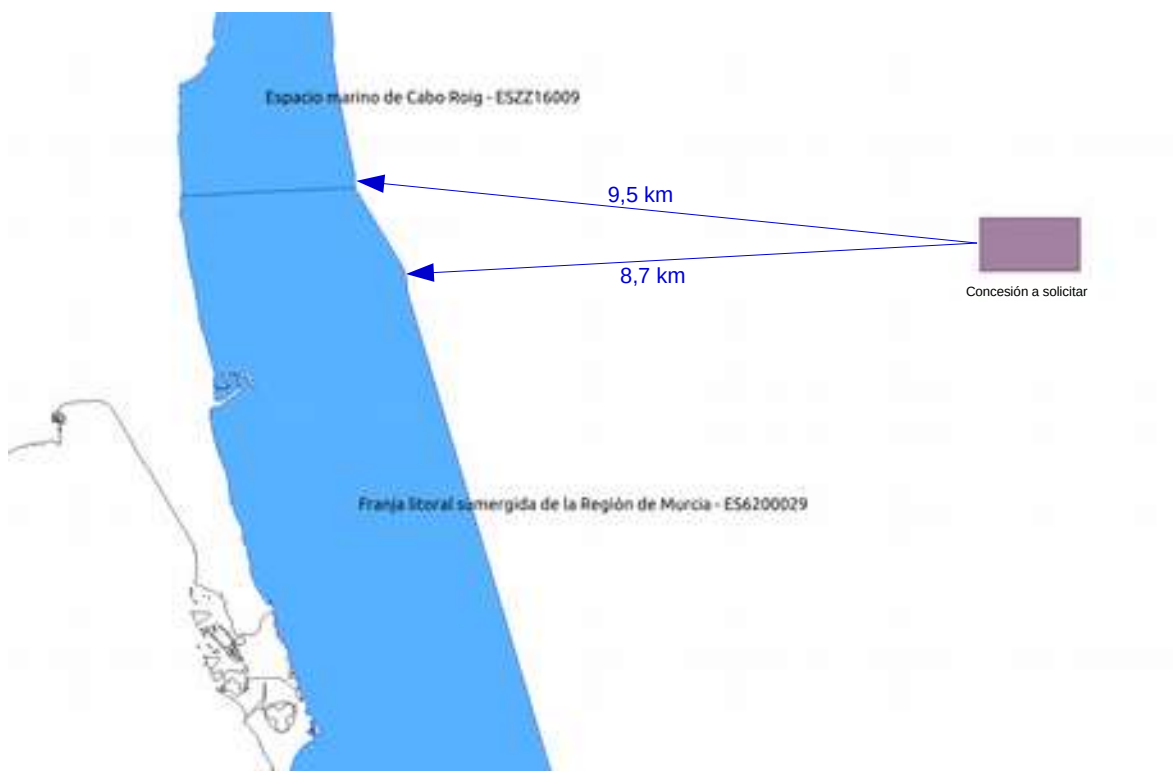


Figura 127. Lugares de Interés Comunitario (LIC) próximos al proyecto objeto de estudio.

### FRANJA LITORAL SUMERGIDA DE LA REGIÓN DE MURCIA (ES6200029)

Éste LIC fue declarado principalmente por la presencia de *Posidonia oceanica* integrada por tres porciones del litoral costero de la Región de Murcia. En las porciones de costa existe una franja acantilada y bloques rocosos hasta profundidades medias. En las playas aparecen biocenosis de sustrato blando; a continuación fondos sedimentarios que ganan profundidad suavemente. En algunos sectores (Isla del Fraile y Cabo Cope) las paredes verticales superan los 25 metros de profundidad, terminando directamente sobre los fondos detríticos. La porción de franja litoral frente a la Manga del Mar Menor presenta zona continua de playa con una barra rocosa a continuación de las biocenosis de arenas finas. Los hábitats de interés comunitario que alberga son:

- Bancos de arena cubiertos permanentemente por agua marina poco profunda (cód 110). La superficie de este hábitat en el LIC es de 7.499 has.
- Pradera de *P. oceanica* (código 1120) (hábitat de interés prioritario).

**Tabla 28:** Superficie ocupada por los hábitat de interés comunitario presentes en el LIC ES6200029 en relación al total regional y nacional.

Superficie Rareza	LIC ES6200029	Regional	Nacional	Rareza
Cod 1110	94,32	7499	11.710	Raro
Cod 1120	7807,64	10.575	66892	No raro

## ESPACIO MARINO DE CABO ROIG (ESZZ16009)

Se trata de un espacio con doble atribución LIC y ZEPA de competencia estatal.

Las características de su declaración como LIC son similares al espacio “Franja litoral sumergida de la Región de Murcia” al ser continuación directa del LIC anterior dentro del territorio de la Comunidad Valenciana.

Como ZEPA alberga regularmente poblaciones migratorias e invernantes de cinco especies de aves incluidas en el Anexo I de la Directiva 79/409/CEE. La zona es utilizada como zona de alimentación por la gaviota de Audouin, el cormorán moñudo, la pardela mediterránea, pardela balear, paíño europeo y charrán patinegro.

## 4.12. PATRIMONIO CULTURAL

Según el informe aportado por la Dirección General de Cultura y Educación de la Región de Murcia para la elaboración del Plan General de los Recursos Naturales aprobado a través del decreto nº 44/1995, de 26 de mayo (B.O.R.M. nº 151 de 1 de julio de 1995), quedan reflejados como elementos de interés antropológico las **Encañizadas** y sus edificaciones, los **Molinos** y la **Salinera** con sus edificaciones asociadas a la actividad. Así mismo en dicho PORN, queda patente la intención de realizar por parte de la Consejería de Cultura y Educación un informe sobre los valores arqueológicos de la zona.

Según el Sistema de Información Territorial (SITmurcia) de la C.A.R.M. se consideran bienes de interés cultural:

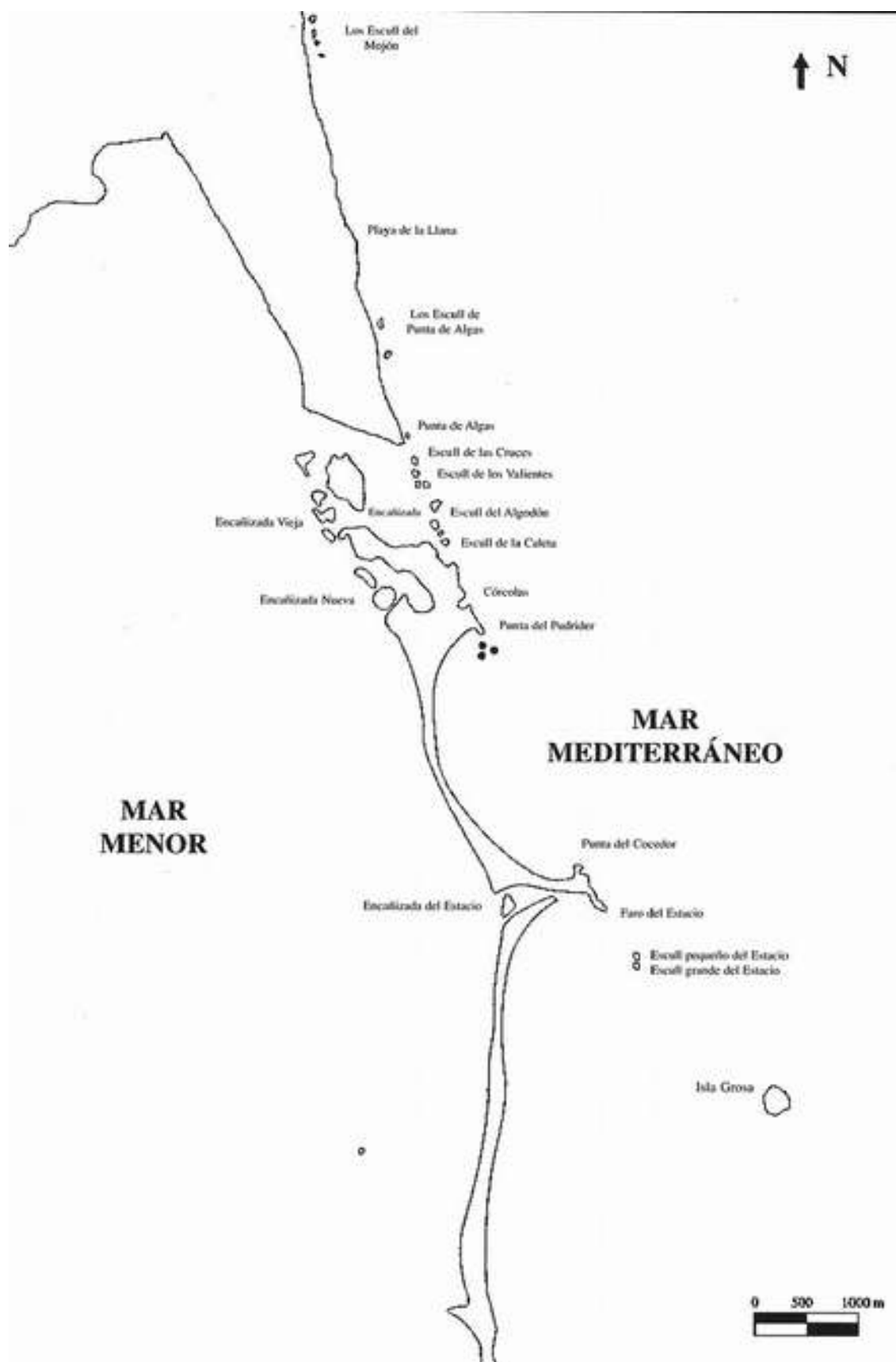
- Torreón de los Gálvez.
- Casa la Capellanía.
- Entorno de la Casa del Reloj.

Según el "INVENTARIO DE YACIMIENTOS ARQUEOLOGICOS SUBACUATICOS DEL LITORAL MURCIANO", se relaciona a continuación todos los yacimientos subacuáticos estudiados en el término municipal de San Pedro del Pinatar (Murcia)

- 1º Esculls del Mojón. San Pedro del Pinatar. ( SS. II-I a. C. Materiales Aislados). 2º El Mojón, San Pedro del Pinatar. (Fondeadero).
- 3º San Pedro del Pinatar. (Fondeadero).
- 4º Dunas del Pinatar, San Pedro Pinatar. (SS. III aa C.I d.c. Material Aislado).
- 5º San Ferreol, San Pedro del Pinatar. (SS. I A c. Barco Romano).
- 6º La Barra, San Pedro del Pinatar. (SS. I a C- I c.C. Material Aislado).
- 7º Torre Derribada. San Pedro Pinatar. (SS. II- A C. Material Aislado).
- 8º Punta de Algas. S. Pedro del Pinatar. (SS. II-I A C. Barco Romano)
- 9º Pudrimel, San Pedro del Pinatar. (SS.II. a C.-III D.C. Material Aislado)

Igualmente se relacionan a continuación los Yacimientos Arqueológicos Terrestres:

- 1º La Carrasca. S. Pedro del Pinatar: (SS.-I A.C.-IV D.C. Villa Agrícola).
- 2º Torre Derribada: (Siglo XVII, Ruinas.)
- 3º El Solar. ( Material Diverso.)
- Todos los elementos mencionados se encuentran en la línea de costa o próximos a ella (Figura 128), mientras que la distancia de las instalaciones proyectadas a costa es de, aproximadamente, 7 km.



**Figura 128:** Localización de yacimientos arqueológicos sumergidos en el sector costero entre la Manga y el Mojón (Cuadernos Arqueología Marítima;5; 1999).

#### 4.12.1. RESTOS ANTRÓPICOS - PECIOS

Dentro del área de estudio, como resultado de los trabajos de caracterización bionómica mediante sónar multihaz, han sido detectados dos pecios de gran tamaño a 5,3 km rumbo sur de las instalaciones objeto de estudio.

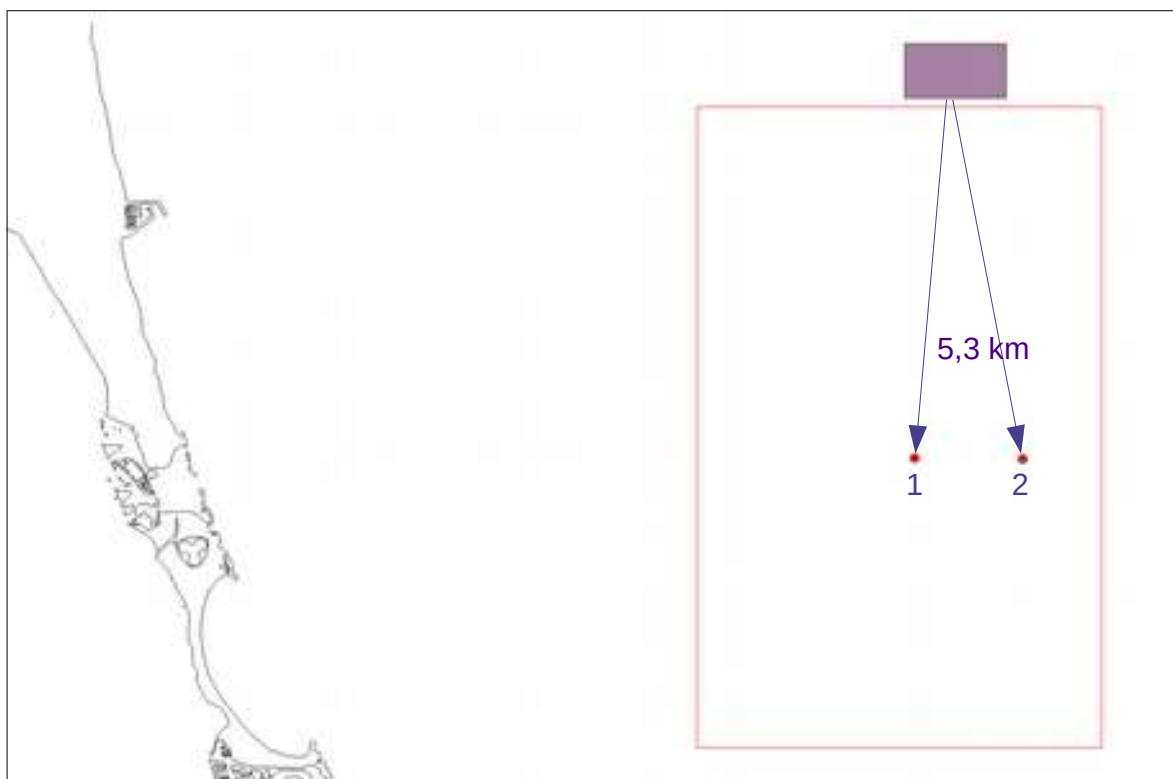


Figura 129. Esquema de la localización de los pecios respecto a la concesión proyectada. 1 - Carbonero o Thordisa (-44 m). 2 - Cobre o Vapor San Pedro (-47 m).

#### CARBONERO O THORDISA

- X=709091 Y=4184659 Z= -44m
- Quilla Abajo
- 88m eslora
- Orientación N-S

El pecio del Carbonero, o “Thordisa” fue un Vapor italiano de 2,819 t; 289 pies de eslora, 38 de manga, 20 de puntal y una máquina de 219 N.H.P., rebautizado en 1913 como “Lilla”. Fue hundido por el submarino alemán U-35 el 13 de octubre de 1917 y se encuentra posado sobre un fondo de arena de 45 metros de profundidad, en posición de navegación.

Constructor: Cardiff; 1888. Propietarios: T.Turnbull & Son, Whitby; 1888, bajo el nombre de “Thordisa”.

Al adquirirlo F. Degrossi; 1913, lo rebautizó como “Lilla” aunque hay fuentes que apuntan al nombre de “Lillia Dubild” como el mismo barco.

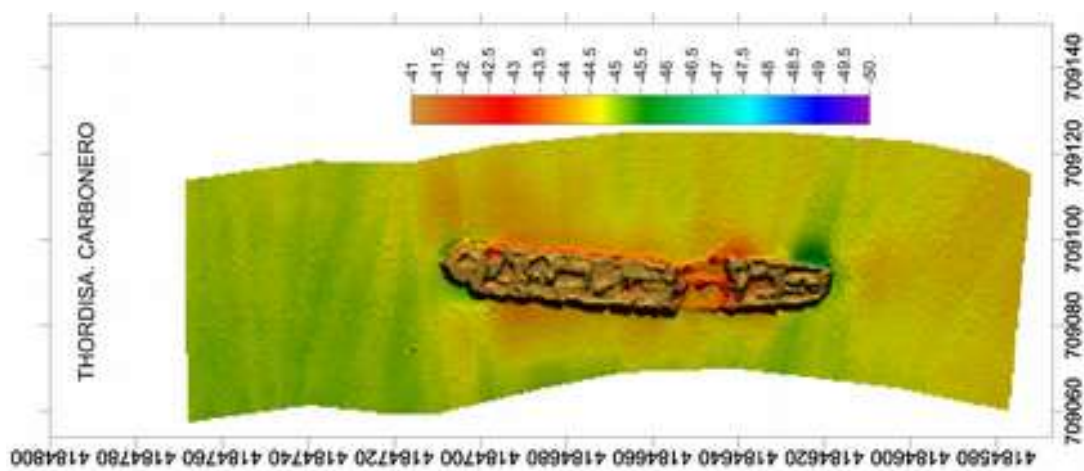
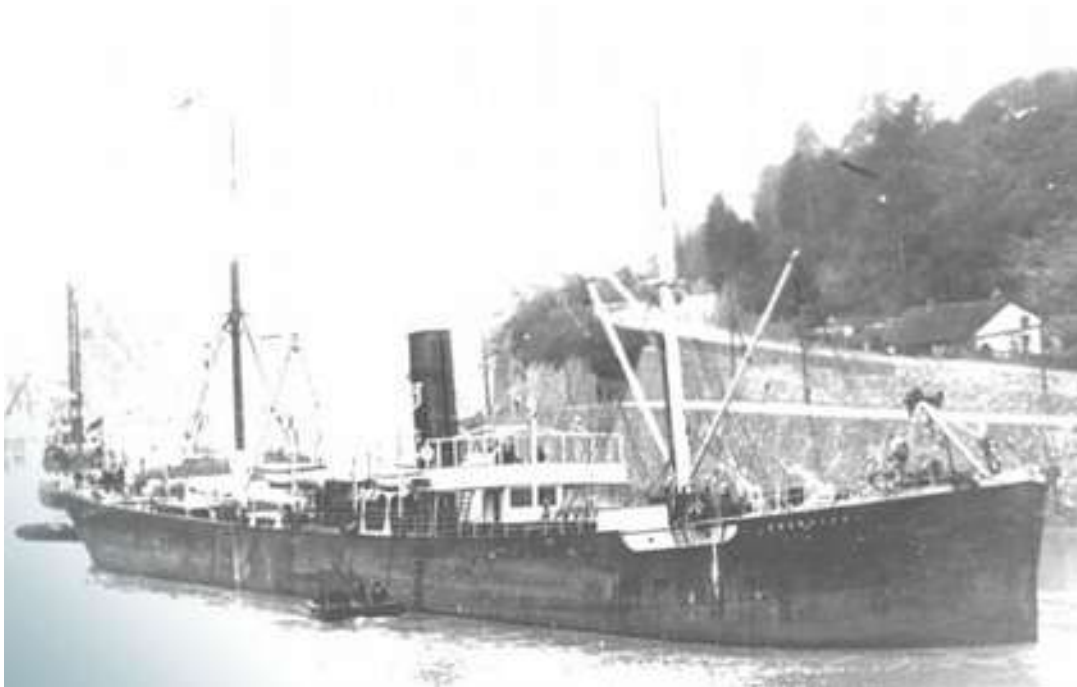


Figura 130. Foto histórica del barco y modelo sombreado del pecio.



Figura 131. Fotogramas correspondientes al pecio "Thordisa". Cortesía de Paul Ian Chapman.

### VAPOR DORIS O SAN PEDRO ("EL COBRE")

- X=710661 Y=4184761 Z= -48m
- Quilla arriba
- 104m eslora
- Orientación NNO-SSE

Constructor: N. OderofuA. & Co.; 1901. Propietario: Soc. Commerciale Italiana di Nav.

Vapor italiano de 3979 tons. 340 pies de eslora, 45 de manga y 19 de puntal, con una máquina de 322 N.H.P.

Durante la ruta Glasgow - Milford Heaven - Genova fue avistado y torpedeado en la costa española a las 08:15 PM del 13 de octubre de 1917 por el submarino alemán U-35 que patrullaba la zona. En el ataque lo alcanzó en proa produciendo una explosión al acertarle en la zona donde almacenaba la bencina (lejos de fuentes de calor como las calderas), que junto con el consecuente incendio lo llevó a pique, según las KTB del submarino, a las 00:20 AM, cuatro horas después. Al parecer, el día del hundimiento transportaba barriles de combustible (bencina) para los submarinos italianos.

Se trata de un pecio conocido en la zona como "el cobre", situado bocabajo en un fondo de arena de unos 48m.

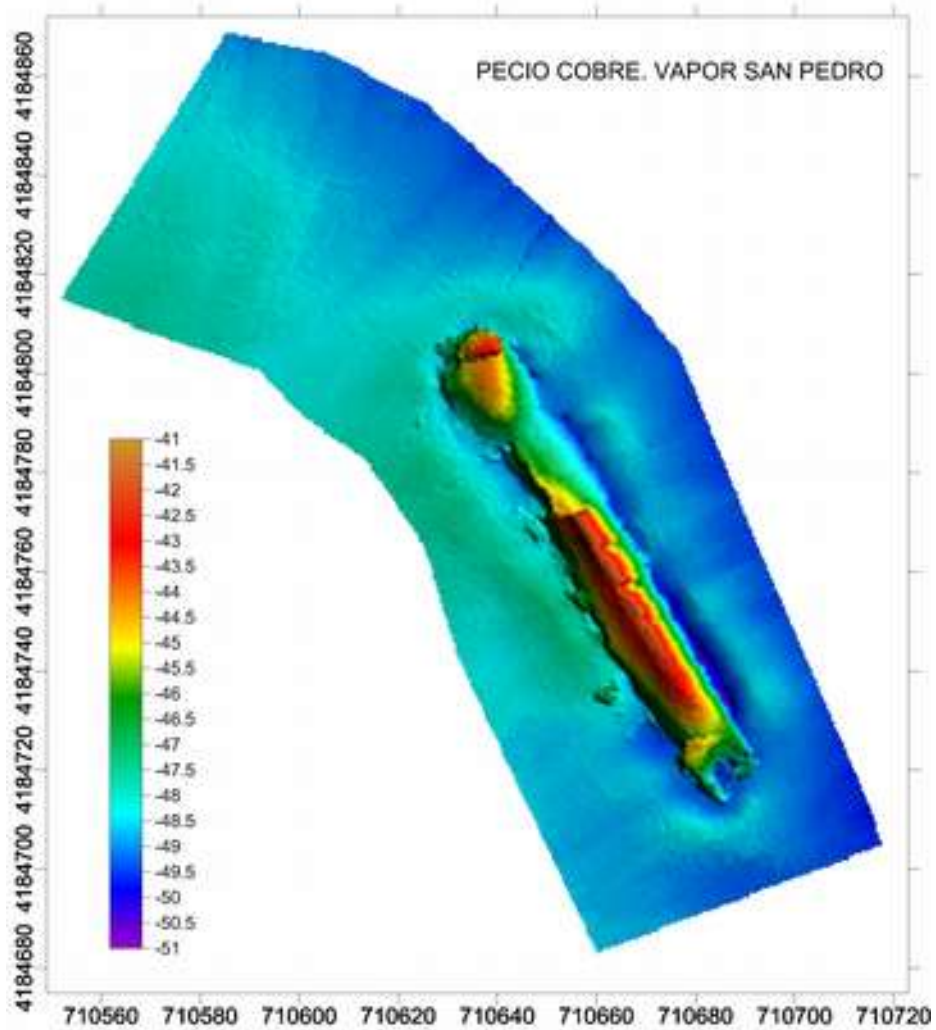


Figura 132. Modelo sombreado del pecio "El Cobre".



Figura 133. Fotogramas correspondientes al pecio “El Cobre”. Cortesía de Paul Ian Chapman.

EIA. Cultivo de peces litoral norte RM / DT2019/018

## **4.13. OTROS PLANES Y PROGRAMAS**

### **4.13.1. DIRECTIVA MARCO DEL AGUA (DMA).**

La Directiva 2000/60/EC del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2000, establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas (Directiva marco del agua), fue transpuesta al ordenamiento jurídico español mediante la modificación del texto refundido de la Ley de Aguas a través de la Ley 62/2003 de medidas fiscales, administrativas y de orden social.

El objeto de la DMA es establecer un marco para la protección de las aguas superficiales continentales, las aguas de transición, las aguas costeras y las aguas subterráneas que:

- a) prevenga todo deterioro adicional y proteja y mejore el estado de los ecosistemas acuáticos y, con respecto a sus necesidades de agua, de los ecosistemas terrestres y humedales directamente dependientes de los ecosistemas acuáticos.
- b) promueva un uso sostenible del agua basado en la protección a largo plazo de los recursos hídricos disponibles.
- c) tenga por objeto una mayor protección y mejora del medio acuático, entre otras formas mediante medidas específicas de reducción progresiva de los vertidos, las emisiones y las pérdidas de sustancias prioritarias, y mediante la interrupción o la supresión gradual de los vertidos, las emisiones y las pérdidas de sustancias peligrosas prioritarias; (...)"

La ORDEN ARM/2656/2008, de 10 de septiembre, por la que se aprueba la instrucción de planificación hidrológica, delimitó oficialmente las masas de aguas costeras concebidas como unidad de gestión operativa de cara a la adopción de medidas encaminadas a la obtención del "buen estado ecológico". Las masas de agua costeras identificadas para la demarcación adscrita a la Confederación Hidrográfica del Segura se muestran en la Figura 134. Esta clasificación se fundamenta en parámetros como del régimen mareal, salinidad, influencia de agua dulce, tipo de fondo y profundidad. En general se establece un límite basado en la batimetría de -30m para distinguir aguas costeras (in-shore) de las cercanas a costa (near-shore). Se trata de una delimitación un tanto artificial que tiene importantes consecuencias al establecer objetivos de calidad netamente diferentes para cada una de estas masas cuando realmente constituyen una unidad funcional. Las características del cuerpo de agua Mojón-Cabo Negrete corresponden a un caracterizado por salinidades superiores a 37,5 p.s.u., régimen micromareal (<1m), con baja influencia de aportes de agua dulce, y un fondo arenoso profundo.

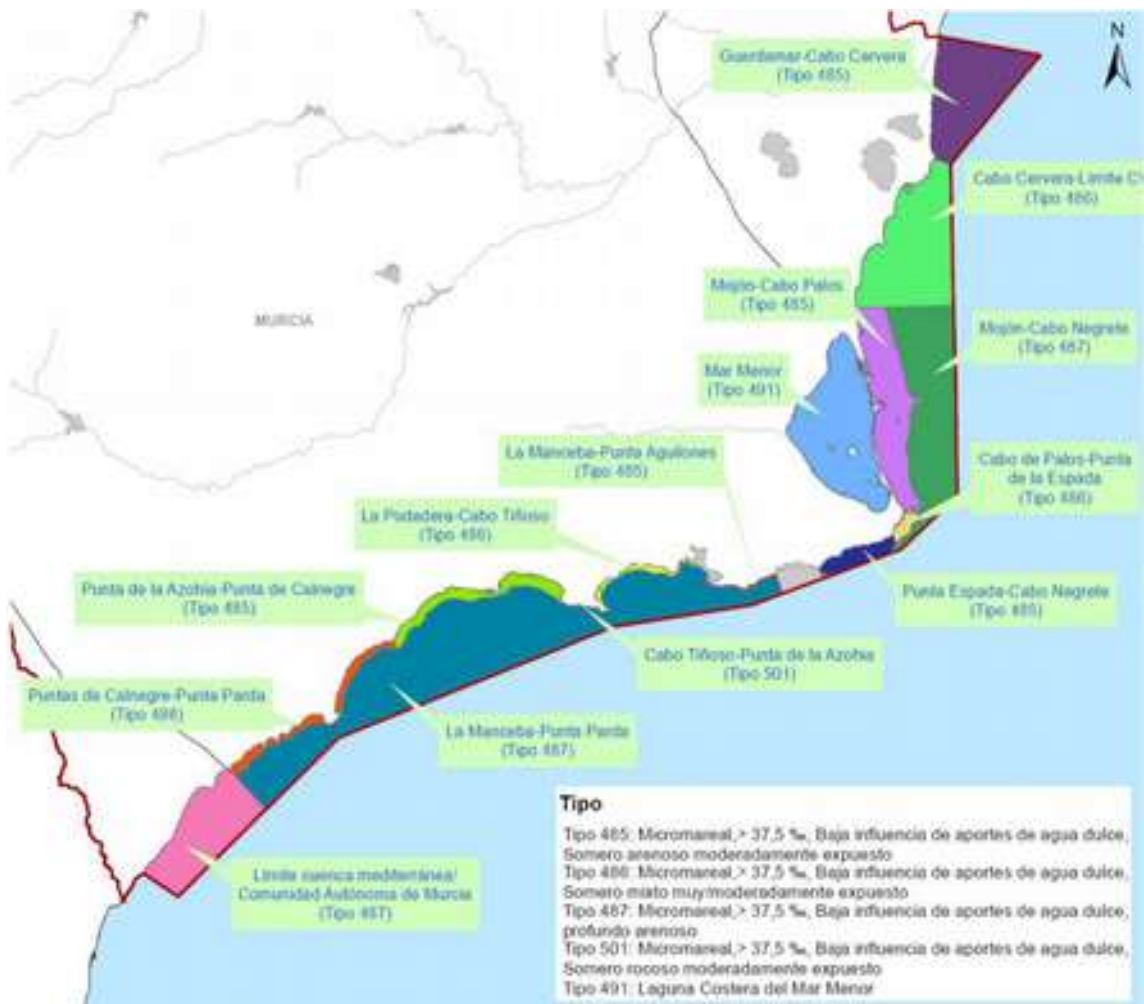


Figura 134: Masas de aguas costeras del litoral murciano comprendido entre Cabo Palos y Mojón.

Esta misma orden establece unos criterios de referencia en relación al buen estado ecológico para varios indicadores que se presentan en la Tabla 29.

Tabla 29: Indicadores para diferente elementos de calidad de la DMA y valores de referencia.

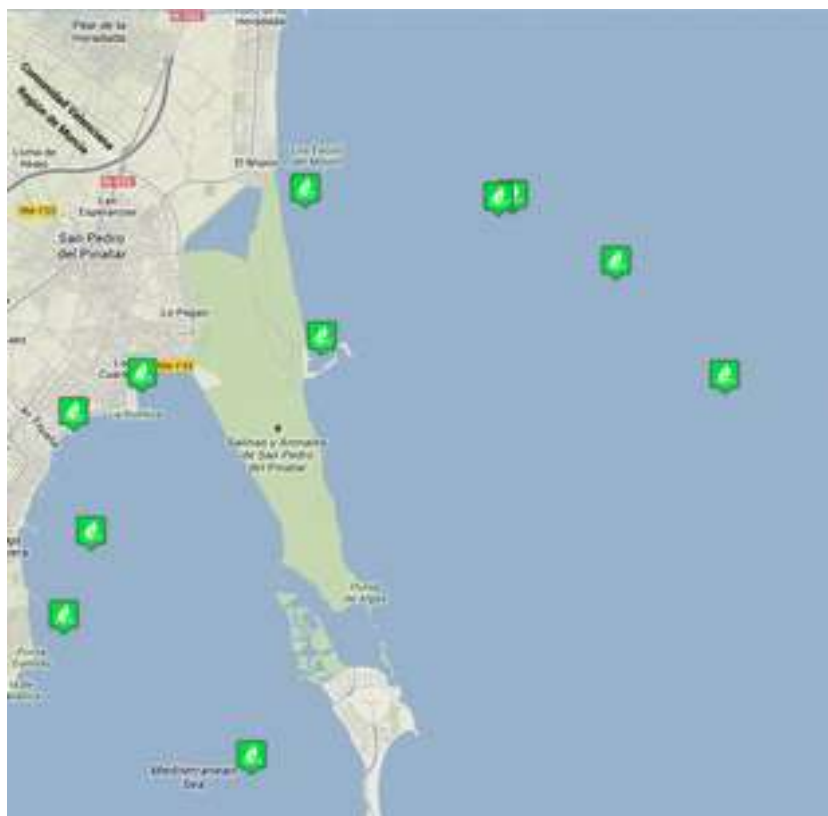
Elemento	Parámetro	Indicador	Cond. Ref.	Límite muy bueno/bueno	Límite bueno/moderado
Fitoplancton	Biomasa	Percentil 90 Chl-a (µg/l) inshore	2,2	2,6 RCE=0,85	3,6 RCE=0,47
		Percentil 90 Chl-a (µg/l) near-shore	0,90	1,1 RCE=0,80	1,8 RCE=0,50
Otra Flora acuática (macroalgas)	Composición y abundancia	CARLIT/Betnos	1	0,75	0,60
Otra Flora acuática (angiospermas)	Posidonia oceanica: Abundancia y otros descriptores (densidad de haces y superficie del haz)	POMI	1	0,775	0,550
Fauna Bentónica de invertebrados	Composición y abundancia	MEDOCC	0,2	1,3 RCE=0,73	3,2 RCE=0,47

En relación a los nutrientes existe la propuesta preliminar de umbrales para las aguas de tipo I, II y III (según instrucción de Planificación Hidrológica) según el documento no publicado “Metodología para la evaluación de los elementos de calidad fisicoquímicos del estado ecológico en la Ecorregión mediterránea” coordinado por el Ministerio de Agricultura, Agua y Medio Ambiente, los cuales se presentan en la figura 30. Como se observa, la propuesta de límites varía notablemente dependiendo de si la masa de agua es “in-shore” o “near- shore”,

**Tabla 30:** Valores de umbral del estado Bueno/Moderado de nutrientes acordados preliminarmente por las CCAA para las aguas Tipo III, II y I. Se presentan también los valores medios de nutrientes calculados para las áreas LEVC1 propuestos para la estrategia marina.

Tipo de agua		Umbral del estado Bueno/Moderado (concentración media en la masa de agua)			
		Amonio ( $\mu\text{M}$ )	Nitrato ( $\mu\text{M}$ )	Nitrato ( $\mu\text{M}$ )	Fosfato ( $\mu\text{M}$ )
Tipo IIIW	In-shore	4,6	7,3	0,46	0,76
	Near-Shore	2,3	3,65	"	0,38
Tipo II	In-shore	4,6	35,00	0,46	0,76
	Near-Shore	2,3	7,00	"	0,38
Tipo I	In-shore	4,6	75,00	0,46	0,76
	Near-Shore	2,3	15,00	"	0,38
Mar Menor	In-shore	4,6	12,9	0,46	0,76
	Near-Shore	2,3	6,45	"	0,38

El cumplimiento de estos criterios está siendo controlado a través de la Red de Control y Vigilancia de las Aguas Litorales, que localiza varias estaciones en las zonas de vertido de esta masa de agua (Figura 137).



**Figura 135:** Localización de las estaciones de la Red de Vigilancia de las Aguas Litorales de la Región de Murcia.

Es importante señalar que la directiva distingue diferentes tipos de estaciones

- Estaciones representativas: aquellas que reflejan la calidad general del cuerpo de agua respecto a las presiones que recibe.
- Estaciones impacto: son aquellas situadas en la zona de mezcla inicial de los vertidos presentes. Su propósito es permitir una cuantificación del vertido en el cuerpo de agua receptor.
- Estaciones de referencia: son aquellas mínimamente alteradas por la actividad humana. También sus cuencas vertientes deben poseer poca actividad humana y el paisaje natural supone el 90% del territorio. Los niveles aquí medidos de sustancias peligrosas constituirán los “niveles base”.

Así pues el cumplimiento de la DMA no exige que todas las estaciones alcancen los criterios de calidad del buen estado ecológico, sino sólo en el global de las representativas.

Los resultados de la evaluación inicial de estado de las masas para varios elementos de calidad llevada a cabo para la DMA se presenta en la Figuras 136, 137, 138, 141 y todos indican el buen estado de la misma.



**Figura 136:** Evaluación del elemento de calidad de macroalgas según delimitación de cuerpos de agua costeras, llevado a cabo para la DMA (Tomado de IEO, 2012).



**Figura 137:** Evaluación del elemento de calidad de agua (físico-química) según delimitación de cuerpos de agua costeras, llevado a cabo para la DMA.(Tomado de IEO, 2012)



**Figura 138:** Evaluación del elemento de calidad fitoplancton según delimitación de cuerpos de agua costeras, llevado a cabo para la DMA, (Tomado de IEO, 2012).

#### 4.13.2. DIRECTIVA SOBRE LA ESTRATEGIA MARINA EUROPEA (DMEM)

La Ley 41/2010, de 29 de diciembre, de Protección del Medio Marino constituye la transposición al sistema normativo español de la Directiva 2008/56/CE, de 17 de junio de 2008, por la que se establece un marco de acción comunitaria para la política del medio marino (Directiva Marco sobre la Estrategia Marina). El principal objetivo de dicha normativa es lograr o mantener un buen estado ambiental del medio marino a más tardar en el año 2020, para cuya consecución se crean las estrategias marinas como herramienta de planificación del medio marino.

La Comisión ha aprobado la Decisión de la Comisión 2010/477/UE sobre los criterios y las normas aplicables al buen estado ambiental de las aguas marinas. Esta Decisión contiene los criterios e indicadores asociados que permiten evaluar el buen estado ambiental, en relación a los 11 descriptores recogidos en el Anexo I de la Directiva. Las estrategias marinas aplicarán un enfoque ecosistémico respecto de la gestión de las actividades humanas, garantizándose que la presión conjunta de dichas actividades se mantenga en niveles compatibles con la consecución de un buen estado medioambiental y que no se comprometa la capacidad de los ecosistemas marinos de responder a los cambios inducidos por el hombre, permitiéndose a la vez el aprovechamiento sostenible de los bienes y servicios marinos por las actuales y las futuras generaciones.

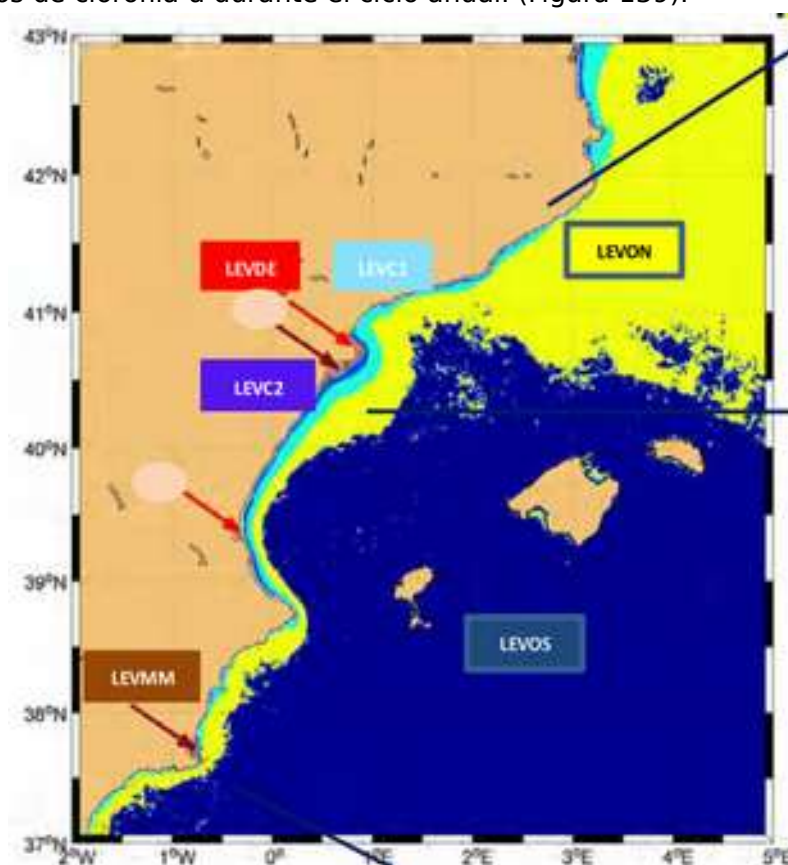
Para facilitar la coordinación nacional de aplicación de las estrategias marinas, se ha creado la *Comisión Interministerial de Estrategias Marinas* (Real Decreto 715/2012, de 20 de abril, por el que se crea la Comisión Interministerial de Estrategias Marinas) que tiene como función coordinar la elaboración, aplicación y seguimiento de la planificación del medio marino.

Actualmente se han finalizado los trabajos técnicos de las tres primeras fases (evaluación inicial, buen estado ambiental y objetivos ambientales) de las 5 estrategias marinas españolas, que constituyen el marco en el que basará la planificación del medio marino en los próximos años, con el fin de lograr su buen estado ambiental. De acuerdo con el artículo 10.3 de la Ley de Protección del Medio Marino, los objetivos ambientales de las estrategias marinas, junto con la definición de buen estado ambiental, se han aprobado por Acuerdo de Consejo de Ministros el 2 de noviembre de 2012 (Anexo del Acuerdo de Consejo de Ministros por el que se aprueban los objetivos ambientales de las estrategias marinas españolas).

En la actualidad el MAGRAMA está trabajando en la aplicación de la siguiente fase de las estrategias marinas, la elaboración de los programas de seguimiento. Estos programas deberán aprovechar al máximo los programas ya existentes, y ser coordinados y coherentes entre los países que comparten las distintas subregiones

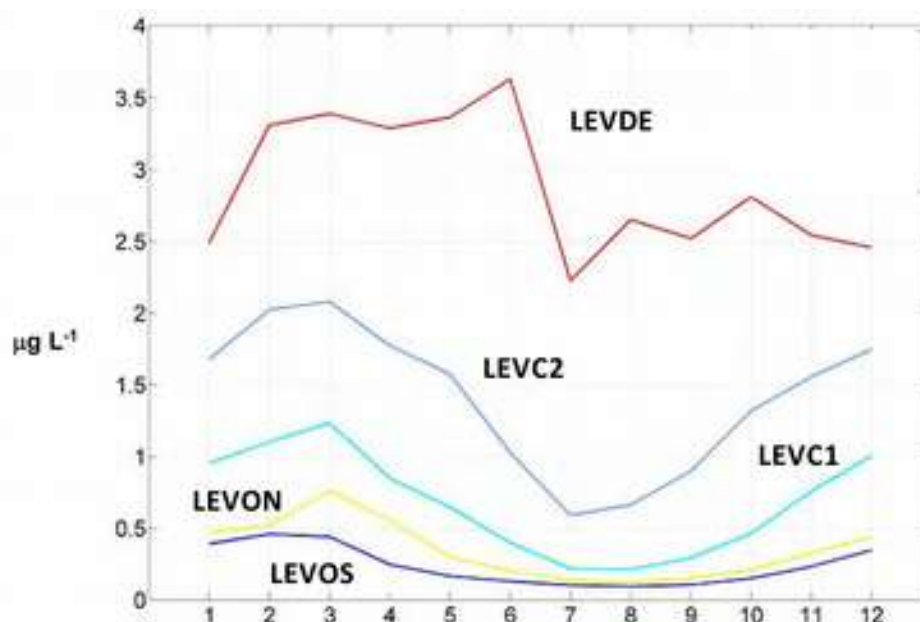
marinas. También serán sometidos a consulta pública, y deberán estar listos el 15 de julio de 2014.

Al respecto de los estudios iniciales el grupo de trabajo encargado de implementar la DMEM encabezado por el IEO realizó un estudio similar al D'Ortenzio y D'Alcalá (ver apartado 4.3.2) basado en un análisis clúster no jerárquico con los datos de clorofila-a de satélite de la demarcación ibero-levantina, clasificando las masas de agua en función no sólo de su concentración de clorofila promediada sino también de su ciclo estacional (en qué mes se produce el pico máximo de producción y cuál es su duración). Los resultados de este análisis establecieron más claramente el gradiente costero diferenciando hasta 6 clústeres caracterizados por presentar valores homogéneos de clorofila-a durante el ciclo anual. (Figura 139).



**Figura 139:** Resultados del análisis clúster de comportamiento de las masas de agua ibero levantinas en función de los valores de clorofila-a a lo largo del ciclo estacional (Tomado de IEO;2012)

De acuerdo a esta clasificación las masas de agua costeras de la Región de Murcia quedarían incluidos en los subtipos **LEVON** (amarillo) y **LEVC1** (azul claro), cuyos máximos fitoplanctónicos quedarían en  $0,7 \mu\text{gr/L Chl-a}$  (LEVON) y  $1,2 \mu\text{gr/L Chl-a}$  (LEVC1) tal y acontecerían en invierno (Figura 140). No obstante, como señalaron los autores del estudio, la escasez de datos locales para certificar dicha clasificación arroja algunos interrogantes sobre la misma. Las instalaciones objeto de estudio se localizarían en la zona LEVON.



**Figura 140:** Variación mensual de la concentración de clorofila-a promediada para cada zona de productividad presentada en la figura 139. (Tomado de IEO, 2012)

Para cada una de estas zonas se han establecido los valores de base para los indicadores que son susceptibles de análisis cuantitativo, que se presentan en las siguientes tablas:

**Tabla 31:** Descripción estadística de los valores de base para cada tipo costero definido en la DMEM para el indicador nitrato (Tomado de IEO, 2012).

	Nitrato ( $\mu\text{mol L}^{-1}$ )							
	n	max	min	media	mediana	moda	perct90	DE
LEVOS	805	8,9	0,04	0,2	0,09	0,04	0,3	0,6
LEVON	774	8,9	0,04	0,4	0,12	0,04	0,9	0,8
LEVC1	331	9,6	0,04	0,8	0,2	0,04	2,0	1,5
LEVC2	100	8,0	0,08	2,01	1,5	0,4	4,3	1,7
LEVDE	36	9,8	0,1	2,3	1,8	1,8	5,1	2,1
LEVMM	121	7,2	0,1	0,91	0,4	0,1	2,3	1,5

**Tabla 32:** Descripción estadística de los valores de base para cada tipo costero definido en la DMEM para el indicador nitrito (Tomado de IEO, 2012).

Nitrito ( $\mu\text{mol L}^{-1}$ )								
	n	max	min	media	mediana	moda	perct90	DE
LEVOS	518	1,2	0,04	0,08	0,04	0,04	0,15	0,12
LEVON	649	3,0	0,04	0,10	0,04	0,04	0,16	0,20
LEVC1	323	1,1	0,04	0,12	0,07	0,04	0,26	0,15
LEVC2	52	0,86	0,02	0,13	0,09	0,09	0,13	0,15
LEVDE	57	0,87	0,04	0,13	0,12	0,12	0,18	0,11
LEVMM	148	4,5	0,04	0,39	0,08	0,04	0,90	0,83

**Tabla 33:** Descripción estadística de los valores de base para cada tipo costero definido en la DMEM para el indicador amonio (Tomado de IEO, 2012).

Amonio ( $\mu\text{mol L}^{-1}$ )								
	n	max	min	media	mediana	moda	perct90	DE
LEVOS	5	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	-
LEVON	32	1,08	0,04	0,11	0,04	0,04	0,20	0,20
LEVC1	21	0,45	0,06	0,29	0,28	0,28	0,43	0,10
LEVC2	50	0,82	0,04	0,16	0,13	0,15	0,23	0,15
LEVDE	43	5,0	0,04	0,30	0,08	0,04	0,61	0,77
LEVMM								

**Tabla 34:** Descripción estadística de los valores de base para cada tipo costero definido en la DMEM para el indicador fosfato (Tomado de IEO, 2012).

Fosfato ( $\mu\text{mol L}^{-1}$ )								
	n	max	min	media	mediana	moda	perct90	DE
LEVOS	802	2,0	0,04	0,07	0,04	0,04	0,10	0,10
LEVON	936	2,5	0,04	0,07	0,04	0,04	0,10	0,12
LEVC1	379	0,91	0,04	0,07	0,05	0,04	0,15	0,08
LEVC2	211	1,6	0,04	0,13	0,09	0,04	0,21	0,16
LEVDE	136	3,1	0,04	0,17	0,08	0,04	0,19	0,40
LEVMM	144	3,7	0,04	0,18	0,08	0,05	0,26	0,42

**Tabla 35:** Descripción estadística de los valores de base para cada tipo costero definido en la DMEM para el indicador silicato (Tomado de IEO, 2012).

Silicato ( $\mu\text{mol L}^{-1}$ )								
	n	max	min	media	mediana	moda	perct90	DE
LEVOS	846	9,2	0,04	1,2	0,90	0,67	2,4	0,89
LEVON	1264	9,3	0,04	1,04	0,76	0,71	1,9	0,86
LEVC1	331	9,1	0,07	1,5	1,1	0,80	3,1	1,3
LEVC2	270	6,6	0,10	2,7	2,6	2,5	4,3	1,2
LEVDE	141	9,0	0,10	3,4	3,2	3,1	5,4	1,5
LEVMM	51	9,4	0,60	2,9	1,6	1,6	7,4	2,7

Finalmente el riesgo de una carga elevada de nutrientes ha sido evaluado en base al análisis de tendencia y entrada de nutrientes según el denominado índice de nutrientes, para la cuadrícula de estudio este índice es bajo y se sitúa entre 0,26-0,5 (Figura 141).



**Figura 141:** Nivel de carga de nutrientes según tramos del litoral levantino español, (Tomado de IEO, 2012).

#### 4.13.3. CONVENIO DE BARCELONA (MEDPOL)

El Convenio de Barcelona y sus Protocolos estipulan varias obligaciones que deben ser asumidas por las Partes Contratantes. Muchas tareas que se iniciaron durante la Fase III de MEDPOL en cumplimiento de esas responsabilidades proseguirán durante la Fase IV. El alcance de la Fase IV de MEDPOL se aprobó en la reunión de las Partes Contratantes celebrada en Eslovenia en noviembre de 2005 (UNEP(DEC)/MED IG.16.5/Anexo III). MEDPOL IV mantendrá la mayoría de los elementos básicos de MEDPOL III, y, en consecuencia, los países seguirán ocupándose de la evolución de la contaminación marina y costera y de su control utilizando los mismos instrumentos (p. ej., seguimiento, creación de capacidad, evaluaciones, elaboración de medidas de control,

etc.) que se aplicaron con éxito en el pasado. No obstante, tomando en consideración los resultados de la evaluación de la Fase III de MEDPOL, basada en el análisis del marco legislativo del PAM y en las iniciativas y tendencias contemporáneas en la protección del medio ambiente, y las evoluciones recientes de las políticas en los planos regional e internacional, se deduce que varias cuestiones importantes no han sido abarcadas, o no lo han sido de manera adecuada, por el ámbito de MEDPOL III y se incluirán gradualmente en su Fase IV, tal como lo han convenido las Partes Contratantes (véase UNEP(DEC)/MED IG.16.5/Anexo III). En definitiva la Fase IV de MEDPOL aumentará el ámbito y la importancia de sus actividades. De entre ellas es conveniente destacar especialmente:

1. El control de las fuentes de contaminación en las cuencas fluviales y en las aguas subterráneas, en lo que respecta a las aportaciones al medio marino (tal como se preconizó en la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible (CMDS) y en la Unión Europea, y como se prevé en los artículos pertinentes del Protocolo sobre la Contaminación de Origen Terrestre);
2. El establecimiento de Planes y Programas para hacer frente a la alteración y la destrucción físicas de los hábitats en cooperación con los órganos regionales competentes (tal como se prescribe en el Programa 21, del Programa de Acción Estratégica);
3. Una utilización más amplia de actividades de prevención y precaución, en el control de la contaminación, especialmente mediante la preparación de evaluaciones del impacto ambiental, las mejores técnicas disponibles y las mejores prácticas ecológicas en relación con las actividades planificadas que pueda constituir una fuente importante de contaminación marina (como se prevé en los Protocolos sobre la Contaminación de Origen Terrestre y sobre Vertidos, y en el Programa de Acción Estratégica (PAE));
4. El tratamiento del “medio marino” de una forma holística, es decir, como un conjunto integrado consistente en la zona del mar y en la zona costera terrestre adyacente (tal como respalda el Programa 21 y en la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible (CMDS), y como apunta el título revisado del Convenio de Barcelona y se prevé en el artículo 1 de la Convención);
5. La aplicación del enfoque ecosistémico a la gestión de las actividades humanas, con inclusión del control de la contaminación (tal como apoya un amplio segmento de la comunidad científica, propuesta por el PAE3 y la Unión Europea, respaldada por la evaluación de la Fase III de MED POL y adoptada por varios programas regionales de lucha contra la contaminación);

6. El seguimiento y la evaluación de los efectos ambientales y de las repercusiones ecológicas de la administración pesquera, con inclusión de la acuicultura, sobre los ecosistemas (tal como se preconiza en el enfoque del ecosistema con respecto a la gestión de las actividades humanas y tal como se practica en otros programas de mares regionales de Europa) así como las actividades de desalinización del agua del mar;
7. El seguimiento y la evaluación de los efectos ambientales relacionados con la producción de energía y el transporte marítimo, en cooperación con otros órganos internacionales y regionales competentes;

La evaluación de los riesgos para la salud relacionados con la calidad de las aguas para baños y para el cultivo de moluscos, y los establecimientos y las instalaciones turísticas.

Algunas de las cuestiones mencionadas puede parecer que quedan fuera del alcance de un programa inicialmente destinado para el control de la contaminación marina. No obstante, si bien el control sectorial de la contaminación marina, definido de manera restringida, pueda haber sido considerado en 1975 como un remedio eficaz a los males de la cuenca mediterránea, las modificaciones adoptadas desde 1995 en el marco legislativo del PAM constituyen un claro indicio de que las Partes en la Convención han cambiado el centro de su atención. La atención ya no se concentra exclusivamente en la protección del mar Mediterráneo contra la contaminación, sino que se extiende a una meta más amplia y más ambiciosa: la protección del medio marino y de la región costera del Mediterráneo como una contribución al desarrollo sostenible. El Programa 21, las iniciativas contemporáneas globales y regionales y las tendencias en el enfoque de la protección ambiental, y el cambio en los principios que sirven de base al marco legislativo actual del PAM, justifican estos ajustes en el ámbito actual de MED POL, de manera que los informes para MED POL integren los datos de los seguimientos y las evaluaciones ambientales realizadas, tanto sobre la actividad como sobre las medidas de control de la contaminación adoptadas

Otro principio básico de la Fase IV de MED POL es que todas las metodologías deben estar armonizadas con las utilizadas en otros órganos regionales y Convenios Internacionales en las que también están implicadas las partes contratantes. Esta armonización debe considerar la selección de indicadores, estandarización de protocolos y técnicas, así como los formatos de datos manejados. Con este fin, se promoverá la cooperación con la Unión Europea, la Comisión OSPAR e ICES, y especialmente los ejercicios de intercalibración y el intercambio de bases de datos. En este sentido se pretende adoptar un sistema equivalente al RID de OSPAR para la cuenca Mediterránea.

Para dar cumplida respuesta a este nuevo marco, hace necesario revisar las redes de seguimiento para el control de la contaminación que mantienen las CCAA.

#### 4.13.4. PLAN DE ORDENACIÓN TERRITORIAL DEL LITORAL DE LA REGIÓN DE MURCIA

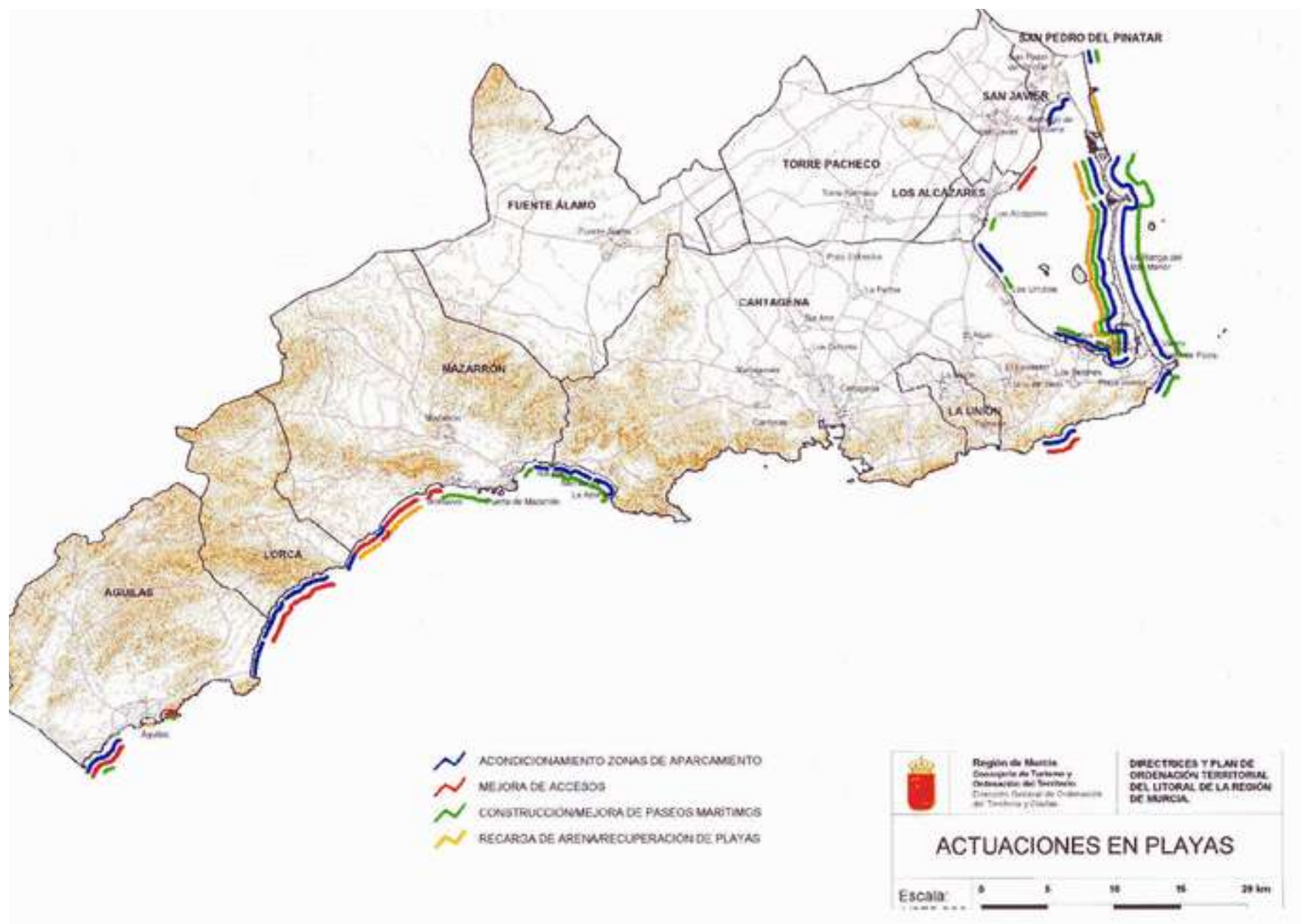
Las Directrices de Ordenación del Litoral (en adelante DOL) tienen por objeto, la regulación de actividades y la coordinación de las políticas urbanísticas y sectoriales en su ámbito de actuación, el cual tendrá carácter subregional al contener Actuaciones Estratégicas y Estructurantes de especial incidencia territorial para la Región de Murcia.

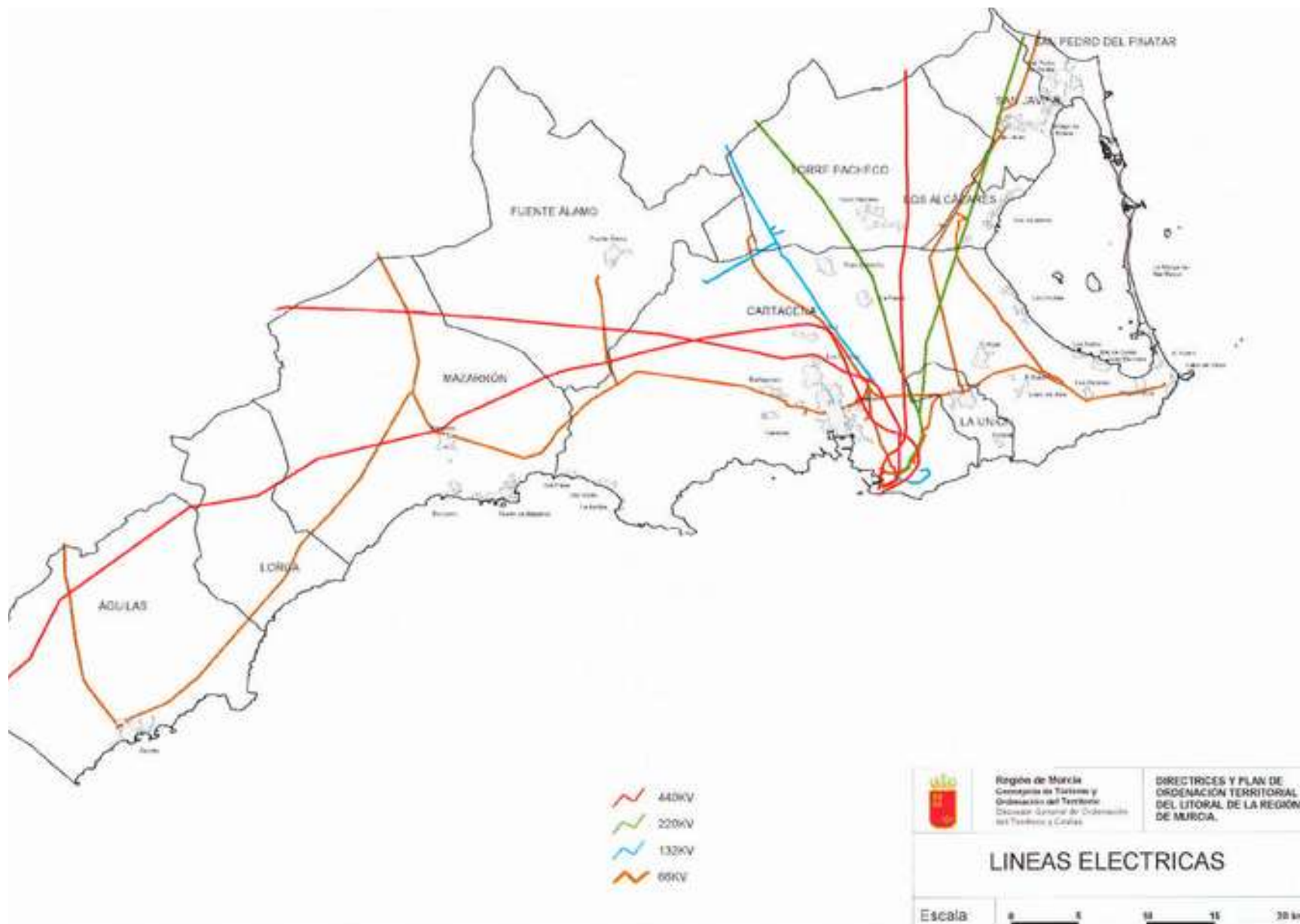
El Plan de Ordenación Territorial del Litoral de la Región de Murcia tiene por objeto la regulación de la política territorial en su ámbito de aplicación, que se corresponde con los términos municipales de San Pedro del Pinatar, San Javier, Torre Pacheco, Los Alcázares, Fuente Álamo, Cartagena, La Unión, Mazarrón, Águilas y la zona litoral del municipio de Lorca.

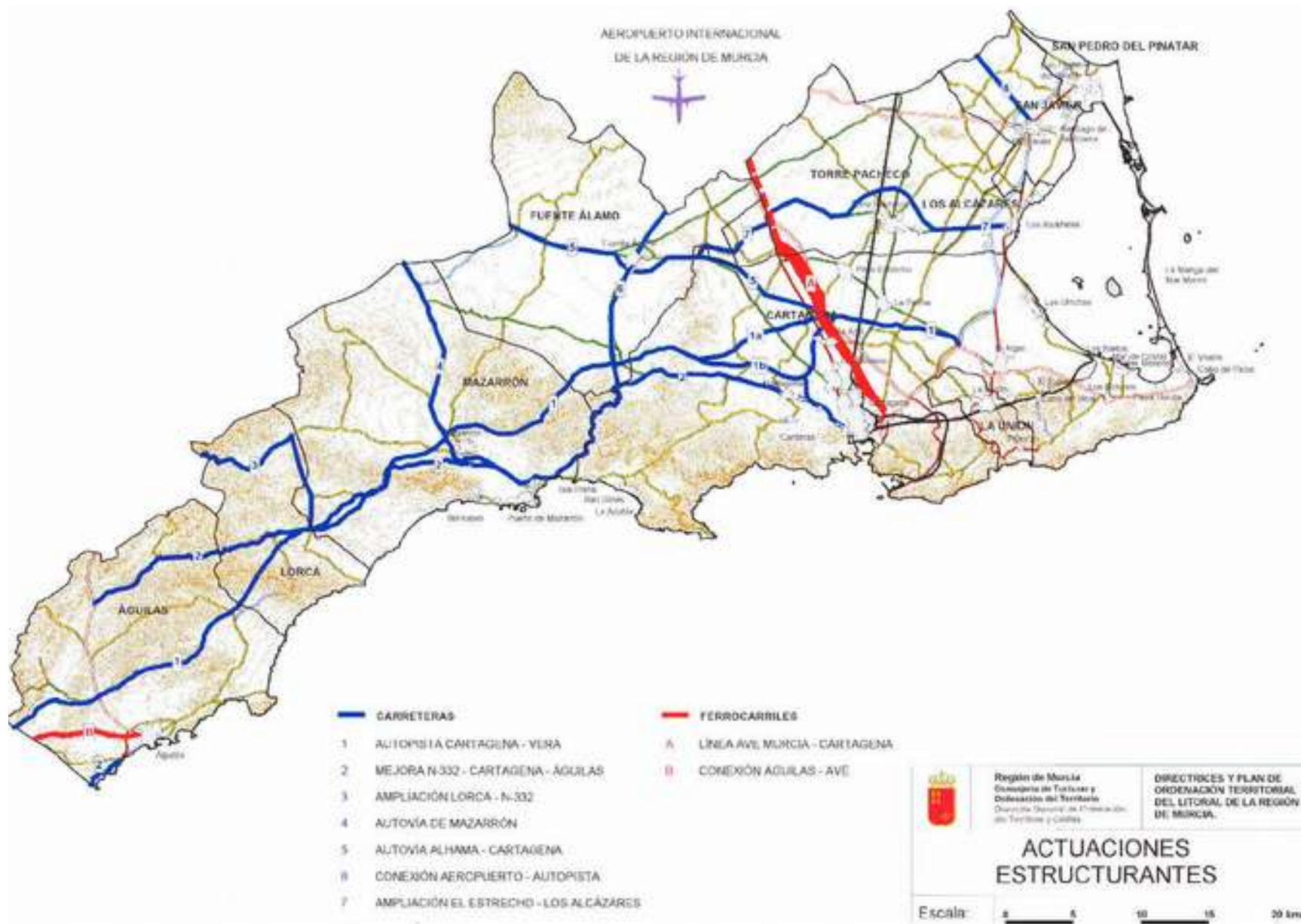
**ACTUACIONES EN PLAYAS:** El rápido desarrollo y la escasa planificación de las actuaciones urbanísticas de la costa repercuten negativamente en el atractivo turístico del litoral. La insuficiente oferta de equipamientos y servicios que ofrecen las playas reduce igualmente dicho atractivo. Para corregir estas deficiencias y encuadrar los desarrollos urbanísticos futuros en un diseño de la costa orientado a su puesta en valor turístico se desarrollan los Planes de Ordenación del Litoral, que incorporan los siguientes puntos:

- Paseos Marítimos y regeneración de playas en coordinación con la Administración del Estado.
- Accesos peatonales y rodados al litoral
- Construcción y mejora de aparcamientos
- Mejora de las dotaciones de las playas
- Ordenación de fachadas marítimas
- Potenciación de la implantación e integración arquitectónica de energías renovables en la edificación con usos intensivos energéticos en el ámbito turístico y residencial

Concretamente, las actuaciones contempladas no implican ningún efecto sobre las zonas susceptibles de padecerlos por proximidad, como es la Playa del Mojón y la Llana.









## 5. EVALUACIÓN DE EFECTOS

En este apartado se definen todas aquellas acciones del proyecto que pudieran originar un impacto apreciable sobre el medio, considerando sus diferentes etapas de desarrollo. Así, se consideran las acciones contempladas para la instalación del sistema de amarres y jaulas en la fase de construcción y la presencia de las instalaciones, de los animales y las actividades de alimentación y mantenimiento llevadas a cabo durante la fase de funcionamiento. Finalmente se recoge la acción de desmantelamiento de instalaciones en la fase final de abandono de la actividad.

Una vez definidas las acciones y factores se conformará una matriz de doble entrada en la que se identificarán los impactos (interacciones posibles entre una acción y un factor o relaciones causa-efecto). De esta matriz se seleccionarán tan sólo aquellas interacciones susceptibles de producir impactos de cierta importancia, eliminando, previa justificación, todas aquellas que impliquen impactos no significativos para la escala de trabajo.

### 5.1. ACCIONES SUSCEPTIBLES DE PRODUCIR IMPACTOS

#### 5.1.1. FASE DE CONSTRUCCIÓN

- Instalación muertos y amarres: esta acción se refiere a los efectos sobre el medio durante la instalación de los muertos de anclaje utilizados de apoyo para todo el sistema de amarres que configura la concesión. Debido a las características de estas estructuras y la corta duración de estas operaciones no se consideran significativos.
- Instalación jaulas: se refiere al impacto originado por el transporte mediante embarcación e instalación de las jaulas utilizadas para el engorde de los peces (sistema de flotadores y bolsillos). No se prevé ningún efecto asociado a esta acción.
- Tráfico embarcaciones: se refiere al impacto originado por el tráfico de embarcaciones durante las tareas de montaje de las jaulas como consecuencia del vertido de hidrocarburos y otros tipos de desecho, así como, por la emisión de CO<sub>2</sub>. Igualmente, el corto periodo previsto para la ejecución de estas tareas, no prevé efectos significativos por parte de esta acción aunque se tendrán en cuenta las emisiones de CO<sub>2</sub> de esta fase para los cálculos de la huella de carbono.

### 5.1.2. FASE DE FUNCIONAMIENTO

- Presencia de la instalación. se refiere al impacto originado por la presencia de las diferentes estructuras de la concesión, tras su instalación, sobre factores como el hidrodinamismo, paisaje, calidad de agua, etc. Se considera asociado a esta acción el impacto relacionado con el desarrollo de las comunidades de *fouling* sobre la instalación. Esta interacción sí se considera significativa para su valoración.
- Consumo recursos (alimentación): relativo a los efectos indirectos sobre la sostenibilidad del recurso por la posible explotación de caladeros con destino a la fabricación de piensos.
- Vertido particulado (Acción directa): corresponde al vertido de los excedentes de alimento (pienso) que no son consumidos y al vertido de heces en forma particulada que sedimentan sobre las comunidades biológicas presentes en los fondos marinos. Es un vertido directo de clara componente vertical.
- Vertido disuelto (Acción difusa): Se refiere al vertido de sustancias disueltas en la columna de agua, tanto de forma directa (excreción de amonio), como indirecta, relativa a los procesos de lixiviación y remineralización a partir de la materia orgánica particulada. En su transporte domina la componente horizontal. Por motivos prácticos se incluye aquí la fracción del vertido particulado equivalente a detritus que por sus ínfimas tasas de sedimentación se comporta como material en suspensión y su transporte y difusión es análogo al de las sustancias disueltas.
- Tráfico de embarcaciones. Se refiere a los efectos producidos por el tráfico de embarcaciones que se realizará a diario para la alimentación de los peces.
- Tareas de mantenimiento. Se refiere a los efectos del vertido accidental u ocasional de cualquier tipo de residuos sólidos (*fouling*, basuras, etc.), relacionado con las tareas de supervisión, reparación y mantenimiento de las estructuras de la instalación. Esta acción se considerará en la valoración de los impactos.
- Presencia peces estabulados: la mera presencia de los peces en cultivo supone un efecto de atracción sobre depredadores y reclamo sobre otras comunidades ícticas. Esta acción se considerará en la valoración de los impactos.
- Uso de Medicamentos y productos químicos: Se refiere a la posible contaminación de las comunidades y cadenas tróficas, debido a la utilización de antibióticos usados para el tratamiento de enfermedades en los cultivos y otros productos químicos (ej. pinturas antifouling) en las tareas de mantenimiento y se considera significativa para su valoración.

### 5.1.3. FASE DE ABANDONO

- Desmantelamiento de las instalaciones. Referido a posibles perturbaciones generadas por las acciones de retirada de las instalaciones.
- Tráfico embarcaciones: se refiere al impacto originado por el tráfico de embarcaciones durante las tareas de desmantelamiento de las jaulas como consecuencia del vertido de hidrocarburos y otros tipos de desecho, así como por la emisión de ruidos y humos. Igualmente el corto periodo previsto para la ejecución de estas tareas, no prevé efectos significativos por parte de esta acción.

## 5.2. DESCRIPCIÓN DE LOS FACTORES AMBIENTALES SUSCEPTIBLES DE RECIBIR IMPACTOS

Aquí se definen todos los elementos del medio físico, biótico, perceptivo y socioeconómico que puedan verse afectados por los impactos originados por las diferentes acciones. No se consideran aquí todas las comunidades biológicas descritas en el apartado 4, sino sólo aquellas localizadas dentro del área de influencia de los vertidos de las instalaciones proyectadas, establecidos de acuerdo a los resultados del estudio de dispersión, basado a su vez en un modelo hidrodinámico de la zona de estudio (Anexo II).

### 5.2.1. MEDIO FÍSICO

- Dinámica litoral. Se refiere a la posible modificación del oleaje, corrientes o dinámica sedimentaria.
- Calidad del agua. Se refiere a las posibles perturbaciones de los parámetros físico-químicos que caracterizan la calidad del agua.
- Calidad del sedimento. Se refiere a las posibles perturbaciones de la calidad de los sedimentos.
- Calidad del aire. Se refiere a las posibles emisiones de humos y ruidos.

### 5.2.2. MEDIO BIÓTICO

- Fondos detríticos costeros. Posible impacto sobre las comunidades de fondos blandos profundos, enfangados o no, con especial referencia a las facies de precoralígeno disperso asentado sobre afloramiento calcareníticos.
- Facies de rodolitos: posible impactos sobre las facies de rodolitos con presencia de *Peyssonella rosa-marina*.

- Pradera de *Posidonia oceanica*. Posibles impactos sobre la estructura espacial y biocenosis de la pradera de *Posidonia oceanica*.
- Aves marinas. Posibles interacciones sobre las colonias de aves marinas.
- Comunidades de reptiles y mamíferos marinos. Posibles interacciones sobre estas comunidades presentes en la zona.
- Poblaciones ícticas (otras pesquerías). Referidas a los posibles efectos de sumidero de especies de interés pesquero, o de consumo del recurso para carnada o fabricación de pienso.
- Comunidades planctónicas. Posible riesgo de eutrofización de la columna de agua.

### 5.2.3. MEDIO PERCEPTIVO

- Paisaje. Afección sobre la calidad paisajística de la zona.
- Calidad atmosférica. Se refiere a las posibles alteraciones de la calidad del aire (emisión de humos) y del nivel de ruidos que se originan a partir del tráfico de embarcaciones en la zona.

### 5.2.4. MEDIO SOCIOECONÓMICO

Influencia de las posibles perturbaciones del medio sobre las diferentes actividades socioeconómicas actualmente presentes en la zona.

- Pesca profesional y deportiva. Posibles perturbaciones sobre la actividad pesquera en sus diferentes acepciones artesanal, profesional y deportiva y sus capturas.
- Actividades náutico deportivas. Posibles modificaciones de la práctica de las actividades subacuáticas por afectación del proyecto sobre aquellas zonas idóneas para la realización de esta actividad.
- Navegación. Posible modificación sobre el tránsito y frecuentación de embarcaciones.
- Socioeconomía. Se refiere a las posibles efectos que puedan afectar a la socioeconomía y población residente o visitante de la zona.
- Patrimonio cultural. Posible influencia del proyecto sobre los valores culturales presentes en la zona.

- Planificación Territorial. Existencia de posibles interacciones de los emplazamientos propuestos en el proyecto con la planificación urbanística y territorial en la zona.
- Salud humana. Posibles efectos en la salud humana.
- Cambio climático. Influencia sobre el cambio climático.

## 5.3. MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS

### 5.3.1. METODOLOGÍA. MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS

La matriz de identificación de impactos, se construye enfrentando las acciones definidas anteriormente, y separadas en sus diferentes fases (construcción, funcionamiento y abandono) con los factores del medio o componentes ambientales considerados. La Figura 142 ayuda a determinar estas interacciones y su entorno espacial de influencia. Por su parte la Tabla 36 muestra todas la posibles interacciones al tiempo que señala, en base a un código de colores, su relevancia de cara a ser consideradas en la valoración de impactos. De esta forma aparecen en blanco una serie de acciones (filas) y factores (columnas), para las que no se prevé interacción; las casillas de color **verde** indican aquellas interacciones que existen pero que por las características de la instalación o su ubicación, son de menor entidad, por tanto, se consideran irrelevantes para la valoración; por el contrario aquellas casillas señaladas en color **gris**, señalan interacciones que deben ser valoradas por su relevancia en cuanto a la afección ambiental. Varias casillas pueden aparecer enmarcadas por un borde **azul** indicando la existencia de fenómenos de sinergia y/o acumulación sobre un mismo factor ambiental que aconsejan la evaluación conjunta para determinar el grado de deterioro global del mismo. Se evita de esta manera por ejemplo la evaluación independiente de varios impactos que analizados de forma aislada pudieran considerarse compatibles pero cuyo efecto conjunto sea inaceptable.



Tabla 36: Matriz de identificación de impactos, el color gris indica impacto significativo, el verde no significativo, los impactos envueltos por un borde azul corresponden a efectos acumulativos y/o sinérgicos que deben ser evaluados de forma conjunta. (\*) Correspondencias con RN2000.

MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN		MEDIO FÍSICO					MEDIO BIÓTICO							MEDIO SOCIOECONÓMICO								
		Dinámica Litoral	Calidad del agua	Calidad del sedimento	Calidad del aire	Cambio climático	Comunidades de Fango	Pradera de <i>P. oceanica</i> *	Avifauna marina	Com. Reptiles y Mamíferos marinos*	Poblaciones ícticas locales	Poblaciones ícticas (otras pesquerías)	Detritico costero enfangado* (Com. Gorgoniáceos)	Com. planctónicas	Paisaje	Pesca profesional y Deportiva	Actividades náutico Deportivas	Navegación	Socioeconomía	Patrimonio cultural	Planificación territorial	Salud humana
INSTALA	Infraestructuras marinas																					
	Tráfico de embarcaciones																					
FUNCIONAMIENTO	Presencia de la instalación																					
	Presencia de los peces estabulados																					
	Uso medicamentos y prod. Químicos																					
	Vertido particulado (Alim. + Defec.)																					
	Vertido disuelto (Excr./lixiv.)																					
	Tráfico de embarcaciones																					
	Consumo alimento																					
	Tareas de mantenimiento																					
	Desmantelamiento																					
	El color gris indica impacto relevante para la valoración de impactos																					
El color verde indica impacto irrelevante para la valoración de impactos																						
El borde azul indica efectos acumulativos o sinérgicos que son valorados conjuntamente																						

El color gris indica impacto relevante para la valoración de impactos

El color verde indica impacto irrelevante para la valoración de impactos

El borde azul indica efectos acumulativos o sinérgicos que son valorados conjuntamente

### 5.3.2. DESCRIPCIÓN DE LA MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS

- Las tareas relativas al traslado, montaje e instalación de las nuevas jaulas, constituyen la única acción inicial del proyecto. Se considera que ninguno de los elementos del medio se verá afectado de forma relevante por estas actuaciones debido a que el proceso de instalación se prevé con una duración breve de tres semanas, con la participación de una única embarcación y a que el ensamblado de la jaula ocurre en puerto. Debido a su temporalidad, distancia a costa y dada su escasa entidad de estas acciones se ha considerado como no relevantes (verde). Lo mismo ocurre en la fase de desmantelamiento donde, pese a que se señalan, estos efectos serán positivos, permitiendo que se vuelva a la situación actual transcurrido un tiempo más o menos largo.
- La potencial presencia de restos arqueológicos ha sido descartada en base al inventario de yacimientos. Tampoco la disposición de muertos y amarres sobre el lecho marino es una acción que pudiera afectar a los yacimientos enterrados, por ello se ha descartado este impacto como significativo. En la zona de trabajo se ha constatado la presencia de dos pecios localizados a 5,3 km en dirección S de la concesión, descartando por tanto ningún tipo de potencial influencia sobre los mismos por parte de la actividad.
- La presencia física de la instalación implica la fricción y ralentización del flujo de corrientes con el paño de red lo que puede ocasionar un aumento de la tasas de sedimentación bajo las jaulas. Su incidencia sobre la calidad del sedimento, la dinámica litoral y las biocenosis de fondos detríticos costeros se considera no significativa (verde). Adicionalmente las corrientes intensas producen el garreo de las cadenas y cabos, esto es; el barrido sobre el fondo marino del tramo de cadena sobrante, así dimensionada de cara a temporales y oleajes. Se trata de un efecto muy localizado y que hasta la fecha no ha evidenciado que produzca un gran deterioro sobre la calidad del fondo o del bentos, por lo que se ha considerado como no relevante (verde).
- Las estructuras flotantes como los aros de flotadores, barandillas, etc suponen un importante atractivo como posadero para las aves, no tanto para las aves marinas propiamente dichas como para limícolas y zancudas (correlimos, garcetas, etc.) que sólo se aventuran mar adentro gracias a su existencia. Este impacto debiera valorarse de forma conjunta con el efecto de atracción para las aves que el cultivo provoca, no tanto por la presencia de peces estabulados sino por el efecto llamada que se puede producir durante las tareas de alimentación, ya que si uno supone el posadero, el otro es el reclamo. Es un caso de efectos sinérgicos (borde azul). No obstante en el caso de la atracción de determinadas aves marinas como gaviotas, cormoranes o pardelas este posible impacto aún

se daría sin la existencia de estructuras que sirvieran como posadero. En cualquier caso, el principal impacto es la alteración de la dinámica poblacional por la existencia de nuevos recursos alimenticios y el riesgo de enmalle de las aves y se considera significativo (gris).

- La calidad del agua se va a ver afectada por diferentes acciones, siendo la más destacable el vertido disuelto de una gran cantidad de amonio procedente de la excreción de los peces. A éste habrá de sumarse el procedente de la remineralización del nitrógeno y fósforo por actividad microbiana de la materia orgánica tanto del detritus en suspensión como de la sedimentada en los fondos. Parte de la materia orgánica contenida en heces y alimento puede lixiviar e incorporarse a la fracción disuelta. La fracción del vertido particulado equivalente a detritus tendrá incidencia en parámetros como la turbidez y sólidos en suspensión. Finalmente existe el vertido de tóxicos y microcontaminantes procedentes de los tratamientos antifouling, tratamientos sanitarios y fugas de hidrocarburos y aceites procedentes de los motores y depósitos de combustible. El deterioro global que va a sufrir la calidad de agua va a ser el resultado de la suma de todos estos vertidos y sus sinergias, motivo por el que este efecto ha sido considerado como acumulativo (borde azul) y significativo (gris). Se incluye aquí al riesgo de incumplimiento de los objetivo de calidad para la masa de agua determinados por la DMA y DMEM, ya que en este caso el riesgo se fundamenta en el deterioro de indicadores de calidad vinculados a la calidad del agua.
- El deterioro de la calidad del agua y sobre todo su enriquecimiento en las fracciones nitrogenada y fósforo pueden tener un radio de alcance considerable, de manera que algunas comunidades biológicas ubicadas dentro de su influencia pueden verse afectadas. Es el caso de las comunidades planctónicas (gris), cnidarios gorgonáceos de fondos detríticos (gris) y de las praderas de P. oceanica (gris), en este último caso se trata además de un hábitat prioritario.
- Las comunidades de fondos fangosos y el sedimento mismo van a recibir el aporte del vertido orgánico particulado y de sólidos en suspensión procedentes de las defecaciones de los peces y de los restos del alimento no consumido. Al impacto de este vertido debe sumarse el de tóxicos (metales y microcontaminantes) y terapéuticos (antibióticos y biocidas). Se trata de un efecto acumulativo que debe ser evaluado (gris).
- La presencia de las instalaciones podría alterar la calidad visual del paisaje, pero este efecto se ha considerado como irrelevante debido a que la distancia desde costa a las instalaciones está siempre por encima de 3,5 millas lo que hace prácticamente imposible divisarlas desde la playa. Podrían divisarse desde puntos elevados como edificios pero la distancia es tan grande y los materiales

que se emplean se diseñan aplicando colores miméticos, que incluso en estos casos es difícil divisar las instalaciones (verde).

- La presencia de las instalaciones previstas supondrá un obstáculo al libre trasiego de las embarcaciones deportivas en la zona. En cualquier caso, el adecuado balizamiento y señalización de las instalaciones permitirá minimizar la posible influencia de este impacto sobre la navegación pesquera y deportiva. El efecto de la presencia de la instalación sobre la navegación deportiva se considera, no significativo para la navegación.
- El tráfico de embarcaciones, podría suponer un impacto sobre la calidad del agua derivado de los desplazamientos y maniobras de las embarcaciones que se emplearán para el desarrollo de la actividad, consistente en el vertido accidental de hidrocarburos y aceites procedentes del funcionamiento de los motores. Debido al carácter puntual de estas acciones, el reducido número de embarcaciones empleadas y la corta duración de las operaciones, este impacto es de tan baja intensidad y sus posibles efectos sobre la calidad del agua son de carácter temporal. Por lo tanto, no se ha tenido en cuenta este tipo de impacto. No obstante, sí se han tenido en cuenta los desplazamientos y la quema de combustible para el cálculo de la huella de carbono en el análisis de afecciones al cambio climático y emisiones a la atmósfera. En ambos casos se considera también de poca entidad, pero para hacer constar su consideración se trata como significativo. Tampoco el riesgo de impacto y colisión con cetáceos o tortugas se considera significativo, ya que hasta la fecha no se ha constatado ningún problema de este tipo en la zona.
- Las tareas de mantenimiento, en el mar son las derivadas de cambios de bolsillos de red, elementos de anclaje, cabos, boyas, etc., pues lo referente a la reparación de redes y otros elementos se hace en las instalaciones de tierra. El desprendimiento de organismos fijados a dichas estructuras puede caer al fondo y perjudicar a la calidad del sedimento y a la columna de agua, debido a un aporte extra de nutrientes. Es importante resaltar que esta acción es no relevante (verde) por la poca frecuencia y brevedad con que se realizan, siendo posible minimizar los efectos manteniendo unos protocolos de tareas de mantenimiento de forma que se eviten desprendimientos o vertidos de sustancias empleadas para estas tareas, garantizando la no afección del fondo marino.
- Los medicamentos y otros productos químicos procedentes de las pinturas y tratamientos fitosanitarios, podrían acabar depositándose en el fondo, y con ello, afectando a la calidad del sedimento así como a las comunidades presentes bajo las instalaciones.

- El aumento de las emisiones de CO<sub>2</sub> derivadas del desarrollo de la actividad implicando viajes diarios a las instalaciones durante los 5 meses de cultivo (engorde) para tareas de mantenimiento, alimentación y sacrificio, se ha considerado como una repercusión significativa para su evaluación en relación a sus posibles consecuencias en la calidad de la atmósfera y cambio climático (huella de carbono).
- Los ingresos económicos y el empleo generado deben también ser considerados, además del afianzamiento y mejora de la producción acuícola de la Región de Murcia a nivel nacional, constituyendo en conjunto un impacto socioeconómico positivo.

De esta forma, la lista de impactos significativos que deben ser evaluados en relación al presente proyecto es la siguiente:

1. Impacto sobre columna de agua.
2. Impacto sobre calidad del sedimento.
3. Impacto sobre la comunidad de fondos de fangos.
4. Impacto sobre las comunidades de peces locales.
5. Impacto sobre las comunidades planctónicas.
6. Impacto sobre la economía y empleo (Socioeconómico).
7. Otras pesquerías.
8. Impacto sobre la calidad del aire y cambio climático.
9. Impacto sobre la avifauna marina.
10. Impacto sobre la pesca profesional.

## 5.4. CARACTERIZACIÓN/EVALUACIÓN DE IMPACTOS

### 5.4.1. INTRODUCCIÓN

Una vez identificados y agrupados los impactos se procede a su descripción, caracterización y evaluación. Se ha preferido abordar todas estas etapas de manera conjunta para obtener una mejor perspectiva global del impacto y evitar que el análisis quede fragmentado entre los diferentes capítulos.

Para efectuar la valoración de la magnitud, es decir la cantidad de recurso afectado y el grado de deterioro, se han seleccionado diferentes indicadores y, para cada uno de éstos, un método de evaluación de impacto apropiado. Para varios impactos se ha considerado que el uso de un modelo numérico de dispersión es la herramienta idónea de valoración. Estos modelos permiten anticipar con detalle la extensión de la zona afectada por el impacto, el grado de deterioro basado en las concentraciones de las variables indicadores seleccionadas, y considerar posibles efectos acumulativos y/o sinérgicos no sólo entre varias fracciones del vertido sino también respecto a otros focos de vertido distintos a la acuicultura (ej. emisarios desaladoras, etc.). También permite analizar escenarios de reducción de vertido y así evaluar correctamente la eficacia de las medidas correctoras propuestas.

### 5.4.2. IMPACTO SOBRE LA CALIDAD DEL AIRE Y SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO

**DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO:** Dadas las características de la actividad solicitada, la calidad del aire puede verse afectada únicamente por las emisiones procedentes de las embarcaciones auxiliares implicadas en el proceso de cultivo.

Tal y como ha sido expuesto en la descripción del proyecto, el desarrollo de la actividad implica el uso de embarcaciones auxiliares para el transporte de alimento (pienso), mantenimiento de las instalaciones y transporte de los despesques a puerto.

Para el cálculo de los consumos de combustible se asume que las instalaciones objeto de estudio utilizarán las siguientes embarcaciones y actividad:

- Embarcación transporte/trabajos de alimentación: La embarcación será utilizada todos los días para el transporte del alimento desde puerto hasta el sistema de alimentación automático instalado en las jaulas por lo que no deberá desplazarse de una jaula a otra.

- Embarcación tareas de mantenimiento: La embarcación será utilizada todos los días para tareas de mantenimiento y revisión de jaulas y ejemplares.
- 2 embarcaciones auxiliares para trabajos buceadores: Las embarcaciones serán utilizadas todos los días por los buceadores para los trabajos de mantenimiento.
- Embarcación tareas de despesque y transporte de ejemplares cosechados: La embarcación será utilizada para la cosecha de jaulas en las que los ejemplares han alcanzado la talla comercial por lo que su uso no será continuo. Se estima el desarrollo de estas tareas al menos durante medio año.

Tal y como ha sido expuesto, los mayores consumos se producirán durante las tareas diarias de alimentación y mantenimiento, implicando el uso de cuatro embarcaciones.

De esta forma, los consumos de combustible totales anuales se establecen según los valores estimados en la siguiente tabla:

Tabla 37. Estimaciones de consumos totales anuales de combustible de las embarcaciones a utilizar en las instalaciones proyectadas.

EMBARCACIÓN	Nº	CONSUMO ANUAL (l/año)
Alimentación	1	40000
Mantenimiento	1	50000
Auxiliar buceadores	2	10000
Pesca/maniobras	1	75000
<b>TOTAL</b>		<b>175000</b>

**CARACTERIZACIÓN E INCIDENCIA DEL IMPACTO:** se trataría de un impacto negativo provocado por las emisiones directas de CO<sub>2</sub> procedentes de las embarcaciones durante los 365 días de actividad. Ocurre principalmente durante las labores de alimentación por lo que será de naturaleza periódica, aunque sus efectos aparecen de forma inmediata siendo el área de influencia puntual restringida a las proximidades de los escapes de las embarcaciones. Sus efectos son temporales y reversibles con escasa persistencia.

De esta forma, no se estiman efectos significativos sobre el factor “aire” por parte de las emisiones de las embarcaciones durante el desarrollo de la actividad.

## MAGNITUD

Para valorar la magnitud del impacto, especialmente sobre el factor “cambio climático”, se ha procedido al cálculo de la *Huella de Carbono* sobre la base de los consumos de combustible, presentados en la tabla 37, correspondientes a un ciclo del cultivo.

Según el objeto de la actividad a realizar por el promotor y del presente estudio, dadas sus características, únicamente corresponde el cálculo de las emisiones de alcance 1 realizado mediante la *calculadora de huella de carbono de organización* publicada por el MAPAMA. La actividad no presenta emisiones de alcance 2.

Para los cálculos se ha tenido en cuenta que los datos indicados en la tabla 37 estimados a partir de la actividad diaria de las embarcaciones indicada en la descripción de este impacto. Así, dadas sus capacidades de carga, la embarcación de pesca deberá realizar unos 300 viajes anuales, repercutiendo en unos 25000 litros más de combustible anual respecto a la actividad actual. De igual forma, la embarcación de mantenimiento deberá desplazarse por un número mayor de jaulas. Con esto, se estiman unos 175000 litros de combustible anuales para las instalaciones objeto de estudio.

[illegible]

Figura 143. Cálculos anuales de emisiones (kgCO<sub>2</sub>) de la actividad objeto de estudio.

Así, según la calculadora mencionada, se estiman 441000 kg CO<sub>2</sub>eq anuales. De esta forma, si tenemos en cuenta la actividad a desarrollar en las instalaciones solicitadas, podemos establecer una huella de carbono de 0,074 kg CO<sub>2</sub>/kg anuales para el cultivo.

La contribución de las emisiones de CO<sub>2</sub> por parte del proyecto objeto de estudio puede considerarse como muy baja, en comparación con el sector pesquero tradicional (tabla 38).

**Tabla 38:** La huella de carbono de diferentes especies de pesca tradicional.

Especie	Año	Pesquería/artes	kg CO <sub>2</sub> /kg
Merluza	2009	Atlántico Norte/palangre	7,21
Merluza	2009	Atlántico Norte/arrastre	6,96
Rapante	2009	Atlántico Norte/arrastre	8,41
Rape negro	2009	Atlántico Norte/arrastre	10,43
Cigala	2009	Atlántico Norte/palangre	28,30
Congrio	2009	Atlántico Norte/palangre	3,88
Castañeta	2009	Atlántico Norte/palangre	3,49
Merluza	2009	Atlántico Norte/palangre	3,13
Cabra	2009	Atlántico Norte/palangre	6,94
Bertorella	2009	Atlántico Norte/palangre	6,25
Atún patudo	2009	Azores/palangre	20,45
Alfonsino	2009	Atlántico Norte/palangre	3,49
Marrájo	2009	Azores/palangre	9,02
Marrájo sardinero	2009	Azores/palangre	9,02
Pez espada	2009	Azores/palangre	14,24
Tintorera	2009	Azores/palangre	3,37
Sepia	2009	Mauritania/arrastre	6,39
Pulpo	2009	Mauritania/arrastre	7,35
Pota pequeña	2009	Mauritania/arrastre	6,91
Merluza de cola	2011	Chile/arrastre	2,5

Fuente: Vázquez-Rowe (2012); Vázquez-Rowe et al. (2013)

A su vez, la cantidad obtenida resulta aún menor en comparación con otros sectores alimenticios como el agrícola o el ganadero, los cuales muestran, según diferentes fuentes, los mayores porcentajes de emisiones de CO<sub>2</sub>/kg de producto final, llegando a presentar valores comprendidos entre los 30 y 60 kg CO<sub>2</sub>/kg.

El desarrollo del proyecto no producirá un deterioro de sumideros de CO<sub>2</sub>, como pudiera ser el caso de la *Posidonia oceanica*. Además, como se ha observado, en comparación con otras pesquerías, la huella de carbono del cultivo en jaulas flotantes es muy pequeña y por tanto no se estima significativa para la afección a la calidad del aire o al cambio climático.

Pueden ser consideradas como emisiones de alcance 3 tanto la obtención de alevines y transporte a las instalaciones, así como las procedentes de la producción de los piensos utilizados como alimento. Las emisiones de estas actuaciones son de propiedad y control ajeno al promotor de la actividad a evaluar siendo, por tanto, de muy difícil y compleja estima.

Como estima, en el caso del alimento, de forma general la producción de una tonelada de pienso para la acuicultura marina emite a la atmósfera aproximadamente 101,07 kg de CO<sub>2</sub> (Iribarren et al. 2012), con ligeras diferencias debidas a su composición selectiva para diferentes especies y según sea para engorde o preengorde.

Para el caso concreto de la lubina, el total de emisiones de CO<sub>2</sub> es 141,6 kg CO<sub>2</sub> equivalente/Tm pienso, aportando el pienso de engorde 124,996 kg CO<sub>2</sub> equivalente/Tm pienso, mientras que el de pre-engorde supone 16,554 CO<sub>2</sub> equivalente/Tm pienso (Perelló, P.I.,2014).

**DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO:** la calidad del agua puede resultar alterada por el efecto conjunto de diferentes acciones del proyecto (ver Tabla 36), siendo la más destacable el incremento del vertido disuelto de una gran cantidad de amonio procedente de la excreción de los peces. A éste habrá de sumarse el procedente de la remineralización del nitrógeno y fósforo por actividad microbiana de la materia orgánica procedente, tanto del detritus en suspensión, como de la sedimentada en los fondos. Parte de la materia orgánica contenida en heces y alimento puede lixiviar e incorporarse a la fracción disuelta (aspecto ya contemplado en la cuantificación del vertido).

Por su parte la fracción del vertido particulado equivalente a detritus tendrá incidencia en parámetros como la turbidez y sólidos en suspensión. Finalmente, existe el vertido de tóxicos y microcontaminantes procedentes de los tratamientos antifouling (Ej. Cu), tratamientos sanitarios (Ej. flumequina) y fugas de hidrocarburos y aceites procedentes de los motores y depósitos de combustible. El deterioro global que va a sufrir la calidad de agua va a ser el resultado de la suma de todos estos vertidos y sus sinergias, motivo por el que este efecto ha sido considerado en la tabla 36 como acumulativo (borde azul) y significativo (gris). Se incluye aquí el riesgo de incumplimiento de los objetivos de calidad para la masa de agua, determinados por la Directiva Marco del Agua (DMA) y Directiva Marco sobre la Estrategia Marina (DMEM), ya que en este caso el riesgo se fundamenta en el deterioro de indicadores de calidad vinculados a la calidad del agua como el nivel de clorofila y partículas en suspensión.

**CARACTERIZACIÓN E INCIDENCIA DEL IMPACTO:** se trataría de un impacto negativo provocado por el vertido directo de sustancias disueltas (amonio) y el indirecto a través de la remineralización del vertido orgánico particulado. Ocurre principalmente durante las labores de alimentación por lo que será de naturaleza periódica, aunque sus efectos aparecen de forma inmediata dada la rapidez de los procesos de dilución en mar abierto y por este mismo motivo el área de influencia es extensa. Sus efectos son temporales pues, como se ha documentado, es rápidamente asimilado por las comunidades planctónicas, así mismo las tasas de dilución del medio le confieren escasa persistencia (horas) y su recuperabilidad es muy alta en el plazo de sólo unos días de acuerdo a la tasa de renovación de la masa de agua. Existen medidas correctoras que pueden disminuir aún más su incidencia.

### MAGNITUD

La cantidad de vertido disuelto fue estimada en el apartado 2.6 de cuantificación de los vertidos. Como se comentó entonces, la magnitud del impacto viene determinada no tanto por la cantidad de vertido anual, como por su máxima intensidad, ya que éste no acontece de manera uniforme a lo largo del ciclo productivo. Los resultados de dichas estimas para los cultivos de lubina y dorada se presentan nuevamente aquí. (figuras 145 y 146). Como se observa, estas estimas tienen en cuenta no sólo el vertido disuelto procedente de la excreción si no también la fracción lixiviada derivada del vertido particulado.

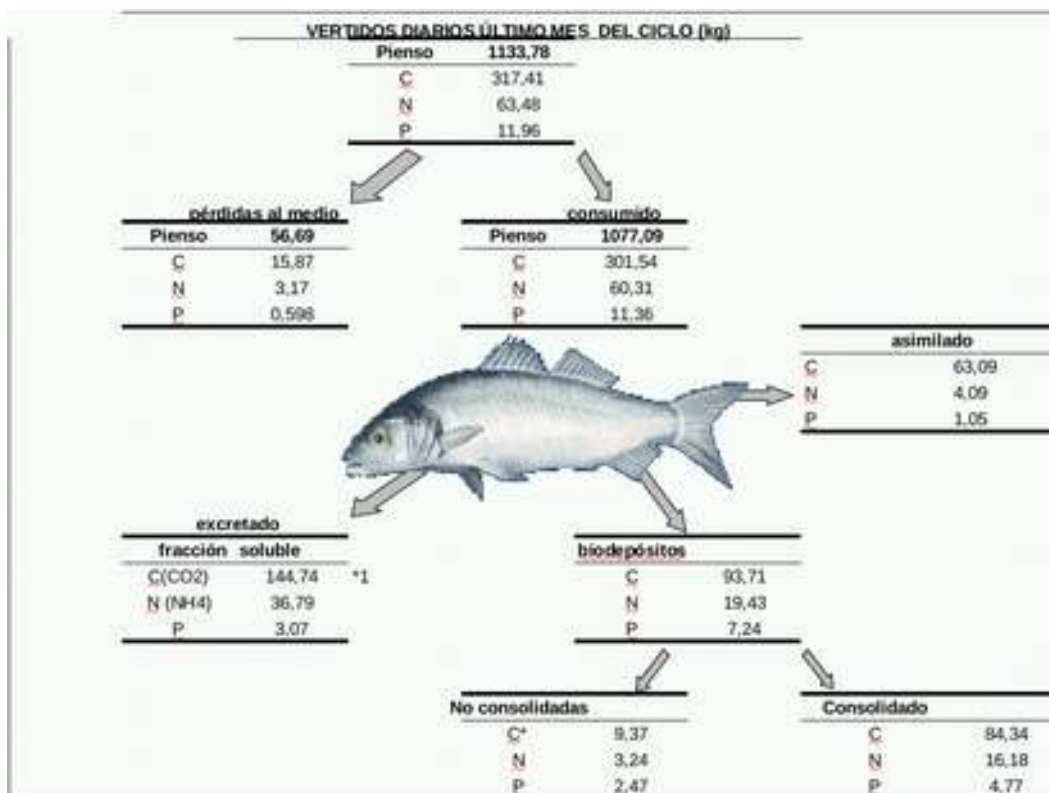


Figura 145: Estimaciones del vertido máximo diario para la producción de 160 Tm por jaula de lubina al final del ciclo (19 meses y 30 jaulas).

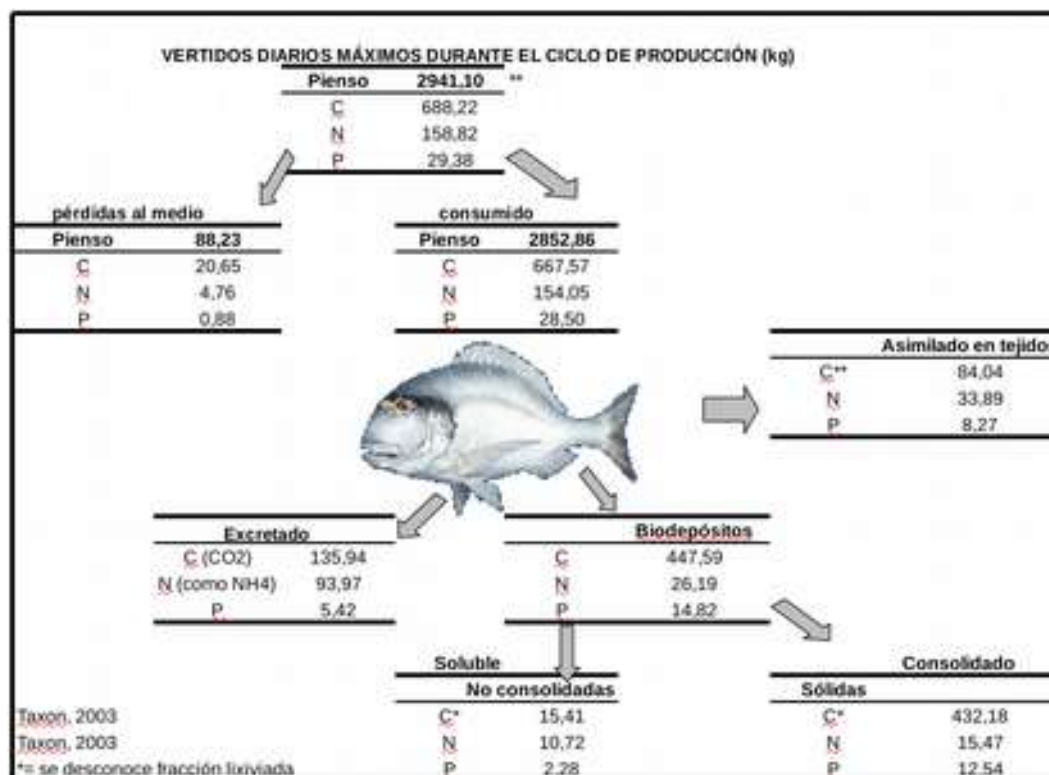


Figura 146: Estimaciones del vertido máximo diario para la producción de 160 Tm por jaula de dorada al final del ciclo (16 meses y 12 jaulas).

Estos datos se han utilizado para alimentar el modelo de dispersión y generar una predicción mediante modelos de dispersión que el aumento pudiera suponer para cada alternativa (ver ANEXO II para una descripción de este modelo).

#### a) Datos in situ de la zona de estudio

Los datos in situ disponibles en la zona (TAXON, 2018) tanto físico-químicos, como de nutrientes se muestran en las siguientes tablas:

Tabla 39: Evolución durante 2017-18 de los principales parámetros de calidad de aguas en: 70006 Reserva Cabo de Palos, 710048 Isla Grosa, 710049 Canal del Estacio.

Estación	fecha	Chla mg/m <sup>3</sup>	Ox. Disuelto mg/l	Salinidad PSU	Ox. Sat %	Sólidos Susp. mg/l	Temp. °C	Transparencia (Secchi) m	Turbidez NTU	pH
710006	2017-03-21	0,354	8,07	37,26	102,10	<5,0	15,5	16,05	<1,0	7,5
710006	2017-06-15	0,167	7,06	37,14	101,00	<5,0	23,7	Alcanza fondo	<1,0	8,2
710006	2017-09-20	<0,100	6,76	36,99	98,15	<5,0	24,4	24,45	<1,0	8,3
710006	2017-12-18	0,617	7,46	36,91	91,12	<5,0	15,9	Alcanza fondo	<1,0	8,4
710006	2018-03-14	0,320	6,81	38,17	82,95	<5,0	14,0	Alcanza fondo	<1,0	8,2
710006	2018-06-13	0,118	7,22	37,76	94,85	<5,0	18,7	Alcanza fondo	2,0	8,3
710048	2017-03-21	0,502	8,31	37,25	105,40	<5,0	15,6	Alcanza fondo	5,9	8,2
710048	2017-06-19	0,192	7,21	37,24	107,10	<5,0	25,8	Alcanza fondo	2,6	8,2
710048	2017-09-20	0,138	6,64	37,13	95,80	<5,0	25,1	Alcanza fondo	<1,0	8,3
710048	2017-12-18	0,871	7,27	37,38	93,50	<5,0	14,7	Alcanza fondo	<1,0	8,3
710048	2018-03-14	2,230	8,19	38,18	100,40	<5,0	14,4	5,3	<1,0	8,3
710048	2018-06-13	0,139	7,78	37,83	103,25	<5,0	18,9	Alcanza fondo	<1,0	8,3
710049	2017-03-21	0,487	9,56	37,33	122,00	<5,0	15,9	Alcanza fondo	<1,0	8,3
710049	2017-06-19	0,289	7,02	37,41	105,15	5,2	26,9	Alcanza fondo	2,8	8,2
710049	2017-09-20	<0,100	6,05	37,21	89,36	<5,0	24,9	Alcanza fondo	<1,0	8,2
710049	2017-12-18	0,170	7,60	37,36	89,10	<5,0	13,5	Alcanza fondo	<1,0	8,3
710049	2018-03-14	0,746	8,02	38,24	99,10	<5,0	14,8	Alcanza fondo	<1,0	8,3
710049	2018-06-13	0,246	6,69	38,35	93,30	<5,0	20,4	Alcanza fondo	<1,0	8,3

Tabla 40: Evolución durante 2017-18 de los principales nutrientes en: 70006 Reserva Cabo de Palos, 710048 Isla Grosa, 710049 Canal del Estacio.

Estación	fecha	NH <sub>4</sub> [mg N/L]	PO <sub>4</sub> [mg P/L]	Fósf. Total [mg P/l]	NO <sub>3</sub> [mg N/L]	NO <sub>2</sub> [mg N/L]	Nit. Total [mg N/L]	SiO <sub>4</sub> [mg Si/L]
710006	2017-03-21	0,112	0,003	0,400	0,441	0,002	2,510	0,010
710006	2017-06-15	0,106	0,003	0,010	0,477	0,002	2,510	0,014
710006	2017-09-20	0,039	0,003	0,010	0,413	0,002	1,500	0,009
710006	2017-12-18	0,061	0,003	0,010	0,003	0,005	0,061	0,005
710006	2018-03-14	0,046	0,004	0,010	0,057	0,002	0,104	0,059
710006	2018-06-13	0,030	0,004	0,010	0,003	0,002	0,050	0,039
710048	2017-03-21	0,039	0,003	0,400	0,456	0,002	2,510	0,071
710048	2017-06-19	0,061	0,003	0,010	0,476	0,002	2,510	0,020
710048	2017-09-20	0,047	0,003	0,010	0,425	0,002	1,500	0,020
710048	2017-12-18	0,069	0,003	0,010	0,003	0,005	0,098	0,032
710048	2018-03-14	0,050	0,003	0,010	0,003	0,002	0,052	0,006
710048	2018-06-13	0,010	0,003	0,010	0,003	0,002	0,050	0,045
710049	2017-03-21	0,039	0,003	0,400	0,441	0,002	2,510	0,014
710049	2017-06-19	0,040	0,003	0,010	0,478	0,002	2,510	0,014
710049	2017-09-20	0,039	0,003	0,010	0,427	0,002	1,500	0,024
710049	2017-12-18	0,062	0,003	0,010	0,003	0,005	0,101	0,025
710049	2018-03-14	0,053	0,003	0,012	0,003	0,002	0,053	0,005
710049	2018-06-13	0,010	0,003	0,010	0,003	0,002	0,050	0,049
PROMEDIOS		0,051	0,003	0,075	0,229	0,002	1,121	0,026

Los valores de clorofila\_a que es el parámetro de referencia para evaluar la masa de agua, llegan a 2,3 mg/m<sup>3</sup>. En conjunto estos datos indican una amplia variabilidad natural de los nutrientes, aunque no hay que olvidar que este pico se da en la estación de la Isla Grosa y podrían entrar aportes de nutrientes procedentes del Mar Menor.

## b) RESULTADOS DE LOS MODELOS DE DISPERSIÓN

Según el modelo implantado se ha ejecutado una simulación de la dispersión del vertido disuelto, para la producción de 4500 Tm anuales de lubina y dorada (70% y 30% respectivamente) repartidas en 42 jaulas de 29m de diámetro (30 lubina y 12 dorada). Estos datos permiten predecir el alcance de la pluma de dispersión así como la concentración de la misma. En el Anexo II se describe como se ha realizado la implementación del modelo numérico desde los diferentes dominios de estudio, condiciones de frontera y la validación de datos de campo frente a resultados del modelo. Estos resultados son a partir de una simulación con régimen variable de corrientes obtenido del fondeo de un correntímetro desde 5/06/18 a 6/07/18, definiendo las descargas para el momento del ciclo de máxima biomasa de cultivo estabulada presentes actualmente en la zona de estudio, además de las que se solicitan.

Al tratarse de un modelo 3D, la dispersión del vertido tiene en cuenta no sólo la difusión horizontal, sino también la vertical. Por estos motivos las concentraciones que se obtienen en los resultados se distribuyen, en la horizontal y la vertical, no son el promedio de toda la columna. Esta consideración es importante para evaluar, por ejemplo, el efecto de la termoclina.

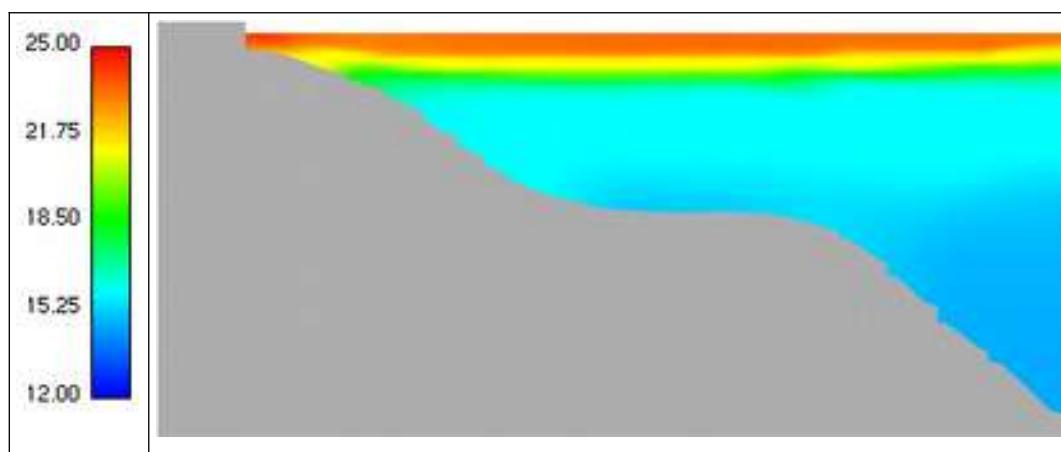


Figura 147: Corte vertical E-O sobre la vertical de la instalación solicitada, de los resultados del modelo, donde puede apreciarse la termoclina perfectamente formada a principio del mes de julio. Temperatura en grados centígrados.

También es importante discernir las concentraciones de nutrientes que se incorporan al modelo por los contornos como parte de la variabilidad natural del medio, de los que realmente se producen por los vertidos de las instalaciones propuestas. La siguiente

figura muestra la concentración del Nitrógeno Total Amoniacal [mg-N/L], en la zona de estudio, antes de definir las descargas de vertidos. Sin embargo, no se trataría de un estado cero de la zona porque tampoco están definidos los vertidos que actualmente se producen en la zona. Como puede observarse las variaciones están en concordancia con los registros de mediciones in situ presentados en la tabla 40 (Columna NH<sub>4</sub>). Puede observarse también en la figura 148 que además del incremento progresivo propio de la transición a la estación estival, se registran cambios circadianos (día/noche) en la concentración de nutrientes que tienen su origen en la actividad del fitoplancton y su equilibrio con el zooplancton.

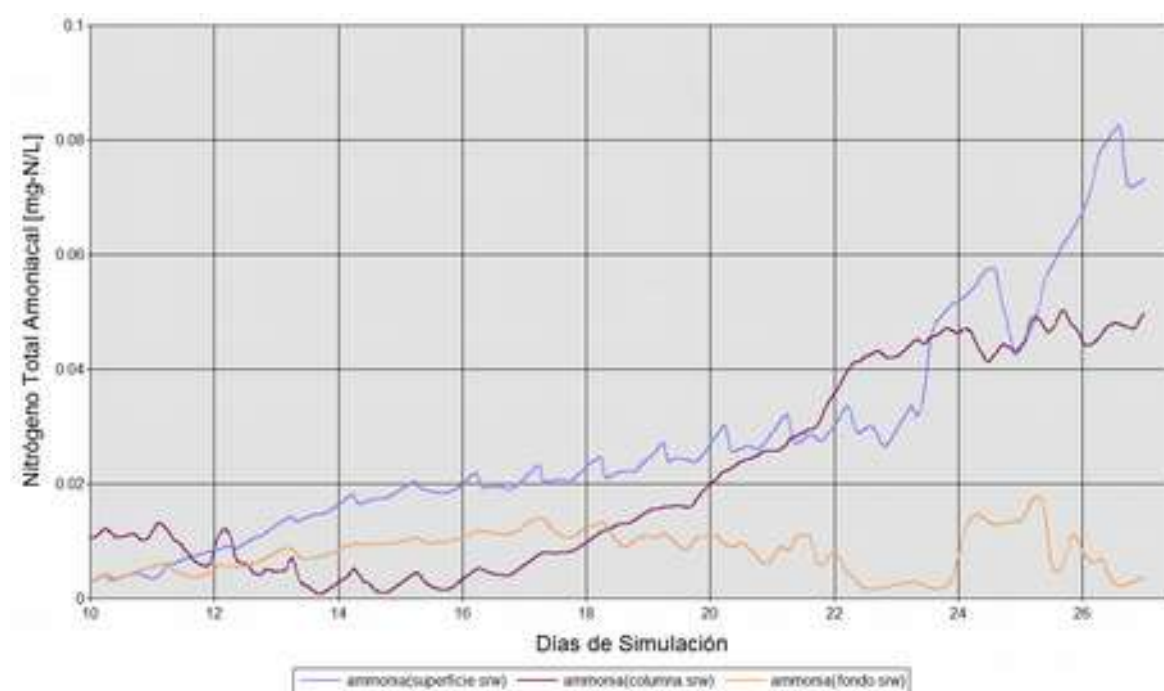


Figura 148: Serie temporal de la concentración del Nitrógeno Total Amoniacal [mg-N/L], en la zona de estudio, antes de definir las descargas de vertidos.

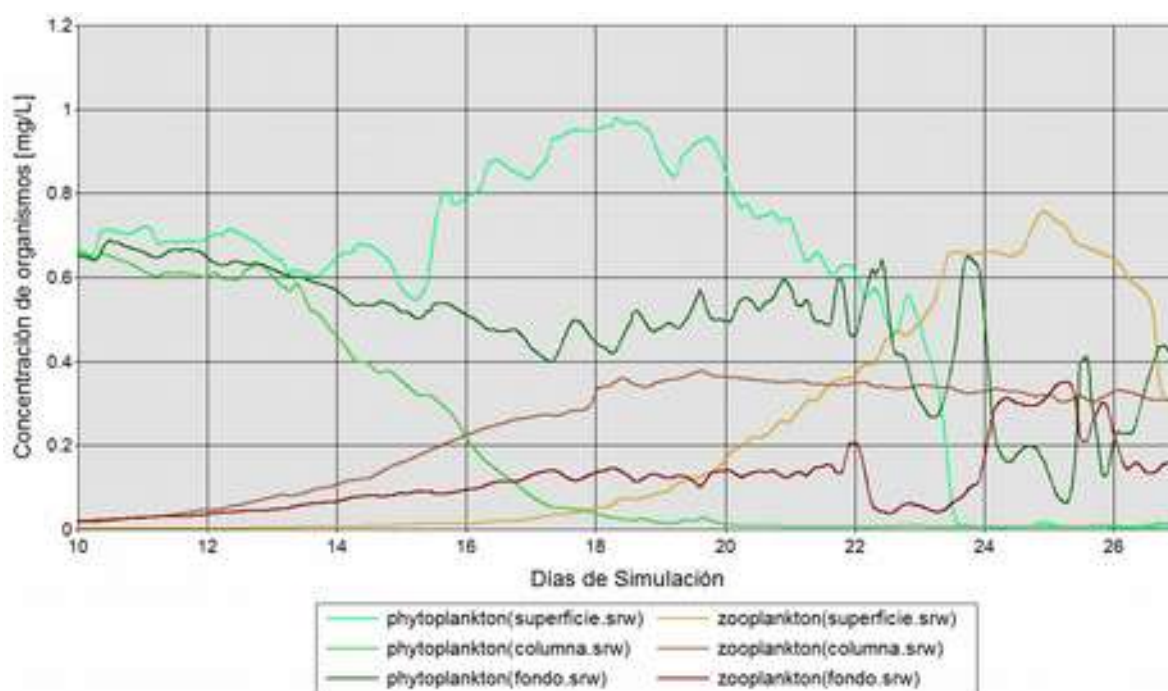


Figura 149: Serie temporal de la concentración de organismos de fitoplancton y zooplancton [mg/L], en la zona de estudio, antes de definir las descargas de vertidos.

En la figura 150 y 151 se muestran diferentes salidas del modelo MOHID para las concentraciones de nitrógeno total amoniacal en la zona de estudio a la profundidad del vertido de las jaulas 12m y corte en el eje E-O en la vertical de las instalaciones solicitadas.

Para la simulación se han tenido en cuenta todos los vertidos presentes en el área de simulación como el Polígono de Cultivos Marinos de San Pedro del Pinatar, además de los proyectados, como la nueva solicitud de concesión para cultivos de atún rojo de la empresa VIVER-ATUN, ubicada al sur de la alternativa elegida. También se han considerado los vertidos de las EDAM y EDAR de San Pedro del Pinatar, pese a que sus plumas no se evidencian en las gráficas debido a que se producen a profundidades muy diferentes a la del cultivo.

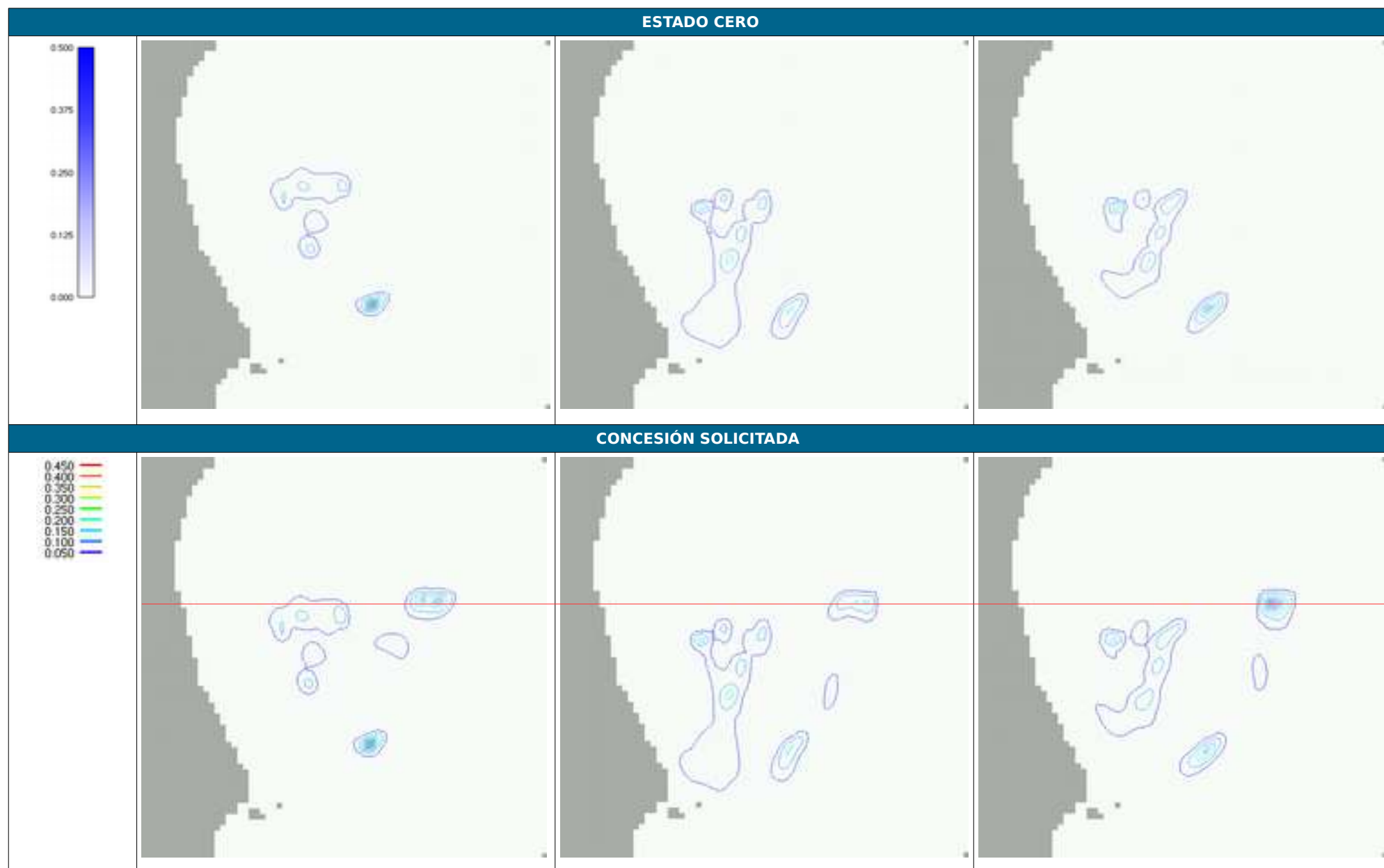


Figura 150: Predicciones del incremento de las concentraciones de Nitrógeno Total Amoniacal del Modelo de Dispersión MOHID para diferentes instantes del periodo de simulación representativas de diversos esquemas de corrientes, a la profundidad a la que se produce el vertido (12m). Línea roja: corte vertical para las siguientes gráficas.

CONCESIÓN SOLICITADA

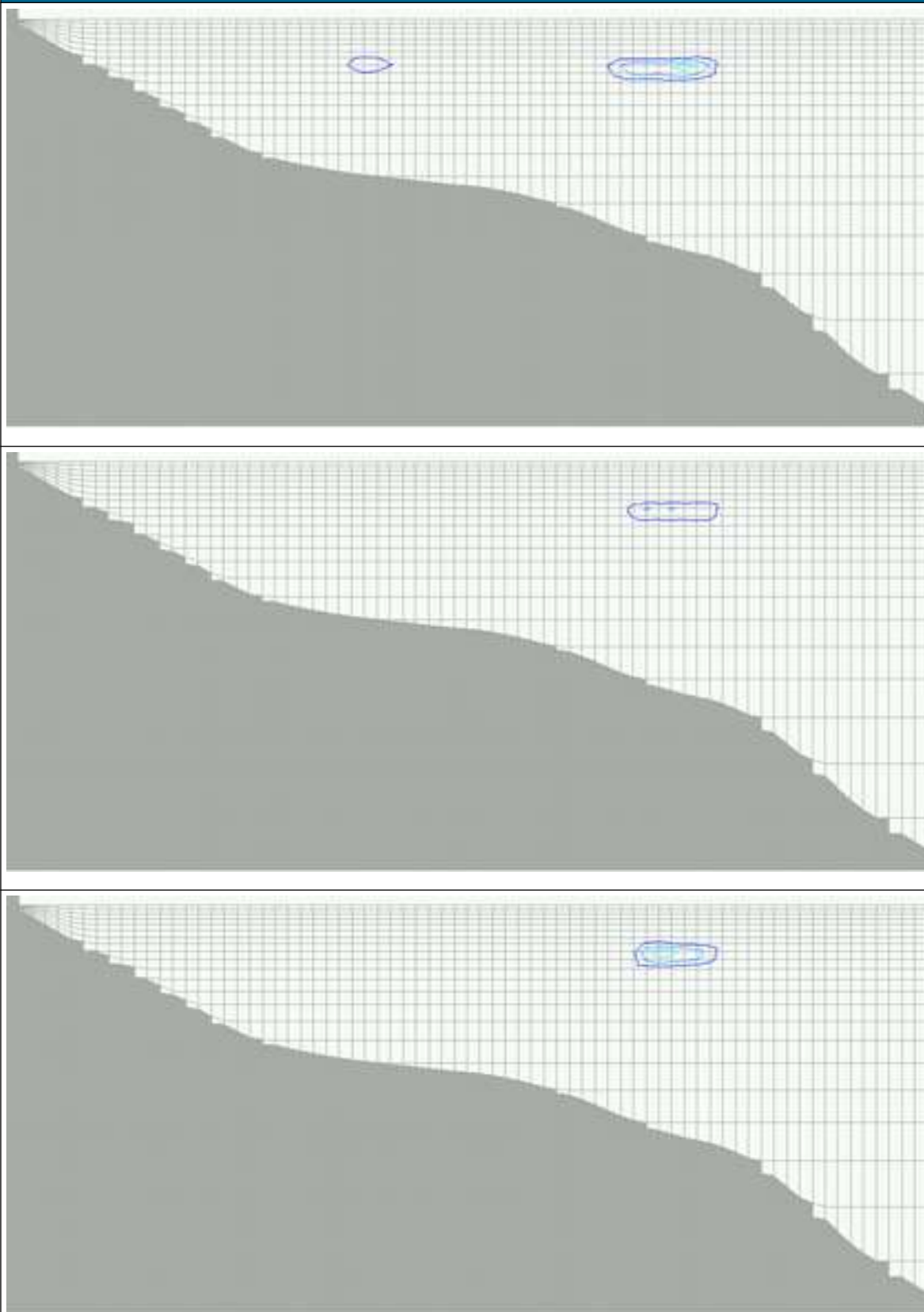


Figura 151: Corte vertical (línea roja) de las gráficas de la página anterior, donde puede apreciarse la difusión vertical del vertido Predicciones del incremento de concentraciones de Nitrógeno Total Amoniacal del Modelo [mg-N/L] de Dispersión MOHID para los mismos instantes de la gráfica anterior.

La fracción disuelta del vertido de dorada y lubina representa aproximadamente el 65% del vertido metabólico del cultivo, y debido a la poca difusión vertical característica de los ambientes marinos, éste vertido tiende a quedar confinado en un estrato a la profundidad media de las jaulas utilizadas (ver figura 151). No obstante, como puede observarse en las gráficas la dilución del vertido acontece de forma exponencial en los primeros 500-1000m por el lado más largo de la pluma (ver figuras 150 y 151). Las diferencias mayores con respecto a las concentraciones ambientales oscilan con picos por debajo de 0,015 mg-N/L (figura 153), muy breves en el tiempo y se producen en las proximidades del punto de vertido. Estas variaciones oscilan entre 10-20% de la concentración ambiental en las inmediaciones de las jaulas y tienen menor entidad conforme la simulación avanza. Estas oscilaciones están dentro del rango de variación natural de las masas de agua en las costas de la Región de Murcia (tabla 39).

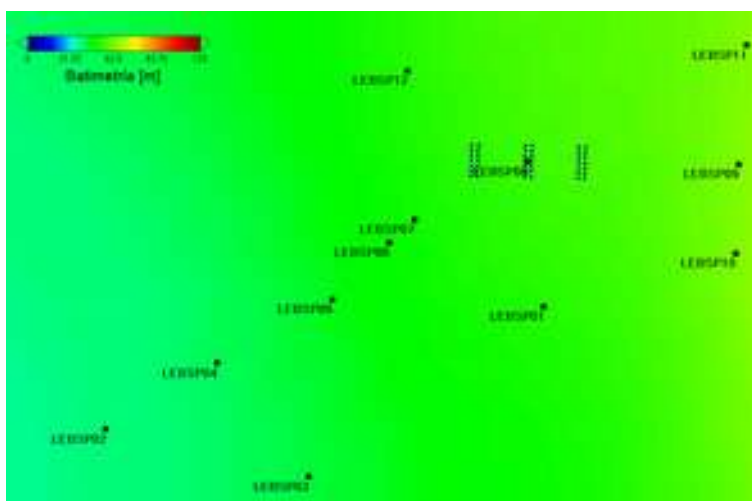


Figura 152: Distribución de puntos de registro de series temporales en la zona de trabajo.

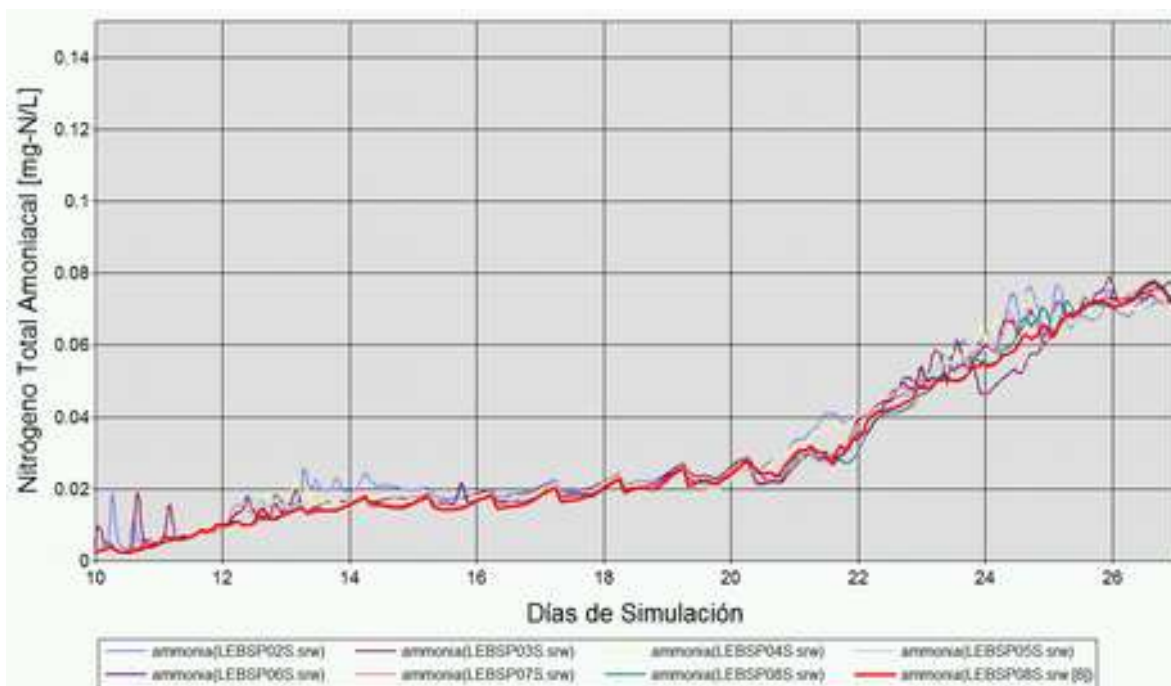


Figura 153: Serie temporal de Nitrógeno Total Amoniacal [mg-N/L] registrada en las estaciones mostradas en la figura anterior. La línea roja gruesa, muestra las concentraciones naturales de este mismo parámetro.

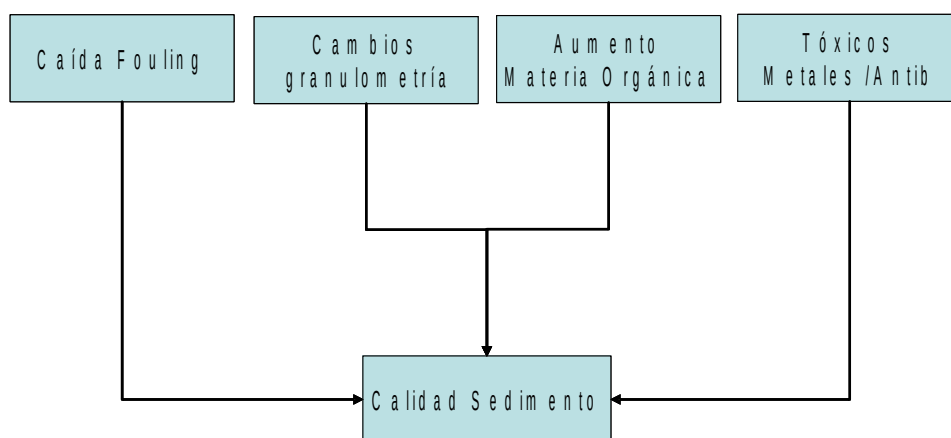
También es necesario contextualizar los resultados y tener en cuenta que los tres momento que se representan son al principio, a mitad y al final de la simulación y la concentración basal de nitrógeno total amoniacal se va incrementando a lo largo de la simulación, aun sin la presencia de los vertidos como puede verse en la figura 153. Por estos motivos la predicción del impacto en la columna de agua de la solicitud de la nueva concesión de cultivos marinos, permite anticipar escaso deterioro en relación a los parámetros indicadores de calidad de agua.

### Valoración

En relación a la magnitud debe calificarse como media, porque en situaciones de bajas concentraciones de nutrientes las diferencias de concentración pueden llegar a un 20% con los valores ambientales, aunque se aprecia la drástica reducción de éstas a valores no significativos a 500-1000m de las jaulas por el eje más largo que forma la pluma de dilución. Bajo la situación actual los datos “in situ” no han detectado modificación en la calidad del agua, y las predicciones del modelo ecológico indican que la nueva instalación tampoco las provocará (ver figuras 150 y 151). (Magnitud → 0,45).

#### 5.4.4. IMPACTO SOBRE LA CALIDAD DEL SEDIMENTO

Durante la fase de instalación no se prevé ningún tipo de impacto relevante sobre la calidad de los sedimentos de los fondos. Durante la fase de funcionamiento se esperan influencias significativas debido principalmente al vertido de materia orgánica particulada, al desprendimiento del *fouling*, a la sedimentación de sólidos en suspensión y, en menor medida, a la utilización de productos químicos y medicamentos (Figura 154). El deterioro final de la calidad del sedimento será la suma de todos estos componentes que pasan a ser analizados a continuación.



**Figura 154:** conjunto de impactos que afectarán a la calidad del sedimento y que deben considerarse conjuntamente.

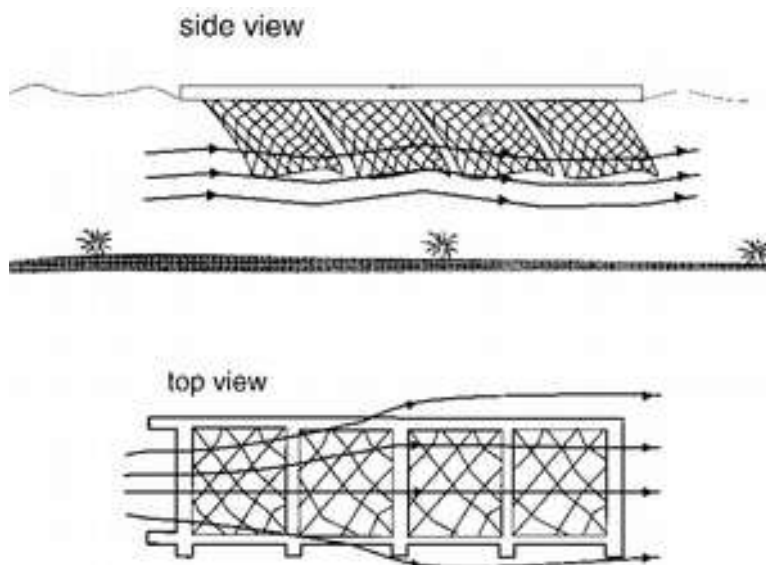
**Descripción:** La presencia de los amarres, cabos, muertos de anclaje y paños de red de las jaulas, favorecerá la captación de larvas y propágulos reproductores de diferentes especies animales y vegetales, que con el tiempo desarrollarán una comunidad característica presente en todo tipo de superficies instaladas de forma artificial en el medio acuático, conocida con el nombre de *fouling*. En las instalaciones de cultivos marinos, el desarrollo de este tipo de comunidades se ve favorecido por el incremento de la concentración de nutrientes y material orgánico particulado, que propicia el crecimiento de especies filtradoras y suspensívoras (moluscos, esponjas, ascidias, cirrípedos, briozoos y algas oportunistas de crecimiento rápido). Gran parte de estos organismos acaban desprendiéndose de sus soportes y sedimentando sobre el fondo. La tasa de desprendimiento es progresiva a medida que se acumule la biomasa de organismos colonizadores sobre las estructuras pero siempre poco relevante, sin embargo en ocasiones este desprendimiento es masivo, como tras los temporales o cuando se retiran las redes al final del ciclo productivo. La estimación de la biomasa acumulada de fouling en el conjunto de los paños de red realizada en el apartado 2.6.2 era de unos 3686 Kg en peso seco. Esta cifra comparada con la biomasa establecida es insignificante, por lo que su vertido regular también lo es, pero no así el vertido instantáneo. Al tratarse de partículas de tamaño considerable, la zona del fondo marino sobre la que sedimenten será muy restringida en relación al resto de partículas orgánicas emitidas y podría asimilarse al de la fracción gruesa de restos de pienso. A

falta de control será un impacto que acontecerá de manera periódica e irregular (tras temporales). Tras un tiempo el exceso de materia orgánica será asimilado por el bentos.



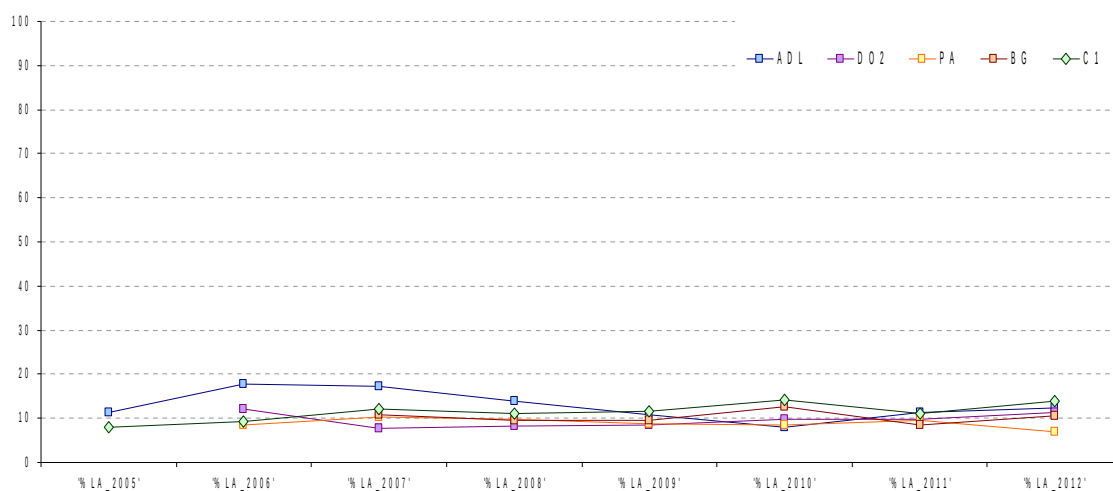
**Figura 155:** Restos del fouling (principalmente *Mytilus edulis*) caídos sobre el sedimento de una instalación.

Los cambios en la granulometría se producirían por el aumento de la tasa de sedimentación de materiales en suspensión asociado al efecto de frenado de las jaulas sobre las corrientes ambientales. La pérdida de velocidad al pasar por sucesivos paños de red es acumulativa. Se ha estimado que la reducción de velocidad puede ser del 14% al pasar por la primera jaula, del 43% en la segunda y del 57% en la tercera. A consecuencia de esa reducción el flujo el agua se descarga de las fracciones más pesadas de materiales en suspensión que hasta entonces transportaba y que granulométricamente corresponden con la fracción de materiales finos. Gran parte de este material es reincorporado a la columna debido al aumento de velocidad que, como contrapartida al efecto frenado, experimenta el flujo de agua desviado por los lados y fondo del bolsillo de red (Figura 156). El resto acaba sedimentando sobre el fondo.



**Figura 156:** Deflexión de la corriente provocado por un tren de jaulas, la corriente es menor en el interior de las jaulas pero mayor en su perímetro (Beveridge, 2004).

Tras diez años de seguimiento ambiental de los fondos bajos las jaulas de las instalaciones del PCM-SP no se han detectado diferencias significativas cuando se analiza la interacción impacto control y épocas en la composición granulométrica respecto a las estaciones control (Figura 157).



**Figura 157.** Representación gráfica de la distribución de MATERIALES FINOS en los fondos de las concesiones de ADL, Doramenor II, Piscifactorías Albaladejo, Blue & Green y el control 1, durante los últimos ocho años de seguimiento ambiental.

Sin duda, uno de los impactos más importantes sobre la calidad del sedimento tendrá lugar por la sedimentación y acumulación de los restos orgánicos macroscópicos procedentes de las deyecciones de los peces (*pellets*), restos de alimento no consumido, y de las bajas. Además del aumento de materia orgánica la calidad del sedimento puede verse afectada en otras propiedades físicas. La descomposición microbiana de estos restos orgánicos implicará un elevado consumo de oxígeno que en casos extremos puede derivar en fenómenos de anoxia y predominio del metabolismo

anaerobio. Los subproductos de este metabolismo son moléculas químicamente reducidas en forma de gases de sulfhídrico ( $\text{SH}_2$ ) y metano ( $\text{CH}_4$ ), dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), que llegan a burbujear, y que a su vez inducen cambios en el pH. La evaluación del efecto conjunto de todos estos cambios precisa del conocimiento de la distribución espacial de la tasa de vertido a lo largo de la zona de influencia de cada jaula, y de la capacidad de asimilación del sedimento local.

Para predecir adecuadamente la intensidad de este impacto se ha recurrido a un estudio de dispersión lagrangiano de los vertidos orgánicos generados por las instalaciones bajo la situación actualmente legalizada (estado cero) y bajo la ampliación solicitada. Básicamente la simulación consistió en la liberación en las coordenadas de cada jaula y durante un mes, de partículas representativas del vertido orgánico particulado sobre una matriz hidrodinámica de corrientes marinas obtenidas de un instrumento fondeado en la zona de estudio. (Anexo II). Algunas de las características del modelo son:

- Distinción de hasta cinco tipos de partículas según tamaño y tasas de sedimentación, para representar los pellets fecales y restos de alimento no consumido de acuerdo a la bibliografía consultada de cada especie (Magill et al., 2006; Piedecausa, 2010).
- Su número era proporcional al vertido de cada jaula y fisiología de la especie.
- Para obtener una mayor fidelidad en los resultados el modelo fue desarrollado en 3D, con diferentes velocidades de corriente según estratos de la columna de agua, de esta manera se reproduce además el efecto de la batimetría y corrientes de retorno costeras,

El registro de la posición final de cada partícula en el sedimento al término del periodo de simulación, permitió realizar una estima de la tasa de sedimentación. El resultado final de todo este proceso se presenta como un mapa de la tasa de sedimentación de materia orgánica que identifica la huella ("foot-print") sobre el sedimento, considerando interacciones entre jaulas y el efecto de una corriente variable en dirección e intensidad.

Las tasas de sedimentación obtenidas por el modelo son brutas y no contemplan el efecto de la fauna nectobentónica sobre el proceso de enriquecimiento orgánico. Se sabe que las granjas acuícolas aumentan la densidad de ciertas especies ícticas salvajes, en su entorno, las cuales son capaces de consumir entre el 40-80% de los excedentes de alimentación (Vita et al., 2004; Felsing et al., 2005). Estudios locales en instalaciones presentes en la misma zona de estudio elevan la acción de la ictiofauna hasta el 86,7% (Piedecausa, 2010) y revelaron la existencia de una completa comunidad compuesta tanto por especies pelágicas como bentónicas y demersales (*Mullus surmuleus*, *Litognathus mormyrus*, etc.).

Las tasas de sedimentación obtenidas por el modelo son brutas, y no contemplan el efecto de la fauna nectobentónica sobre el proceso de enriquecimiento orgánico, ni la resuspensión de las partículas en el fondo, como se ha descrito en el párrafo anterior. Estos procesos favorecen la dispersión de los vertidos y harían bajar las tasas de sedimentación de materia orgánica y la zona de afección, no obstante, son procesos dependientes de un gran número de variables ambientales (zona de estudio, hidrodinámica, batimetría, fauna local, meteorología, etc), además, muy difíciles de calibrar con datos reales, que podrían introducir errores en los resultados. Por tanto, al no tener en cuenta estos fenómenos se introduce una sobre-estima tanto en las concentraciones de las tasas de vertido, como el área de afección que son perfectamente justificables por el principio de precaución para la valoración de las repercusiones de la actividad.

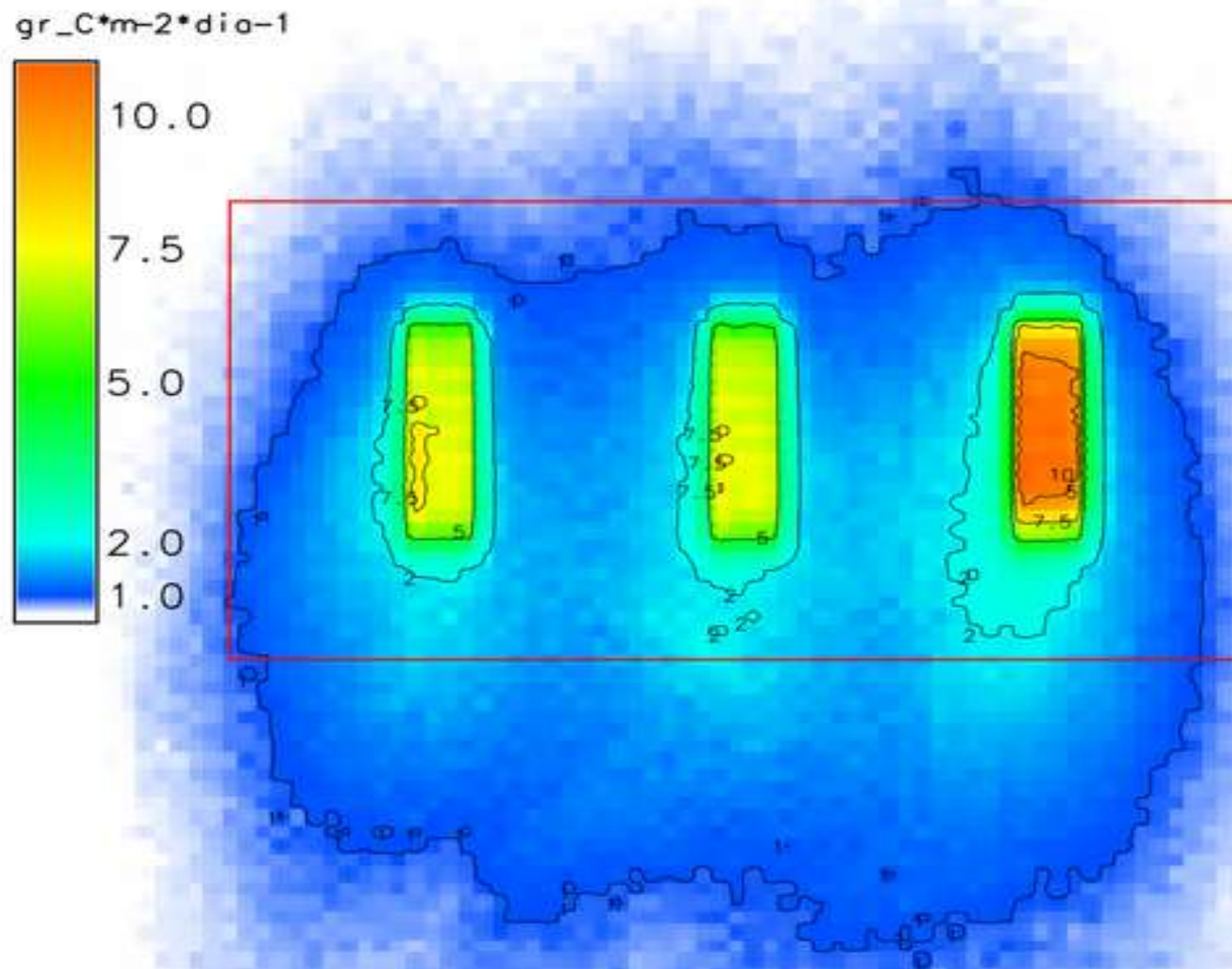
A partir de la correlación existente entre las concentraciones de sulfuros y las tasas de sedimentación obtenidas por el modelo se recalcula los límites de la escala de impactos sobre el sedimento de Hargrave (2010), y se delimitan las categorías de impacto según los resultados de tasas de sedimentación del modelo.

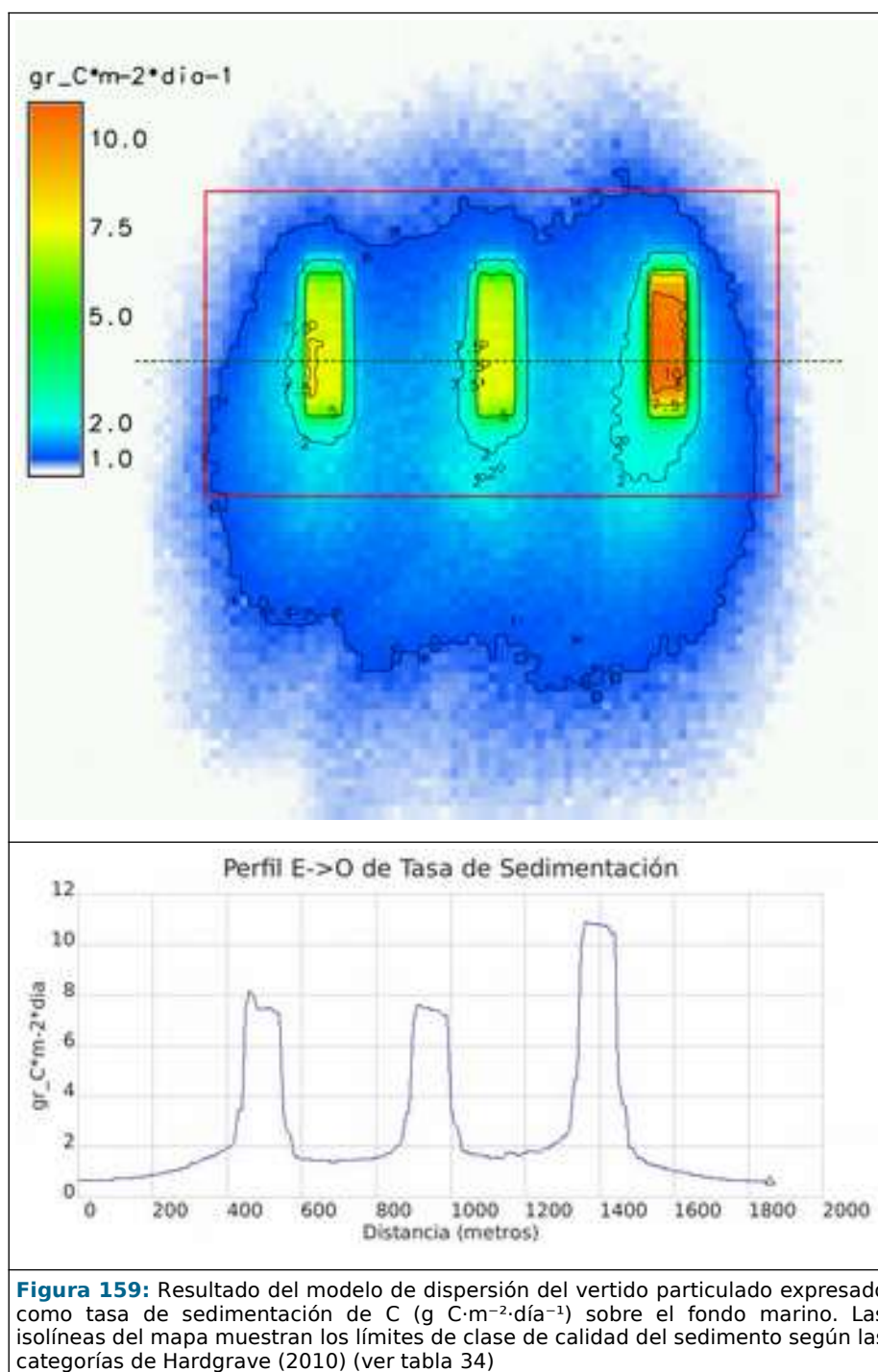
Tabla 41: Límites de clase de calidad del sedimento según las categorías de Hargrave (2010) obtenidas a partir de la regresión experimental establecida en la figura 145.

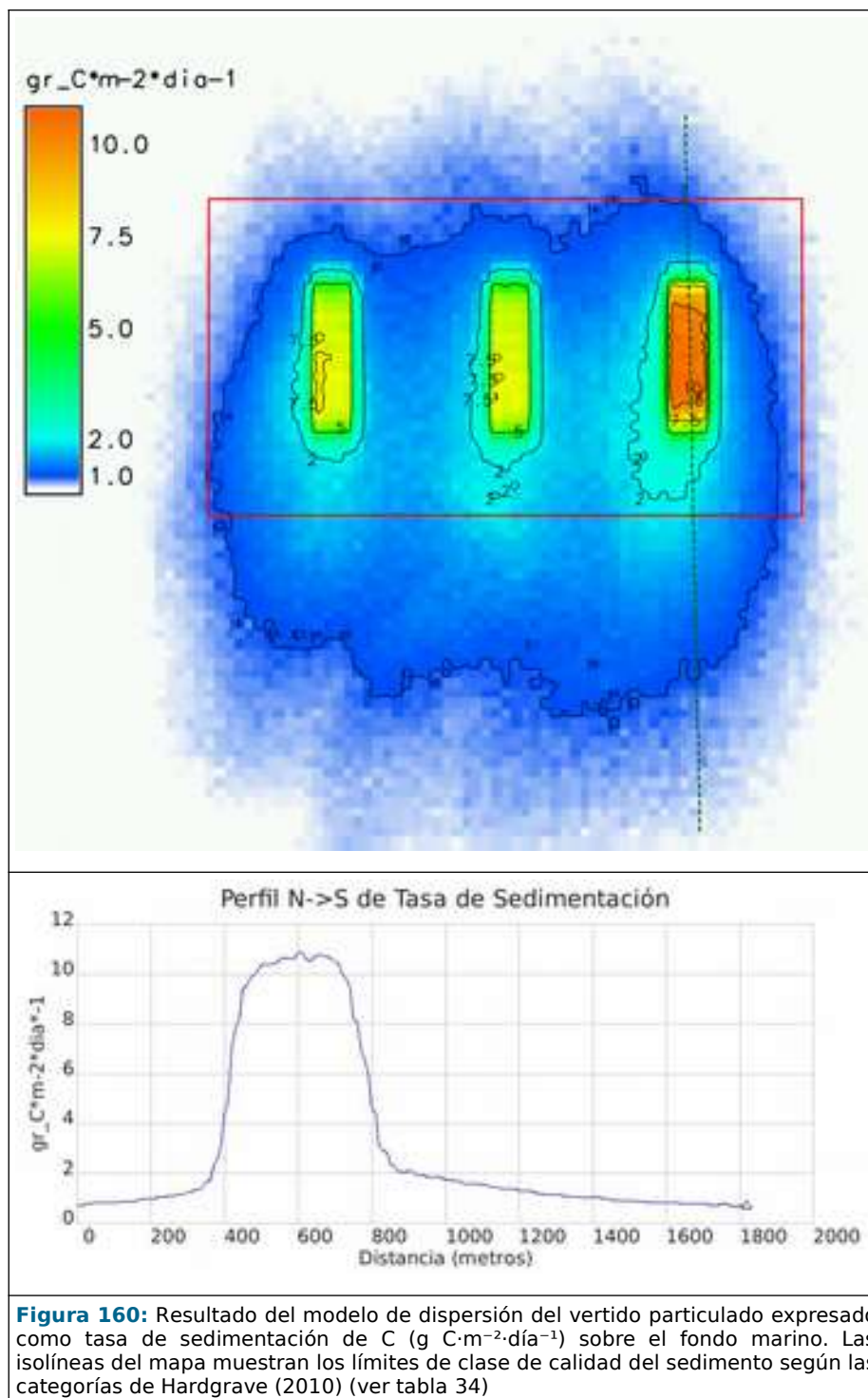
Clase	Sulfuros $\mu\text{M}$	Tasa de sedimentación $\text{g C}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{día}^{-1}$
Oxic A	<750 $\mu\text{M}$	1
Oxic B	750-1500 $\mu\text{M}$	2
Hipoxico A	1500-3000 $\mu\text{M}$	5
Hipoxico B	3000-6000 $\mu\text{M}$	7,5
Anoxico	>6000 $\mu\text{M}$	>10

En la simulación se han hecho coincidir todas las jaulas al final de ciclo, aunque se trate de especies diferentes. La dorada pese a tener un ciclo más corto (16 meses), y por esto ser una especie con menor repercusiones ambientales que la lubina; al considerar su final de ciclo resulta que los individuos son más voraces que la lubina y emiten más vertidos, como puede observarse en la figura 158 a continuación.

**Figura 158:** Resultados del modelo de dispersión del vertido particulado expresados como tasa de sedimentación de Carbono sobre el fondo marino a partir de la relación propuesta por Hargrave (2010).







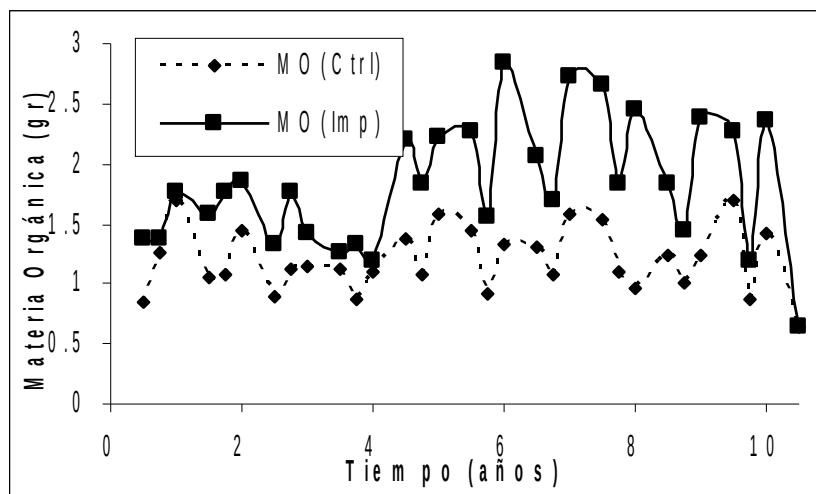
El alcance del área afectada por la acumulación de materia orgánica se restringe a los primeros 100-200 m ( $\text{Oxic B } 2\text{-}5 \text{ gr C m}^{-2} \text{ día}^{-1}$ ) con una clara elongación según el eje dominante de corrientes, algo en concordancia con los resultados por la mayoría de autores (Pearson y Gowen, 1990; Gillibrand y Turrell, 1997, Cromey *et al*, 2000, Cromey *et al*, 2012).

Sobre el impacto que estas tasas de sedimentación suponen “de facto” sobre la calidad del sedimento algunos autores han propuesto una escala genérica (en realidad un nomograma) según la cual tasas de sedimentación por encima de  $10 \text{ gCm}^{-2}\text{día}^{-1}$  suponen fenómenos de anoxia constante, redox  $<-250 \text{ mV}$  y pH por debajo de 6, mientras que tasas entre  $7.5\text{-}10 \text{ gCm}^{-2}\text{día}^{-1}$  corresponderían a fondos caracterizados por una hipoxia severa y entre  $5\text{-}7.5 \text{ gCm}^{-2}\text{día}^{-1}$  moderada (Hargrave, 2008).

Sin embargo la mejor manera de estimar el impacto es recurrir a la evolución de los parámetros de calidad de sedimento tomados de las instalaciones de acuicultura vecinas a la zona de estudio. Este seguimiento se basa en el análisis de diversas variables indicadoras como son el contenido en materia orgánica, pH, potencial redox y demanda química de oxígeno y cuyos resultados ya fueron detallados en el apartado 4.5. A modo de resumen estos resultados presentan la evolución de los valores máximos en estaciones Control e Impacto (Figura 161). No se observan tendencia interanuales, aunque sí un ciclo intra-anual coincidiendo con los periodos dominantes de crecimiento de las especies cultivadas.

Tabla 42: Resumen global del último registro de porcentaje de materia orgánica, pH y potencial redox en sedimento. dentro del PVA del PCM-SP.

Estación	Carbono Orgánico Oxidable (%)	Materia Orgánica Oxidable (%)	pH	REDOX (mV)
<b>ESTACIONES DE IMPACTO</b>				
BG-jaula	0,3733	0,6433	7,8	-133,2
LB1-jaula	0,5325	0,9192	7,6	-208,8
LB2-jaula	0,6217	1,0658	7,7	-186,9
LB3-jaula	0,5100	0,8782	8,0	-160,2
PAIba-jaula	0,3008	0,5192	7,8	-96,9
SAM-jaula	0,3825	0,6583	7,9	-117,2
TG-jaula	0,2850	0,4908	8,0	-95,7
<b>ESTACIONES INFLUENCIADAS</b>				
BG-inf	0,2917	0,5025	7,7	-124,4
LB1-inf	0,3917	0,6767	7,8	-131,4
LB2-inf	0,3892	0,6725	7,7	-97,2
LB3-inf	0,3333	0,5725	7,8	-10,9
PAIba-inf	0,3358	0,5767	7,7	-116,4
SAM-inf	0,3050	0,5250	7,8	-141,1
TG-inf	0,2708	0,4658	7,8	-105,8
<b>ESTACIONES DE CONTROL</b>				
SPCN1	0,4333	0,7508	7,6	-178,3
SPCN2	0,3492	0,6000	7,7	-39,9
SPCS1	0,3183	0,5517	7,6	-115,3
SPCS2	0,2591	0,4455	7,7	-65,8



**Figura 161:** Evolución temporal de los valores máximos de MO en las series control e impacto.

De forma genérica estos resultados indican que no se está produciendo una gran acumulación de materia orgánica en sedimento en relación a las estaciones control, pese al incremento de las tasas de sedimentación provocado por los cultivos marinos. Hasta el momento las tasas de asimilación bentónicas han sido capaces de procesar estos incrementos manteniendo la acumulación de materia orgánica entre 1-2,5 gC/m<sup>2</sup>, aunque de hecho se ha producido un aumento del metabolismo anaerobio evidenciado por descenso del potencial redox. La inspección visual de los fondos ha detectado en ocasiones fenómenos de anoxia y aparición de tapices bacterianos de *Beggiatoa sp.* de carácter local y esporádico. A esta situación de equilibrio parecen contribuir el carácter un tanto cíclico de la producción y consiguiente vertido de desechos, con mínimos durante el alevinaje que permite un cierto efecto “barbecho” y de forma un tanto irregular pero ciertamente decisiva el efecto batiente del oleaje sobre los fondos, evidenciado por la aparición de fenómenos como “ripple marks” muy marcados de dimensiones más apreciables que lo normal, tras los eventos de temporal intenso.

**Uso de medicamentos y productos tóxicos:** en el apartado 2.6.5 se presentó una estima de la cantidad de vertido anual de metales estimada a partir de su contenido en los piensos de alimentación y en el apartado 2.4.3 los datos disponibles sobre el uso de sustancias antibióticas, dependiendo del diagnóstico de cada caso. En ambos casos el patrón de distribución sobre el fondo marino será análogo al presentado en las Figuras 158, 159 y 160 pues estas sustancias se administran incorporadas a los piensos y son vertidas con las heces. La concentración será mucho menor que la de C en la materia orgánica pues se trata de elementos trazas. Estudios realizados en Escocia encontraron sedimentos severamente contaminados por metales en un área de 30 m alrededor de jaulas de salmón, pero las condiciones de confinamiento y baja dispersión de los fiordos escoceses no son extrapolables a la zona de estudio, como tampoco lo es el tipo de cultivo y sus tratamientos. Las implicaciones ecológicas de esta posible contaminación no son totalmente conocidas, por ejemplo, altas concentraciones en sedimento no

implican su incorporación a la cadena trófica, ya que su biodisponibilidad es menor bajo condiciones anóxicas, en cambio la resuspensión del sedimento favorecería su entrada a la cadena trófica.

**Valoración:** Como conclusión a la acción combinada de todos estos efectos (acumulativo) puede decirse que según el modelo de dispersión de partículas el área de impacto se circunscribe al entorno inmediato de las jaulas en un radio de unos 50-150m (parcial), dentro del cual resulta esperable un sedimento moderadamente enriquecido en MO y en menor medida por metales (Cobre por antifouling), caracterizado por el predominio de un metabolismo hipóxico A, en la zona bajo las jaulas que puede derivar hacia hipóxico B, a consecuencia de fenómenos de desprendimiento masivo de fouling o durante las fases terminales del ciclo de producción. El sedimento se recupera de estas sobrecargas gracias al descanso durante las fases iniciales de los sucesivos ciclos de cultivo y por la acción del oleaje (periódico). Aunque el impacto es persistente y permanente, pues la materia orgánica sedimentada permanece tras el cese del vertido, se considera reversible a medio plazo gracias a las tasas de asimilación y sobre todo a la acción del oleaje durante los temporales. La recuperación puede durar varios años. Existen determinadas medidas correctoras que pueden rebajar su intensidad.

La magnitud del impacto, valorada según el grado de deterioro según los resultados del modelo de dispersión presentará zonas caracterizadas por un ambiente Anóxico bajo las jaulas de dorada y en el límite superior de hipóxico-A para la mayoría de las jaulas, con algunas pequeñas manchas de Hipóxico-B aunque la extensión de las mismas es ligeramente diferente. Se considera que alcanzar este nivel de deterioro es señal de una incidencia media (Magnitud: 0,4).

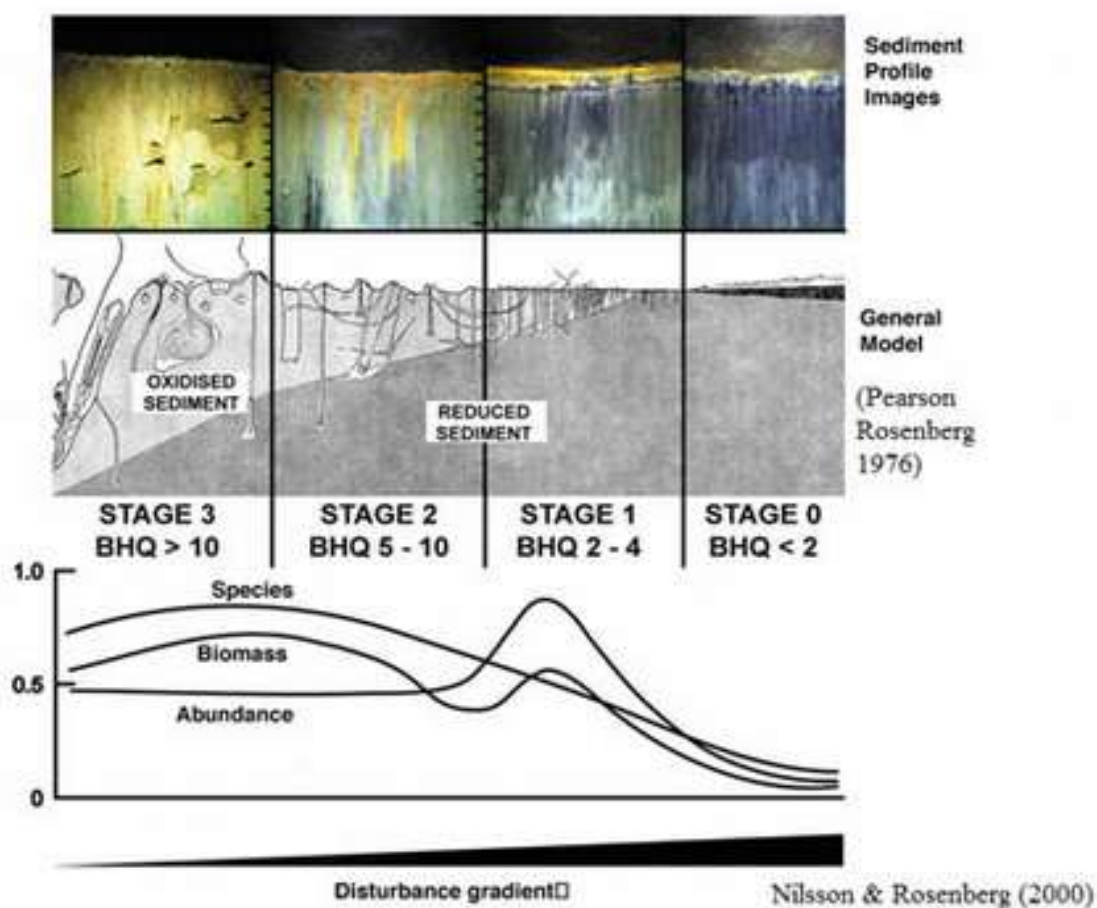
#### 5.4.5. DETERIORO DE LA BIOCENOSIS FONDOS DE FANGO

El detrítico costero enfangado es la comunidad biológica que recibe el impacto directo del cultivo debido a la sedimentación de materia orgánica en forma de restos de alimento no consumido y heces de los peces, pero también de otras sustancias químicas (ver apartado 2.6.1 y 2.6.5).

Esta biocenosis de fango presenta un aspecto muy homogéneo y pobre en cuanto al desarrollo de especies epibiontes, su mayor riqueza biológica se encuentra en su comunidad infaunal. Por este motivo, la localización de las jaulas sobre esta comunidad no es causal y obedece por un lado, a la ausencia de especies protegidas y, por otro, a su alta capacidad de asimilación y recuperación de su comunidad infaunal.

No obstante, la concesión de una instalación lleva implícita la asunción de un cierto deterioro del estado ambiental, al menos en un entorno de la instalación coincidente con la *foot print* presentada en las figuras 212, 213 y 214. Se suele aceptar que el grado de deterioro admisible, en ausencia de especies protegidas o de elevado interés, es aquel vinculado a estados intermedios de alteración caracterizados por elevadas densidades y diversidades, así como por la permanencia de las especies de mayor tamaño (ej. *Environmental monitoring program framework for marine aquaculture in Nova Scotia*, 2011). Este tipo de comunidades deben garantizar el mantenimiento de su capacidad de asimilación y por otro su capacidad de recuperación.

La respuesta de las comunidades bentónicas y sedimentos al incremento de materia orgánica es bien conocida, existiendo desde hace décadas modelos conceptuales (Pearson y Rosenberg, 1978; Snelgrove y Butman, 1994; Gray *et al*, 2002). En general en estos modelos el enriquecimiento en materia orgánica originada por las actividades humanas acaba produciendo con bastante frecuencia fenómenos de hipoxia y anoxia, el ascenso de la discontinuidad del potencial redox (RPD), producción de sulfuro (ya descritos en el apartado 5.4.4) que determinan el consiguiente empobrecimiento de la macrofauna bentónica (diversidad, riqueza y biomasa), siguiendo los gradientes espaciales y temporales (Figura 162).



**Figura 162:** Modelo de perturbación bentónica debida al enriquecimiento orgánico de Pearson y Rosenberg (1978).

Los datos extraídos de la literatura científica (para una revisión ver Fernandes *et al.* 2001; Black y Pearson, 2001) concuerdan con este modelo empírico sobre la sucesión en relación con el enriquecimiento orgánico propuesto por Pearson y Rosenberg (1978). Por desgracia este tipo verificaciones no ha venido acompañado del establecimiento de una escala cuantitativa, que permitiera correlacionar variables indicadoras y aplicar el modelo de una forma efectiva a los estudios de impacto. Según los datos de experimentos realizados en mesocosmos cantidades por debajo de  $0,1 \text{ g.C.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$  no producen efecto apreciable, entre  $0,1$  y  $1 \text{ g.C.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$  provocan un enriquecimiento de la comunidad bentónica y tasas superiores a  $1,5 \text{ g.C.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$  suponen el comienzo de las condiciones de empobrecimiento (Kelly y Nixon, 1984; Frithsen *et al.*, 1987; Oviatt *et al.*, 1987; Maughan y Oviatt, 1993). Según los resultados obtenidos por Eleftheriou *et al.* (1982) en experimentos de campo, en los que tras la adición de  $2,1 \text{ g.C.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$  la fauna se veía favorecida y las condiciones alteradas comenzaban a partir de tasas superiores a  $4,1 \text{ g.C.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$ . Sólo muy recientemente, Hargrave *et al.* (2008) propusieron una clasificación cuantitativa del proceso. Esta clasificación, bajo la forma de un nomograma, permite cotejar entre sí variables biológicas, químicas y físicas, entre ellas las tasas de sedimentación expresadas en  $\text{gCm}^{-2}.\text{d}^{-1}$  y diversos índices de hábitat como el Benthic Quality Index (BQH), el Benthic enrichment Index (BEI), el Infaunal Trophic Index (ITI) así como los índices de diversidad de Shannon-Weiber ( $H'$ ) y presencia de

especies indicadoras.

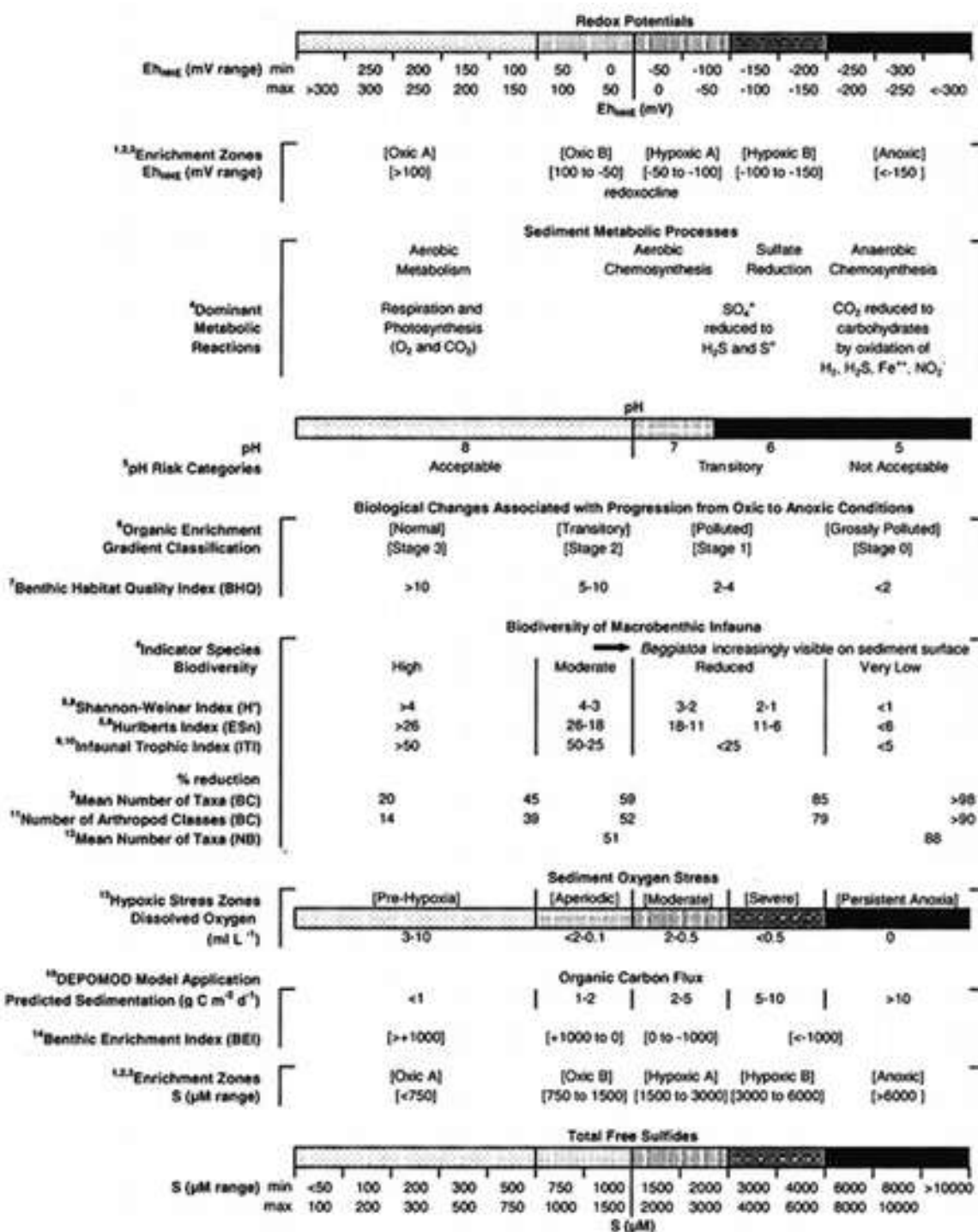


Figura 163. Nomograma desarrollado por Hargrave (2008) que permite cotejar entre sí variables biológicas, químicas y físicas y diversos índices de hábitat así como los índices de diversidad de Shannon-Weiber ( $H'$ ) y presencia de especies indicadoras.

La aplicación de la clasificación propuesta por Hargrave a las predicciones de las tasas de sedimentación obtenidas con el modelo de dispersión DEPOMOD Lagrangian, sin considerar el efecto de la fauna nectónica salvaje y de la resuspensión de las partículas sedimentadas, lo que supone una sobre-estima significativa de la cuantificación de los efectos del vertido en las comunidades bentónicas. Estos resultados pueden observarse en las figuras 212, 213 y 214, en el que se predice una zona de biodiversidad muy baja justo bajo el tren de jaulas de dorada y reducida ( $1 < H' < 3$ ), Hipóxico A y B, justo bajo las jaulas de lubina, además una zona intermedia concéntrica entre 50 y 150 metros de diversidad moderada ( $3 < H' < 4$ ), Óxico B según las categorías de Hargrave (ver figura 163).

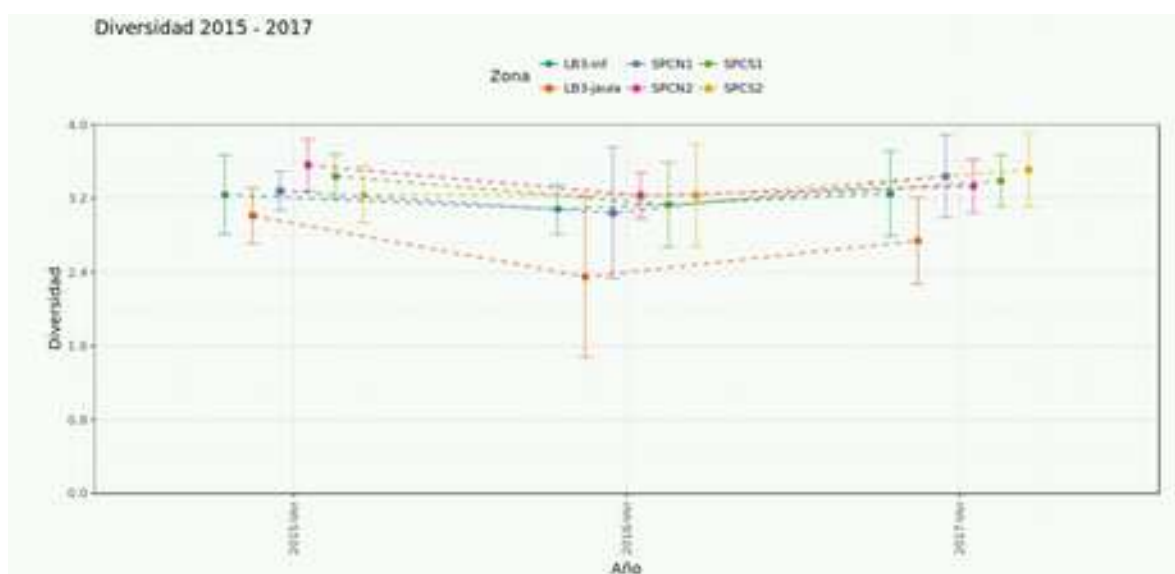


Figura 164: Evolución anual (2015-2017) de la Diversidad en instalaciones de dorada y lubina (Lebeche Spain III).

Las comunidades infaunales de la zona parecen adaptarse a estos fenómenos de enriquecimiento del sustrato siendo capaces de mantener una elevada biomasa, diversidad y abundancia bajo estas condiciones (ver figura 164), lo que sin duda beneficia la capacidad de asimilación de estos fondos.

En cuanto a la **valoración** de esta Biocenosis Fondos de Fango en el ámbito de influencia del vertido (ver figura 212), con bajo interés conservacionista, aunque cabe destacar que es la comunidad que directamente recibirá los aportes de materia orgánica del vertido presentando, según los resultados del estudio de macrofauna bentónica, un índice de calidad *bueno*, por lo que se valora una magnitud de 0,65.

#### 5.4.6. IMPACTO SOBRE LAS AVES MARINAS

Las instalaciones proyectadas están ubicadas sobre un área ZEPA Espacio Marino de Tabarca-Cabo de Palos (ES0000508) la conservación de este extenso espacio viene dada para asegurar el recurso alimento de las numerosas especies de aves, protegidas o de interés para su conservación, que se presentan a lo largo de un ciclo anual en el

ámbito costero que nos ocupa. Estas especies de aves de interés utilizan otras áreas ZEPA, asociadas a este espacio marino, para refugio, dormitorio o reproducción, utilizando este espacio marino para proveerse del alimento necesario.

Así, el principal objetivo de conservación de esta ZEPA “Espacio marino de Tabarca-Cabo de Palos” es el de asegurar unas condiciones de calidad en sus aguas de manera que aseguren el adecuado mantenimiento de la fauna íctica, principal fuente de alimento de estas aves asociadas al medio marino.

Como se indicó en el apartado 4.7.5 AVES MARINAS, las jaulas de cultivos marinos en mar abierto constituyen un importante atractivo para las aves marinas tanto por constituir un posadero, como una fuente de recursos alimenticios. De esta manera se ha hecho habitual la presencia de gaviotas, cormoranes y pardelas principalmente. Esta presencia no es deseada por los gestores de la instalación de manera que es habitual la colocación de redes antipájaros especialmente en jaulas con alevines para evitar su captura. Se han documentado casos en los que alguna garceta o gaviota ha conseguido burlar las redes antipájaro y ha quedado encerrada. De esta manera la influencia de los cultivos marinos supone al tiempo un aumento del recurso alimenticio para las aves marinas y un mayor riesgo de muerte por enmalle. Los acuicultores poseen instrucciones para liberar estos ejemplares sin causar daño

En relación a las aves de mayor interés como el alcatraz, la pardela cenicienta y la gaviota de auin, estas especies no han visto modificados sus hábitos de alimentación y hasta la fecha no se ha citado casos de enmalle en las jaulas.

El desarrollo del proyecto basado en protección de redes antipájaro, liberación de ejemplares enmallados y una correcta gestión de desperdicios, no debe suponer un impacto relevante sobre las comunidades de aves marinas, como se constata en la experiencia de las instalaciones ya presentes en la zona de estudio.

**Valoración:** La implantación del nuevo proyecto se caracteriza como un impacto **extenso** pues se verifica sobre la poblaciones de aves marinas de todo este frente de litoral, intensidad **baja** pues no está afectando a especies de interés y el número de enmalles reportados es muy bajo. El impacto aparece de forma **inmediata** tras el inicio de la actividad y se verifica de forma **constante**. **Reversible** a **corto plazo** pues desaparece de inmediato tras la desaparición del recurso alimenticio. Existen determinadas **medidas correctoras** que pueden rebajar aún más su intensidad.

En relación a su **magnitud** se considera **baja** ( $Mag=0,2$ ) pues dado el escaso número de casos de enmalle reportados no parece estar afectando a la demografía de las especies de aves marinas presentes en la zona de estudio.

#### 5.4.7. IMPACTO SOBRE COMUNIDADES ICTICAS LOCALES

La mera presencia física de la instalación puede ser considerada como un arrecife artificial a cuyo amparo se producen agregaciones notables de peces, este efecto se ve incrementado por la disponibilidad de alimento en forma de excedentes de pienso y material particulado. De esta manera numerosas especies planctívoras (principalmente Mugilidae; *Trachurus mediterraneus*, *Sardinella aurita* y *Boops boops*) pueden ver incrementadas sus poblaciones originales. Puede afirmarse que estos cardúmenes en cierto modo actúan como “biofiltros naturales” de los vertidos acuícolas (Dempster y Sánchez-Jérez, 2008) habiéndose estimado una reducción en el vertido particulado de hasta un 80% así como un efecto “arado” sobre el sedimento.

En ocasiones se ha mencionado el posible “efecto sumidero” que supondría la pesca profesional o deportiva de los cardúmenes congregados en las inmediaciones de las instalación, no obstante, la pesca está prohibida en el interior de la concesión de acuicultura, por tanto este efecto en se produce. Además, la dieta de los cárdumes presentes alrededor de las jaulas es similar a la de los ejemplares estabulados, habiéndose observado una mejor condición somática y una composición de ácidos grasos parecidos a un ejemplar cultivado (Fernández Jover, 2007).

El cultivo de varias especies en una misma zona es un factor de riesgo en la aparición de enfermedades (Paone, 2000). Los peces silvestres y los cultivados son sensibles a los mismos patógenos y/o parásitos y existe riesgo potencial de contagio de enfermedades y transmisión de parásitos tanto desde las poblaciones silvestres hacia las cultivadas como en sentido contrario. El desarrollo de las enfermedades en la acuicultura, no sólo depende del hospedador (especie cultivada) o de la capacidad de difusión del agente patógeno (virulencia del agente infeccioso), en la mayoría de los casos se ve también amplificada por la presencia de otros factores de distinto tipo que aumentan el riesgo de infección como el estrés climático, una mala gestión, el sistema de cultivo y las propias especies cultivadas. Con el alimento los peces también bioacumulan los residuos terapéuticos y metales comentados en el apartado, aunque, en lógica, si los peces de acuicultura resultan aptos para el consumo también estos cardúmenes habrían de serlo.

Episodios de meteorológicos excepcionales, vandalismo, mala conservación, los propios peces comiendo el fouling de las redes pueden ocasionar su rotura y el escape de los peces cultivados. Una vez liberados se ha comprobado que, habituados a alimentarse del pienso, permanecen bastante tiempo en el entorno de la propia concesión y, en ocasiones, de manera indefinida. Otras veces abandonan la concesión y en virtud de la entidad del escape y su naturaleza depredadora podrían ejercer presión sobre la disponibilidad de recursos del entorno. Estos escapes suponen también un riesgo de alteraciones genéticas, que en caso de la dorada (*Sparus aurata*) es mínimo pues la estructura genética presenta un importante flujo genético entre todas las poblaciones

comprendidas entre el Mediterráneo y las Azores. En la lubina (*Dicentrarchus labrax*) sí existe una importante estructuración geográfica de las poblaciones aunque la producción de alevines suele producirse a partir de ejemplares capturados en las poblaciones silvestres (no se produce selección genética).

En consecuencia, se trata de un impacto de carácter **negativo** y **permanente**, pues se produce mientras exista la instalación, **extenso**, sus consecuencias se evidencian a **largo plazo**. El efecto es **reversible**. Existen **medidas correctoras**.

Dadas las medidas de protección actuales (prohibición de pesca, correcta dosificación del alimento, mantenimiento y sustitución de redes, etc.) la intensidad es baja **0,30**

#### 5.4.8. IMPACTO SOBRE OTRAS PESQUERÍAS

La fabricación de piensos y harinas de pescado puede repercutir de forma negativa con una presión indirecta sobre los caladeros foráneos. La cuantificación del consumo de recursos realizada en el apartado 2.4.1 estimó estas necesidades al final del ciclo (16 y 19 meses) en torno a las 3300 Tm en las jaulas de dorada y 6300 Tm para las de lubina. En total se consumirá 9600 Tm de pienso extrusado al final del ciclo para producir las 6720 Tm de pescado.

Se considera este impacto de carácter negativo. Respecto a la incidencia del impacto, es permanente pues la presión pesquera se ejerce durante toda la fase de explotación, es extenso pues afecta a toda la zona de extracción de las especies, sus efectos se reflejan a medio plazo por eliminación del stock reproductor y es reversible a medio plazo pues se trata en su mayoría de especies estrategias de la *r* (alta reproducción y tasas de crecimiento elevadas). Existen medidas correctoras. Con los controles expuestos y tratamientos existentes la magnitud atribuida es de 0,2.

#### 5.4.9. RIESGO DE EUTROFIZACION

El Mediterráneo es el mayor cuerpo de agua oligotrófico del planeta, a diferencia de la mayoría de masas de agua marina está parcialmente limitado por el Fósforo durante el invierno (Krom *et al.*, 1991) y por el Fósforo y Nitrógeno en verano (Thingstad *et al.*, 2005). De acuerdo al ciclo estacional presentado en el apartado 4.3.2 las aguas litorales de la Región de Murcia típicamente presentan un pequeño bloom productivo durante los meses invernales con máximos de clorofila próximos a 0,75 µg Chl-a/L, aunque no son raros eventos aislados en los que se duplica dicha cantidad (Ver Figuras 145, 79 y 165).

Los niveles admisibles de Chl<sub>a</sub> están regulados por la *ORDEN ARM/2656/2008, de 10 de septiembre, por la que se aprueba la Instrucción de Planificación Hidrológica*, que delimitó oficialmente las masas de aguas costeras concebidas como unidad de gestión y estableció los niveles de referencia para distinguir entre los estados muy bueno,

bueno y moderado (Tabla 43). Existe la obligación de los estados miembros de alcanzar el buen estado de sus masas de agua para 2016. En consecuencia, resulta procedente evaluar el riesgo de eutrofización a efectos de dicha Directiva. Dicho impacto debe evaluarse de forma conjunta para el global de los vertidos existentes en la masa de agua a gestionar, en este caso la denominada Mojón-Cabo Negrete .

**Tabla 43:** Valores de Chl<sub>a</sub> delimitantes de las categorías de calidad según *ORDEN ARM/2656/2008* y a efectos del cumplimiento de la DMA para las masas de agua de Mojón-Cabo Negrete.

Elemento	Parámetro	Indicador	Cond. Ref.	Límite muy bueno/bueno	Límite bueno/moderado
Fitoplancton	Biomasa	Percentil 90 Chl <sub>a</sub> (µg/l) inshore	2,2	2,6 RCE=0,85	3,6 RCE=0,47
		Percentil 90 Chl <sub>a</sub> (µg/l) near-shore	0,90	1,1 RCE=0,80	1,8 RCE=0,50

Hasta la fecha los resultados del seguimiento ambiental de las aguas próximas a la zona de estudio, no han revelado incrementos de Chl<sub>a</sub> ni de forma local , ni a mayor escala según comparación con estaciones control situadas aproximadamente a 1 km al norte y sur próxima a la zona de estudio (Figura 165). Estos resultados se vieron reforzados por datos independientes procedentes de diversos satélites de estudio oceanográficos como SeawiFS (ver figura 145) y MODIS (ver Figura 79) también para estaciones impacto y control.

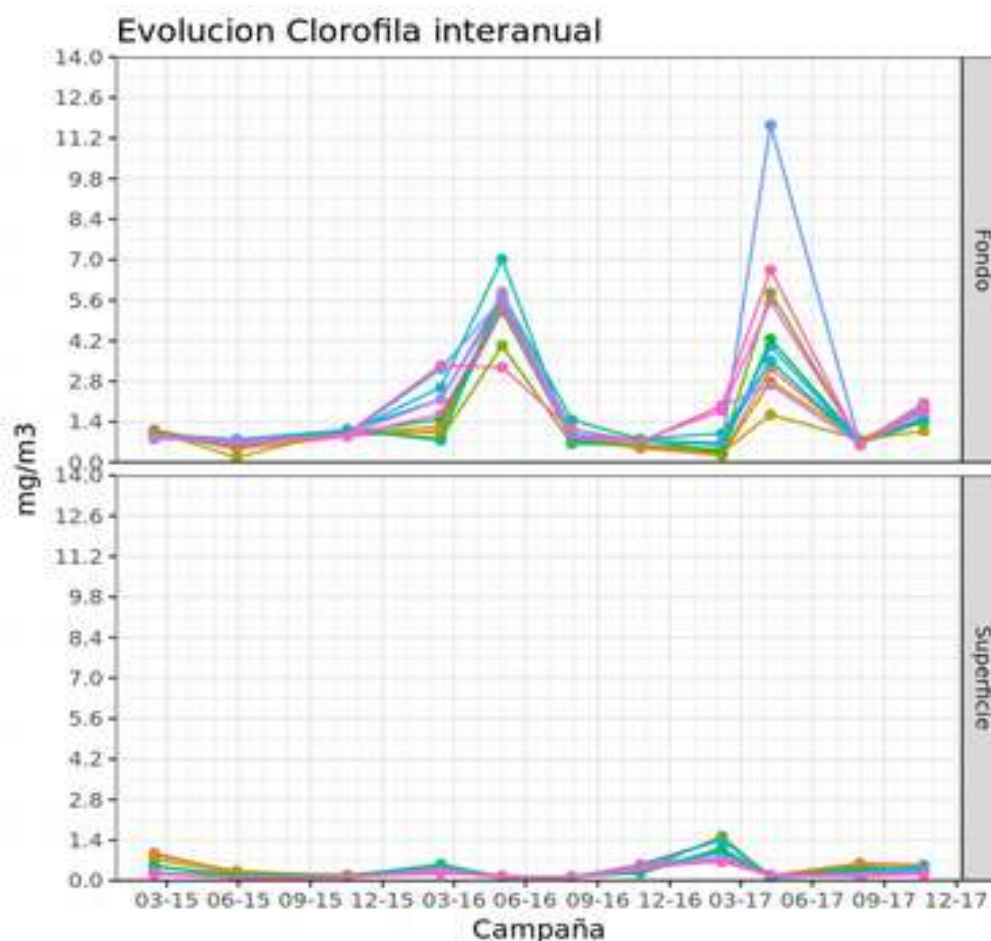
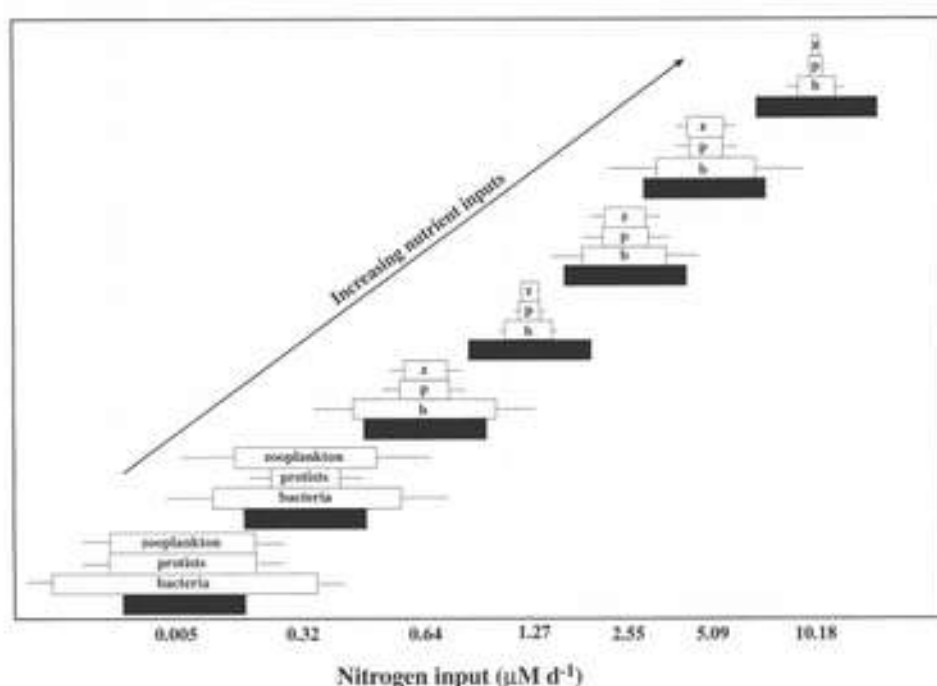


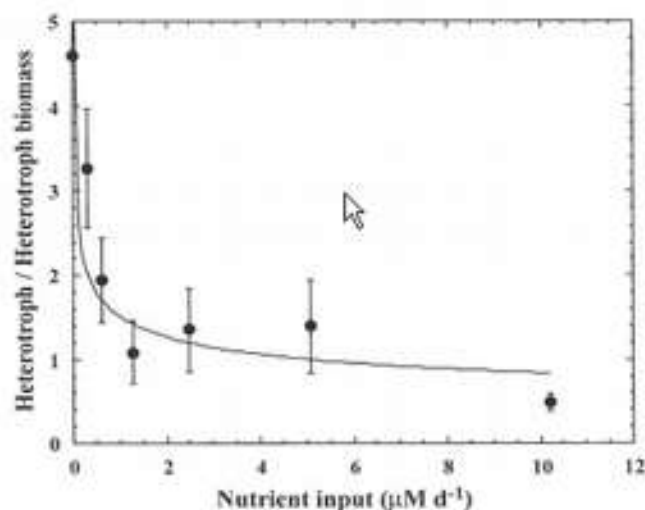
Figura 165: Comparación de los resultados de clorofila-a en el ámbito de estudio (2015 - 2017).

Se ha demostrado que este tipo de resultados es coherente con los datos publicados por la mayoría de autores en el Mediterráneo en relación al vertido acuícola (ver apartado 5.4.3) y tienen explicación por los controles tipo “top down” ejercidos por el zooplancton sobre el fitoplancton. Este control se basaría en una profunda reestructuración de las comunidades planctónicas de Mediterráneo Occidental en respuesta a un enriquecimiento de sus aguas (Vidal *et al.*, 2004; Duarte *et al.*, 2000<sup>a,b</sup>, Vidal y Duarte, 2000). Este patrón, aunque poco frecuente, parece ser general, y ha sido también expuesto por análisis comparativo de la estructura de las comunidades pertenecientes a mares y océanos con dispar grado de eutrofia (Gassol *et al.*, 1997). La Figura 166 resume los cambios estructurales, se observa la deriva desde una comunidad dominada por los heterótrofos, considerados mesozooplancton, bacterias y protistas conjuntamente, a una pirámide trófica típica en la que dominan los productores (AB) sobre los consumidores (HB). En el experimento los heterótrofos pasan a dominar la pirámide trófica tras un aumento de casi tres órdenes de magnitud en el aporte de nitrógeno a un aporte próximo a  $1 \mu\text{M d}^{-1}$ . La relación HB/AB con los nutrientes adoptaría una forma exponencial negativa, siendo su límite inferior el marcado por la relación 5 a 1, de acuerdo a la ecuación  $\text{HB/AB} = 2.08 \cdot \text{AB}^{-0.77}$  ( $R^2 = 0.85$ ,  $p < 0.00001$ ). Estos cambios indican que el incremento de nutrientes influye en el balance entre

productores y consumidores. A bajas concentraciones de nutrientes la respiración heterotrófica es similar o incluso superior a la autotrófica (Duarte y Agustí, 1998). En particular la demanda de C por parte de la biomasa bacteriana puede exceder la producción primaria, de manera que la comunidad autotrófica no estaría limitada sólo por la disponibilidad de nutrientes, sino por la demanda de Carbono particulado (POM). La mayor tasa de crecimiento de los autótrofos permite que ante situaciones de enriquecimiento, éstos crezcan más rápidamente y escapen al control de los heterótrofos. El sistema de autocontrol de los heterótrofos parece ser todavía desconocido pero debe implicar algún tipo de control “top-down” por parte de los carnívoros (Agustí *et al.*, 1992).



**Figura 166:** Cambios en la estequiometría ecológica de las comunidades planctónicas ante un enriquecimiento en el suministro de nutrientes en aguas costero catalanas (tomado de Duarte *et al.*, 2000)



**Figura 167:** Variación de la estructura de la comunidad de heterótrofos en función de la disponibilidad de nutrientes. (Tomado de Duarte et al, 2000)

Este tipo de resultados señalan una notable resiliencia de la comunidad planctónica no sólo frente al vertido de nutrientes disueltos, sino también de materia orgánica particulada y explican la ausencia hasta ahora de señales de impacto en relación a la concentración estacional de  $\text{Chl}_a$

Para evaluar el riesgo eutrofización en la zona de estudio que como consecuencia de la implantación del proyecto pueda suponer sobre la respuesta de las comunidades planctónicas, **se ha recurrido nuevamente a la simulación de diferentes escenarios de vertidos con el modelo MOHID implementado para** el Servicio de Pesca y Acuicultura de la CARM durante la realización de los “*Estudios para el máximo aprovechamiento del Polígono de Cultivos Marinos de San Pedro del Pinatar*” (TAXON, 2009), cuya base conceptual fue comentada en el apartado 5.4.3 y que es detallado en el ANEXO II

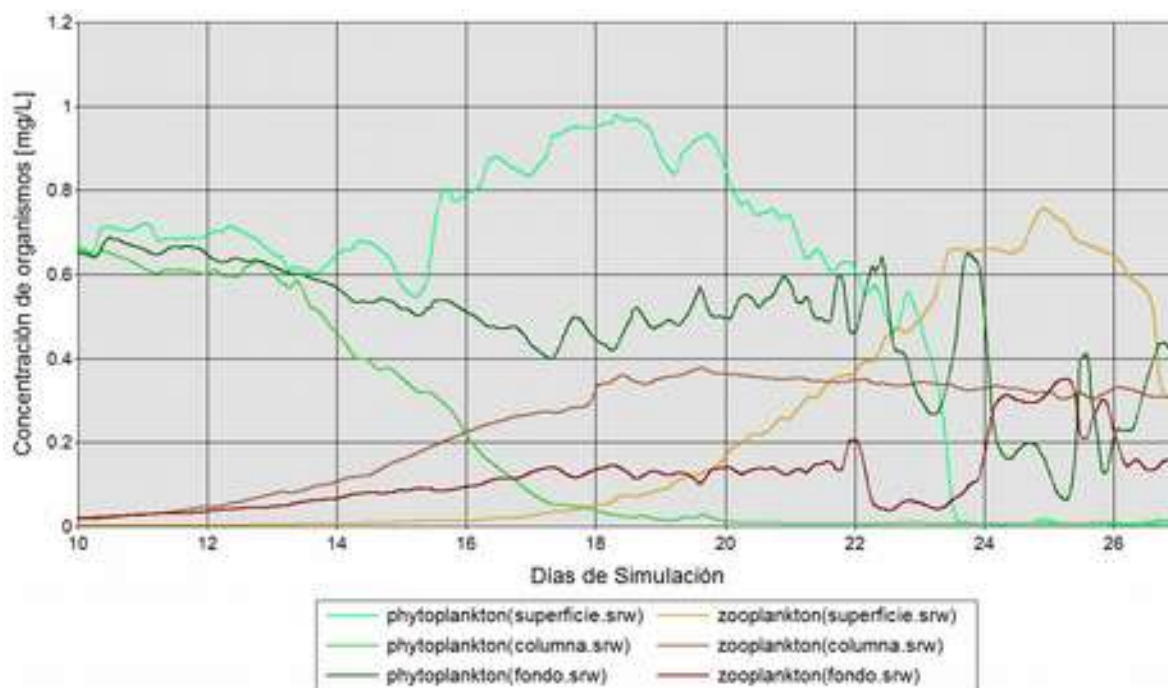


Figura 168: Serie temporal de la concentración de organismos de fitoplancton y zooplancton [mg/L], en la zona de estudio, antes de definir las descargas de vertidos.

Los resultados de este modelo en relación a la clorofila no revelan incrementos significativos, más allá de las interferencias que se generan en las concentraciones por la presencia del vertido de las jaulas, en las mismas aguas del centro de la concesión (ver gráficas de las figuras 168 y 169), los análisis del modelo ecológico desarrollado ha evidenciado una importante resiliencia de la comunidad a perturbaciones por enriquecimiento en nutrientes. Este comportamiento se ha interpretado como una confirmación de los experimentos de mesocosmos citados, pues el análisis de las comunidades planctónicas evidenció una evolución similar en los ratios fitoplancton/zooplancton a las observadas experimentalmente. En relación a la posibilidad de una proliferación de fitoplancton tóxico provocada por el aumento de nutrientes en el agua, cabe señalar que, debido a la imposibilidad de escape de los peces dentro de las jaulas, los cultivos marinos serían uno de los principales afectados por estas causas y que, por tanto, deberían ser los primeros interesados en controlar y prevenir estos sucesos. No obstante, se ha constatado que a pesar del aporte de nutrientes no se están produciendo fenómenos de proliferación fitoplanctónica, por lo que el riesgo de bloom fitotóxicos está igualmente contenido.

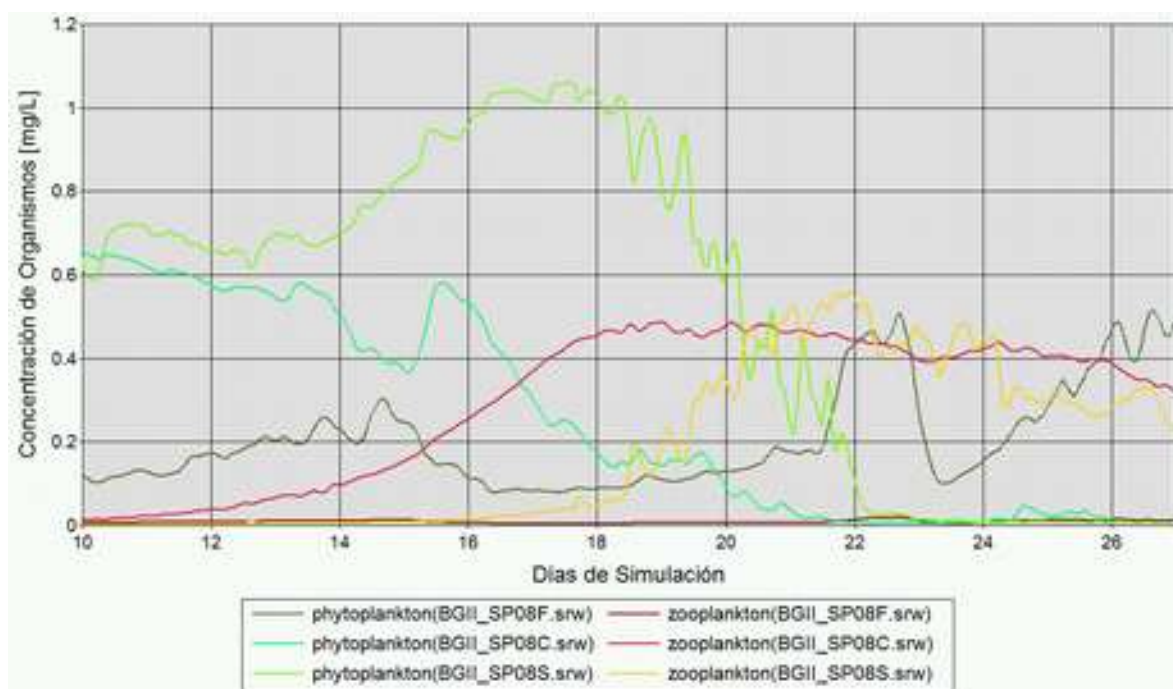


Figura 169: Serie temporal de la concentración de organismos de fitoplancton y zooplancton [mg/L], en la concesión de la Alternativa Seleccionada, después de definir las descargas de vertidos (F= Fondo; C= Columna; S= Superficie).

**VALORACIÓN:** Al igual que la calidad de agua se trataría de un impacto negativo, de naturaleza acumulativa e indirecta pues ocurre via enriquecimiento en los nutrientes disueltos en el agua, que afecta a una considerable masa de agua y se produciría de forma estacional, principalmente en relación a los bloom fitoplanctónicos invernales, por tanto de forma periódica y temporal. Dado el corto ciclo de vida de estos organismos y su deriva según corrientes el efecto no es permanente sino reversible y recuperable a corto plazo.

Hasta la fecha no se ha verificado signos de eutrofización en los planes de seguimiento ambiental de instalaciones de acuicultura presentes en la zona y las predicciones del modelo indican que tampoco se producirán en esta instalación. Por lo que la magnitud atribuida es de 0,2.

#### 5.4.10. ACTIVIDAD PESQUERA

Debido a la profundidad media de la zona de trabajo (50-60m), la principal actividad pesquera es la desarrollada por los barcos de arrastre. La pesca de arrastre es el arte de pesca menos selectivo que existe, además de ser el más perjudicial para los fondos marinos, ya que la red y las puertas están en contacto directo con el fondo marino mientras son arrastradas, destruyendo los hábitats bentónicos que encuentran a su paso, cuya integridad en muchos casos es crucial para la supervivencia de las especies comerciales y provocando graves desequilibrios en la cadena trófica del ecosistema local.

Esta escasa selectividad provoca altas tasas de capturas accidentales que frecuentemente son devueltas muertas al mar como descartes debido a su bajo interés comercial o por tratarse de juveniles. Se descarta entre el 15 y el 70% de lo capturado dependiendo de la especie objetivo, este porcentaje aumenta a medida que disminuye la profundidad a la que se pesca.

En la zona de estudio esta actividad se desarrolla incluso rebasando el límite legal de 50m de profundidad, como han mostrado las imágenes registradas durante los estudios de videocámara y con sonar de barrido lateral que se han realizado para la caracterización del fondo marino en la zona de estudio en las que se aprecian las marcas de este arte de pesca desde los -40 m de profundidad (Figuras 170 y 171).

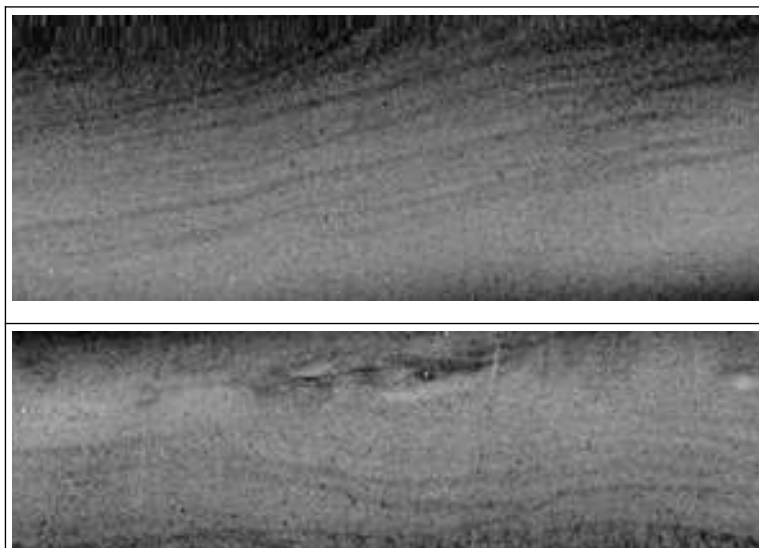


Figura 170: Capturas del sonograma realizado en la zona de estudio donde se aprecian marcas masivas de arrastre sobre sustrato blando (arriba) y sustrato rocoso (bajo).

Estas imágenes ponen de manifiesto que los barcos de arrastre, mediante técnicas de navegación gobernadas por geolocalización (GPS), realizan de forma casi ininterrumpida, barridos perfectamente paralelos dejando pocos metros de separación entre cada pasada, incluso esquivando los escarpes rocosos, esquilmando la comunidad bentónica de sustrato blando presente en la zona.

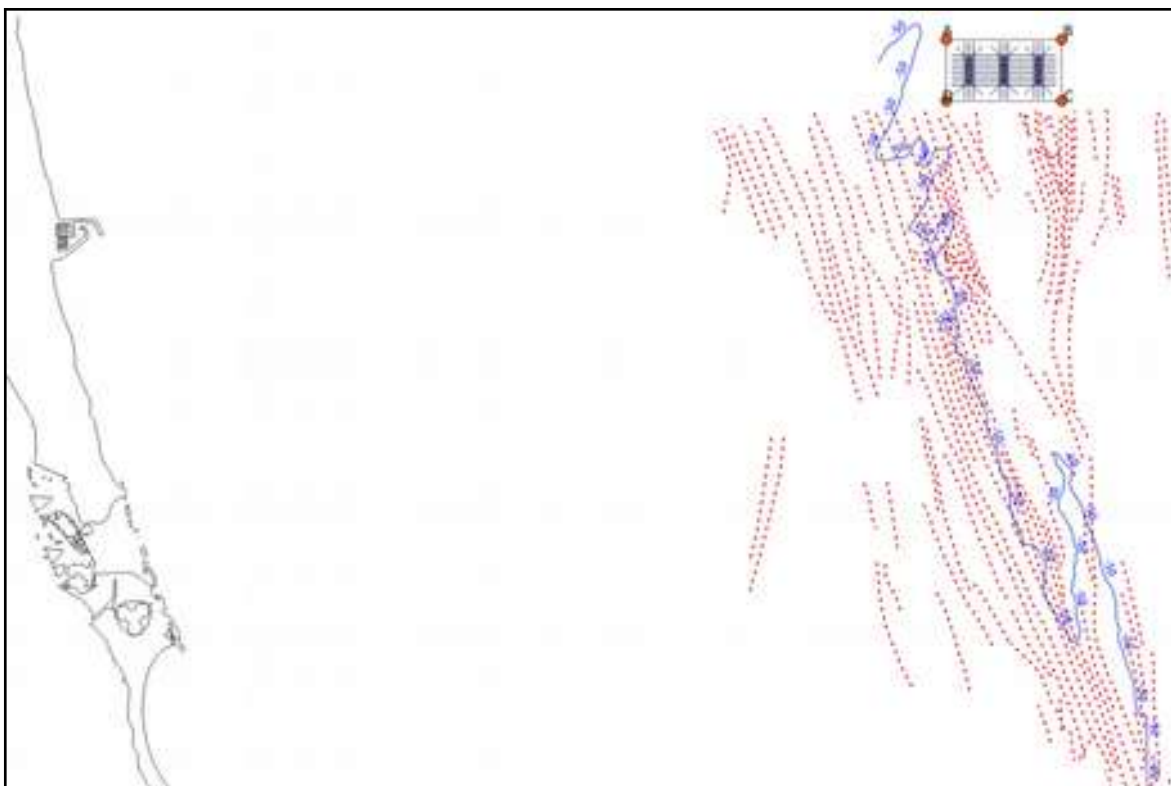


Figura 171. Marcas de arrastre obtenidas tras interpretación del sonograma, poniendo de manifiesto el desarrollo de este arte a profundidades inferiores a los -50 m autorizados (línea azul).

El tipo de fondo fangoso, la ausencia de obstáculos, y la batimetría constante facilita la práctica de este arte en la zona de estudio. La presencia de las jaulas de acuicultura representará un obstáculo a la navegación de estos barcos de pesca.

En el apartado 5.4.8 se comentó la frecuente congregación de cardúmenes asociados al “efecto arrecife” de las jaulas y al aprovechamiento del vertido de materia orgánica particulada. De forma adicional el apartado 4.7.4 proporcionó información sobre la composición específica de estos cardúmenes integrados por hasta 30 especies diferentes, aunque claramente dominadas por sólo 1-3 (principalmente Mugilidae; *Trachurus mediterraeus*, *Sardinella aurita* y *Boops boops*) (Dempster et al. 2002, Boyra et al. 2004; Tuyá et al. 2005, Dempster, 2005).

Se prohíbe la pesca en el interior de la concesión de acuicultura, por seguridad y para evitar la creación de un “efecto sumidero”. Esta medida ha sido muy elogiada y de hecho algunos autores han sugerido que estas zonas de exclusión pesquera cumplirían funciones similares a las de una Reserva Marina debido a la diversidad de especies que albergan y a su potencial para salvaguardar una parte del stock reproductor (Dempster et al. 2002; Boyra et al, 2004; Tuyá et al, 2005), aunque se precisarían estudios detallados para verificar esta función.

En consecuencia, se trata de un impacto de carácter negativo y permanente, pues se produce mientras exista la instalación, sus consecuencias se evidencian a corto plazo, y el efecto es igualmente reversible a corto plazo. La magnitud atribuida es de 0,4

### 5.4.11. INCREMENTO DE LA ACTIVIDAD ECONÓMICA

La acuicultura es una actividad netamente exportadora que generó para la Región de Murcia unos ingresos por valor anual de 108,3 millones de euros en el año 2017, mostrando una clara tendencia de crecimiento interanual (Figura 172). Estas cifras son bastante más elevadas respecto a los 14,2 millones de euros que facturó la pesca desembarcada en toda la Región durante el mismo año sin una tendencia marcada durante los últimos años (Figura 172).

La nueva instalación va a permitir una mejora competitiva de las empresas gracias a los efectos de la economía de escala.

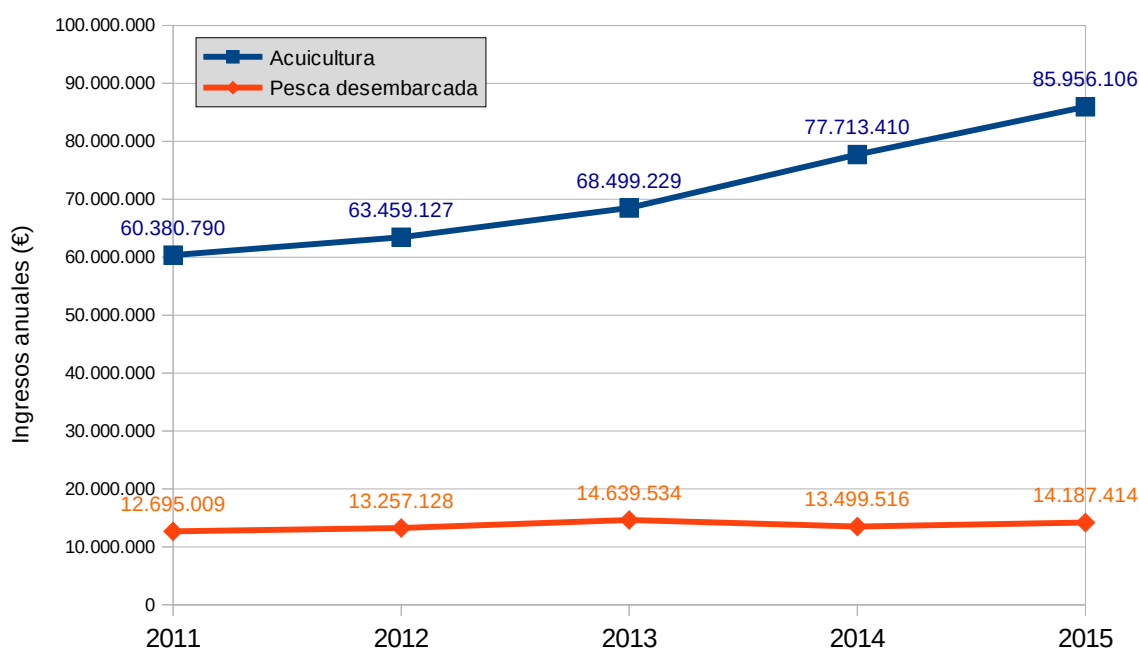


Figura 172. Evolución de los ingresos anuales (€) de la producción acuícola y pesca desembarcada en la Región de Murcia según datos de la Consejería de Agua, Agricultura y Medio Ambiente. Dirección General de Agricultura, Ganadería, Pesca y Acuicultura (mayo-2016).

De obtenerse la concesión, las perspectivas de crecimiento son muy altas y competitivamente favorables respecto al resto de autonomías. El desarrollo de la acuicultura en la Región ha creado finalmente importantes sinergias y fortalezas entre las empresas, como la reciente construcción de siete almacenes en el mismo puerto de SP, la decisión de algunos grupos empresariales de centralizar aquí toda su producción nacional, la profesionalización del sector o la creación de importantes alianzas de cara a la investigación y desarrollo. Considerados conjuntamente los beneficios que la implantación de esta nueva concesión para la producción de dorada y lubina, aporta al desarrollo regional van mucho más allá de los datos económicos.

Se trata de un impacto positivo, sus efectos aparecerían de forma inmediata vía contratación, inversiones, impuestos, se considera que su influencia sería regional tanto por el volumen económico como por sus interrelaciones. La influencia sería permanente

pero también desaparecería de forma rápida tras el cese de la actividad. La magnitud atribuida es alta 0,40.

#### 5.4.12. EVALUACIÓN DE REPERCUSIONES SOBRE LA RED NATURA 2000

Este apartado se encuentra ampliamente desarrollado en el apartado específico ANEXO III. EVALUACIÓN DE REPERCUSIONES SOBRE LA RED NATURA 2000 (pág.355). Los contenidos del presente apartado suponen un resumen de lo expuesto en dicho ANEXO III que, por coherencia con los objetivos de este apartado 5.4., deben ser integrados dentro de la Caracterización/Evaluación de impactos.

#### LOCALIZACIÓN Y ÁMBITO TERRITORIAL

Tal y como ha sido expuesto en el apartado 4.11, la concesión a solicitar no se encuentra localizada dentro de ningún área con figura de protección tipificada como Lugar de Importancia Comunitaria (LIC).

No obstante, dentro del ámbito del proyecto se encuentran las siguientes figuras de protección ambiental correspondientes a LIC y ZEC (Figura 173):

CATEGORÍA ESPECÍFICA	NOMBRE	CÓDIGO
Red Natura 2000: Lugar de Importancia Comunitaria. LIC	Franja litoral sumergida de la Región de Murcia	ES6200029
Red Natura 2000: Lugar de Importancia Comunitaria. ZEC	Espacio marino de Cabo Roig	ESZZ16009

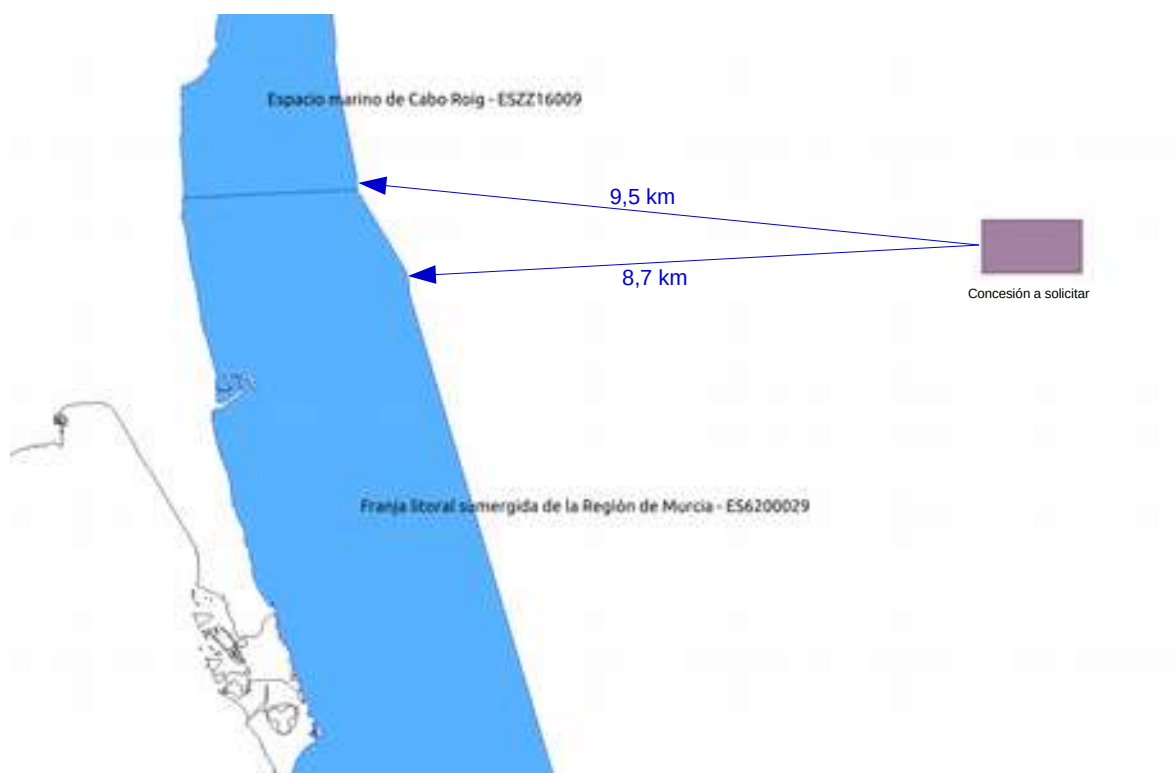


Figura 173. Áreas LIC y ZEC, pertenecientes a la Red Natura 2000, en el ámbito del proyecto objeto de estudio.

Tal y como se puede apreciar en la figura 173, el área LIC *Franja litoral sumergida de la Región de Murcia* se encuentra a 8,7 km de distancia de la concesión. De igual forma, la ZEC *Espacio marino de Cabo Roig* se localiza a 9,5 km en su punto más próximo a los límites del proyecto.

El LIC ES6200029 “*Franja litoral sumergida de la Región de Murcia*” incluye una franja litoral sumergida, de anchura variable, con tres tramos diferenciados siendo el primer tramo (el Mojón (San Pedro del Pinatar) - cabo Negrete (Cartagena)) el que se encuentra a 3,8 km de distancia, en su punto más próximo, a las instalaciones objeto de estudio. Este LIC se superpone con la ZEPIM “Área del Mar Menor y Zona Oriental Mediterránea de la Costa de la Región de Murcia” (frente marino entre El Mojón y Cabo Negrete y franja marina en torno a las Islas Hormigas).

Se han citado 23 especies con interés de conservación: 19 se recogen en el Anexo II del Convenio de Barcelona y, de ellas, 2 también se encuentran en el Anexo II de la Directiva de Hábitats (*Caretta caretta*, especie prioritaria, y *Tursiops truncatus*), y 10, incluidas las dos anteriores, se encuentran en el Anexo IV de la Directiva de Hábitats.

Por su parte, la ZEC ESZZ16009 “*Espacio marino de Cabo Roig*”, corresponde a un espacio con doble atribución LIC y ZEPA de competencia estatal. Las características de su declaración como LIC son similares al espacio “*Franja litoral sumergida de la Región de Murcia*” al ser continuación directa del mismo dentro del territorio de la Comunidad

Valenciana.

Por otro lado, las instalaciones proyectadas se localizan sobre la zona ZEPA “Espacio marino de Tabarca-Cabo de Palos (ES0000508)” (Figura 174) la cual comprende las aguas de la plataforma continental, entre el Cabo de Palos y la bahía de Alicante, hasta poco más allá de la isobata de -50 m. Incluye las aguas circundantes a varias islas de pequeño tamaño, entre las que destaca la Isla Grosa en Murcia. Se trata de una zona marina de gran importancia como área de alimentación para seis especies de aves marinas, cinco de ellas con poblaciones nidificantes en diversas Zonas de Especial Protección para las Aves (ZEPA) del litoral e islotes de Murcia y Alicante.

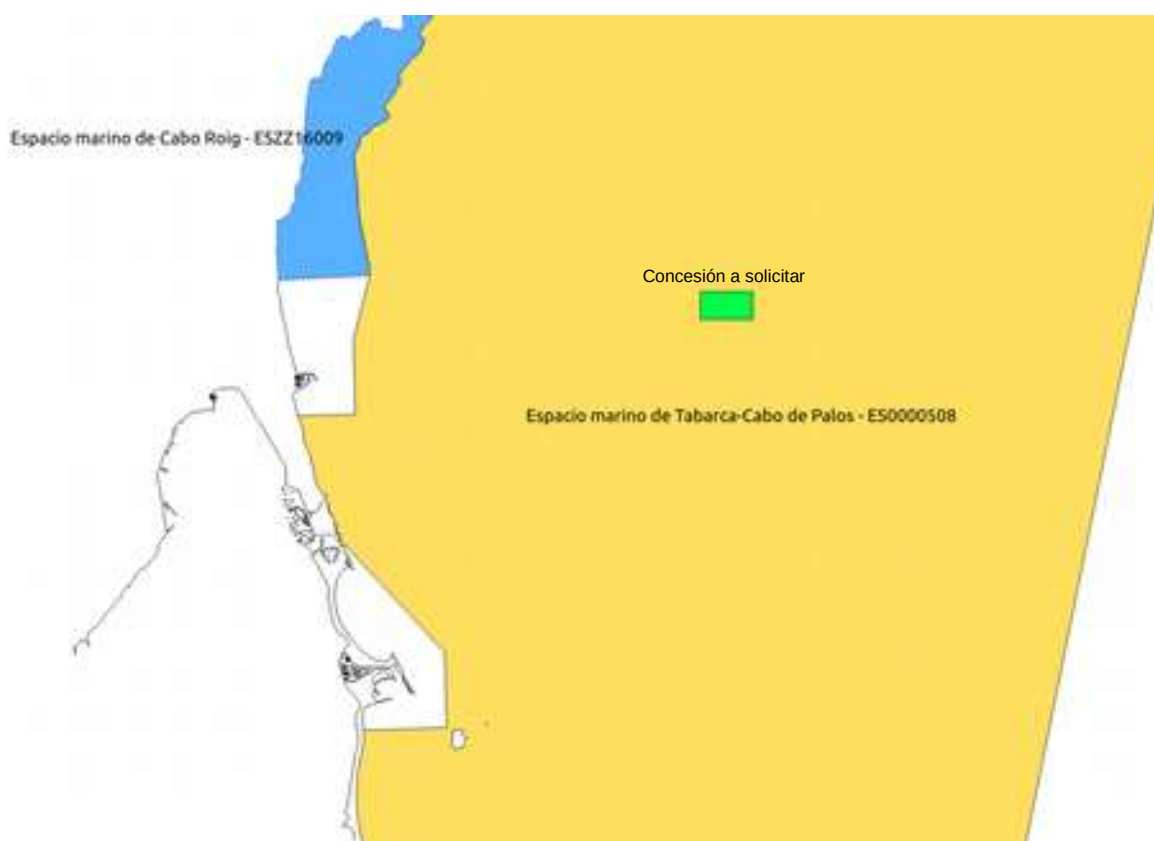


Figura 174. Zonas ZEPA y ZEC en el ámbito del proyecto.

### OBJETIVOS DE CONSERVACIÓN DE LOS ESPACIOS PROTEGIDOS

Ambas zonas ZEPA/ZEC son utilizadas regularmente como áreas de alimentación por poblaciones migratorias e invernantes de varias especies de aves incluidas en el Anexo I de la Directiva 79/409/CEE y Anexo II de la Directiva 92/43/CEE, como la gaviota de Audouin (*Larus audouinii*), el cormorán moñudo (*Phalacrocorax aristotelis desmarestii*), la pardela cenicienta (*Calonectris diomedea*), paíño común (*Hydrobates pelagicus*) y charrán patinegro (*Sterna sandvicensis*).

En ambos casos, especialmente para la ZEPA “Espacio marino de Tabarca-Cabo de Palos” sobre la que se localizan las instalaciones objeto de estudio, la conservación de este extenso espacio viene dada para asegurar el recurso alimento de las numerosas especies de aves, protegidas o de interés para su conservación, que se presentan a lo largo de un ciclo anual en el ámbito costero que nos ocupa. Estas especies de aves de interés utilizan otras áreas ZEPA terrestres, asociadas a este espacio marino, como áreas de refugio, dormitorio o reproducción, utilizando estos espacios marinos para proveerse del alimento necesario.

Así, el principal objetivo de conservación de esta ZEPA “Espacio marino de Tabarca-Cabo de Palos” es el de asegurar unas condiciones de calidad en sus aguas de manera que aseguren el adecuado mantenimiento de la fauna íctica, principal fuente de alimento de estas aves asociadas al medio marino.

En el caso de la zona LIC “Franja litoral sumergida de la Región de Murcia”, se han citado 23 especies con interés de conservación: 19 se recogen en el Anexo II del Convenio de Barcelona y, de ellas, 2 también se encuentran en el Anexo II de la Directiva de Hábitats (*Caretta caretta*, especie prioritaria, y *Tursiops truncatus*), y 10, incluidas las dos anteriores, se encuentran en el Anexo IV de la Directiva de Hábitats. la franja marina del Mediterráneo tiene gran importancia como área de alimentación para siete especies nidificantes en los espacios mencionados: *Calonectris diomedea* (pardela cenicienta), *Phalacrocorax aristotelis desmarestii* (cormorán moñudo), *Hydrobates pelagicus* (paíño europeo), *Larus audouinii* (gaviota de Audouin), *Larus genei* (gaviota picofina), *Sterna hirundo* (charrán común) y *Sterna albifrons* (charrancito común), explotando estas tres últimas los recursos de la franja marina más costera. Además constituye un área de paso en invernada y alimentación en época reproductora para *Puffinus mauretanicus* (pardela balear).

En esta zona LIC destacan las biocenosis de fondos blandos y pradera de *Posidonia oceanica*. Otras especies importantes presentes son *Cymodocea nodosa*, *Zostera sp.* y *Ruppia cirrhosa*.

Se consideran valores naturales objeto de conservación de este espacio los tipos de hábitats naturales de interés comunitario (Anexo I de la Ley 42/2007) y las especies Red Natura 2000 (Anexo II de la Ley 42/2007) con presencia significativa en el espacio marino protegido.

De esta forma, se establecen como objetivos de conservación del espacio el mantenimiento o, en su caso, el restablecimiento en un estado de conservación favorable, de los tipos de hábitats naturales y especies de interés comunitario por las que se ha designado el lugar, así como de todos aquellos otro tipos de hábitats y especies de interés considerados como relevantes en el espacio marino protegido.

## IMPACTOS POTENCIALES DEL PROYECTO SOBRE RN2000

Tal y como ha sido expuesto, las instalaciones objeto de valoración, no se localizan sobre ningún área LIC, quedando el límite del área protegida LIC más próxima a 8,7 km (LIC “Franja litoral sumergida de la Región de Murcia”).

Dados los resultados de los modelos de vertido disuelto y particulado en los que se muestra que en ningún caso se alcanzan las distancias indicadas a los espacios de la RN2000 y, por tanto, a las praderas de *Posidonia oceanica* (objeto de conservación de los mismos)(apartados 5.4.3 y 5.4.4), no se estiman impactos significativos sobre estos hábitats objeto de conservación tanto del LIC “Franja litoral sumergida de la Región de Murcia” como de la ZEC “Espacio marino de Cabo Roig”. De igual forma, la no afección a la columna de agua en este espacio ZEC descarta cualquier tipo de impacto sobre las aves objeto de conservación del mismo.

Tal y como se establece en la matriz de identificación de impactos del EIA (pág. 199), se valora la posible influencia de la actividad del proyecto sobre fondos en los que se ha detectado la presencia de especies incluidas en el Anexo VI de la Ley 42/2007 del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad:

- Fondos detríticos costeros, en los que se ha detectado la presencia de algas coralíneas (*Phymatholithon calcareum*, entre otras)

Esta valoración queda fuera de los objetivos del presente ANEXO, siendo debidamente tratada en el correspondiente apartado 3.3 del presente EIA.

Según la experiencia del equipo redactor, hasta el momento no se han detectado impactos significativos con ejemplares de delfín mular. No obstante, se contemplan medidas preventivas para evitar daños sobre ejemplares que accidentalmente pudieran introducirse en las jaulas.

Así, la lista de impactos significativos que deben ser evaluados en relación al presente proyecto sobre la RN2000 son los siguientes:

### **1. Impacto sobre la columna de agua.**

La calidad del agua es uno de los principales factores a tener en cuenta cuya degradación puede afectar los objetivos de conservación de la ZEPA “Espacio marino de Tabarca-Cabo de Palos” al suponer el medio en el que se desarrolla la principal fuente de alimento de las especies de aves objeto de conservación de este espacio.

## CARACTERIZACIÓN/EVALUACIÓN DE IMPACTOS SOBRE LA RN2000

### **Impacto sobre la columna de agua**

Según el modelo implantado se ha ejecutado una simulación de la dispersión del vertido disuelto, para la producción de 4500 Tm anuales de lubina y dorada (70% y 30% respectivamente) repartidas en 42 jaulas de 29m de diámetro (30 lubina y 12 dorada). Estos datos permiten predecir el alcance de la pluma de dispersión así como la concentración de la misma.

En la figura 175 y 176 se muestran diferentes salidas del modelo MOHID para las concentraciones de nitrógeno total amoniacal en la zona de estudio a la profundidad del vertido de las jaulas (12m) y corte en el eje E-O en la vertical de las instalaciones solicitadas.

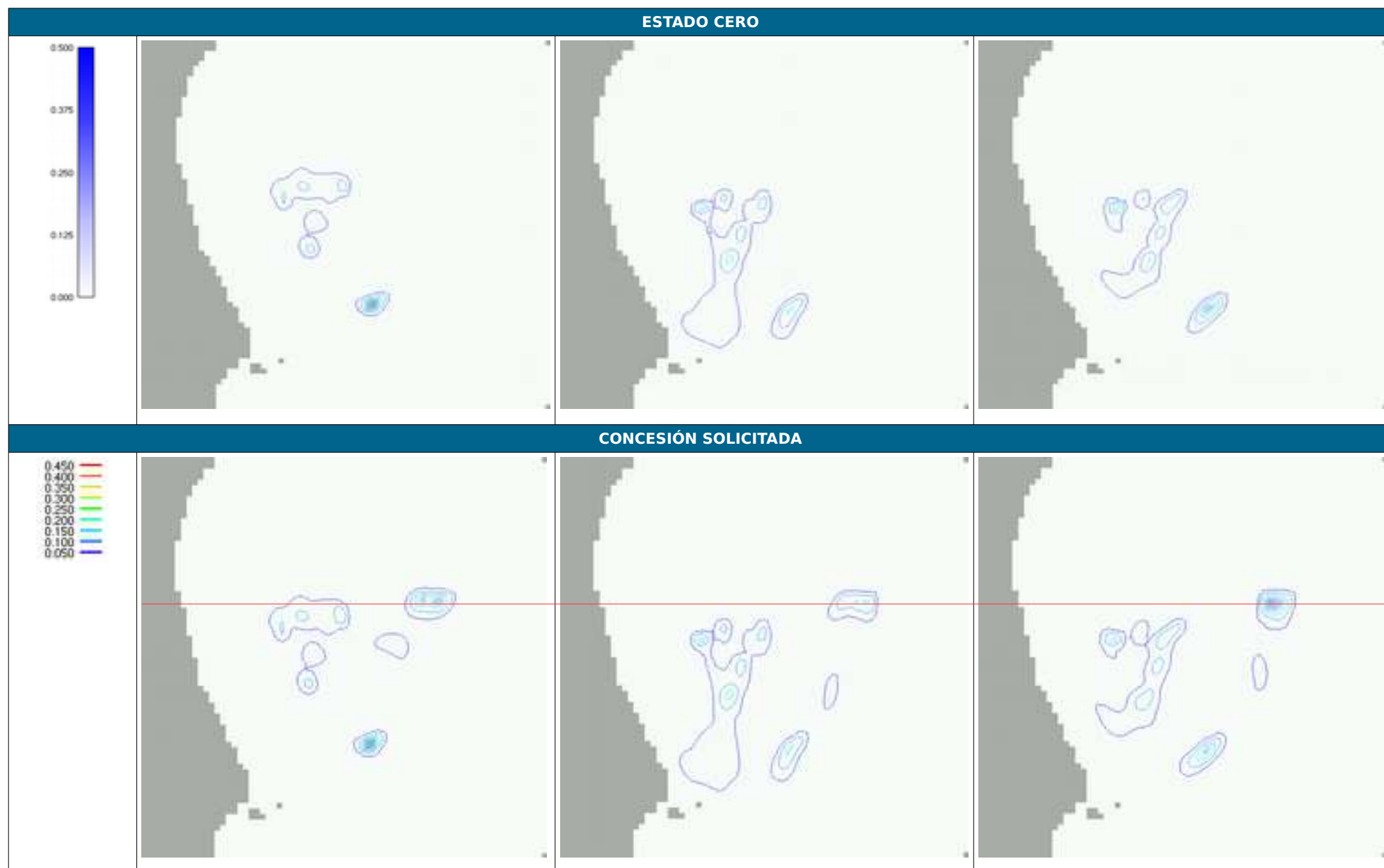
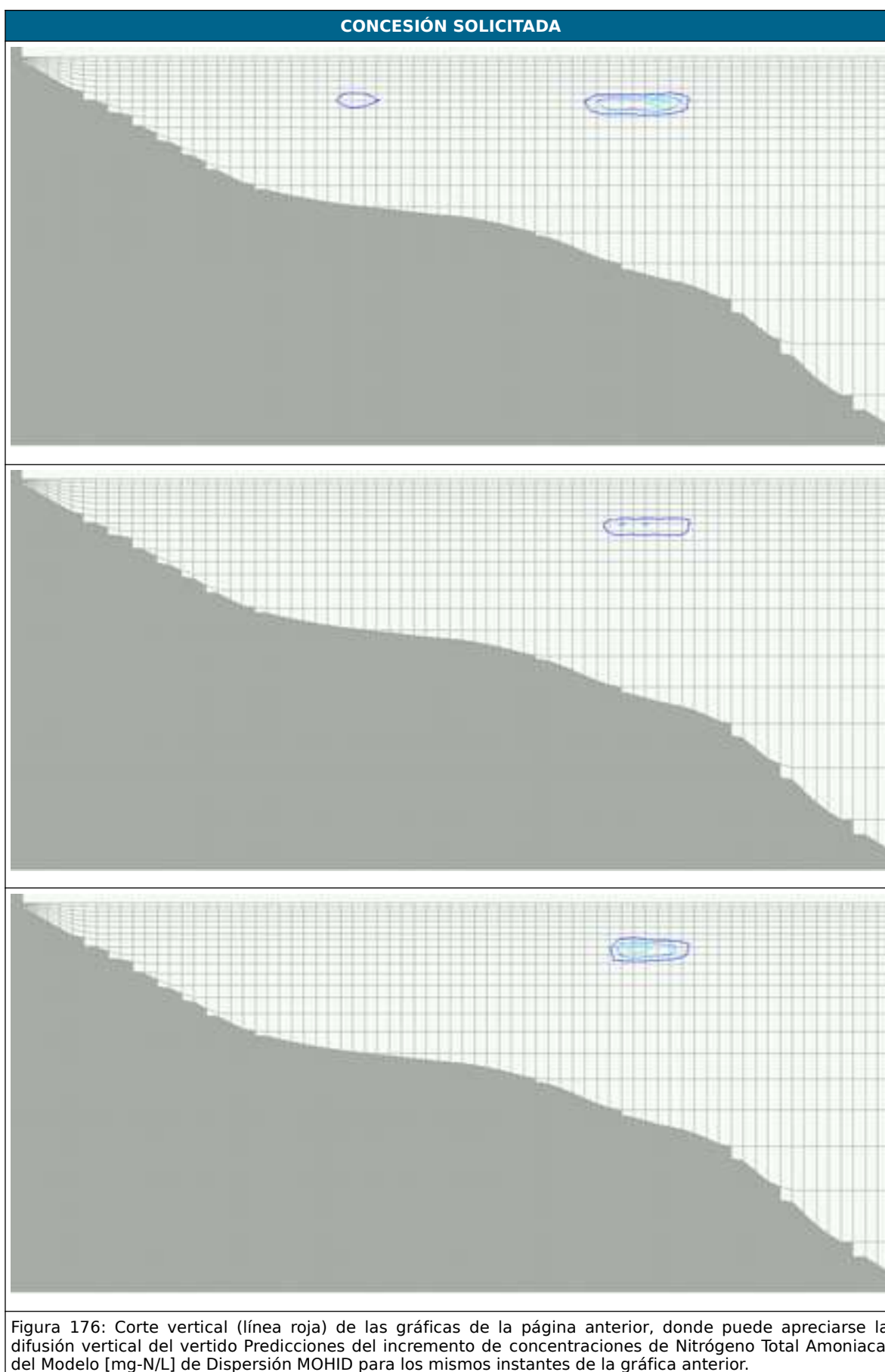


Figura 175: Predicciones del incremento de las concentraciones de Nitrógeno Total Amoniacal del Modelo de Dispersión MOHID para diferentes instantes del periodo de simulación representativas de diversos esquemas de corrientes, a la profundidad a la que se produce el vertido (12m). Línea roja: corte vertical para las siguientes gráficas.



La fracción disuelta del vertido de dorada y lubina representa aproximadamente el 65% del vertido metabólico del cultivo, y debido a la poca difusión vertical característica de los ambientes marinos, éste vertido tiende a quedar confinado en un estrato a la profundidad media de las jaulas utilizadas (ver figura 176). Sin embargo, la dilución del vertido acontece de forma exponencial en los primeros 500-1000m por el lado más largo de la pluma (Figuras 175 y 176).

Las diferencias mayores con respecto a las concentraciones ambientales oscilan con picos por debajo de 0,015 mg-N/L (Figura 177), muy breves en el tiempo y se producen en las proximidades del punto de vertido. Estas variaciones oscilan entre 10-20% de la concentración ambiental en las inmediaciones de las jaulas y tienen menor entidad conforme la simulación avanza. Estas oscilaciones están dentro del rango de variación natural de las masas de agua en las costas de la Región de Murcia (tabla 39).



Figura 177: Serie temporal de Nitrógeno Total Amoniacal [mg-N/L] registrada en las estaciones del modelo. La línea roja gruesa, muestra las concentraciones naturales de este mismo parámetro en ausencia de vertido.

También es necesario contextualizar los resultados y tener en cuenta que los tres momentos que se representan son al principio, a mitad y al final de la simulación y la concentración basal (natural) de nitrógeno total amoniacal se va incrementando a lo largo de la misma, aun sin la presencia de los vertidos. Además, el modelo no tiene en cuenta el efecto del oleaje de viento sobre la disolución del vertido en las capas 0-15m donde se produce la dispersión mayoritaria del vertido. Por estos motivos la predicción del impacto en la columna de agua por el modelo es una sobre-estima del alcance real de la pluma del vertido.

### 5.5. TOTALIZACIÓN DE LOS IMPACTOS

Para calcular el valor de cada impacto se recurre al cálculo de su magnitud y su índice de incidencia, que posteriormente se multiplican entre si, según los criterios de valoración considerados (ver tabla 45).

Tabla 44: Matriz de caracterización de los impactos, con la magnitud asignada y la magnitud corregida tras la aplicación de las medidas correctoras..

MATRIZ DE CARACTERIZACIÓN		Identificador	Signo	Acción	Intensidad	Recuperabilidad	Periodicidad	Continuidad	Acumulación	Temporalidad	Extensión	Momento	Reversibilidad	Sinergia	Magnitud	Mag. Corregida
Impacto columna de agua	ContAgua	-	D	Md	Rc	Pr	Ct	Sp	T	Ex	I	Cp	-		0,45	0,35
Impacto calidad sedimento	CalSed	-	D	Al	Rc	Pr	Ct	Sp	Pe	Pu	I	Mp	-		0,40	0,35
Impacto sobre Comunidades de Fango	ComFango	-	D	Md	Rc	Pr	Ct	Sp	Pe	Pu	I	Mp	-		0,65	0,50
Impacto sobre la Avifauna	Aves	-	D	Md	Rc	Pr	Ct	Sp	T	Pu	I	Cp	-		0,20	0,15
Impacto sobre las poblaciones icticas locales	PobIct	-	I	Md	Rc	Ig	Dc	Sp	Pe	Ex	M	Mp	-		0,30	0,20
Impacto sobre otras pesquerías	Cabiteros	-	I	Md	Rc	Ig	Dc	Sp	Pe	Ex	M	Mp	-		0,20	0,15
Impacto sobre el riesgo de eutrofización	REutrof	-	I	Bj	Rc	Ig	Dc	Sp	T	Pa	I	Cp	-		0,20	0,15
Impacto sobre la Pesca Profesional	Pesca	-	I	Md	Rc	Ig	Dc	Sp	Pe	Pa	I	Cp	-		0,40	0,40
Impacto sobre actividad económica	Economi	+	D	Md	-	Pr	Ct	Sp	Pe	Ex	I	Cp	-		0,40	0,40

Tabla 45: Criterios de valoración para el cálculo de la incidencia.

CRITERIOS DE VALORACIÓN				
Signo	Positivo (+)	Negativo (-)	Indeterminado (X)	
Acción	Directa (D)	Indirecta (I)		
Intensidad	Baja (Bj)	Media (Md)	Alta (Al)	
Recuperabilidad	Recuperable (Rc)	Irrecuperable (Ic)		
Periodicidad	Periódico (Pr)	Irregular (Ig)		
Continuidad	Continuo (Ct)	Discontinuo (Dc)		
Acumulación	Simple (Sp)	Acumulativo (Ac)	Sinérgico (Sg)	
Valoración				
Temporalidad	Temporal (T)	X	Permanente (P)	X
Extensión	Puntual (Pu)	Parcial (Pa)	Extenso (Ex)	X
Momento	Largo Plazo (L)	Medio Plazo (M)	Inmediato (I)	X
Reversibilidad	Corto Plazo (Cp)	Medio Plazo (Mp)	Largo Plazo (Lp)	Irreversible (Iv)
Sinergia	Sinergia Leve (SL)	Sinergia Media (SM)	Sinergia Alta (SA)	X
	1	2	3	4
I= (Temporal.) + 3(Extensión) + (Momento) + 2(Reversib.) + (Sinergia)				
I estandarizada =(I-I mín )/(I máx -I mín )				
I mín= valor obtenido utilizando el valor menor de cada atributo				
I máx= valor obtenido utilizando el valor máximo de cada atributo				

Tabla 46: Cálculo del Índice de Incidencia Estandarizado.

Identificador	Temporalidad	Extensión	Momento	Reversibilidad	I	I Estandar
ContAgua	1	3	3	1	15	0,50
CalSed	3	1	3	2	13	0,38
ComFango	3	1	3	2	13	0,38
Aves	1	1	3	1	9	0,13
Poblct	3	3	2	2	18	0,69
Caladeros	3	3	2	2	18	0,69
RiEutrof	1	2	3	1	12	0,31
Pesca	3	2	3	1	14	0,44
Econom	3	3	3	1	17	0,63

La totalización de los impactos en la tabla 47 muestra nueve impactos e incidencia variable, de los cuales tres repercuten de forma moderada sobre la calidad de la columna de agua, del sedimento y la comunidad de fangos sobre la que se instalan las infraestructuras necesarias, resto de impactos considerados significativos para la valoración, muestran un carácter compatible con la actividad solicitada.

Tabla 47: Valoración de final de los impactos para la alternativa seleccionada.

Impacto / Factor ambiental	Identificador	I Estandar	Magnitud	Valor Impacto	Impacto
Impacto columna de agua	ContAgua	0,50	0,45	0,23	MODERADO
Impacto calidad sedimento	CalSed	0,38	0,40	0,15	COMPATIBLE
Impacto sobre Comunidades de Fango	ComFango	0,38	0,65	0,24	MODERADO
Impacto sobre la Avifauna	Aves	0,13	0,20	0,03	COMPATIBLE
Impacto sobre las poblaciones icticas locales	Poblct	0,69	0,30	0,21	MODERADO
Impacto sobre otras pesquerías	Caladeros	0,69	0,20	0,14	COMPATIBLE
Impacto sobre el riesgo de eutrofización	RiEutrof	0,31	0,20	0,06	COMPATIBLE
Impacto sobre la Pesca Profesional	Pesca	0,44	0,40	0,18	COMPATIBLE
Impacto sobre actividad económica	Econom	0,63	0,40	0,25	POSITIVO

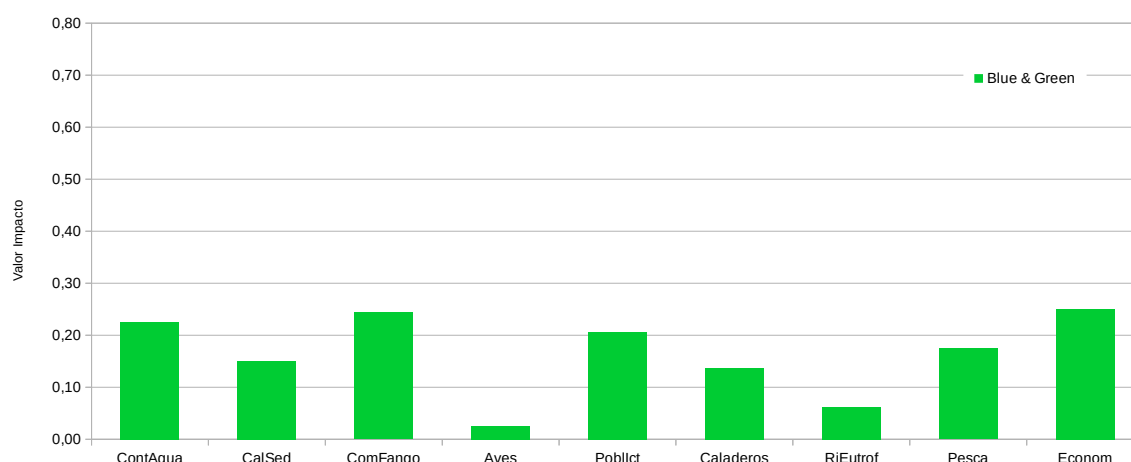


Figura 178: Gráfico de los valores de impactos significativos en la alternativa seleccionada (escala 0 - 1), el impacto sobre la Actividad Económica (Econom) es positivo.

## 6. MEDIDAS CORRECTORAS

Una vez identificados, caracterizados y valorados los impactos procede introducir medidas correctoras que disminuyan, en lo posible, los efectos derivados de las actuaciones a realizar para el desarrollo del proyecto.

### 6.1. FASE DE CONSTRUCCIÓN

En la fase de construcción, por la escasa magnitud de las actuaciones (calado de los muertos e instalación de las jaulas), se prevé que el impacto sea apenas perceptible, por tanto no se necesitan aplicar medidas correctoras.

### 6.2. FASE FUNCIONAMIENTO

#### 6.2.1. VERTIDO MATERIA ORGÁNICA PARTICULADA

Del análisis de las matrices de caracterización y valoración de impactos se desprende que las acciones sobre las que se pueden aplicar más fácilmente medidas correctoras son para la acción *Presencia de la Instalación* en relación a la aparición de “fouling” y depósito del mismo en el sedimento, para la *Influencia del Vertido* en su acción directa o vertical (restos de mayor tamaño del alimento) y *Tareas de Mantenimiento* (pérdida y depósito de materiales, herramientas, etc., en los fondos).

1. Se ha comprobado que en última instancia las zonas con elevadas tasas de sedimentación ( $>2 \text{ gCm}^{-2}\text{día}^{-1}$ ) y riesgo de hipoxia en sedimento, son consecuencia directa del vertido de partículas pesadas, especialmente restos de alimentación. En términos generales se considera habitual pérdidas entre el 3-7%, lo que supondría un sobrecoste de millones de euros, por lo que los propios acuicultores son los grandes interesados en evitar el gasto innecesario de pienso. Se considera factible que la adopción de un control más exhaustivo baje estas pérdidas al 2%. Para ello basta supervisar la alimentación de los peces en todo momento por buceadores o mecanismos de visualización submarina, de manera que cuando los peces estabulados dejen de comer no se les suministrará más comida. Evitando de esta manera la pérdida de alimento, y su posterior deposición en el fondo con la consiguiente acumulación de materia orgánica.
2. Se debe mantener la prohibición de pesca en el interior de las concesiones, las concentraciones de cardúmenes en el entorno de las jaulas han demostrado ser un potente “biofiltro natural” para eliminar los restos de alimento, mejorar la oxigenación del sedimento, que logra reducciones superiores al 80% en la zona de estudio (Piedecausa, 2010)

3. En el caso de cultivos bien gestionados de dorada y lubina, no se producen acumulaciones de alimento no consumido en el fondo. No obstante, existen ciertas tareas de mantenimiento que se pueden ocasionar el depósito de diferentes materiales en el fondo (redes, plomos, utensilios de trabajo, etc.). Se incluirá dentro de las tareas de supervisión y mantenimiento de las instalaciones, una inspección del fondo y retirada de los posibles materiales que se depositen en el fondo.
4. Se realizará la limpieza periódica y manual del *fouling* de las estructuras sumergidas, evitando su depósito en el fondo.
5. Se recogerán diariamente las bajas, evitando su depósito en el fondo.

De forma general se considera que si se reducen las pérdidas de pienso a niveles próximo al 2%, se mantiene el efecto biofiltro de los cardúmenes naturales y se evitan los “desprendimiento masivos de fouling” el impacto sobre la calidad del sedimento verá notablemente reducida su magnitud, y en consecuencia también el de las comunidades asociadas a éste como el detrítico costero.

### 6.2.2. VERTIDOS ACCIDENTALES Y NUTRIENTES.

La disminución en el vertido particulado supondrá asimismo un menor aporte de nutrientes disueltos por lixiviación y remineralización de la materia orgánica particulada desde el sedimento.

Resultaría aconsejable el desarrollo de un Plan de Contingencias frente a vertidos que afecten a la calidad de la columna de agua tal y como aconseja APROMAR en su *“Guía de Buenas Prácticas para reducir el impacto de las actividades acuícolas sobre el medio ambiente y llevar a cabo una gestión sostenible de las especies cultivadas* (ver más adelante).

### 6.2.3. OTRAS PESQUERÍAS

Los acuicultores poseen poca capacidad de actuación sobre este impacto, dada su naturaleza indirecta. Tan sólo pueden presionar a sus proveedores para que los piensos no contengan harinas y aceites de pescados procedente de caladeros sobreexplotados, así como preferencia por aquellos piensos que incorporen aceites procedencia vegetal.

De aplicarse estas medidas correctoras la acuicultura no debería poner en riesgo otros caladeros y la magnitud del impacto habrá de ser menor.

#### 6.2.4. TRANSMISIÓN DE ENFERMEDADES

Se mantendrán las medidas adoptadas dentro la Agrupación de Defensa Sanitaria de la Región de Murcia, toda nueva concesión otorgada o cambio de titularidad debería quedar recomendada.

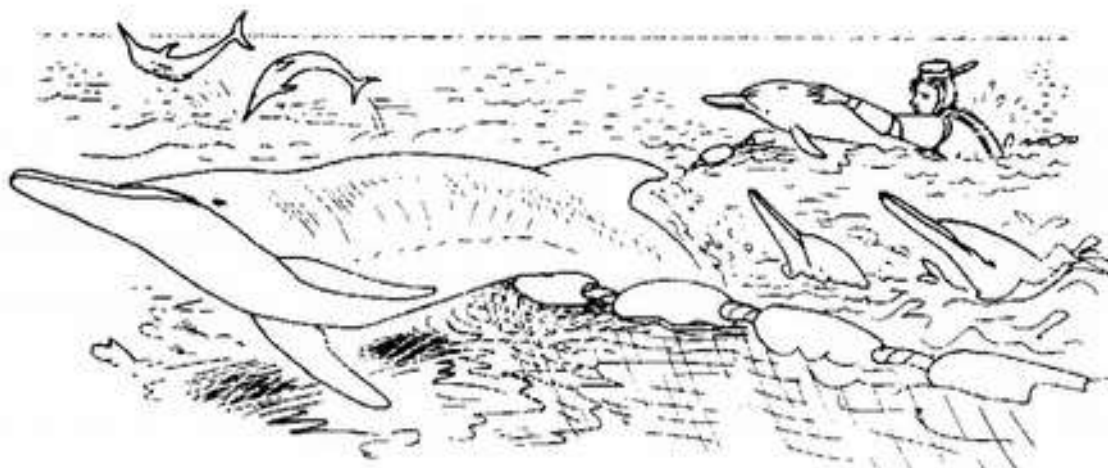
Tras la aplicación de estas medidas puede considerarse que la valoración del impacto debe ser distinta pues por un lado se disminuye muy notablemente el riesgo de aparición de enfermedades, y caso de aparecer un brote este puede ser controlado con lo que la magnitud del impacto puede considerarse como BAJA. Además los períodos de cuarentena evitan la aparición de nuevas patologías por lo que de acuerdo a lo comentado en la caracterización de este impacto el efecto sería ahora reversible.

#### 6.2.5. AVES MARINAS

Las jaulas de alevines se dotarán de redes antipájaro, y se procederá a la liberación de los ejemplares enmallados o atrapados en dichas redes.

#### 6.2.6. POBLACIÓN DE CETÁCEOS

Con respecto a los cetáceos, se adoptarán medidas encaminadas a evitar el enmalle de los organismos con las redes y artes presentes en las instalaciones de acuicultura. En el caso de que los individuos hayan quedado atrapados en las jaulas, se establecerá protocolos para la liberación de los individuos en las debidas condiciones al medio (Figura 179).



**Figura 179:** Buceadores facilitando la salida de cetáceos de unas redes. Extraído de Evans (1987).

Para la liberación de los organismos se debería contar con personal formado por algún organismo o especialista en cetáceos y reptiles marinos. En el caso de que los organismos no estén en disposición de ser liberados al medio por su estado deberán ser enviados al centro que estime conveniente la administración para su observación, recuperación y reintroducción en el medio. Básicamente el protocolo a seguir con los

cetáceos capturados accidentalmente:

A) En el caso de que no estén enganchados en las redes:

1. Si presentan síntomas de estrés y movilidad reducida:

- Si puede mantenerse a flote mantenerlo derecho sosteniéndolo por la parte ventral, en caso contrario sacarlo del agua. En ningún caso se deben coger por las aletas.
- Evitar la concentración de personas o los ruidos excesivos a su alrededor.
- Realizar un examen clínico.

2. Si están nadando en el interior del copo facilitarle el camino de salida fuera del arte evitando la concentración de personas y los ruidos excesivos.

B) En el caso de que estén enganchados en las redes:

- Cortar los cabos que lo estén oprimiendo para aliviar el dolor y la compresión (Figura 180). De esta forma se reactiva la circulación sanguínea y se evita una posible gangrena. Si se trata de una tortuga ahogada, aparentemente muerta, puede estar en coma, que se puede recuperar incluso tras doce horas, por lo que conviene sacarla del agua y ponerla en posición inclinada con la cabeza hacia abajo para que sus pulmones se vacíen de agua.
- Ponerlo en observación y realizar el examen clínico pertinente.



**Figura 180:** Voluntarios cortando las redes en las que está atrapado un cetáceo, extraído de CREMA (2001).

### 6.2.7. MANUAL DE BUENAS PRÁCTICAS EN ACUICULTURA

La asociación APROMAR, Asociación Empresarial de Productores de Cultivos Marinos de España, organización de ámbito nacional y carácter profesional, está reconocida desde 1986 como Organización de Productores (OP-30), promovió un proyecto denominado AcuiVerde, dentro del cual se enmarcaba un actividad consistente en la elaboración de

una guía de buenas prácticas, en concreto la *“Guía de Buenas Prácticas para reducir el impacto de las actividades acuícolas sobre el medio ambiente y llevar a cabo una gestión sostenible de las especies cultivadas”*. Dicho proyecto fue financiado por el entonces Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente y el Fondo Social Europeo.

En su introducción se apunta como *“la acuicultura comenzó a importar el concepto de códigos de gestión desde mediados de los años noventa y comenzó a aplicarlas en un esfuerzo por mitigar sus impactos. Los primeros documentos han sido el Código de Conducta para la Pesca Responsable de FAO (1995), las Directrices de Holmenkollen para la Acuicultura Sostenible (1998) y el Código de Conducta de la Federación Europea de Productores de Acuicultura (2000). Al igual que cualquier otra industria, la acuicultura representa impactos ambientales y sociales potencialmente adversos”*.

En dicha *“Guía de Buenas Prácticas”* se ofrece una visión general sobre las interacciones entre la acuicultura marina y su entorno, repasa la legislación ambiental por la que se ha de regir esta actividad en España y finalmente propone una serie de recomendaciones de aplicación voluntaria de actuación y buenas prácticas dirigidas a controlar y reducir los impactos de las actividades acuícolas.

Consta de seis módulos en donde se exponen aspectos como la problemática ambiental vinculada a la acuicultura marina, legislación ambiental vinculada a la acuicultura, algunas consideraciones sobre la minimización del impacto ambiental, otras sobre la gestión de los residuos y finalmente sobre la gestión sostenible de especies cultivadas.



## 7. EVALUACIÓN TRAS MEDIDAS CORRECTORAS

Con la aplicación de las medidas correctoras propuestas debe reevaluarse la magnitud de varios impactos.

- **Pérdida de calidad del sedimento:** se espera que la disminución el vertido de excedentes de alimentación y el desprendimiento masivo evite la aparición de fenómenos de anoxia. A su vez, la presencia de las instalaciones supondrá una zona de exclusión pesquera que, con toda seguridad, cumplirá funciones similares a las de una Reserva Marina (Dempster et al. 2002; Boyra et al, 2004; Tuya et al, 2005). La magnitud del impacto pasa de 0,45 a 0,35.
- **Cambios en la estructura de la comunidad de fondos de fango.** En igual medida que la mejora de la calidad del sedimento, la diversidad de las comunidades bentónicas también se verá beneficiada por el cese de la pesca de arrastre en el ámbito de la concesión, la magnitud pasa de 0,65 a 0,5.
- **Impacto sobre otras pesquerías** si se obtienen piensos procedentes de caladeros regulados el riesgo de sobrexplotación disminuye, en consecuencia el impacto también (Magnitud pasa de 0,20 a 0,15)
- **Impacto sobre las aves:** se reducirá la mortalidad por enmalle y la frecuentación de las jaulas de alevines (Magnitud pasa de 0,20 a 0,15).
- **Salud comunidades ícticas locales:** El Plan de Defensa Sanitario o propio Plan Veterinario ya debe otorgar un cierto control de este impacto, la adopción de las medidas antiescape reducen el riesgo de transmisión de enfermedades y parásitos. Magnitud pasa de 0,30 a 0,20.

Aplicando estas consideraciones a matriz de evaluación de impactos se obtiene una nueva evaluación (tabla 48 y Figura 181) en la que todos los impactos tienen el carácter de compatible, y por tanto se cumplen los Objetivos Ambientales Generales y Específicos, que enmarcan la Estrategia Marina de la Demarcación Marina Levantino-Balear.

Tabla 48: Resultados de la nueva matriz de evaluación de los impactos tras la aplicación de las medidas correctoras. Se mantiene a efectos comparativos los resultados previos.

Impacto / Factor ambiental	Identifi- cador	I Estandar	Magnitud	Valor Impacto	Impacto
Impacto columna de agua	ContAgua	0,50	0,35	0,18	COMPATIBLE
Impacto calidad sedimento	CalSed	0,38	0,35	0,13	COMPATIBLE
Impacto sobre Comunidades de Fango	ComFango	0,38	0,50	0,19	COMPATIBLE
Impacto sobre la Avifauna	Aves	0,13	0,15	0,02	COMPATIBLE
Impacto sobre las poblaciones icticas locales	PoblIct	0,69	0,20	0,14	COMPATIBLE
Impacto sobre otras pesquerías	Caladeros	0,69	0,15	0,10	COMPATIBLE
Impacto sobre el riesgo de eutrofización	RiEutrof	0,31	0,15	0,05	COMPATIBLE
Impacto sobre la Pesca Profesional	Pesca	0,44	0,40	0,18	COMPATIBLE
Impacto sobre actividad económica	Econom	0,63	0,40	0,25	POSITIVO

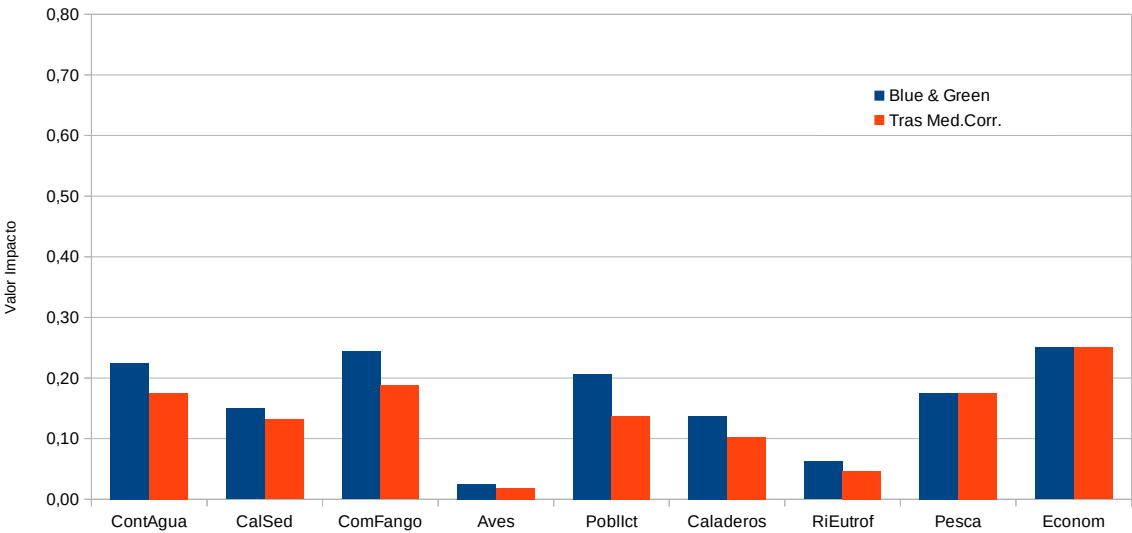


Figura 181: Comparativa del valor cuantitativo de cada impacto (escala 0 - 1) antes y después de aplicar las medidas correctoras (el impacto sobre la Actividad Económica (Econom) es positivo).

## 8. PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL

El presente Programa de Vigilancia Ambiental a tenido en cuenta las directrices referidas en el documento «Propuesta metodológica para la realización de los planes de vigilancia ambiental de los cultivos marinos en jaulas flotantes» (MAGRAMA 2012), en tanto no se aprueben por el Gobierno en cumplimiento de los apartados 2 y 3 del artículo 4 de la Ley 41/2010, de 29 de diciembre. Así como las actualizaciones del mismo, y las publicaciones oficiales de carácter ambiental (guías de buenas prácticas, propuestas metodológicas, etc...) emitidas por la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia.

### 8.1. PLANTEAMIENTO Y ESQUEMA CONCEPTUAL

La finalidad de la ejecución de un Programa de Vigilancia Ambiental (en adelante PVA) es el establecimiento de un sistema que garantice el cumplimiento de las indicaciones y medidas protectoras y correctoras propuestas, tal y como se recoge en el capítulo II art. 7 apartados d) y e) del Real Decreto Legislativo 1/2008 del 11 de enero.

La vigilancia ambiental tiene por objeto final verificar los impactos producidos por las acciones derivadas de la actuación, así como comprobar la eficacia de las medidas de prevención y mitigación propuestas para el proyecto. El PVA persigue los siguientes objetivos básicos relacionados con la preservación del medio natural:

- Controlar y garantizar el cumplimiento y eficacia de las medidas de prevención y mitigación establecidas en el proyecto.
- Analizar el grado de ajuste entre el impacto teórico, previsto en los estudios previos realizados, y el real obtenido de la vigilancia que se desarrolle.
- Detectar y controlar la aparición de impactos no deseables de difícil predicción en la etapa de evaluación previa y, por tanto, no recogidos en el proyecto de ejecución.
- Ofrecer un método sistemático, eficaz, sencillo y económico de seguimiento ambiental de las principales acciones del proyecto, facilitando a las Administraciones competentes una información completa de los resultados obtenidos y se facilite cualquier proceso de decisión.
- Finalmente. la información extraída del control de los impactos ambientales constituye la base empírica para adquirir el grado de conocimiento necesario para la predicción o estimación de los efectos ambientales de futuros proyectos.

A efectos prácticos, el objetivo fundamental de un PVA es la cuantificación de los posibles efectos originados por el funcionamiento de las instalaciones de acuicultura. Para abordar este problema se deberán tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Primero: Hay que determinar el estado de partida o preoperacional con el que se compararán las situaciones observadas después de la ejecución del proyecto. En esta fase, se deberá estudiar, además, la localización de las zonas control, de características similares, no influenciadas por los vertidos (control espacial).
- Segundo: el conocimiento previo de las características hidrodinámicas locales y de las direcciones más probables de dispersión de los vertidos, será el criterio principal para la determinación del nuevo esfuerzo de muestreo en el Plan de Seguimiento, es decir, el número de estaciones de muestreo, su distribución espacial y la localización de las estaciones de control.
- Tercero: los parámetros utilizados deben ser capaces de detectar, a corto plazo y de forma significativa, los efectos de las perturbaciones introducidas por los cultivos (en especial de los vertidos) sobre el medio y los poblamientos bentónicos más significativos.

Una de las cuestiones críticas en el entendimiento de los impactos de la acuicultura es la identificación de la escala en la que estos aparecen (Silver, 1992; Gyllenhammar y Håkanson, 2005; Tett *et al.*, 2010) La bibliografía identifica tres escalas espacio-temporales principales para los impactos de las granjas de acuicultura:

- Zona A (de metros a cientos de metros). Vecindad inmediata: Su tamaño viene determinado por las partículas pesadas (heces, alimento no comido y peces muertos) que caen sobre el fondo, casi “a plomo”. Las sustancias disueltas y los materiales en suspensión permanecen en esta zona durante muy poco tiempo (algunas horas o menos). Esta zona se correspondería, conforme a Jacumar, con la zona de efectos permitidos cuyos límites son los de la concesión.
- Zona B (de cientos de metros a kilómetros). Efectos locales: Los nutrientes y otras sustancias disueltas producidas en las granjas la atraviesan, permaneciendo en ella durante algunos días, de forma que pudieran originarse incrementos de biomasa fitoplanctónica, si las condiciones de luz son adecuadas y los tiempos de residencia son suficiente.
- Zona C: (varios kilómetros). Impactos regionales: Los tiempos de residencia en de las sustancias disueltas puede ser de semanas o meses pero sus concentraciones son bajas debido al gran volumen de agua y los procesos de dilución y mezcla no suelen ser significativos, sólo pueden hacerse patentes sus efectos cuando el conjunto de fuentes de vertido es elevado, tanto por su volumen como por su número. A escala de la Zona C es en la que deben fijarse

los niveles naturales de las concentraciones de sustancias.

Partiendo de la base de que toda instalación de acuicultura tiene efectos sobre el medio receptor, por pequeños que éstos sean, y que éstos se concentran bajo o en la proximidad de las instalaciones, la aproximación usada en otros países es la de establecer una Zona de Efectos Permitidos -Allowable Zone of Effect (AZE)- (SEPA, 2003), en la que se permitan ciertas desviaciones de las condiciones “naturales”, para controlar y gestionar la escala y extensión de los impactos. Fuera de estas zonas no deberían afectarse las condiciones “naturales”.

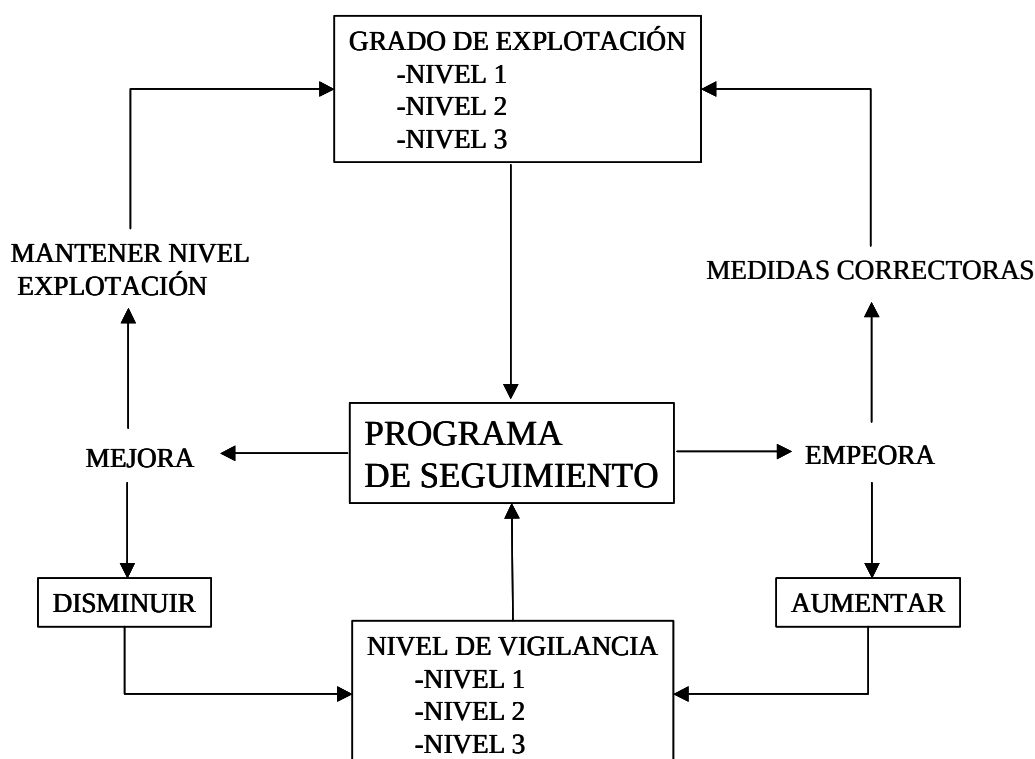


Figura 182: Árbol de decisiones de la estrategia adaptativa propuesta para el plan de vigilancia ambiental.

## 8.2. DISEÑO DEL PLAN DE VIGILANCIA

### 8.2.1. COMUNIDADES OBJETIVO Y DESCRIPTORES EMPLEADOS

Como ya se explicó en los apartados correspondientes, en el área de estudio las comunidades que sufrirán un mayor impacto serán las correspondientes a los fondos de fango localizadas bajo la ubicación de las jaulas.

Si bien los parámetros de la columna de agua pueden aportar valiosa información sobre la existencia de fuentes de contaminación, metabolismo, limitación o riesgo de eutrofización, el problema común de todos ellos y de la mayoría de los parámetros de naturaleza disuelta, es su difícil interpretación debido a la enorme variabilidad espacio temporal inherente a toda dinámica de fluidos. Esta circunstancia hace que el diseño de un programa de seguimiento adecuado requiera de un esfuerzo de muestreo muy

elevado, y con frecuencia desorbitado económicamente, motivo por el que diversos autores los han descartado (Aquaculture Waste Control Regulations, 1988; Cross y Kingzett, 1994).

De esta forma, este programa de seguimiento enfatiza sus esfuerzos en el muestreo y uso de parámetros descriptores de las comunidades de los sedimentos así como de organismos bentónicos, como los poliquetos, para la detección y cuantificación de los efectos de tales impactos. Además, aumenta el esfuerzo en hábitats y especies sensibles como *Posidonia oceanica*.

### SEGUIMIENTO DEL IMPACTO SOBRE LA CALIDAD DEL SEDIMENTO

El plan de seguimiento de la calidad de los sedimentos, directamente influidos por los vertidos (tanto difusos como directos) tiene por objetivo comprobar que no se producen aumentos importantes en los niveles de materia orgánica o procesos de hipoxia en el sedimento, y mediante el análisis paralelo de los sedimentos procedentes de las estaciones de control, discernir si dichos procesos son naturales o achacables a la presencia y actividad de las instalaciones. Se plantean el estudio de los cambios mediante un diseño BACI de muestras tomadas bajo las jaulas (Zona A) y muestras en estaciones de control alejadas del área de referencia pero sometidas al mismo régimen hidrodinámico. Como se ha explicado en apartados precedentes la granulometría juega un papel relevante en el área aunque no es un buen indicador del impacto de la acuicultura debido al gradiente y la variabilidad temporal en la zona, si bien hay que medirla para reconstruir la evolución histórica del ambiente y poder analizar los impactos adecuadamente.

En la siguiente tabla se muestran los descriptores empleados para determinar la calidad de los sedimentos en la zona de estudio.

Indicadores	Método Muestreo	Índice	Contraste
<b>Granulometría</b>		% Gravas, Arenas gruesas, medias, finas y limos y arcillas.	<b>Descripción cualitativ Evolución Temporal</b>
			<b>I/C: ANOVA(p&lt;0,05)</b>
<b>Carbono y materia orgánica en el sedimento</b>	Draga tipo Van Veen (Holme y McIntyre, 1984; Fleeger, Thistle y Thiel, 1988)	% de carbono y materia orgánica	<b>Evolución Temporal Comparación con Valores de referencia (EQS)</b>
<b>Anoxia</b>		Sulfuros libres totales	<b>Comparación con Valores de referencia (EQS)</b>

## SEGUIMIENTO DEL POBLAMIENTO DE INFAUNA DE FONDOS BLANDOS

En los sistemas bentónicos, la acumulación de materia orgánica que se encuentra con problemas para ser degradada, tiene como efectos más notables una reducción de la riqueza específica, un desarrollo de grandes poblaciones de aquellas especies que se ven favorecidas por las nuevas condiciones, acompañado de una simplificación de la estructura trófica y un aumento de biomasa de determinadas especies (Salas, 1996).

Algunos autores como Urkiaga -Alberdi *et al.* (1999) o Gimenez Casalduero *et al.* (2000) han demostrado que reduciendo el esfuerzo taxonómico (identificación a nivel de familia) se facilita enormemente el esfuerzo de muestreo y requiere un menor grado de especialización y menor tiempo invertido (Warwick, 1988, 1993). El alcance de algunos impactos en los ecosistemas está relacionado con la magnitud de la perturbación o estrés, y en consecuencia, la gradación de las comunidades reflejará el gradiente del estrés ambiental (Pearson, 1981). Existen importantes indicios de que los datos a niveles taxonómicos altos (por ejemplo, a nivel de familia) se correlacionan más estrechamente con los gradientes de contaminación que las ordenaciones a nivel de especie, ya que las especies son más sensibles, que las agregaciones taxonómicas más altas, a las perturbaciones naturales (Warwick, 1988), por lo que, pueden llevar más fácilmente a error. Por todo ello, se aconseja el estudio a este nivel taxonómico, sobre todo en grupos complejos como son los poliquetos, y especialmente en estudios técnicos donde el esfuerzo y el tiempo son una parte importante y determinante en su desarrollo. Por estos motivos se propone la utilización de la comunidad de poliquetos como principal exponente de las comunidades de fondos blandos para la caracterización y valoración del estado actual. Mediante diseños BACI se utilizará la comunidad de poliquetos como indicadora de contaminación, bien mediante la presencia de especies indicadoras, bien mediante índices biológicos (índices biológicos estructurales como la equitabilidad, índices de diversidad, etc.).

En la siguiente tabla se muestran los descriptores empleados para determinar el efecto de la acuicultura sobre la infauna en la zona de estudio.

Indicadores	Método Muestreo	Método Análisis	Índice	Contraste
<b>Biocenosis de detrítico costero. Comunidades de infauna (poliquetos)</b>	Draga tipo Van Veen (Holme y McIntyre, 1984; Fleeger, Thistle y Thiel, 1988)	Separación y determinación taxonómica (Holme y McIntyre, 1984)	Composición y estructura de la comunidad de poliquetos. Presencia de especies indicadoras de la comunidad. Evolución de las comunidades de infauna.	<b>I/C: (<math>p &lt; 0,05</math>) ANOVA</b>  <b>Evolución Temporal</b>  <b>Comparación con Valores de referencia (EQS)</b>

## SEGUIMIENTO DE LA INTERFERENCIA CON LA FAUNA SALVAJE

La presencia de las jaulas como refugio, las comunidades de *fouling* desarrolladas sobre las redes y los restos de alimento no consumido, atrae a gran número de depredadores bien sea aves, mamíferos (cetáceos), reptiles (tortugas) u otros peces. Para tratar con todos estos posibles impactos se plantean los siguientes descriptores: Observaciones visuales sobre altas densidades de peces alrededor de las jaulas, presencia de aves cazando en las jaulas, atracción de cetáceos, tiburones o tortugas, presencia de ejemplares atrapados por las redes de las jaulas.

En la siguiente tabla se muestran los descriptores empleados para determinar el efecto de la acuicultura sobre la fauna en la zona de estudio.

Indicadores	Método Muestreo	Método Análisis	Índice	Contraste
<b>Poblaciones de cetáceos y reptiles</b>	Censos de punto fijo desde la embarcación. (TAXON, 2007)	Clasificación de visu	Presencia/Ausencia	<b>Descripción cualitativa</b>

### 8.2.2. DISEÑO DE MUESTREO

La disponibilidad de información útil y precisa sobre las características hidrodinámicas locales y del medio y sobre el posible comportamiento de los vertidos constituye una excelente base para el diseño de un Plan de Seguimiento óptimo que permita detectar con eficacia los posibles efectos ambientales derivados de la puesta en funcionamiento de la planta de cultivos.

El diseño del PVA sigue una aproximación del tipo *Zona de Afección/Zona de Influencia/Zona Control* para los parámetros seleccionados como indicadores en el sedimento y las comunidades bentónicas. Antes del inicio de la actividad se realizará una campaña de muestreo de todas las comunidades indicadas que constituirá el Estado Preoperacional (control temporal para el PVA). Los resultados obtenidos se han comparado con los con valores de referencia (EQS) fijados en el **Protocolo para la realización de los Planes de Vigilancia de las instalaciones de acuicultura marina en la Región de Murcia** (TAXON, 2007) y los establecidos en Estrategia Marina.

### CAMPAÑAS DE MUESTREO

El diseño de las campañas de muestreo se establece considerando la importancia de que los análisis estadísticos y el resto de valoraciones se realicen teniendo en cuenta el ciclo de la actividad anual (12 meses).

De esta forma, para el caso de los sedimentos e infauna, se realizarán dos campañas anuales, una durante el invierno y otra correspondiente al verano.

Se realizará una campaña preoperacional antes del inicio de la actividad.

### ESTACIONES DE MUESTREO

Para la toma de muestras de sedimentos y fauna bentónica, tal y como ha sido indicado, se propone un esquema del tipo *Zona de Afección/Zona de Influencia/Zona Control*. Teniendo en cuenta el estudio de dispersión de las partículas, se establecen las siguientes estaciones de muestreo (Figura 183):

- Zona de afección: 3 estaciones localizadas dentro de la concesión (Zona A).
- Zona de Influencia: 6 estaciones localizadas en el exterior del límite de la concesión, 3 al norte y 3 al sur.
- Zona Control: Se establecerán 3 estaciones de control localizadas al sur de la concesión separadas entre 1.500 y 1.800 m de las estaciones correspondientes a la zona de afección. De estos controles, 2 se ubicaran sobre fondos de fango, permitiendo así la comparativa con las estaciones de las zonas de afección e influencia. La tercera estación de control se ubicará sobre detrítico costero enfangado con presencia de gorgoniáceos, permitiendo de esta forma la referencia preoperacional, el control y seguimiento sobre estas comunidades.
- Cada estación constará de 3 réplicas.

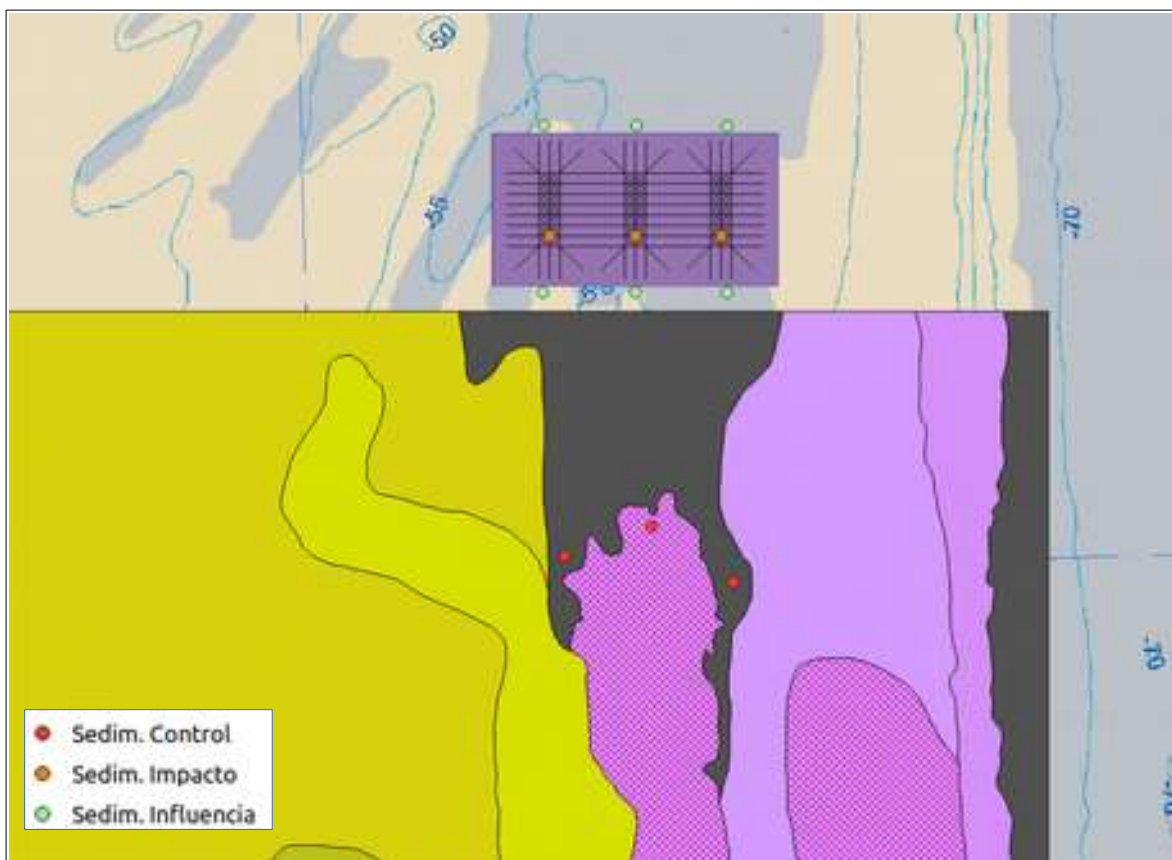


Figura 183. Propuesta de localización de las estaciones para el Plan de Vigilancia Ambiental.

En Murcia, a 08 de enero de 2019

REDACTADO POR:

REVISADO POR:

Pedro A. Miñano Alemán  
Lcdo. en C.C. Biológicas

Tomás Senabre González  
Lcdo. en C.C. Biológicas

Antonio Belmonte Ríos  
Lcdo. en C.C. Biológicas

Mª José López Hernández  
Lcda. C.C. Ambientales

J. Gabriel Hernández Ruiz  
Tec.Sup. Química Ambiental

## 9. BIBLIOGRAFÍA

Aguado-Giménez, Felipe, y Benjamín García-García. 2005. Growth, food intake and feed conversion rates in captive Atlantic bluefin tuna (*Thunnus thynnus* Linnaeus, 1758) under fattening conditions. *Aquaculture Research* 36 (6): 610-614. doi:10.1111/j.1365-2109.2005.01210.x.

Agustí, S, Duarte, CM, Canfield, D.E., 1992 Self-regulation, bottom-up, and top-down control of phytoplankton communities: a reply to the comment by Kamenir. *Limnol. Oceanogr.*, 37:683-687

Arcos, J.M. Bécares, B. Rodríguez y A. Ruíz. 2009. Áreas Importantes para la Conservación de las Aves marinas en España. LIFE04NAT/ES/000049-Sociedad Española de Ornitología (SEO/BirdLife). Madrid.

APROMAR, 2012, La Acuicultura Marina de Peces en España 2012, en <http://www.apromar.es/Informes/informe%202012/APROMAR%20Informe%20Anual%202012.pdf> .84 pp.

Asociación Española de Productores de cultivos Marinos de España. 2011 La acuicultura Marina en España-2011. <http://www.apromar.es>

Armas, D.;Bellás,J.; Cortés, D.; Gómez, F.; Mercado, J.M.; Yebra, L. y León, A. 2012Estrategia marina demarcación marina levantino-balear parte iv. Descriptores del buen estado ambiental descriptor 5: eutrofización evaluación inicial y buen estado ambiental. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente-Secretaría General Técnica-Centro de Publicaciones (Ed). NIPO: 280-12-175-8 Madrid, 89 pp.

Ballesteros, E. 2006. Mediterranean coralligenous assemblages: a synthesis of the present knowledge. *Oceanography and Marine Biology: an Annual Review* 44: 123

Black, K.D y Pearson, T.H. ,2001. En: Black K.D. (ed.) Environmental impacts of aquaculture. Sheffield Academic Press, Sheffield, pp 1-31.

Bouza, N. y Aboal, M., 2008. Checklist of phytoplankton on the South coast of Murcia (SE Spain, SW Mediterranean Sea). En: EVANGELISTA, V, BARSANTI, L., FRASSANITO, A.M., PASSARELLI, V. & GUALTIERI, P. (EDS). Algal Toxins: nature, occurrence, effect and detection. The NATO Science for Peace and Security Programme: 179 -196.

Boyra A, Sanchez-Jerez P, Tuya F, Espino F, Haroun R., 2004. Attraction of wild coastal fishes to Atlantic subtropical cage fish farms, Gran Canaria, Canary Islands. *Environmental Biology of Fishes* 70(4): 393-401.

Burkholder, J. M., K. M. Mason & H. B. Glasgow Jr., 1992. Water-column nitrate enrichment promotes decline of eelgrass *Zostera marina*: evidence from seasonal mesocosm experiments. *Marine Ecology Progress Series* 81:163-178.

- Burkholder, J.M.; Glasgow Jr. H.B. Y Cooke, J.E., 1994. Comparative effects of water-column nitrate enrichment on eelgrass *Zostera marina*, shoalgrass *Halodule wrightii*, and wideongrass *Ruppia maritima*. Marine Ecology Progress Series 105: 212-138.
- Burkholder, J.M.; Tomasko, D.A. y Touchette, B.W., 2007. Seagrasses and eutrophication. Journal of Experimental Marine biology and Ecology 350: 46-72.
- Calvín, J.C., Franco Navarro, I., Martínez Ingles, A.M., Marin, A., Belmonte, A., Belando, A., Vicente, M. & Ballester, R., 1998. Estudio de revisión y actualización de la cartografía bionómica del litoral sumergido de la Región de Murcia. D. G. del Medio Natural. Comunidad de Murcia.
- Cancemi G, De Falco G, Pergent G., 2003. Effects of organic input from a fish farm facility on a *Posidonia oceanica* meadow. Estuar Coast Shelf Sci 56:961–968
- Cañadas, A. y Ricardo Sagarminaga, R., 2006, Propuesta de plan de conservación para el delfín mular (*Tursiops Truncatus*) en Andalucía y Murcia) Sociedad Española de Cetáceos, 96 pp.
- Cardinal, M., J. Cornet, C. Donnay-Moreno, J. P. Gouygou, J. P. Bergé, E. Rocha, S. Soares, C. Escórcio, P. Borges, y L. M. P. Valente. 2011. Seasonal variation of physical, chemical and sensory characteristics of sea bream (*Sparus aurata*) reared under intensive conditions in Southern Europe. Food Control 22 (3): 574-585.
- Castejon-Silvo, I., 2011. Grazing on the epiphytic community of *Posidonia oceanica* (L.) Delile: an assessment of its relevance as a buffering process of eutrophication effects. PhD dissertation. Balearic Islands University.
- Castejón-Silvo, I.; Terrados, J.; Domínguez, M., y Morales-Nin, B. 2012. Epiphyte response to in situ manipulation of nutrient availability and fish presence in a *Posidonia oceanica* (L.) Delile meadow. Hydrobiologia. 696:159-170
- Centro Regional de Estadística de Murcia, 2013, Consulta a Base de datos [http://www.carm.es/econet/ecodata/toda\\_informacion.html](http://www.carm.es/econet/ecodata/toda_informacion.html)
- Champalbert, G. 1996. Characteristics of zooplankton standing stock and communities in the Western Mediterranean Sea: Relations to hydrology ZOOPLANKTON STANDING STOCK IN THE MEDITERRANEAN SEA 97 SCI. MAR., 60 (Supl. 2): 97-113.
- Chris J. Cromey, C.J.; Thetmeyer, H.; Lampadariou, N.; Black, K.N.; Kögeler, J. y Karakassis, J.. 2012. MERAMOD: predicting the deposition and benthic impact of aquaculture in the eastern Mediterranean Sea. Aquaculture Environment Interactions. Vol. 2: 157-176.

Cromey CJ, Nickell TD, Black JD, 2000. DEPOMOD: a model for predicting the effects of solids deposition from mariculture to the benthos. Scottish Association for Marine Science, Dunstaffnage Marine Laboratory, Oban

Cromey, C.J.; Thetmeyer; H.; Lampadariou, N.; Black, K.D.; Kögeler, J. yI. Karakassis, 2012. MERAMOD: predicting the deposition and benthic impact of aquaculture in the eastern Mediterranean Sea. Aquaculture Environment Interactions 01/2012; 2:157-176

Cross, S. F. y B. C. Kingzett, 1994. Mandatory environmental monitoring program for the marine net-cage industry: Program review and evaluation . Aquamatrix Research Ltd. Sidney, B. C.: 27 pp. + apéndices.

Dalsgaard, T., Krause-Jensen, D., 2006. Monitoring nutrient release from fish farms with macroalgal and phytoplankton bioassays. Aquaculture 256, 302-310.

Delgado O, Grau A, Pou S, Riera F, Massuti C, Zabala M, Ballesteros E., 1997. Seagrass regression caused by fish cultures in Fornells Bay (Menorca, western Mediterranean). Oceanol Acta 20:557–563.

Dempster T, Sanchez-Jerez P, Bayle-Sempere JT, Giménez-Casalduero F, Valle C., 2002. Attraction of wild fish to sea-cage fish farms in the south-western Mediterranean Sea: spatial and short-term temporal variability. Marine Ecology Progress Series 242: 237–252

Dempster, T. y Sanchez-Jerez, P. 2008. Aquaculture and Coastal Space Management in Europe: An Ecological Perspective. pp 87-116 En Aquaculture in the Ecosystem Marianne Holmer, Kenny Black, Carlos M. Duarte, Nuria Marbà, Ioannis Karakassis (Eds.)

Díaz-Almela E, Marbà N, Álvarez E, Santiago R and others, 2008. Benthic input rates predict seagrass (*Posidonia oceanica*) fish farm-induced decline. Mar Pollut Bull 56: 1332–1342

D'Ortenzio F, y M.R. D'Alcala,, 2009. On the trophic regimes of the Mediterranean Sea: a satellite analysis. Biogeosciences 6 (2), 139-148.

Duarte, CM; Agustí, S.; Gasol, J.; Vaqué, D. y Vázquez-Domínguez, E., 2000a. Effect of nutrient supply on the biomass structure of planktonic communities: an experimental test on a mediterranean coastal communitiy. Mar Ecol Prog Ser. 206: 87-95.

Duarte CM, Agustí S y Agawin N.S.R., 2000b. Response of a Mediterranean phytoplankton community to increased nutrient inputs: a mesocosm experiment. Mar Ecol Prog Ser 195: 61 -70.

Eleftheriou, A., Moore, D.C., Basford, D.J. y Robertson, M.R., 1982. Underwater experiments on the effects of sewage sludge on a marine ecosystem. Netherlands Journal of Sea Research, 16: 465-473.

Enell, M., y Lof, J., 1983. Environmental impacts of aquaculture sedimentation and nutrient loadings from fish cage culture farming. *Vatten/Water* 39(4): 364-375.

FAO Fisheries & Aquaculture *Argyrosomus regius*». 2012. Accedido noviembre 21. [http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Argyrosomus\\_regius/en](http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Argyrosomus_regius/en).

Felsing, M.; Glencross, B. y Telfer, T., 2005. Preliminary study on the effects of exclusion of wild fauna from aquaculture cages in a shallow marine environment *Aquaculture*, Volume 243, Issues 1-4, (3):159-174.

Fernandez-Jover, Damian, Elisabeth Faliex, Pablo Sanchez-Jerez, Pierre Sasal, y Just T. Bayle-Sempere. 2010. Coastal fish farming does not affect the total parasite communities of wild fish in SW Mediterranean. *Aquaculture* 300 (1-4) (febrero 27): 10-16. doi:10.1016/j.aquaculture.2009.12.006.

Fernandes, T.F., Eleftheriou, A., Ackefors, H., Eleftheriou, M., Ervik, A., Sanchez-Mata, A., Scanlon, T., White, P. Cochrane, S., Pearson, T.H., Millar, K.L. y Read, P.A., 2001. The Management of the Environmental Impacts of Marine Aquaculture. MARAQUA (Monitoring and Regulation of marine Aquaculture). European Union FAIR Programme PL98-4300 (1999-2000). Fisheries Research Services, Aberdeen. 70 pp + 3 Apéndices.

Fernandez-Jover D.; Lopez-Jiminez J.A.; Sanchez-Jerez P.; Bayle-Sempere J.; Gimenez-Casalduero F; Martinez-Lopez F.J, Dempster, T., 2007b Changes in body condition and fatty acid composition of wild Mediterranean horse mackerel (*Trachurus mediterraneus*, Steindachner, 1868) associated with sea cage fish farms. *Marine Environmental Research*, 63(1):1-18.

Frithsen, J.B., Oviatt, C.A. y Keller, A. 1987. A comparison of ecosystem and single-species tests of sewage effluent toxicity: a mesocosm experiment data report. MERL Series, report No. 7. The University of Rhode Island, Kingston,

Figueras A. y Martínez, P.(Coords.) 2012 *Genética y Genómica en acuicultura*. FUNDACIÓN OESA 520 pp

García-Sanz, A.; Ruiz, J.M.; Pérez, M. y Ruiz, M. 2011 Assessment of dissolved nutrients dispersal derived from offshore fish-farm using nitrogen stable isotope ratios (d15N) in macroalgal bioassays. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 91 (2011):361-370.

Gassol, J; del Giorgio, P. y Duarte, CM.. 1997. Biomass distribution in marine planktonic communities. *Limnol. Oceanogr.*, 42(6): 1353-1363.

Gaughan D.J., Mitchell R.W. and Blight S.J. 2000. Impact of mortality possibly due to herpesvirus, on pilchard *Sardinops sagax* stocks along the south coast of Western Australia in 1998-99. *Mar. Freshwat. Res.* 51:601-12

- Gillibrand, P.A. y W.R. Turrell, 1997. The use of simple models in the regulation of the impact of fish farms on water quality in Scottish sea lochs. *Aquaculture*, 159, 33-46.
- GFCM/ICCAT (2003) Report of the 2nd Meeting of the ad hoc Working Group on Sustainable Tuna Farming/Fattening Practices in the Mediterranean, Izmir, Turkey, 15-17 December 2003. 120 p.
- Gobert, S.; Laumont, N. y Bouqueneau, J.M. 2002. *Posidonia oceanica* meadow: a low nutrient high chlorophyll (LNHC) system? *BMC Ecology* 2002, 2:9.
- Gowen, R. J., N. B. Bradbury, y J. R. Brown. 1989. The use of simple models in assessing two of the interactions between fish farming and the marine environment 1. <http://www.vliz.be/imis/imis.php?module=ref&refid=15097>.
- Gowen, R.J., Weston, D.P. & Ervik, A. 1991. Aquaculture and the benthic environment: a review. En: *Nutritional Strategies and Aquaculture Waste*. (C.B. Cowey & C.Y. Cho, eds.), University of Guelph, Guelph, Canada: 187-205.
- Gray JS, Wu RS, Or Y., 2002. Effects of hypoxia and organic enrichment on the coastal marine environment. *Mar Ecol Prog Ser* 238:249-279.
- Hargrave, B.T.; Holmer M y Newcombe C.P., 2008 Towards a classification of organic enrichment in marine sediments based on biogeochemical indicators. *Mar Pollut Bull* 56:810-24.
- Hargrave, B.T., 2010, Empirical relationships describing benthic impacts of salmon aquaculture. *Aquacult Environ Interact* Vol. 1: 33-46,
- Holmer M, Kristensen E., 1992. Impact of marine fish cage farming on metabolism and sulfate reduction of underlying sediments. *Mar Ecol Prog Ser* 80:191-201
- Holmer M, Duarte CM, Marba N., 2003. Sulfur cycling and seagrass (*Posidonia oceanica*) status in carbonate sediments. *Biogeochemistry* 66:223-239
- Invers O, ; Kraemer GP y Pérez M, Romero J., 2004. Effects of nitrogen addition on nitrogen metabolism and carbon reserves in the temperate seagrass *Posidonia oceanica*. *J Exp Mar Biol Ecol* 303:97-114.
- Karakassis, I., 2001. Ecological effects of fish farming in the Mediterranean. *Cahiers Options Méditerranéennes* 55, 15-22.
- Kaushik, S.J. 1998a. Nutritional bioenergetics and estimation of waste production in non-salmonids. *Aquatic Living Resources*, 11: 211-217.
- Kelly, J. R. y Nixon, S. W., 1984. Experimental studies of the effect of organic deposition on the metabolism of a coastal marine bottom community. *Mar Ecol.Prog. Ser.* 17: 157-16.

- Krom MD, Kress N, Brenner S y Gordon LI., 1991. Phosphorus limitation of primary productivity in the eastern Mediterranean Sea. *Limnol Oceanogr* 36:424-432.
- Frithsen, J.B., Oviatt, C.A. y Keller, A.A. 1987. A comparison of ecosystem and single-species tests of sewage effluent toxicity: a mesocosm experiment data report. MERL Series, report No. 7. The University of Rhode Island, Kingston,
- Ichiki, S., Mizuta, H. y Yamamoto, H. 2000. Effects of irradiance, water temperature and nutrients on the growth of sporelings of the crustose coralline alga *Litophyllum yessoense* Foslíe (Corrallinales, Rhodophyceae). *Phycol. Res.* 48:115-120.
- IRIBARREN, D. et al. 2010. "Estimation of the carbon footprint of the Galician fishing activity (NW Spain)". In *Science of the Total Environment* 408. Elsevier, pp. 5284-5294. Disponible en journal homepage: [www.elsevier.com/locate/scitotenv](http://www.elsevier.com/locate/scitotenv)
- Jones, J.B., Hyatt, A.D., Hine, P.M., Whittington, R.J., Griffin, D.A. and Bax, N.J., 1997. Special topic review: Australasian pilchard mortalities. *World J. Microbiol. Biotech.* 13: 383-392.
- Leoni, V., A. Vela, V. Pasqualini, C. Pergent-Martini & G. Pergent, 2008. Effects of experimental reduction of light and nutrient enrichments (N and P) on seagrasses: a review. *Aquatic Conservation: Marine Freshwater Ecosystem* 18:202-220.
- Lerliche A, Boudouresque CF, Gravez V, Mayot N. 2006 . Does coverage matter at mesoscale within a *Posidonia oceanica* seagrass meadow? *C R Biol. Sep*;329(9):733-41. Epub 2006 Aug 8.
- Ling, D.T., Fong, P., 2008. Macroalgal bioindicators (growth, tissue N,  $\delta^{15}N$ ) detect nutrient enrichment from shrimp farm effluent entering Opunohu Bay, Moorea, French Polynesia. *Marine Pollution Bulletin* 56, 245-249.
- Lovatelli, 2003. Summary Report on the Status of BFT Aquaculture. In Report of the 2nd Meeting of the ad hoc Working Group on Sustainable Tuna Farming/Fattening Practices in the Mediterranean, Izmir, Turkey, 15-17 December 2003, pp. 73-89. GFCM and ICCAT
- Magill SH, Thetmeyer H, Cromey C.J., 2006. Settling velocity of faecal pellets of gilthead sea bream (*Sparus aurata* L.) and sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) and sensitivity analysis using measured data in a deposition model. *Aquaculture* 251: 295-305
- Martí, E.; Martí, C. M.; R. Martínez, M. Paches y S. Falco, 2005. El programa de vigilancia ambiental de piscifactorías en jaulas flotantes . *Bol Esp. Oceanogr.* 21 (1-4): 67-73
- Margalef López, Ramón, 1963. El ecosistema pelágico de un área costera del Mediterráneo. *Mem. Real Acad. Cienc. Art. Barcelona* 35:3-48.
- Margalef López, Ramón, (dir.) 1989. El Mediterráneo occidental. Ediciones Omega, S.A. 380 páginas;

Maughan, J.T. y Oviatt, C.A.. 1993. Sediment and benthic response to wastewater solids in a marine mesocosm. *Water Environ. Research*, 65: 879-889.

Mayot N, Boudouresque CF, Leriche A.2005. Unexpected response of the seagrass *Posidonia oceanica* to a warm-water episode in the North Western Mediterranean Sea. *Comptes Rendus Biologies* , 328 , 291-296

Mente, E., A. Stratakos, I. S. Bozaris, K. A. Kormas, V. Karalazos, I. T. Karapanagiotidis, V. A. Catsiki, y L. Leondiadis. 2012. «The effect of organic and conventional production methods on sea bream growth, health and body composition: a field experiment». *Scientia Marina*.  
<http://scientiamarina.revistas.csic.es/index.php/scientiamarina/article/viewArticle/1344>.

Merinero, S., Martínez, S.; Tomás, A. y Jover, M., 2005 . Análisis económico de alternativas de producción de Dorada en jaulas marinas en el litoral Mediterráneo español. *Revista AquaTIC*, nº 23: 1-29.

MINISTRY OF ENVIRONMENT, 1988 Environmental monitoring program for marine fish farms, Province of British Columbia, Ministry of Environment, Waste Management Branch. Victoria, B.C., 75 pp.

Nash, C.E.; Burbridge, P.R. y Volkman J.K. (editors). 2005. Guidelines for ecological risk assessment of marine fish aquaculture.U.S. Dept.Commer., NOAA Tech. Memo. NMFS-NWFSC- 71, 90 p.

Naylor, Rosamond L., Ronald W. Hardy, Dominique P. Bureau, Alice Chiu, Matthew Elliott, Anthony P. Farrell, Ian Forster, et al. 2009. «Feeding aquaculture in an era of finite resources». *Proceedings of the National Academy of Sciences* 106 (36): 15103-15110.

Nordvang, L., Johansson, T., 2002. The effects of fish farm effluents on the water quality in the Åland archipelago, Baltic Sea. *Aquacultural Engineering* 25:253\_279.

O.I.E., 2000. Diagnostic Manual for Aquatic Animal Diseases, third edition, Office Internationale des Epizooties, Paris. 237 p.

Oviatt, C. A., Quinn. J. G., Maughan, J. T., Ellis, J. T., Sullivan. B. K., Gearing, J. N., Gearing, P. J., Hunt, C. D., Sampou, P. A. y Latimer, J. S., 1987. Fate and effects of sewage sludge in the coastal marine environment: a mesocosm experiment. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 41: 187-203.

Oray, I.K. and Karakulak, F.S. (Eds.) 2003. Workshop on Farming, Management and Conservation of Bluefin Tuna. Turkish Marine Research Foundation. Istanbul, Turkey. Publication Number 13.

Oviatt, C. A., Quinn. J. G., Maughan, J. T., Ellis, J. T., Sullivan. B. K., Gearing, J. N., Gearing, P. J., Hunt, C. D., Sampou, P. A. y Latimer, J. S. (1987). Fate and effects of sewage sludge

in the coastal marine environment: a mesocosm experiment. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 41: 187-203.

Paone, S. (2000). *Farmed and dangerous: Human health risks associated with salmon farming*. Friends of Clayquot Sound. Tofino, BC. <http://www.farmedanddangerous.org/>

Paula Isabel Perelló Guarro (2014). *CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO EN EL ENGORDE DE LUBINA*. Universidad Politécnica de Valencia

Pearson T.H. y Rosenberg R 1978. Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. *Oceanogr Mar Biol Annu Rev* 16:229-311. Pearson T.H. y Gowen, R.J., 1990. Impact of caged fish farm on the marine environment. The scotish experience, pp 9-13. En: *Interactions between aquaculture and the Environment*, Vol An Taisce. The National trsut for Ireland, Dublin.

Pearson T.H. Y Gowen, R.J. 1990. Impact of the caged fish fish farm on the marine environment. The Scottish experience pp 9-13. En *Interactions between Aquaculture and the Environment*. Vol An Taisce - The National Trust for Ireland. Dublin.

Peñalver, J.; María-Dolores, E.; Tafalla, C.; Díaz, R.; Bermúdez, L y Gómez, O., 2007. Valoración del riesgo de transmisión de enfermedades víricas a través de carnada usada en la alimentación del atún rojo (*Thunnus thynnus*). *Actas del XI Congreso Nacional de Acuicultura* (1097-1100)

Perán, A.J. ; Gutiérrez, A, J.M.; Belmonte, A.; Aliaga,V.; Miñano,P. ;Sánchez, I. ;Andreo, D.; Carrasco, C. y García. M.E., 2012, Evolución temporal e interrelación de la Materia Orgánica y comunidad de poliquetos como parámetros indicadores de impacto en acuicultura. Marina. Libro de Actas XIII Congreso Nacional de Acuicultura.

Fundación Observatorio Español de Acuicultura. Morris Villaroel Robinson, Lourdes Reig Puig y Clara Almansa Lagunas (Eds.) Barcelona 2012, ISBN: 978-84-937611-9-6 pp: 241-242.

Perán, a.; Campuzano, F. J.; Senabre, T.; Mateus, M.; Gutiérrez, J. M. ; Belmonte, A. ; Aliaga, V. y Neves, R. 2012, Modelling the environmental and productive carrying capacity of a great scale aquaculture park in the Mediterranean coast and its implications. 249-265. En *Ocean modelling for coastal management -Case studies with MOHID*. Marcos Mateus & Ramiro Neves (Eds.), (ISBN 978-989-8481-24-5), Hard cover, 265 pages, Publisher: IST Press, Published: January 2013.

Pergent-Martini C, Rico-Raimondino V, Pergent G. 1994. Primary production of *Posidonia oceanica* in the Mediterranean basin. *Mar Biol* 120: 9–15.

Pergent-Martini C, Leoni V, Pasqualini V, Ardizzone GD and others. 2005. Descriptors of *Posidonia oceanica* meadows: use and application. *Ecol Indic* 5: 213–230.

Piedecausa, M.A, 2010. Tesis Doctoral: Dinámica de los residuos particulados derivados del cultivo de peces en jaulas flotantes. Universidad de Murcia. 169 pp.

Pitta P, Karakassis I, Tsapakis M, Zivanovic S., 1999. Natural vs. mariculture induced variability in nutrients and plankton in the Eastern Mediterranean. *Hydrobiologia* 391:181-194.

Pitta P, Tsapakis M, Apostolaki ET, Tsagaraki T, Holmer M, Karakassis I., 2009. 'Ghost nutrients' from fish farms are transferred up the food web by phytoplankton grazers. *Marine Ecology Progress Series* 374:1-6.

Ruiz, J.M., Pérez, M., Romero, J. 2001. Effects of fish farm loadings on seagrass (*Posidonia oceanica*) distribution, growth and photosynthesis. *Marine Pollution Bulletin* 42: 749-760.

Ruiz JM, Marco-Méndez C, Sánchez-Lizaso J.L., 2010, Remote influence of off-shore fish farm waste on Mediterranean seagrass (*Posidonia oceanica*) meadows. *Mar Environ Res.* 2010 Apr;69(3):118-26.

Ruiz, JM, Marín-Guirao, L., Bernardeau-Esteller, J., Ramos-Segura, A. García-Muñoz, R & Sandoval-Gil, J. M., 2011. Spread of the invasive alga *Caulerpa racemosa* var. *Cylindracea* (Caulerpales, Chlorophyta) along the Mediterranean coast of the Murcia region (SE Spain). *Animal Biodiversity and Conservation* 34.1:73-82.

Ruiz Zarzuela, I., de Blas Giral, I., Clavero Villacampa, J.L. y Muzquiz Moracho J.L., 2002. Implementación eficaz de una estrategia en el control y erradicación de las enfermedades de los peces: el modelo de Aragón (España). *CIVA 2002*: 459-474. <http://www.civa2002.org>

Sakami, T., Abo, K., Takayanagi, K., Toda, S., 2003. Effects of water mass exchange on bacterial communities in an aquaculture area during summer. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 56, 111-118.

Sanz, F., y S. Z. Navarro. 2009. La nutrición y alimentación en piscicultura. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. <http://books.google.es/books?id=6YbAXwAACAAJ>.

Sarà, G., Scilipoti, D., Mazzola, A., Modica, A., 2004. Effects of fish farming waste to sedimentary and particulate organic matter in a southern Mediterranean area (Gulf of Castellammare, Sicily): a multiple stable isotope study ( $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{15}\text{N}$ ). *Aquaculture*, 234, 199-213.

Sarà, G., 2006, A meta-analysis on the ecological effects of aquaculture on the water column: dissolved nutrients. *Marine Environmental Research*, doi: 10.1016/j.marevres.2006.10.008.

Sargent J.R., McEvoy L.A., y Bell J.G. 1997. «Requirements, presentation and sources of polyunsaturated fatty acids in marine fish larval feeds». *Aquaculture* 155 (1): 117-127. doi:10.1016/S0044-8486(97)00122-1.

Short F.T., Coles R.G., 2001. *Global Seagrass Research Methods*. Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam, 482 pp.

Silva FCP, Nicoli JR, Zambonino-Infante JL, Le Gall MM, Kaushik S y Gatesoupe FJ. 2010. Influence of partial substitution of dietary fish meal on the activity of digestive enzymes in the intestinal brush border membrane of gilthead sea bream, *Sparus aurata* and goldfish, *Carassius auratus*. *Aquaculture* 306: 233-237.

Snelgrove, P.V.R., Butman, C.A., 1994. Animal-sediment relationships revisited: cause vs. Effect. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.* 32, 11-177.

Soto, D., Norambuena, F., 2004. Evaluation of salmon farming effects on marine systems in the inner seas of southern Chile: a large-scale mensurative experiment. *Journal of Applied Ichthyology* 20, 493-501.

Sournia, A., 1972. Un periode de poussées Phytoplanctoniques pres de Nosy-Bé (Madagascar) en 1971. I. Especies rares ou nouvelles du phytoplancton. *Cah. Orstom., sér. Oceanogr.*, 10 (2): 151-159.

Sousa, R. J. y Meade, T. L., 1977. Influence of ammonia on the oxygen delivery system of coho salmon hemoglobin. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 58: 23-58.

Tacon, A. G. J., y M. Metian. 2008. Global overview on the use of fish meal and fish oil in industrially compounded aquafeeds: trends and future prospects. *Aquaculture* 285 (1): 146-158.

TAXON Estudios Ambientales 2001. Estudio de Impacto Ambiental del Emisario submarino para la evacuación de la salmuera de la Planta Desaladora de agua marina del Nuevo Canal de Cartagena, (Mancomunidad de los Canales del Taibilla, 1.998-2001).

TAXON Estudios Ambientales 2002. Evaluación de los efectos sobre el medio receptor del vertido de la Planta desaladora del Nuevo Canal de Cartagena por el canal perimetral de las Salinas de San Pedro del Pinatar (Mancomunidad de los Canales del Taibilla, 2002).

TAXON Estudios Ambientales 2003. Evaluación de los efectos sobre el medio receptor del vertido de la Planta desaladora del Nuevo Canal de Cartagena mediante emisario con difusores, paralelo a costa, (Mancomunidad de los Canales del Taibila, 2003).

TAXON Estudios Ambientales 2003. Estudio de Impacto Ambiental sobre la Obra de la toma de agua de mar mediante captación de agua por drenes en la Barra de los Esculls

de El Mojón para la Planta desaladora del Nuevo Canal de Cartagena (UTE. Abengoa Pridesa,2003).

TAXON. 2004. Estudio sobre el estado de conservación de los hábitats marinos de interés comunitario y/o mediterráneo presentes en el litoral sumergido de la Región de Murcia. Asistencia técnica. Dirección General del Medio Natural. Comunidad Autónoma de la Región de Murcia.

TAXON Estudios Ambientales 2005. Plan de Vigilancia Ambiental de la construcción del emisario submarino para la evacuación de la salmuera de Planta desaladora del Nuevo Canal de Cartagena. Informe Estado Preoperacional, (Mancomunidad de los Canales del Taibila,2005).

TAXON Estudios Ambientales 2005. Estudio de Impacto Ambiental de la Ampliación de la Planta desaladora del Nuevo Canal de Cartagena (Mancomunidad de los Canales del Taibila,2005).

TAXON Estudios Ambientales. 2005. ACUIMOD: Una Herramienta Para la Gestión de la Acuicultura Marina. Informe del Proyecto financiado por CDTI -INFO Región de Murcia.

TAXON Estudios Ambientales. 2006. Desarrollo y Aplicación de Metodologías de Evaluación del Alcance Espacial de los Vertidos Orgánicos Procedentes de Instalaciones de Acuicultura en Ecosistemas Marinos. Informe del Proyecto financiado por la Junta Asesora de Cultivos Marinos (JACUMAR). Planes Nacionales de Acuicultura: Evaluación de Impacto en Jaulas en Mar Abierto.

TAXON Estudios Ambientales. 2007. Protocolo para la Realización de los Planes de Vigilancia Ambiental de las Instalaciones de Acuicultura Marina en la Región de Murcia. Servicio de Pesca y Acuicultura. Comunidad Autónoma de la Región de Murcia. 148 pp.

TAXON Estudios Ambientales . 2008, Modelado hidrodinámico de la Región de Murcia. Asistencia técnica. Servicio de Pesca y Acuicultura. Comunidad Autónoma de la Región de Murcia.

TAXON Estudios Ambientales. 2008. Mitigación del Impacto de la Acuicultura en Mar Abierto. Informe del Proyecto financiado por la Junta Asesora de Cultivos Marinos (JACUMAR). Planes Nacionales de Acuicultura: Evaluación de Impacto en Jaulas en Mar Abierto.

TAXON Estudios Ambientales, 2009. Campaña oceanográfica de CTD para implementación de datos del SIOM. Asistencia técnica. Servicio de Pesca y Acuicultura. Comunidad Autónoma de la Región de Murcia.

TAXON Estudios Ambientales, 2009. Estudios necesarios para el máximo aprovechamiento del área del Polígono de Acuicultura de San Pedro del Pinatar. Servicio de Pesca y Acuicultura. Comunidad Autónoma de la Región de Murcia.

TAXON Estudios Ambientales, 2009, Sistema de Información oceanográfica de la Región de Murcia. Servicio de Pesca y Acuicultura de la Comunidad Autónoma de Murcia. Base de datos online. <https://caamext.carm.es/siom/>

TAXON Estudios Ambientales. 2011. Estudio Hidrodinámico como apoyo para la recolección de huevos de reproductores de atún rojo (*Thunnus thynnus*) frente a la Cala del Gorguel. Informe del Suproyecto 2 (Reproducción): Proyecto Self-sustained Aquaculture and Domestication of Bluefin Tuna *Thunnus thynnus* -SELFDOTT- (KBBE-2007-1-2-09), financiado por Séptimo Programa Marco. Unión Europea.

TAXON Estudios Ambientales. 2011. Seguimiento ambiental del vertido de los experimentos de alimentación de juveniles de atún rojo (*Thunnus thynnus*) frente a la Cala del Gorguel. Informe del Suproyecto 4 (Nutrición y Alimentación): Proyecto Self-sustained Aquaculture and Domestication of Bluefin Tuna *Thunnus thynnus* -SELFDOTT- (KBBE-2007-1-2-09), financiado por Séptimo Programa Marco. Unión Europea.

TAXON Estudios Ambientales. 2012. Mejora de Parámetros de Gestión en el Cultivo de Dorada (IDI-20091040) Informe del Proyecto financiado por CDTI Thingstad TF, Krom MD, Mantoura RFC, Flaten GAF and others (2005) Nature of phosphorus limitation in the ultraoligotrophic eastern Mediterranean. *Science* 309:1068-1071

Troell, M. Kaushik S.J. 2010. «Taking The Fish-In Fish-Out Ratio A Step Further - Stockholm Resilience Centre». *Aquaculture Europe*.

Tuya F, Boyra A, Sanchez-Jerez P, Haroun R (2005) Non-metric multivariate analysis of the demersal ichthyofauna along soft bottoms of the Eastern Atlantic: comparison between unvegetated substrates, seagrass meadows and sandy bottoms under the influence of seacage fish farms. *Marine Biology* 147: 1229-1237.

Vidal, M y Duarte, CM. 2000. Nutrient accumulation at different supply rates in experimental Mediterranean planktonic communities. *Mar Ecol Prog Ser.*, 207:1-11.

Vidal, M; Sabata, A.; Roldán, C.; Peters, F.; Marrasè, C.; Guayadol, O. & Bayer, M. 2004. Variable POM stoichiometry in mediterranean plankton communities: combined effects of turbulence and phosphorous limitation. *Geophysical research Abstracts*. Vol 6, 04061.

Vidal, M y Duarte, CM. 2000. Nutrient accumulation at different supply rates in experimental Mediterranean planktonic communities. *Mar Ecol Prog Ser.*, 207:1-11.

Vázquez, J.A. Díaz, J. Y Medialdea T. 1990 MAPA GEOLÓGICO DE LA PLATAFORMA CONTINENTAL ESPAÑOLA Y ZONAS ADYACENTES, ESCALA 1:200.000, Nº 79-79E (MURCIA), MEMORIA Y HOJA SERVICIO DE PUBLICACIONES DEL MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGÍA (Eds.) 147.pag Madrid 1990.

Vita R, Marín A, Madrid JA, Jiménez-Brinquis B, Cesar A, Marín-Guirao L, 2004. Effects of wild fishes on waste exportation from a Mediterranean fish farm. *Marine Ecology Progress Series* 277: 253-261.

Walker, L.J. y Johnston, J. 1999. Guidelines on the Assessment of Indirect and Cumulative Impacts as well as Impact interactions European Commission. European Commission. Luxembourg Office for Official Publications of the European Communities 169 pp. (ISBN 92-894-1337-9).

Ward, T.M., Hoedt, F., McLeay, L., Dimmlich, W.F., Kinloch, M., Jackson, G., McGarvey, R., Rogers, P.J. and Jones, K. (2001) Effects of the 1995 and 1998 mass mortality events on the spawning biomass of sardine, *Sardinops sagax*, in South Australian waters. *ICES Journal of Marine Science* 58:865-875

WWF. 2005. Risk on local fish populations and ecosystems posed by the use of imported feed fish by the tuna farming industry in the Mediterranean.

zotero:[http://wwf.panda.org/media\\_centre/publications/?20233/Risk-on-local-fish-populations-and-ecosystems-posed-by-the-use-of-imported-feed-fish-by-the-tuna-farming-industry-in-the-Mediterranean](http://wwf.panda.org/media_centre/publications/?20233/Risk-on-local-fish-populations-and-ecosystems-posed-by-the-use-of-imported-feed-fish-by-the-tuna-farming-industry-in-the-Mediterranean)

Youngson AF, Dosdat A, Saroglia M, and Jordan WC, 2001. Genetic interactions between marine finfish species in European aquaculture and wild conspecifics. *Journal of Applied Ichthyology* 17:153-162

Zupo V., Mazzella L., Buia M.C., Gambi M.C., Lorenti M., Scipione M.B., Cancemi G. 2006. A small-scale analysis of the spatial structure of a *Posidonia oceanica* meadow off the Island of Ischia (Gulf of Naples, Italy): relationship with the seafloor morphology. *Aquatic Botany*, 84, 101-109.