



ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO DE EXPLOTACIÓN DEL YACIMIENTO DE SALAVE

DOCUMENTO III. ANEXOS

TOMO III

- **ANEXO IX. ESTUDIO DEL MEDIO MARINO PARA EL EMISARIO SUBMARINO PROYECTO DE SALAVE**
- **ANEXO X. ESTUDIO ESPECÍFICO SOBRE LA AFECCIÓN A LOS HÁBITATS DE INTERÉS COMUNITARIO, FLORA Y FAUNA PROTEGIDA DEL PROYECTO SALAVE**

Julio de 2021



INGENIERÍA Y CONSULTORÍA EN RECURSOS DEL SUBSUELO, S.L

C/ Raimundo Fernández Villaverde 53, 1º izq. 28003 Madrid

Tel: 91 535 61 72 / 91 534 91 83

Fax: 91 534 91 83

www.crsingenieria.es



ER-0240/2013



GA-2013/0102

ÍNDICE

DOCUMENTO III. ANEXOS

- ANEXO I. ESTUDIO GEOLÓGICO
- ANEXO II. CARACTERIZACIÓN DE LOS SUELOS
- ANEXO IIIA. ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO DE LA MINERALIZACIÓN DE SALAVE Y ÁREAS ADYACENTES
- ANEXO IIIB. GESTIÓN DE AGUAS
- ANEXO IV. ALTERNATIVA "0" O DE NO REALIZACIÓN DEL PROYECTO
- ANEXO V. CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS MINEROS
- ANEXO VI. METODOLOGÍA UTILIZADA PARA LA VALORACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS
- ANEXO VII. MEMORIA DE LOS MAPAS DE DISPERSIÓN DE POLVO
- ANEXO VIII. MEMORIA DE LOS MAPAS ACÚSTICOS
- ANEXO IX. ESTUDIO DEL MEDIO MARINO PARA EL EMISARIO SUBMARINO PROYECTO DE SALAVE
- ANEXO X. ESTUDIO ESPECÍFICO SOBRE LA AFECCIÓN A LOS HÁBITATS DE INTERÉS COMUNITARIO, FLORA Y FAUNA PROTEGIDA DEL PROYECTO SALAVE
- ANEXO XI. PROYECTO SALAVE. ESTUDIO DE AFECCIONES AL PATRIMONIO CULTURAL 2021
- ANEXO XII. LEGISLACIÓN Y NORMATIVA
- ANEXO XIII CONTESTACIÓN A CADA UNO DE LOS INFORMES Y ALEGACIONES RECIBIDAS EN EL PROCEDIMIENTO DE CONSULTAS PREVIAS.

DOCUMENTO III
ANEXOS

ANEXO IX
ESTUDIO DEL MEDIO MARINO PARA EL EMISARIO
SUBMARINO PROYECTO DE SALAVE

ÍNDICE

- 1. Estudio del medio marino para el emisario submarino (9 de octubre 2020)**
- 2. Estudio básico de dinámica litoral**
- 3. Estudio evaluación pesquera**
- 4. Informe de compatibilidad con las estrategias marinas**

**1. Estudio del medio marino
para el emisario submarino (9 de octubre 2020)**

**ESTUDIO DEL MEDIO BIÓTICO MARINO RELATIVO AL
PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE UN EMISARIO
SUBMARINO PARA LA EVACUACIÓN DE AGUA Y LODOS
PROCEDENTES DE LA EXPLOTACIÓN SUBTERRÁNEA DEL
YACIMIENTO DE SALAVE**

PROMOTOR: EXPLOTACIONES MINERAS DEL CANTÁBRICO, S.L.

INFORME N° EN200820-01, de 21 de diciembre de 2020, realizado por:



DELEGACIÓN GALICIA
GALILEO GALILEI, 44 – 2º
TEL. 981 274 720 / 777
e-mail: delegacion.galicia@tecnoambiente.com
15008 A CORUÑA

Índice

1. OBJETO	3
2. ACREDITACIONES / HOMOLOGACIONES TECNO AMBIENTE, S.L.U.	3
3. DESCRIPCIÓN DE LAS ALTERNATIVAS PROPUESTAS.....	5
4. ANÁLISIS AMBIENTAL Y ESTUDIOS DE DETALLE PARA EVALUAR EL FUNCIONAMIENTO DEL EMISARIO	8
5. LEVANTAMIENTO BATIMÉTRICO	8
6. CARTOGRAFÍA BIONÓMICA	10
7. CALIDAD DE LA MASA DE AGUA.....	10
8. ESTUDIO DEL PLANCTON	10
8.1. CAMPAÑA DETERMINACIÓN FITOPLANCTON	12
8.2. CAMPAÑA DETERMINACIÓN ZOOPLANCTON	12
9. AUTORES	13

ANEXOS:

ANEXO I: ANÁLISIS AMBIENTAL Y ESTUDIOS DE DETALLE

ANEXO II: LEVANTAMIENTO BATIMÉTRICO

ANEXO III: CARACTERIZACIÓN BIONÓMICA

ANEXO IV: ESTUDIO DE LA CALIDAD SEDIMENTOLÓGICA E HIDROLÓGICA DE LA COLUMNA DE AGUA

ANEXO V: ESTUDIO DESCRIPTIVO DEL PLANCTON EN LA COLUMNA DE AGUA

1. OBJETO

El presente documento ha sido elaborado por TECNOAMBIENTE con la intención de dar respuesta a la necesidad de acometer un estudio ambiental del medio marino en el marco del Estudio de Impacto Ambiental asociado a la explotación del yacimiento subterráneo de Salave, en el concejo de Tapia de Casariego (Asturias), y en concreto, la parte del proyecto que contempla la construcción de un emisario submarino en el entorno de Punta Campega, que facilite el vertido y dispersión de las aguas y/o lodos sobrantes producidos durante la actividad minera.

2. ACREDITACIONES / HOMOLOGACIONES TECNO AMBIENTE, S.L.U.

Los ensayos presentados en el documento han sido realizados en su totalidad por el Laboratorio de TECNOAMBIENTE, el cual dispone de un sistema de calidad basado en la norma internacional UNE/EN ISO/IEC 17025. Este sistema de calidad permite asegurar que los resultados obtenidos son fiables dentro de los márgenes de tolerancia establecidos para cada uno de los ensayos realizados. En el ámbito de este estudio es de aplicación la acreditación como Laboratorio de ensayo acreditado por la Entidad Nacional de Acreditación (ENAC), acreditación nº 479/LE1035, en lo que se refiere a ensayos de laboratorio.

En la siguiente tabla se presentan las acreditaciones y títulos de la empresa:

Tabla 1. Acreditaciones y certificados de Tecno Ambiente.

Listado de acreditaciones y certificados de TECNOAMBIENTE, S.L.	
Laboratorio de ensayo acreditado por la Entidad Nacional de Acreditación (ENAC) de acuerdo con la norma EN-17025, Certificado nº 479/LE1035.	
Entidad de Inspección acreditada por la Entidad Nacional de Acreditación (ENAC) de acuerdo con la norma UNE-EN- ISO/IEC 17020, para actividades de inspección en el área medioambiental. Acreditación Nº 29/EI432	
Empresa reconocida como entidad Colaboradora (Laboratorio de Ensayo) de la Administración Hidráulica, Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino. Nº expediente: EC039/1	
Empresa reconocida como entidad Colaboradora (Organismo de Inspección) de la Administración Hidráulica, Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino. Nº expediente: EC 039/1 y 2.	
Empresa autorizada por la Consellería de Medio Ambiente, Territorio e Infraestructuras-Xunta de Galicia para actuar como Organismo de Control (OCA) en la Comunidad Autónoma de Galicia. Ámbitos de Inspección según acreditación ENAC 29/EI031 y de Ensayo según acreditación ENAC 479/LE1035	
Certificado emitido por TÜV NORD con el Nº 44104117217 relativo a que el Sistema de Calidad de TECNOAMBIENTE ha sido evaluado y cumple con los requisitos de la norma UNE-EN-ISO-9001:2015	
Certificado emitido por TÜV NORD con el Nº 44104117217 relativo a que el Sistema de Gestión Medioambiental de TECNOAMBIENTE, ha sido evaluado y cumple con los requisitos de la norma UNE-EN-ISO 14001:2015.	

3. DESCRIPCIÓN DE LAS ALTERNATIVAS PROPUESTAS

La zona de actuación se enmarca en el entorno del tramo de costa del concejo de Tapia de Casariego:



Figura 1.- Plano general entorno zona de estudio

En concreto, la zona de estudio, entre Punta del Pedrón y Punta de la Furada, y con una superficie aproximada de unas 300 Ha, será la siguiente:



Figura 2.- Plano detalle ámbito de estudio

Se ha considerado una geometría del emisario con un punto de salida a una cota aproximada de 40 m y con un primer tramo terrestre de unos 385 m de longitud. A partir de este punto se inicia la conducción submarina sobre la traza mostrada en la Figura, en el que se representan las localizaciones para comprobar la funcionalidad hidráulica del vertido, con cotas batimétricas de -16,5 (P01), -24,5 (P02) y -35,5 (P03) metros.



Figura 3.- Plano traza inicial propuesta del emisario, en su tramo terrestre y submarino

El perfil de la traza total del emisario (tramo terrestre y submarino) se muestra en la Figura 57.

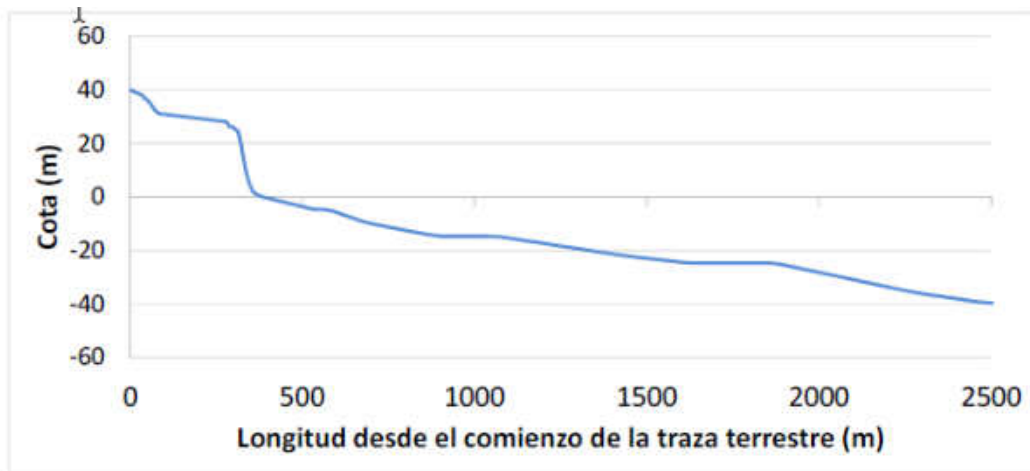


Figura 4.- Perfil traza inicial propuesta del emisario, en su tramo terrestre y submarino

El sistema de descarga, tal y como se ha comentado anteriormente, es de acero y está formado por un elevador con dos bocas de descarga en T de 125mm situadas 1,5 sobre el fondo. El tramo terrestre y submarino hasta el elevador se ha considerado de acero, por la posible abrasión al verter una alta concentración de sedimento y de un diámetro de 300 mm.



Figura 5.- Ortofoto con el trazado del emisario y la zona de estudio

4. ANÁLISIS AMBIENTAL Y ESTUDIOS DE DETALLE PARA EVALUAR EL FUNCIONAMIENTO DEL EMISARIO

El objetivo del estudio asociado a este apartado es efectuar un análisis de los condicionantes ambientales en el entorno del emisario submarino y los estudios de detalle complementarios para determinar su potencial efecto en el medio.

El estudio, que se adjunta en el **ANEXO I** al presente documento, recoge los trabajos desarrollados que han incluido las siguientes actividades:

- Recopilación y análisis de información.
- Estudio hidrodinámico.
- Estudio de dilución inicial del emisario submarino.
- Estudio de dispersión del efluente del emisario submarino.
- Estudio de sedimentación de los sólidos contenidos en el efluente del emisario submarino.
- Análisis funcional del emisario submarino.
- Delimitación de la zona de mezcla ambiental.

5. LEVANTAMIENTO BATIMÉTRICO

El objetivo principal de este estudio es el levantamiento batimétrico del entorno del trazado previsto para el emisario submarino asociado al Proyecto de Explotación del Yacimiento subterráneo de Salave, en el concejo de Tapia de Casariego (Asturias).

Para ello, TECNOAMBIENTE debe cumplir los siguientes objetivos parciales:

- Campaña batimétrica de alta resolución con ecosonda multihaz con precisión de posicionamiento subcentimétrica tanto en el vaciadero marino como en la ría.
- Realización del modelo digital del terreno (MDT) con alta resolución.
- Generación de un archivo XYZ a la mayor resolución posible.
- Elaboración de la cartografía batimétrica con la escala pertinente.

Se muestra a continuación el mapa digital con isóbatas obtenido en la campaña, llevada a cabo en Junio de 2020:

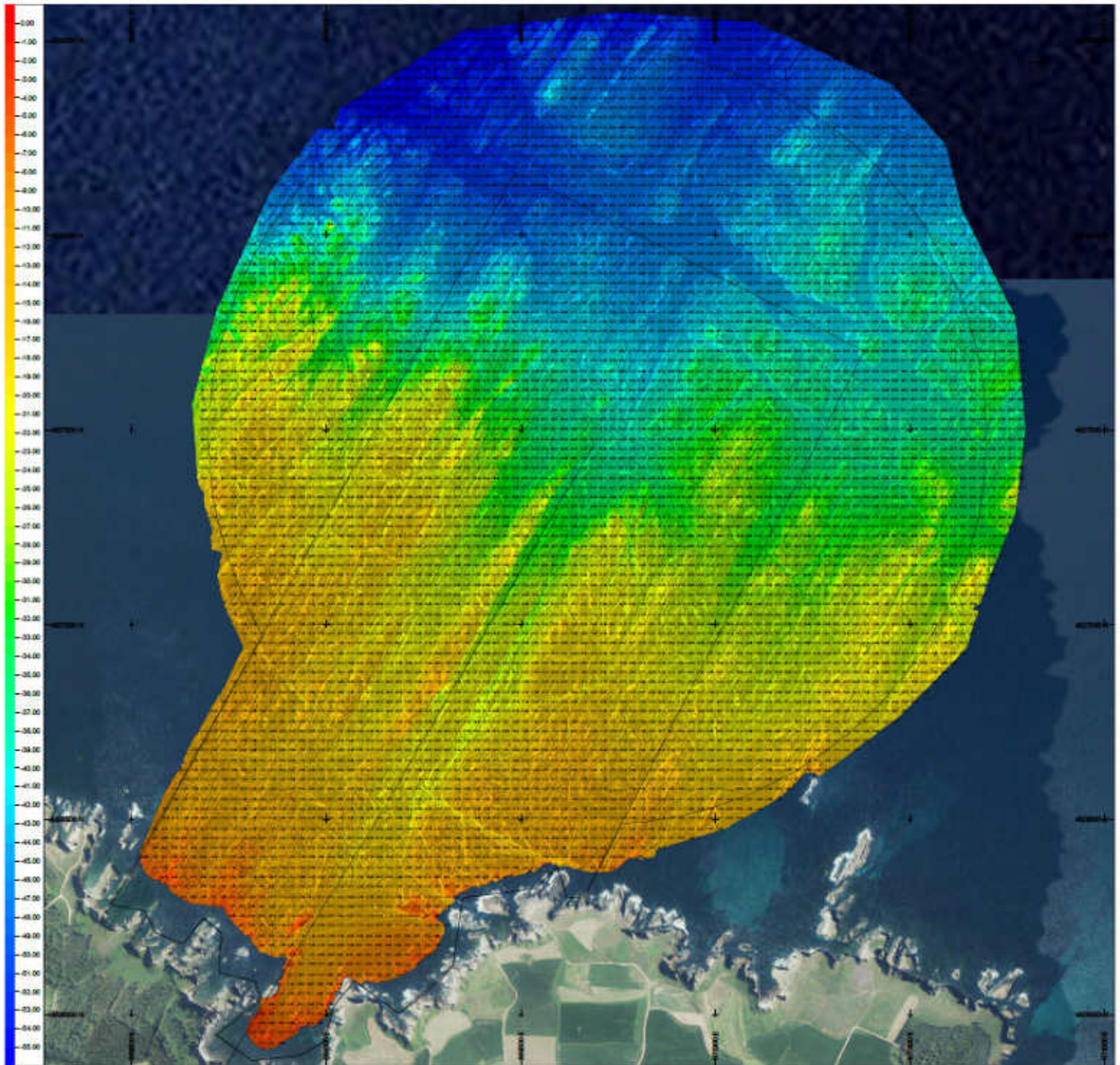


Figura 6.- *Plano batimetría con isóbatas y puntos sonda*

El informe completo del levantamiento batimétrico se encuentra en el **ANEXO II** al presente documento.

6. CARTOGRAFÍA BIONÓMICA

Se presenta en el **ANEXO III** al presente documento el informe de cartografía bionómica.

7. CALIDAD DE LA MASA DE AGUA

Se presenta en el **ANEXO IV** al presente documento el Estudio de la calidad sedimentológica e hidrológica de la columna de agua

8. ESTUDIO DEL PLANCTON

Para caracterizar el plancton en la masa de agua objeto de estudio, se ha planteado llevar a cabo un ciclo de tres campañas con periodicidad mensual, de las cuales en este informe se presenta la primera de ellas, realizada en agosto de 2020.

Se han establecido 9 estaciones de muestreo, repartidas en grupos de 3 a lo largo de otros tantos transectos perpendiculares a la costa paralelos al trazado del emisario.

A continuación se presentan sobre ortofoto la situación de las estaciones:

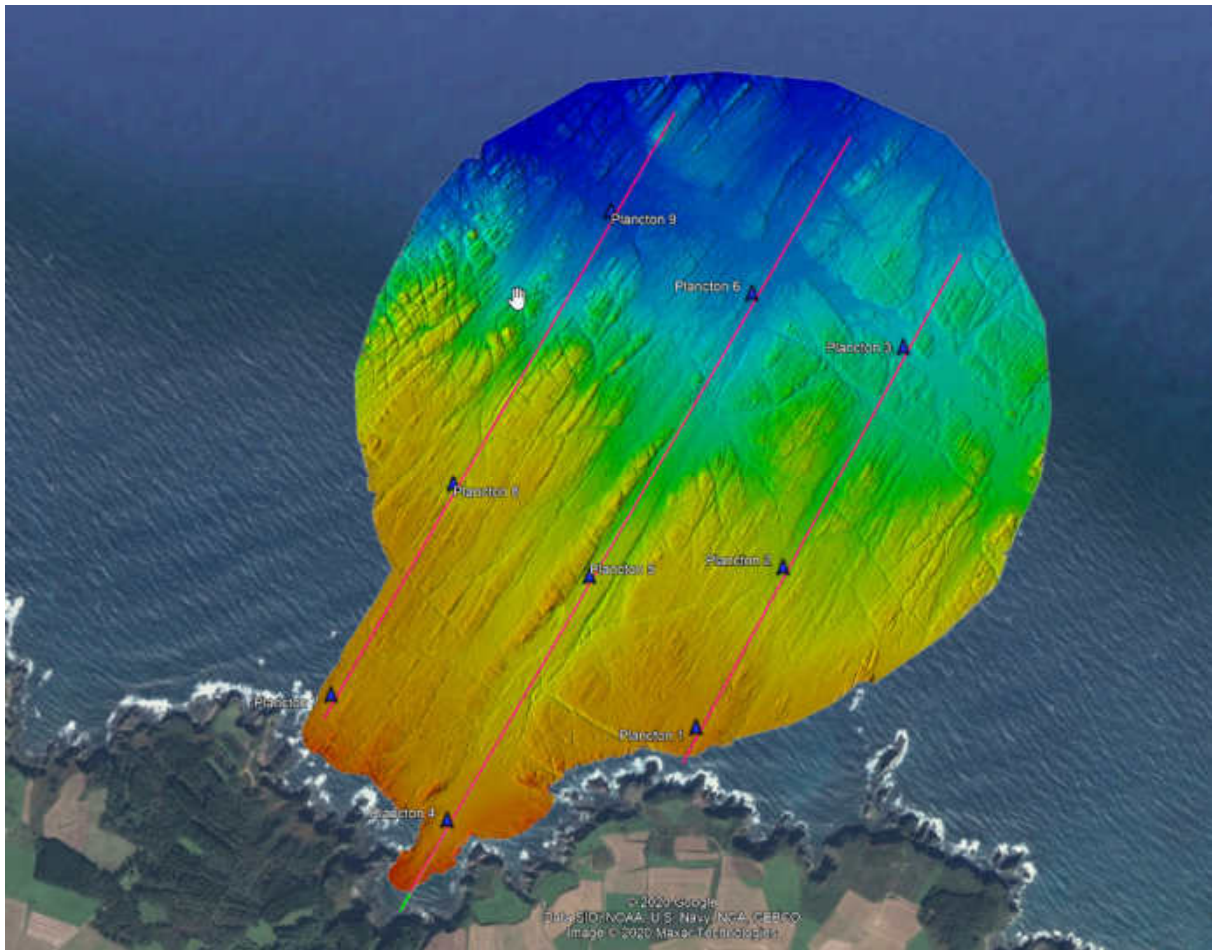


Figura 7.- *Ubicación puntos de muestreo campaña control plancton.*

8.1. CAMPAÑA DETERMINACIÓN FITOPLANCTON

Para la determinación del Fitoplancton se han analizado un total de 18 muestras, que resultan del muestreo a dos profundidades (superficie y fondo) en cada una de las 9 estaciones.

En el **Anexo V** al presente documento se presenta el informe de resultados.

De la interpretación de los mismos se pueden sacar las siguientes conclusiones:

- La abundancia es normal en todas las muestras para la época del año muestreada.
- Ausencia de proliferación algal o “marea roja”.
- En todas las muestras domina el grupo de otras formas fitoplanctónicas (principalmente debido a los nanoflagelados), y que debido a su pequeño tamaño, aporta una menor biomasa fitoplanctónica a la columna de agua.
- Desde el punto de vista taxonómico todas las muestras se consideran similares entre sí
- Se han detectado especies potencialmente causantes de discoloración de la masa de agua, así como especies potencialmente productoras de biotoxinas. La presencia de estas especies es normal. Ninguna de estas especies ha alcanzado concentraciones celulares lo suficientemente elevadas como para que exista riesgo sobre el medioambiente marino y/o la salud humana.

8.2. CAMPAÑA DETERMINACIÓN ZOOPLANCTON

Para la determinación del Zooplancton, por su parte, se han realizado 9 arrastres verticales a lo largo de toda la columna de agua, con una malla de 50 micras.

Los resultados obtenidos se presentan en el **Anexo V** al presente documento.

De la interpretación de los mismos se pueden sacar las siguientes conclusiones:

- Se han identificado un total de 15 grupos taxonómicos, siendo las larvas de copépodos y los copépodos adultos los que comprenden la mayor parte de la comunidad zooplanctónica.
- Las larvas de cirrípedos presentan bajos porcentajes relativos de abundancia, en todos los puntos de muestreo excepto en 048-0820 con un 5 %.
- Los copépodos pequeños (< 1mm longitud) sobrepasan en abundancia a los copépodos de un mayor tamaño.
- La abundancia en las diferentes estaciones de la zona de estudio oscila entre 382 y 18.353 ind/m³, correspondiendo a 048-0820 y 056-0820, respectivamente.

- La estación 049-0820, es el punto de muestreo que presenta la menor riqueza (14) y, por otro lado, los mayores valores de equitatividad y diversidad, 0,81 y 3,08 bits/ind, respectivamente.
- Los análisis comparativos al 50 %, denotaron 2 grupos. El primer grupo, está constituido por las estaciones 050-0820, 051-0820, 052-0820, 053-0820, 054-0820, 055-0820 y 056-0820, caracterizadas por presentar elevados valores de abundancia. El segundo grupo, lo constituyen las estaciones 048-0820 y 049-0820, diferenciadas por registrar los menores valores de abundancia entre los diferentes puntos de muestreo. No obstante, estos grupos detectados no presentan significatividad estadística por lo que se puede considerar que la comunidad zooplanctónica es muy similar.

9. AUTORES

En la redacción del presente estudio ha participado el siguiente personal de Tecnoambiente:

Nombre	Titulación	DNI
Marta Boix	Lcda. Ciencias del Mar	54.167.967T
Sergio Mestre	Lcdo. Ciencias del Mar	31.693.749W
Ágata Taboada	Lcda. CC Químicas	32.816.032T
Carlo Tidu	Doctor en Biología	X-02380691-F
Guillermo Bouza	Lcdo. CC Químicas	32.833.036F

ANEXO I

ANÁLISIS AMBIENTAL Y ESTUDIO EN DETALLE DEL EMISARIO



IH cantabria

INSTITUTO DE HIDRÁULICA AMBIENTAL
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



**ANÁLISIS AMBIENTAL Y ESTUDIOS DE DETALLE
COMPLEMENTARIOS PARA UN EMISARIO SUBMARINO
EN TAPIA DE CASARIEGO**



ÍNDICE



ÍNDICE

1. ANTECEDENTES E INTRODUCCIÓN	1
2. DATOS DE PARTIDA.....	2
2.1. Zona de estudio.	2
2.2. Topografía.....	3
2.3. Batimetría.	4
2.4. Datos meteo-oceánicos.	6
2.4.1. Base de datos numérica de corrientes, nivel del mar, salinidad y temperatura.	6
2.4.2. Base de datos de oleaje DOW SW NCEP.	7
2.4.3. Viento.....	8
2.5. Granulometría del fondo marino.	9
2.6. Normativa ambiental y criterios de calidad aplicables.....	10
2.6.1. Evaluación del estado de las masas de agua superficiales.....	13
2.6.2. Requerimientos adicionales para Zonas Protegidas	22
2.7. Características del medio receptor	37
2.7.1. Evaluación del Estado de la masa de agua.....	37
2.7.2. Resultados de la evaluación del Estado Ecológico	42
2.7.3. Zonas de producción de moluscos	43
2.7.4. Zonas de uso recreativo	43
2.8. Zonificación del medio.....	49
2.9. Características del vertido.....	50
2.10. Informes previos	51
3. ESTUDIO HIDRODINÁMICO.....	52
3.1. Introducción.	52
3.2. Metodología.	52
3.3. Modelos de cálculo para el estudio hidrodinámico	54
3.3.1. Modelo hidrodinámico Delft3D.	54
3.3.1.1. Discretización del dominio.....	55
3.3.1.2. Ecuaciones de gobierno.	56
3.3.2. Descripción del modelo de propagación de oleaje SWAN.....	60
3.4. Elección del periodo de cálculo.	62
3.5. Configuración del modelo Delft3D en la zona de estudio.	67
3.5.1. Discretización del dominio.....	67
3.5.2. Condiciones iniciales y de contorno.	67
3.5.3. Forzamientos atmosféricos.....	68
3.5.4. Parámetros físicos.	68
3.5.5. Parámetros del modelo.....	68
3.6. Configuración del modelo SWAN en la zona de estudio.....	69
3.6.1. Discretización del dominio.....	69
3.6.2. Condiciones iniciales y de contorno.	69
3.6.3. Forzamientos atmosféricos.....	69
3.6.4. Parámetros físicos.	69

	ÍNDICE
3.6.5. Parámetros del modelo.....	70
3.7. Resultados hidrodinámicos obtenidos con la malla de detalle.....	70
3.7.1. Resultados de corrientes en la zona de estudio obtenidos por el modelo Delft3D.	70
3.7.2. Resultados obtenidos para la propagación del oleaje en la zona de estudio por el modelo SWAN.....	73
4. ESTUDIO DE DILUCIÓN INICIAL.	76
4.1. Introducción.	76
4.2. Metodología.	76
4.3. Modelo de dilución inicial VISJET.....	78
4.4. Cálculo de la dilución en continuo.	80
5. ESTUDIO DE SEDIMENTACIÓN POTENCIAL.....	91
5.1. Introducción.	91
5.2. Datos e hipótesis de partida.	91
5.3. Metodología.	91
5.4. Módulo morfodinámico del modelo Delft3D.	93
5.4.1. Sedimento cohesivo.	94
5.4.2. Sedimento no cohesivo.....	95
5.5. Análisis de la evolución de los sólidos del vertido.....	96
5.5.1. Sólidos en suspensión en la columna de agua.	96
5.5.2. Sedimentación en el fondo.	99
5.6. Definición del área de sedimentación preferente.....	102
5.7. Definición de la concentración de sulfuros asociada a los sólidos sedimentados.	103
6. ANÁLISIS FUNCIONAL DEL EMISARIO.....	105
6.1. Introducción	105
6.2. Modelo Hidráulico EPANET.....	105
6.3. Caracterización geométrica del emisario	109
6.4. Aplicación del modelo hidráulico EPANET.....	110
7. DEFINICIÓN DE LA ZONA DE MEZCLA AMBIENTAL.	112
7.1. Introducción.	112
7.2. Metodología para la delimitación de la zona de mezcla ambiental (ZMA).	112
7.2.1. Delimitación preliminar de la ZMA.	112
7.2.2. Verificación del cumplimiento de las NCA en la ZMA.....	118
7.3. Aplicación de la metodología para la definición de la ZMA del emisario submarino de la mina de Salave.	119
7.3.1. Delimitación preliminar de la ZMA.	119
7.3.2. Verificación del cumplimiento de las NCA en la ZMA.....	120
8. RESUMEN Y CONCLUSIONES.	122

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización de la zona de estudio. Fuente: Google Earth.	2
Figura 2. Topografía de detalle de la zona de estudio provista por Exploraciones Mineras del Cantábrico (líneas rojas) junto con el mapa digital del terreno del Instituto Geográfico Nacional.....	3
Figura 3. Batimetría de la zona estudio obtenida de la unión de las cartas náuticas del litoral español disponibles en la base de datos BACO (IHCantabria).	5
Figura 4. Dominio de la zona IBI (Fuente: http://www.myocean.eu.org).	6
Figura 5. Mallas de propagación de oleaje del sistema DOW en la zona del Mar Cantábrico cercana aTapia de Casariego.....	7
Figura 6. Ejemplo de la serie total de altura de ola significativa (H_s), periodo de pico (T_p) y dirección del oleaje (Dir) recogida en la base de datos de oleaje DOW en la zona de estudio.	8
Figura 7. Dominio espacial de CFSR. Fuente: https://www.ncdc.noaa.gov	9
Figura 8. Mapa de distribución del tipo de arenas en Europa con un zoom a la zona de estudio. Fuente: EMODNET "Sea Bed Habitat Map" (http://www.emodnet-seabedhabitats.eu/).....	10
Figura 9. Procedimiento iterativo para valorar el estado ecológico de las aguas (RD 817/2015).	14
Figura 10. Ubicación de las principales zonas de baño (imagen superior), así como playas secundarias presentes en las inmediaciones de la zona de posible ubicación del emisario (A y B)	26
Figura 11. Ubicación de las zonas protegidas cercanas al área de estudio.	28
Figura 12. Esquema del procedimiento establecido en la DMA para la evaluación del estado ecológico de las masas de agua.....	38
Figura 13. Localización de las distintas zonas de baño y ENPs presentes en las proximidades al punto de vertido. Cabe destacar, además, la presencia de zonas de producción de moluscos y otros invertebrados en la Ría del Eo y en todo el litoral asturiano.	49
Figura 14. Anidamiento de mallas para calcular corrientes en la zona de estudio.	53
Figura 15. Metodología para la obtención de la hidrodinámica en la zona de estudio.....	54
Figura 16. Ejemplo de malla σ (izquierda) y malla Z (derecha).....	55
Figura 17. Comparación de las rosas de corrientes obtenidas por el sistema MyOcean en la zona próxima a la traza del emisario recogida en el "Estudio preliminar de un emisario submarino en Tapia de Casariego, IHCantabria 2018" para los años 2003 a 2014.....	64
Figura 18. Rosa de vientos en la zona de estudio en el año 2011 obtenida de la base de datos IHData.	65
Figura 19. Salinidad en la capa superficial, intermedia y fondo en la la zona próxima a la traza del emisario recogida en el "Estudio preliminar de un emisario submarino en Tapia de Casariego, IHCantabria 2018" durante el año 2011 obtenida del sistema CMEMS. ...	66
Figura 20. Temperatura en la capa superficial, intermedia y fondo en la la zona próxima a la traza del emisario recogida en el "Estudio preliminar de un emisario submarino en Tapia de Casariego, IHCantabria 2018" durante el año 2011 obtenida del sistema CMEMS. ...	66
Figura 21. Malla numérica utilizada en las simulaciones y detalle de la zona en la que se pretende situar el emisario submarino para descargar el efluente de la mina.	67
Figura 22. Condiciones de contorno utilizadas en las simulaciones.	68

Figura 23. Condiciones de contorno utilizadas en las simulaciones.	69
Figura 24. Ejemplo del campo de corrientes promediadas en profundidad en la zona de estudio, en un instante del periodo de simulación (marea llenante).	71
Figura 25. Ejemplo del campo de corrientes promediadas en profundidad en la zona de estudio, en un instante del periodo de simulación (marea vaciante).	72
Figura 26. Series temporales de altura de ola significativa (H_s), periodo de pico (T_p) y dirección media del oleaje (Dir) en la zona de ubicación del difusor del emisario submarino durante el año 2011.	73
Figura 27. Función de distribución acumulada de altura de ola significativa (H_s) en la zona de ubicación del difusor del emisario submarino en el año 2011.	74
Figura 28. Función de distribución acumulada de periodo de pico (T_p) en la zona de ubicación del difusor del emisario submarino en el año 2011.	74
Figura 29. Ejemplo de la distribución espacial de altura de ola significativa en la zona de estudio, en un instante del periodo de simulación.	75
Figura 30. Ubicación de las 3 posibles ubicaciones para el punto de descarga del efluente de la mina de Salave.	77
Figura 31. Comparación de resultados del modelo VISJET con datos experimentales (VISJET, 2000).	78
Figura 32. Planos de la visualización con VISJET (VISJET, 2000).	79
Figura 33. Salida gráfica tridimensional de resultados con VISJET (VISJET, 2000).	79
Figura 34. Dilución en continuo durante el año 2011 del efluente procedente de la mina de Salave para los casos de vertido con flotabilidad positiva y negativa en las 3 ubicaciones de vertido consideradas.	80
Figura 35. Comparación de la concentración de arsénico tras el proceso de dilución en los casos de vertido del agua de los sondeos, agua proveniente de los procesos productivos o la mezcla de agua de los sondeos con el aporte máximo de sedimentos en las 3 ubicaciones de vertido consideradas con el objetivo de calidad para dicha sustancia en el medio (línea roja).	82
Figura 36. Comparación de la concentración de cadmio tras el proceso de dilución en los casos de vertido del agua de los sondeos, agua proveniente de los procesos productivos o la mezcla de agua de los sondeos con el aporte máximo de sedimentos en las 3 ubicaciones de vertido consideradas con el objetivo de calidad para dicha sustancia en el medio (línea roja).	83
Figura 37. Comparación de la concentración de cobre tras el proceso de dilución en los casos de vertido del agua de los sondeos, agua proveniente de los procesos productivos o la mezcla de agua de los sondeos con el aporte máximo de sedimentos en las 3 ubicaciones de vertido consideradas con el objetivo de calidad para dicha sustancia en el medio (línea roja).	84
Figura 38. Comparación de la concentración de níquel tras el proceso de dilución en los casos de vertido del agua de los sondeos, agua proveniente de los procesos productivos o la mezcla de agua de los sondeos con el aporte máximo de sedimentos en las 3 ubicaciones de vertido consideradas con el objetivo de calidad para dicha sustancia en el medio (línea roja).	85
Figura 39. Comparación de la concentración de plomo tras el proceso de dilución en los casos de vertido del agua de los sondeos, agua proveniente de los procesos productivos o la mezcla de agua de los sondeos con el aporte máximo de sedimentos en las 3	

ubicaciones de vertido consideradas con el objetivo de calidad para dicha sustancia en el medio (línea roja).	86
Figura 40. Comparación de la concentración de selenio tras el proceso de dilución en los casos de vertido del agua de los sondeos, agua proveniente de los procesos productivos o la mezcla de agua de los sondeos con el aporte máximo de sedimentos en las 3 ubicaciones de vertido consideradas con el objetivo de calidad para dicha sustancia en el medio (línea roja).	87
Figura 41. Comparación de la concentración de zinc tras el proceso de dilución en los casos de vertido del agua de los sondeos, agua proveniente de los procesos productivos o la mezcla de agua de los sondeos con el aporte máximo de sedimentos en las 3 ubicaciones de vertido consideradas con el objetivo de calidad para dicha sustancia en el medio (línea roja).	88
Figura 42. Función de distribución acumulada para la longitud a la que se alcanza la dilución inicial durante el periodo de simulación en la ubicación P01 a) Vertido con flotabilidad positiva b) Vertido con flotabilidad negativa.	89
Figura 43. Función de distribución acumulada para la longitud a la que se alcanza la dilución inicial durante el periodo de simulación en la ubicación P02 a) Vertido con flotabilidad positiva b) Vertido con flotabilidad negativa.	89
Figura 44. Función de distribución acumulada para la longitud a la que se alcanza la dilución inicial durante el periodo de simulación en la ubicación P03 a) Vertido con flotabilidad positiva b) Vertido con flotabilidad negativa.	90
Figura 45. Área de estudio alrededor de las 3 posibles ubicaciones de vertido consideradas en la que se analizará la serie temporal de la masa vertida que se sedimenta durante la simulación.....	92
Figura 46. Concentración de sólidos en suspensión (kg/m^3) en la capa de fondo en cuatro instantes del periodo de simulación a) $t=900$ horas de simulación b) $t=2100$ horas de simulación c) $t=3800$ horas de simulación d) $t=6900$ horas de simulación. Escenario con vertido en la ubicación P01.	97
Figura 47. Concentración de sólidos en suspensión (kg/m^3) en la capa de fondo en cuatro instantes del periodo de simulación a) $t=900$ horas de simulación b) $t=2100$ horas de simulación c) $t=3800$ horas de simulación d) $t=6900$ horas de simulación. Escenario con vertido en la ubicación P02.	98
Figura 48. Concentración de sólidos en suspensión (kg/m^3) en la capa de fondo en cuatro instantes del periodo de simulación a) $t=900$ horas de simulación b) $t=2100$ horas de simulación c) $t=3800$ horas de simulación d) $t=6900$ horas de simulación. Escenario con vertido en la ubicación P03.	98
Figura 49. Concentración de sólidos en el fondo (kg/m^2) en cuatro instantes del periodo de simulación a) $t=900$ horas de simulación b) $t=2100$ horas de simulación c) $t=3800$ horas de simulación d) $t=6900$ horas de simulación. Escenario con vertido en la ubicación P01.	99
Figura 50. Concentración de sólidos en el fondo (kg/m^2) en cuatro instantes del periodo de simulación a) $t=900$ horas de simulación b) $t=2100$ horas de simulación c) $t=3800$ horas de simulación d) $t=6900$ horas de simulación. Escenario con vertido en la ubicación P02.	100
Figura 51. Concentración de sólidos en el fondo (kg/m^2) en cuatro instantes del periodo de simulación a) $t=900$ horas de simulación b) $t=2100$ horas de simulación c) $t=3800$ horas de simulación d) $t=6900$ horas de simulación. Escenario con vertido en la ubicación P03.	100

de simulación d) t=6900 horas de simulación. Escenario con vertido en la ubicación P03.	100
Figura 52. Serie temporal de sólidos sedimentados en la zona de estudio durante el periodo de simulación para cada una de las fracciones de sólidos consideradas en el caso del vertido en la ubicación P01 (a), P02 (b) y P03 (c).....	101
Figura 53. Concentración de sólidos en el fondo (kg/m ²) acumulada en el periodo de simulación a) Vertido en la ubicación P01 b) Vertido en la ubicación P02 c) Vertido en la ubicación P03.	102
Figura 54. Áreas de sedimentación preferente en función de la concentración sedimentada a) Vertido en la ubicación P01 b) Vertido en la ubicación P02 c) Vertido en la ubicación P03.	103
Figura 55. Concentración de sulfuro en forma sólida (kg/m ²) sedimentada al final del periodo de simulación a) Vertido en la ubicación P01 b) Vertido en la ubicación P02 c) Vertido en la ubicación P03.....	104
Figura 56. Traza terrestre y submarina del emisario.	109
Figura 57. Perfil de la traza total del emisario (tramo terrestre y submarino).	110
Figura 58. Figura 6. Esquema del emisario en el modelo EPANET.	111
Figura 59. Metodología holística para la delimitación de la ZMA de vertidos litorales. *VLE: Valor límite de emisión.....	113
Figura 60. Zona de mezcla ambiental (ZMA) para emisarios submarinos con una boca (a) y emisarios submarinos con difusor multiorificio (b) (modificado a partir de Jirka et al., 2004, Jirka & Bleninger, 2004 y Bleninger, 2006).	118
Figura 61. Zona de mezcla ambiental preliminar para las ubicaciones P01, P02 y P03 consideradas para el posible vertido a través de emisario del efluente de la mina de Salave.	120
Figura 62. Zona de mezcla ambiental para las ubicaciones P01, P02 y P03 consideradas para el posible vertido a través de emisario del efluente de la mina de Salave.....	121
Figura 63. Zona de mezcla ambiental para las ubicaciones P01, P02 y P03 consideradas para el posible vertido a través de emisario del efluente de la mina de Salave.....	124

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Objetivos medioambientales de las masas de agua de transición y costeras naturales de la Demarcación Hidrográfica del Cantábrico Occidental, según el apéndice 6.1 del RD 1/2016.	12
Tabla 2. Umbrales para los indicadores biológicos de las masas de agua costeras de tipología AC-T14.	16
Tabla 3. Umbrales para los indicadores fisicoquímicos. A falta de indicadores establecidos para las masas de agua costeras de tipología AC-T14 en el RD 817/2015, se muestran los indicadores establecidos en la revisión 2015-2021 del PH de la DHC Occidental.....	16
Tabla 4. Normas de Calidad Ambiental para las sustancias preferentes (Anejo V del RD 817/2015).	17
Tabla 5. Criterios para la valoración de las alteraciones hidromorfológicas, establecidos en la revisión 2015-2021 del PH de la DHC Occidental.	18
Tabla 6. Normas de calidad ambiental establecidas en el Anexo IV del RD 817/2015. Además, deberá atenderse a los criterios de aplicación recogidos en el Título IV y en el Anexo IV.....	21
Tabla 7. Resumen de la normativa relevante para las zonas protegidas.	24
Tabla 8. Zonas de protección de peces cercanas a la zona de estudio.....	25
Tabla 9. Zonas de producción de moluscos y otros invertebrados en el litoral asturiano.	25
Tabla 10. Características de las zonas de baño presentes en las inmediaciones al área de estudio.	25
Tabla 11. ENPs cercanos a la zona de estudio.	28
Tabla 12. Calidad exigida a las aguas de las zonas de protección o mejora, según RD 345/1993 (anexo IV).....	31
Tabla 13. Estándares obligatorios de calidad de las aguas de baño, según se indica en el anexo I del RD 1341/2007.....	34
Tabla 14. Tabla x. Comparación entre el estado ecológico y estado de conservación de los hábitat.....	36
Tabla 15. Estaciones de muestreo de la DMA presentes en las masas de agua costeras próximas a la zona de estudio.	41
Tabla 16. Tabla x. Estado biológico de las masas de agua según los indicadores de macroalgas, macroinvertebrados y fitoplancton.	42
Tabla 17. Estado ecológico de las masas de agua integrando los indicadores biológicos, fisicoquímicos e hidromorfológicos.	42
Tabla 18. Estado global de las masas de agua evaluadas.	42
Tabla 19. Zonas de producción de moluscos y otros invertebrados presentes en las proximidades a la zona seleccionada para el posible vertido de la mina de Salave en Tapia de Casariego.	43
Tabla 20. Resultados del seguimiento de la calidad en las zonas de baño de Anguileiro.	44
Tabla 21. Resultados del seguimiento de la calidad en las zonas de baño de Serrantes.	45
Tabla 22. Resultados del seguimiento de la calidad en las zonas de baño de Arnao.	46
Tabla 23. Resultados del seguimiento de la calidad en las zonas de baño de Peñarredonda.	47
Tabla 24. Resultados del seguimiento de la calidad en las zonas de baño de Porcía.	48

Tabla 25. Concentración que presentará el vertido si está formado por el agua extraída de los sondeos o si está formada por los productos resultantes del proceso productivo.	50
Tabla 26. Valor medio y percentil 50 de la magnitud de la velocidad en la zona próxima a la traza del emisario recogida en el "Estudio preliminar de un emisario submarino en Tapia de Casariego, IHCantabria 2018" para cada uno de los años del periodo disponible, así como para la serie total.....	63
Tabla 27. Valores mínimo, medio y máximo de dilución y la longitud máxima del campo cercano para los casos con efluente con flotabilidad positiva (conformado por agua de los sondeos o agua proveniente de los procesos productivos) y negativa (conformado por agua de los sondeos sumado al aporte máximo de sedimentos) en las 3 ubicaciones de vertido consideradas.	81
Tabla 28. Áreas de sedimentación (Ha) en función de la concentración de sólidos acumulados en el fondo.	102
Tabla 29. Coeficientes de rugosidad para diferentes tipos de material.	107
Tabla 30. Pérdidas de carga en los diferentes tramos del emisario para un caudal de 40 l/s en las situaciones de vertido consideradas.	111
Tabla 31. Criterios de valoración para la obtención de los valores de N, de acuerdo con los indicadores seleccionados. "Convenio de colaboración entre el Centro de Experimentación de Obras Públicas (CEDEX) y la Universidad de Cantabria para el desarrollo de una metodología para la evaluación del estado de las aguas superficiales del entorno de afección de los saneamientos litorales. Aplicación a los saneamientos litorales de la Confederación Hidrográfica del Norte" de diciembre de 2008.	117
Tabla 32. Valores mínimo, medio y máximo de dilución y la longitud máxima del campo cercano para los casos con efluente con flotabilidad positiva (conformado por agua de los sondeos o agua proveniente de los procesos productivos) y negativa (conformado por agua de los sondeos sumado al aporte máximo de sedimentos) en las 3 ubicaciones de vertido consideradas.	123
Tabla 33. Áreas de sedimentación (Ha) en función de la concentración de sólidos acumulados en el fondo.	124



MEMORIA



1. ANTECEDENTES E INTRODUCCIÓN

En noviembre de 2018 se firma con la empresa Exploraciones Mineras del Cantábrico el contrato para la realización del "Análisis ambiental y estudios de detalle complementarios para un emisario submarino en Tapia de Casariego" cuyo objetivo es efectuar un análisis de los condicionantes ambientales en el entorno del emisario submarino y los estudios de detalle complementarios para determinar su potencial efecto en el medio.

El presente informe recoge los trabajos desarrollados que han incluido las siguientes actividades:

- Recopilación y análisis de información.
- Estudio hidrodinámico.
- Estudio de dilución inicial del emisario submarino.
- Estudio de dispersión del efluente del emisario submarino.
- Estudio de sedimentación de los sólidos contenidos en el efluente del emisario submarino.
- Análisis funcional del emisario submarino.
- Delimitación de la zona de mezcla ambiental.

Estos trabajos han sido realizados por los siguientes miembros del IHCantabria:

- Javier García Alba, Doctor por la Universidad de Cantabria. Investigador del Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria.
- Xabier Guinda Salsamendi, Doctor por la Universidad de Cantabria. Investigador del Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria.
- Araceli Puente Trueba, Doctora en Ciencias del Mar. Profesora titular de la Universidad de Cantabria.
- Andrés García Gómez, Doctor Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Profesor titular de la Universidad de Cantabria.

En Santander, a 20 de enero de 2019

Fdo.: Andrés García Gómez

Profesor Titular Universidad de Cantabria

2. DATOS DE PARTIDA.

2.1. Zona de estudio.

La zona de estudio está situada en la franja costera del término municipal de Tapia de Casariego (Figura 1), localización donde se considera la posible construcción de un emisario submarino para verter las aguas excedentarias del proceso extractivo de Salave.



Figura 1. Localización de la zona de estudio. Fuente: Google Earth.

2.2. Topografía.

La topografía utilizada en este estudio se ha obtenido a través de la información proporcionada por Exploraciones Mineras del Cantábrico y el mapa digital del terreno con resolución 10x10 m del Instituto Geográfico Nacional. En la Figura 2 se muestra la información topográfica utilizada en este estudio.

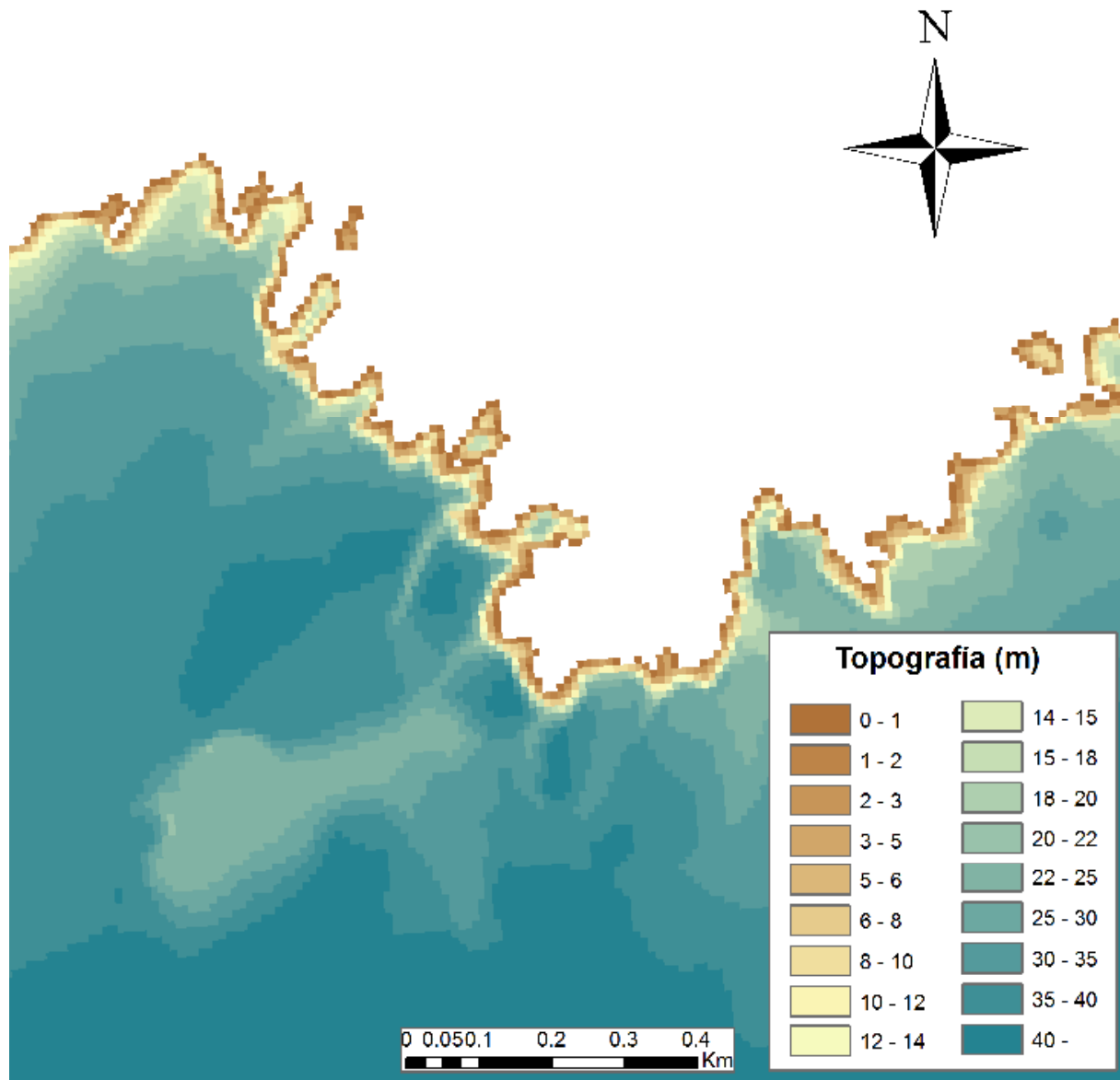


Figura 2. Topografía de detalle de la zona de estudio provista por Exploraciones Mineras del Cantábrico (líneas rojas) junto con el mapa digital del terreno del Instituto Geográfico Nacional.

2.3. Batimetría.

La información sobre el fondo marino es clave en cualquier estudio que involucre el análisis de las corrientes marinas. En su viaje hacia la costa, las ondas largas están condicionadas por los forzamientos a los que son sometidas y por las irregularidades del fondo marino y la costa. En profundidades indefinidas son importantes las irregularidades a gran escala, como cañones o grandes cabos. Sin embargo, en profundidades intermedias y reducidas su comportamiento es un reflejo de la batimetría.

En este estudio la batimetría se ha obtenido a partir de las cartas náuticas del litoral español disponibles en la base de datos BACO (IHCantabria). En la Figura 3 se muestra la información batimétrica utilizada en este estudio.

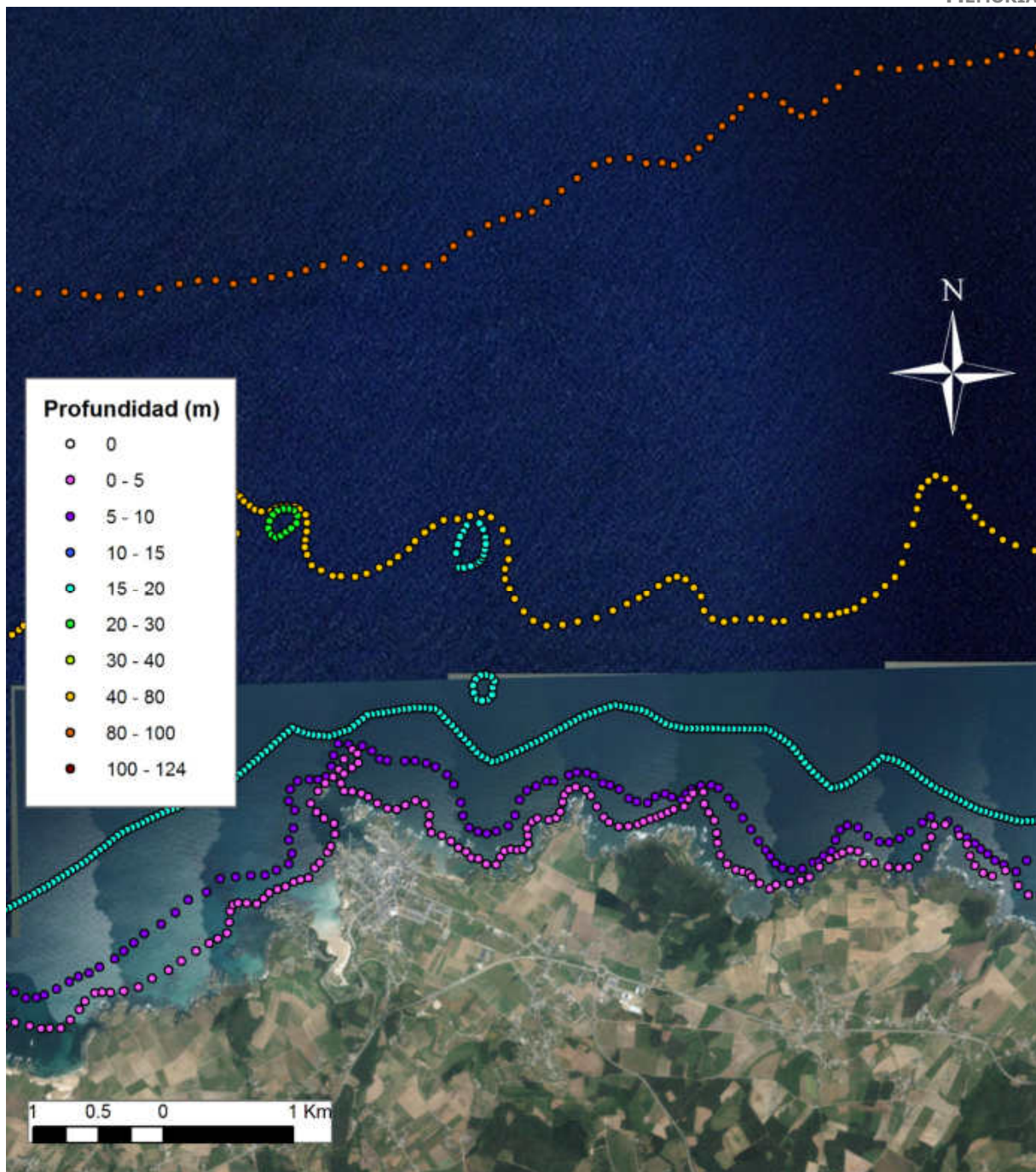


Figura 3. Batimetría de la zona estudio obtenida de la unión de las cartas náuticas del litoral español disponibles en la base de datos BACO (IHCantabria).

2.4. Datos meteo-oceánicos.

2.4.1. Base de datos numérica de corrientes, nivel del mar, salinidad y temperatura.

Los datos oceanográficos serán proporcionados por el servicio europeo Copernicus Marine Environment Monitoring Service (CMEMS, <http://marine.copernicus.eu/>). De esta forma, el sistema se anidará a CMEMS, de dónde se obtendrán las condiciones iniciales y de contorno. CMEMS es un proyecto de oceanografía operacional desarrollado por 61 instituciones de 29 países europeos con el objetivo de incrementar la capacidad europea de predicción y monitorización marina a través de la creación de un servicio pan-europeo de observación y predicción a escala global y regional. Como parte de su desarrollo se ha establecido un Sistema de Predicción Marina (SPM) que proporciona operacionalmente variables oceanográficas a nivel global y regional. CMEMS cuenta con un modelo global de resolución (1/12º) que se complementa con distintos sistemas regionales tales como el SPM de la zona IBI (Iberian-Biscay-Ireland) (véase la Figura 4).

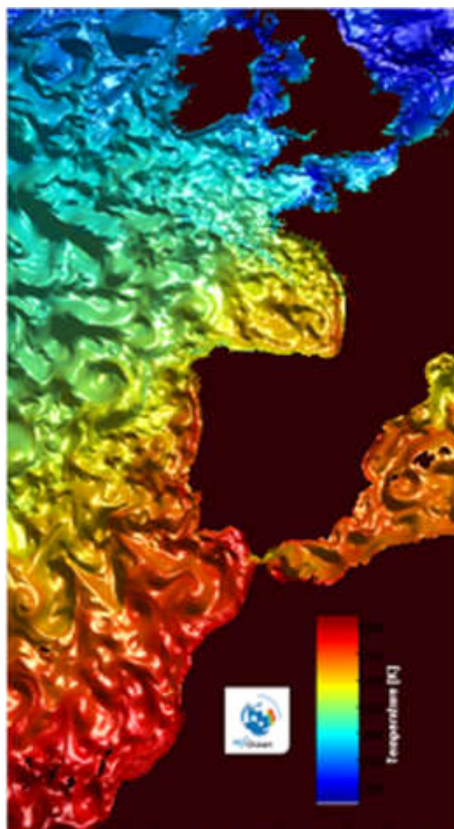


Figura 4. Dominio de la zona IBI (Fuente: <http://www.myocean.eu.org>).

En la zona IBI, Puertos del Estado y el Centro Francés Mercator-Ocean en colaboración con el Centro de Supercomputación de Galicia (CESGA) son responsables del desarrollo del SPM. Este sistema de predicción está basado en la aplicación del modelo numérico de predicción oceánica NEMO (Nucleus for European Modelling of the Ocean). La resolución espacial horizontal de la malla empleada es de 1/36º, es decir, aproximadamente 3.08 km y 50 niveles verticales en coordenada z, cubriendo profundidades desde la superficie hasta

los 5000 metros de profundidad. La aplicación provee información de temperatura, salinidad, corrientes y nivel del mar.

Para el desarrollo de este trabajo, se han empleado datos horarios de superficie libre y velocidad, y datos diarios de temperatura y salinidad procedentes de la base de datos histórica que posee CMEMS en la zona IBI (Iberian-Biscay-Ireland) en el periodo 2003-2014.

2.4.2. Base de datos de oleaje DOW SW NCEP.

Para caracterizar el oleaje en las proximidades del litoral español se dispone de la base de datos de reanálisis DOW (Downscaled Ocean Waves, Camus et al., 2011). Esta base de datos ha sido obtenida, a través de un downscaling híbrido, según el siguiente procedimiento: a partir de la base de datos calibrada GOW (Global Ocean Waves) se seleccionó y propagó un subconjunto de estados de mar representativos de aguas profundas. La propagación fue realizada a través del uso del modelo de propagación de oleaje SWAN (Booij et al., 1999) con una elevada resolución espacial ($\Delta x \sim 0.005^\circ$ y $\Delta y \sim 0.004^\circ$) sobre una batimetría de detalle. La serie temporal de los estados de mar propagados pueden ser reconstruidas en cada punto de la malla entre las fechas 01/02/1948 – 31/07/2014 usando una técnica de interpolación no lineal. La capacidad para reproducir las series temporales ha sido validada comparando DOW con los registros de las boyas. En la Figura 5 se muestran las mallas de propagación empleadas para generar la base de datos DOW en el área cercana a la zona de estudio.

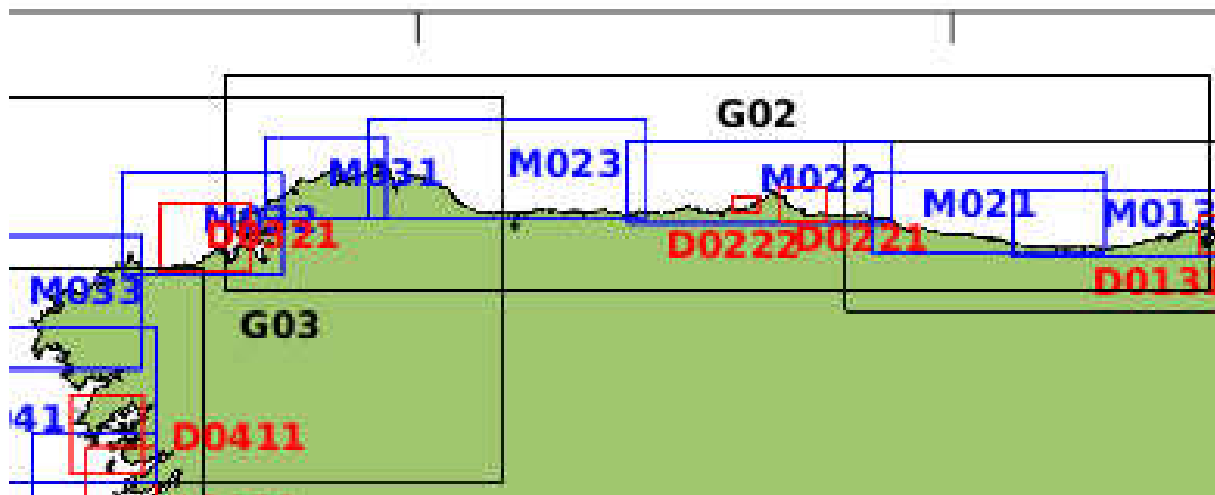


Figura 5. Mallas de propagación de oleaje del sistema DOW en la zona del Mar Cantábrico cercana a Tapia de Casariego.

En la Figura 6 se muestra, a modo de ejemplo, la serie de altura significativa (H_s), periodo de pico (T_p) y dirección del oleaje (Dir) en un punto DOW cercano en la zona de estudio en el periodo temporal total abarcado por dicha base de datos de oleaje.

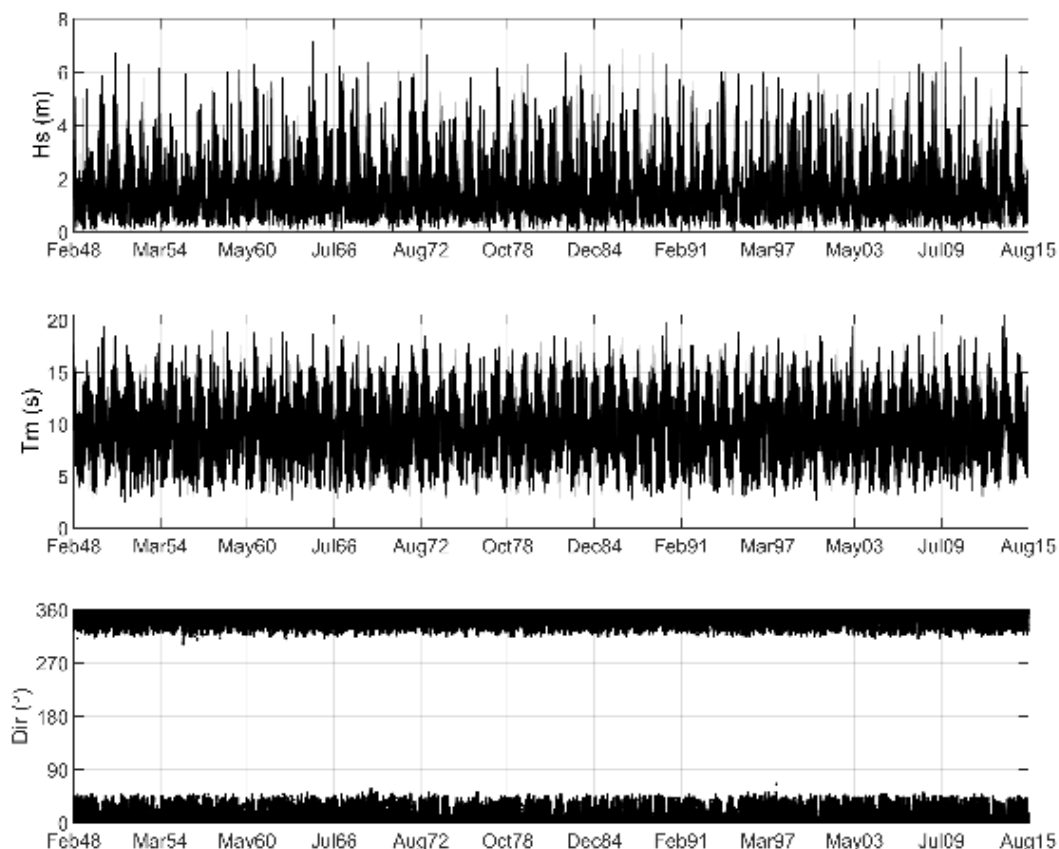


Figura 6. Ejemplo de la serie total de altura de ola significativa (H_s), periodo de pico (T_p) y dirección del oleaje (Dir) recogida en la base de datos de oleaje DOW en la zona de estudio.

2.4.3. Viento.

Los vientos juegan un papel muy importante en una gran variedad de fenómenos, como el cambio en las masas de aire, los flujos de humedad, la evaporación de la superficie del mar, circulación oceánica, etc. En particular, los vientos marinos son los forzamientos directos que generan oleaje, variaciones de nivel del mar por causas meteorológicas o corrientes superficiales. Además, los vientos tienen el potencial de ser un recurso energético renovable y condicionan aspectos relativos a la navegación.

Por todo ello, es importante la generación de bases de datos de viento homogéneas (en el espacio y en el tiempo). Para ello se recurre a la simulación de la dinámica atmosférica, utilizándose el sistema IHData desarrollado por IHCantabria que engloba un conjunto de bases de datos relativas a la reconstrucción de las condiciones atmosféricas. Dentro del alcance de este estudio se ha utilizado la base de datos de reanálisis 'Climate Forecast System Reanalysis' (CFSR) que es una iniciativa conjunta del 'National Centers for Environmental Prediction' (NCEP) y 'National Center for Atmospheric Research' (NCAR). El sistema CSFR fue diseñado y ejecutado a escala global y con una alta resolución espacial de $0,2^\circ \times 0,2^\circ$ y una resolución temporal horaria en un periodo que abarca desde 1979 hasta la actualidad. En la Figura 7 se muestra el dominio espacial de la base de datos CSFR.

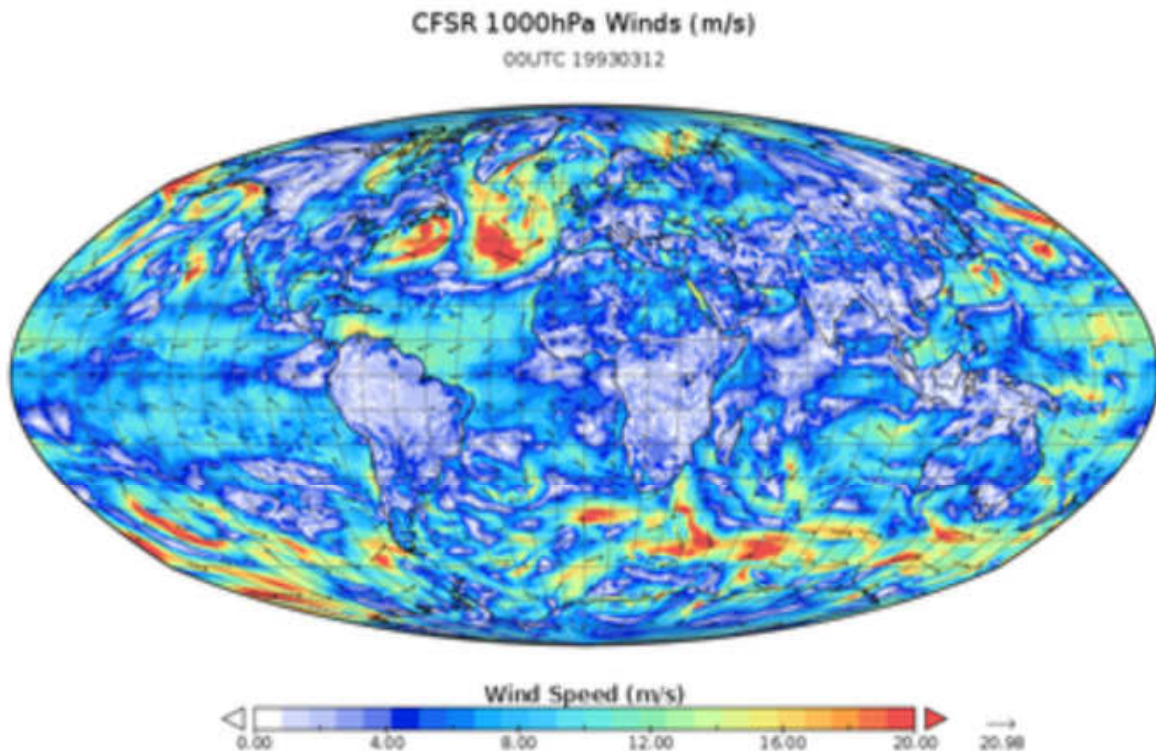


Figura 7. Dominio espacial de CFSR. Fuente: <https://www.ncdc.noaa.gov>.

2.5. Granulometría del fondo marino.

La disponibilidad de datos este tipo información de forma global es escasa, pero si es posible encontrar mapas de clasificación de fondos marinos o documentos de referencia que clasifiquen cualitativamente el tipo de material existente en el fondo. En este sentido, para llevar a cabo este estudio se ha utilizado la información contenida en la base de datos europea EMODNET "Sea Bed Habitat Map" (<http://www.emodnet-seabedhabitats.eu/>) en la que es posible encontrar caracterizaciones de los fondos marinos de toda Europa (Figura 8). De acuerdo con esta base de datos, en la zona costera de Tapia de Casariego predomina el fondo de roca, con algunas zonas con fondo arenoso.

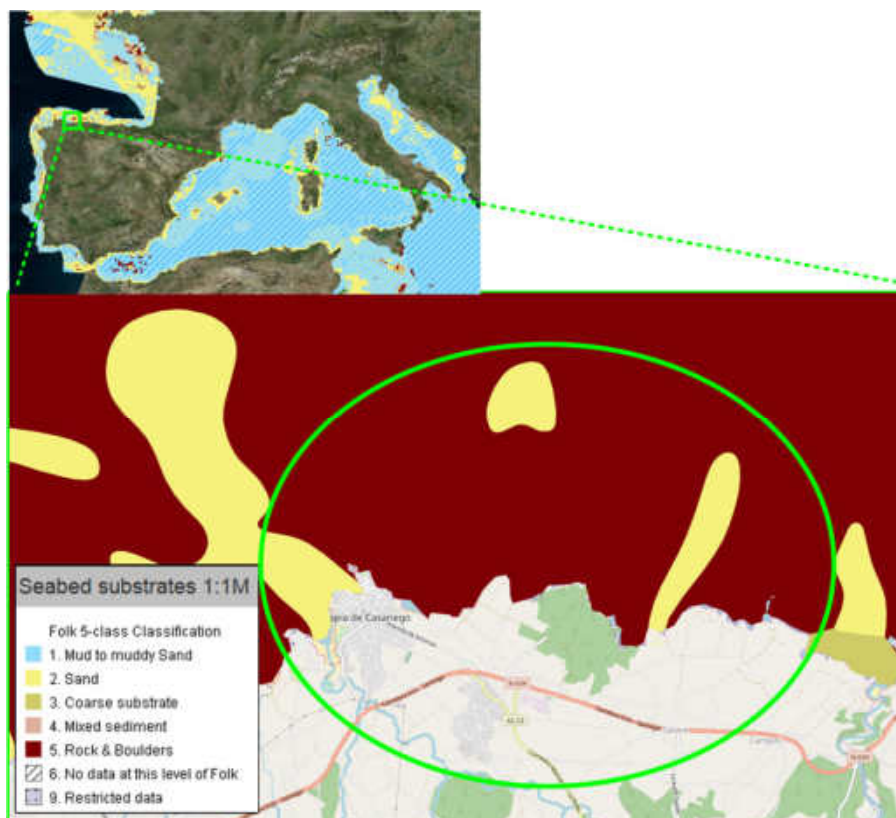


Figura 8. Mapa de distribución del tipo de arenas en Europa con un zoom a la zona de estudio. Fuente: EMODNET "Sea Bed Habitat Map" (<http://www.emodnet-seabedhabitats.eu/>).

2.6. Normativa ambiental y criterios de calidad aplicables

El marco normativo de la planificación hidrológica está configurado por la Directiva Marco del Agua (**DMA**; Directiva 2000/60/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas). Esta Directiva, incorporada al ordenamiento jurídico español mediante el Texto Refundido de la Ley de Aguas (**TRLA**; Real Decreto Legislativo 1/2001 y sucesivas modificaciones) y el Reglamento de Planificación Hidrológica (**RPH**; Real Decreto 907/2007), determina que los Estados miembros de la Unión Europea deberán establecer las medidas necesarias para alcanzar el buen estado de las aguas superficiales y subterráneas a más tardar a los 15 años después de la entrada en vigor de la Directiva. La Instrucción de Planificación Hidrológica (**IPH**; Orden ARM/2656/2008) detalla los contenidos de la normativa y define la metodología para su aplicación.

Con el objetivo de cumplir los mandatos contenidos en el TRLA y en la DMA se elaboró el Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica del Cantábrico Occidental (**PH-DHCOcc**), que fue aprobado mediante el Real Decreto 399/2013, de 7 de junio. La última actualización del Plan se ha realizado mediante el Real Decreto 1/2016, de 8 de enero, por el que se aprueba la revisión de los Planes Hidrológicos de las demarcaciones hidrográficas del Cantábrico Occidental, Guadalquivir, Ceuta, Melilla, Segura y Júcar, y de la parte española de las demarcaciones hidrográficas del Cantábrico Oriental, Miño-Sil, Duero, Tajo, Gadiana y Ebro. En el artículo 1 de este RD se procede a la aprobación de los planes hidrológicos del segundo ciclo de planificación de las cuencas intercomunitarias para el

periodo comprendido entre 2015 y 2021. Los **criterios para el seguimiento y la evaluación del estado** de las aguas superficiales y las normas de calidad ambiental se establecen en el **Real Decreto 817/2015**, de 11 de septiembre.

En la página web de la Demarcación Hidrográfica del Cantábrico Occidental (<https://www.chcantabrico.es/dhc-occidental>) se encuentra disponible la revisión del PH de la misma para el período 2015-2021. Además, toda la información espacial relativa a la DHCOcc, se encuentra integrado en el sistema de información geográfica SIGCHC, de consulta pública permanente en la dirección electrónica <http://sig.chcantabrico.es/sigweb/>.

En el TRLA se establece que la planificación hidrológica tendrá como objetivos generales conseguir el buen estado y la adecuada protección del dominio público hidráulico y de las aguas, la satisfacción de las demandas de agua, el equilibrio y armonización del desarrollo regional y sectorial, incrementando las disponibilidades del recurso, protegiendo su calidad, economizando su empleo y racionalizando sus usos en armonía con el medio ambiente y los demás recursos naturales. En este sentido, se establece que la planificación hidrológica deberá realizarse mediante los planes hidrológicos de cuenca y el Plan Hidrológico Nacional, este último aprobado por la Ley 10/2001, de 5 de julio, del Plan Hidrológico Nacional.

Uno de los objetivos de la planificación hidrológica es conseguir el buen estado de las aguas superficiales y subterráneas en el año 2015. Una vez definidas las masas de agua de la demarcación se procede a establecer los objetivos ambientales que corresponden a cada una de ellas y a las zonas protegidas.

Estos objetivos tienen carácter normativo y se muestran en la parte normativa del Plan.

Para conseguir una adecuada protección de las **aguas superficiales**, el artículo 35 del RPH establece los siguientes objetivos medioambientales:

- Prevenir el deterioro del estado de las masas de agua superficiales.
- Proteger, mejorar y regenerar todas las masas de agua superficial con el objeto de alcanzar un buen estado de las mismas.
- Reducir progresivamente la contaminación procedente de sustancias prioritarias y eliminar o suprimir gradualmente los vertidos, las emisiones y las pérdidas de sustancias peligrosas prioritarias.

Además, para las **zonas protegidas**, el RPH exige cumplir las normas de protección que resulten aplicables en las mismas y alcanzar los objetivos ambientales particulares que en ellas se determinen.

Según lo establecido en el Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica del Cantábrico Occidental, los objetivos de calidad deberán alcanzarse antes de 31 de diciembre de 2015, con excepción del objetivo de prevención del deterioro del estado de las masas de agua superficial, que es exigible desde el 1 de enero de 2004. De acuerdo a lo indicado en la Tabla 1, en la que se muestran los objetivos medioambientales de las masas de agua costeras naturales de la DHC Occidental, las masas de agua que podrían verse afectadas por el vertido producido en Tapia de Casariego, serían las masas de agua **"Costa Oeste Asturias" (Código: ES00MAC000020)** y **"Eo costa" (Código: ES00MAC000021)**. Ambas masas de agua, de tipología AC-T14 "Aguas costeras atlánticas del cantábrico

oriental expuestas con afloramiento bajo”, deberían cumplir los objetivos medioambientales para el estado ecológico y el químico en 2015. Cabe mencionar que no hay masas de agua superficiales muy modificadas en el entorno de afección del vertido.

CATEGORÍA MASA	CÓDIGO MASA	NOMBRE MASA	HORIZONTE DE CUMPLIMIENTO		EXCEPCIÓN ART. DMA
			ECOLÓGICO	QUÍMICO	
		Ercina			
	ES087MAL000060	Pozón de la Dolores	2027	2027	4.4
Transición	ES244MAT000020	Estuario del Eo	2015	2015	
	ES200MAT000040	Estuario del Esva	2021	2015	4.4
	ES194MAT000050	Estuario del Nalón	2015	2015	
	ES145MAT000070	Estuario de Villaviciosa	2021	2015	4.4
	ES144MAT000080	Estuario de Ribadesella	2021	2015	4.4
	ES132MAT000090	Estuario de Tina Mayor	2015	2015	
	ES118MAT000100	Estuario de Tina Menor	2015	2015	
	ES113MAT000110	Marismas de San Vicente de la Barquera	2015	2015	
	ES113MAT000120	Ría de Oyambre	2015	2015	
	ES112MAT000130	Ría de San Martín de la Arena	2021	2021	4.4
	ES092MAT000140	Ría de Mogro	2015	2015	
	ES085MAT000180	Ría de Ajo	2015	2015	
	ES085MAT000190	Marismas de Joyel	2015	2015	
	ES085MAT000200	Marismas Victoria	2015	2015	
	ES085MAT000210	Marismas de Santoña	2015	2015	
	Costera	ES076MAT000230	Ría de Oriñón	2015	2015
ES000MAC000050		Avilés costa	2015	2015	
ES000MAC000030		Navia costa	2015	2015	
ES000MAC000020		Costa Deste Asturias	2015	2015	
ES000MAC000021		Eo costa	2015	2015	
ES000MAC000070		Costa Este Asturias	2015	2015	
ES000MAC000071		Ribadesella Costa	2021	2015	4.4
ES000MAC000040		Nalón costa	2015	2015	
ES000MAC000080		Oyambre costa	2015	2015	
ES000MAC000090		Suances costa	2015	2015	
ES000MAC000100		Virgen del Mar costa	2015	2015	
ES000MAC000120		Noja costa	2015	2015	
ES000MAC000140		Castro costa	2015	2015	
ES000MAC000110		Santander costa	2015	2015	
ES000MAC000130		Santoña costa	2015	2015	

Tabla 1. Objetivos medioambientales de las masas de agua de transición y costeras naturales de la Demarcación Hidrográfica del Cantábrico Occidental, según el apéndice 6.1 del RD 1/2016.

En aquellas masas de agua en las que no se alcanzan los objetivos ambientales generales (buen estado o, en su caso, buen potencial), la normativa admite la posibilidad de establecer exenciones en plazo (prórrogas) u otro tipo de exenciones como son los objetivos menos rigurosos, el deterioro temporal y la posibilidad de establecer nuevas modificaciones.

Recientemente, se ha elaborado la revisión del PH de la DHC Occidental para el período 2015-2021. En la página web de la Demarcación (<https://www.chcantabrico.es/dhc-occidental>) se puede acceder a la memoria y a los distintos anejos.

En paralelo a todo este proceso, se efectúa la **Evaluación Ambiental Estratégica**, que asegura la integración de los aspectos ambientales en cada uno de los Planes Hidrológicos.

Para la elaboración del presente documento, se tendrá en cuenta lo publicado en la revisión del Plan Hidrológico 2015-2021.

2.6.1. Evaluación del estado de las masas de agua superficiales

El RPH define los criterios para la clasificación y evaluación del estado de las masas de agua superficiales y subterráneas, de acuerdo con los requerimientos del TRLA, transponiendo así el anexo V de la DMA. Los criterios específicos para el seguimiento y la evaluación del estado de las aguas superficiales y las normas de calidad ambiental se establecen en el Real Decreto 817/2015.

En la clasificación del estado de las aguas superficiales se establecen los siguientes criterios:

1. El **estado** de las masas de agua superficial quedará determinado por el peor valor de su estado ecológico y químico.
2. El **estado ecológico** de las aguas superficiales se clasificará como muy bueno, bueno, moderado, deficiente o malo. Para clasificar el estado ecológico de las masas de agua superficial se aplicarán los indicadores de los elementos de calidad establecidos en los artículos del RD 817/2015, los valores de su anexo II y las NCA calculadas para los contaminantes específicos o en su caso, las NCA del anexo V para las sustancias preferentes.
3. El **potencial ecológico** de las aguas muy modificadas y artificiales se clasificará como bueno o superior, moderado, deficiente o malo. Para clasificar el potencial ecológico se aplicarán, al menos, los indicadores y valores de los elementos de calidad establecidos en el anexo II C y F. Cuando la masa de agua a evaluar no esté contemplada en dichos apartados, se aplicarán, en la medida de lo posible, los indicadores de los elementos de calidad establecidos en los artículos siguientes, los valores del anexo II y las NCA calculadas para los contaminantes específicos o en su caso, las NCA del anexo V para las sustancias preferentes, correspondientes a la categoría o tipo de aguas superficiales naturales a las que más se parezca la masa de agua artificial o muy modificada de que se trate. En este caso, el potencial ecológico resultante se justificará en un análisis caso por caso en el plan hidrológico de cuenca.
4. El **estado químico** de las aguas superficiales se clasificará como bueno o «no alcanza el buen estado». Para clasificar el estado químico de las masas de agua superficial se aplicarán las NCA de las sustancias incluidas en el anexo IV.
5. La **clasificación del estado** de las masas de agua llevará asociado un nivel de confianza que se calculará conforme a los criterios especificados en el anexo III B.
6. La **presentación** del estado químico y ecológico de las masas de agua superficiales se realizará conforme lo establecido en el artículo 31.2 y 3 del Real Decreto 2007, de 6 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de la Planificación Hidrológica (RPH).

En el artículo 13 del RD se definen los elementos de calidad para la clasificación del estado o potencial ecológico de las masas de agua costeras:

1. Elementos de calidad **biológicos**:
 - a) Composición, abundancia y biomasa del fitoplancton.

- b) Composición y abundancia de otro tipo de flora acuática.
 - c) Composición y abundancia de la fauna bentónica de invertebrados.
2. Elementos de calidad **químicos y fisicoquímicos** de soporte a los elementos de calidad biológicos:
 - a) Generales: transparencia, condiciones térmicas y de oxigenación, salinidad y nutrientes.
 - b) Contaminantes específicos vertidos en cantidades significativas.
3. Elementos de calidad **hidromorfológicos** de soporte a los elementos de calidad biológicos:
 - a) Condiciones morfológicas: variación de la profundidad; estructura y sustrato del lecho costero y estructura de la zona ribereña intermareal.
 - b) Régimen de mareas: dirección de las corrientes dominantes y exposición al oleaje.
4. Los indicadores correspondientes a los elementos de calidad biológicos, químicos y fisicoquímicos e hidromorfológicos de soporte aplicables a cada tipo de masa de agua se definen en el anexo II. Los contaminantes específicos quedan definidos en los anexos V y VI.

El procedimiento iterativo para valorar el **estado ecológico** de las aguas viene reflejado en el siguiente esquema (Figura 9):

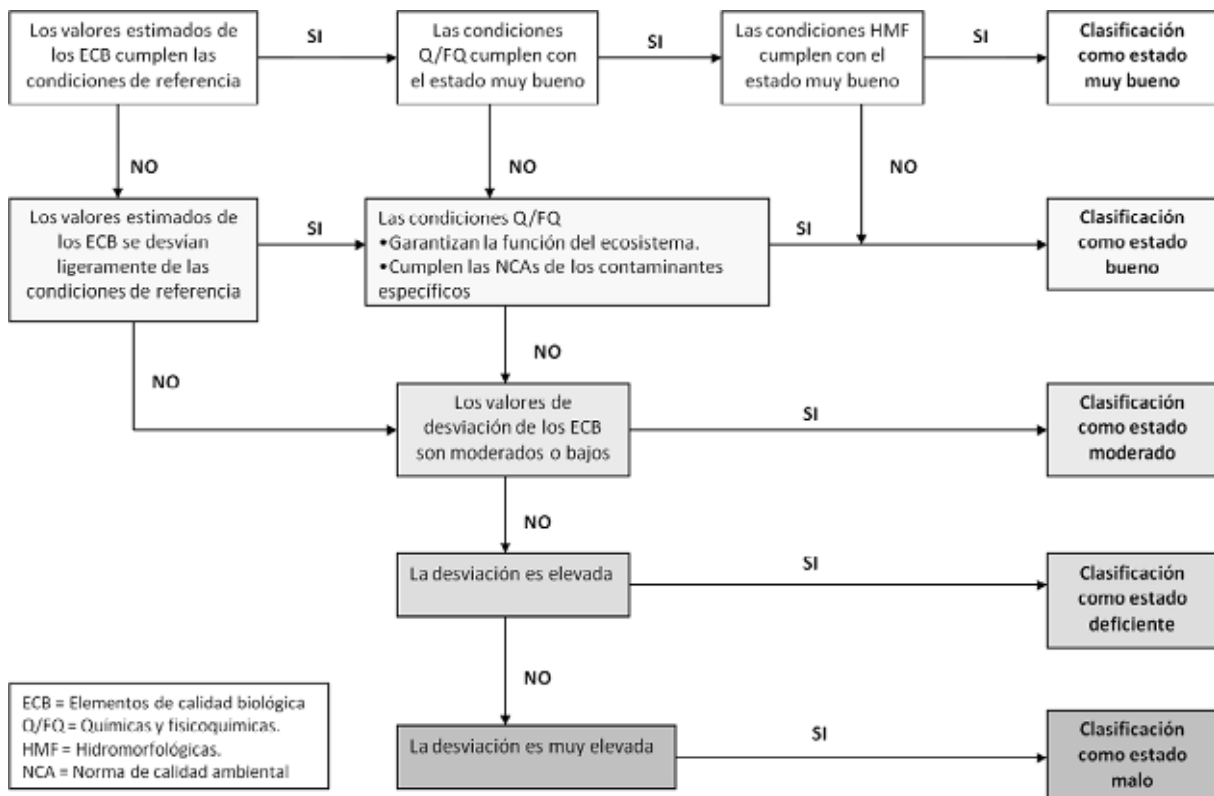


Figura 9. Procedimiento iterativo para valorar el estado ecológico de las aguas (RD 817/2015).

La determinación del **Estado Químico** en función del cumplimiento de las Normas de Calidad Ambiental aplicables a las sustancias prioritarias y otros contaminantes del Anejo IV del R.D. 817/2015 que se vierten en la masa de agua, atendiendo a los criterios recogidos en el Título IV y en el Anexo IV. En este sentido, se sigue el siguiente procedimiento:

- Si no hay sustancias de este tipo vertidas, se califica como BUEN ESTADO QUÍMICO.
- Si se vierten sustancias del citado Anejo IV, se comprueba si sus concentraciones son mayores a las correspondientes NCA (en este caso, la masa NO ALCANZA EL BUEN ESTADO QUÍMICO), o si, por el contrario, las concentraciones de estas sustancias vertidas son menores a las correspondientes NCA (la masa tiene BUEN ESTADO QUÍMICO).

El Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica del Cantábrico Occidental establece los criterios para la valoración de los elementos de calidad biológicos, fisicoquímicos e hidromorfológicos según las tipologías de aguas costeras evaluadas, que en el caso de las masas de agua "**Costa Oeste Asturias**" y "**Eo costa**", corresponderían a la tipología **AC-T14 "Aguas costeras atlánticas del cantábrico oriental expuestas con afloramiento bajo"**.

A continuación, se exponen los criterios específicos para la evaluación del estado ecológico y químico según lo publicado en el Real Decreto 817/2015 o, en su defecto, en la revisión 2015-2021 del PH de la DHC Occidental. Dichos criterios incluyen la definición de los indicadores a utilizar, las condiciones de referencia aplicables y los valores límite establecidos entre las clases de estado muy bueno-bueno y bueno-moderado (Tabla 2, Tabla 3 y Tabla 4).

TIPOS AGUAS COSTERAS	INDICADOR	UNIDADES	VALOR ABSOLUTO Condición de referencia/ Condición específica del tipo	Indicadores biológicos e hidromorfológicos: RCE Indicadores químicos y biológicos (ChIA): CONCENTRACIÓN			
				Límite muy bueno/bueno	Límite bueno/moderado	Límite moderado/deficiente	Límite deficiente/malo
AC-T14	Chl-a	µg/L	2,50	3,00	6,00		
AC-T14	Blooms	%	25	30	49		
AC-T14	CFR		Intermareal plano: %Cob_CAR: 90%; %Fra_OPO: 5%; Riq_CAR: 10; Intermareal escarpado: %Cob_CAR: 70%; %Fra_OPO: 5%; Riq_CAR: 7	0,81	0,60	0,40	0,20
AC-T14	RICQJ		Similaridad del estado ecológico: >0,5; % Algas morfológicamente complejas: >50; especies algales: >45; especies de macroinvertebrados: >30; ratio cobertura fauna/cobertura total: >30	0,82	0,60		
AC-T14	RSL		-	0,75	0,48		
AC-T14	M-AMBI		R= 42; H'= 4; AMBI = 1	0,77	0,53		

Tabla 2. Umbrales para los indicadores biológicos de las masas de agua costeras de tipología AC-T14.

Elemento de Calidad		Indicador	Condición de Referencia		Valores del Límite	
					Muy Bueno-Bueno	Bueno-Moderado
FÍSICO - QUÍMICOS	Nutrientes	NO ₃ (µmol/l)	45-1.1429Sal		CR/0.83	CR/0.67
		NH ₄ (µmol/l)	4.5-0.0771Sal	1.8 ⁽²⁾	CR/0.83	CR/0.67
		PO ₄ (µmol/l)	0.7-0.0086Sal	0.4 ⁽²⁾	CR/0.83	CR/0.67
	Oxigenación	Saturación de O ₂ (%)	88		73	59
	Transparencia	Turbidez (NTU) ⁽¹⁾	4-8		5-10	6-12

(1) CR obtenidas en Asturias (izquierda) y Cantabria (derecha), con base en los valores del P90 registrados en estaciones no alteradas de dichas zonas costeras.

(2) CR para una salinidad media de 35‰. Puede aplicarse en aquellos casos en los que se considere que no existen razones suficientes para tener que corregir la concentración de nutrientes en función de la salinidad.

Tabla 3. Umbrales para los indicadores fisicoquímicos. A falta de indicadores establecidos para las masas de agua costeras de tipología AC-T14 en el RD 817/2015, se muestran los indicadores establecidos en la revisión 2015-2021 del PH de la DHC Occidental.

Nº	Nº CAS ⁽¹⁾	Nombre de la sustancia	NCA-MA ⁽²⁾		
			Aguas superficiales continentales ⁽³⁾	Otras aguas superficiales	
(1)	100-41-4	Etilbenceno	30	30	
(2)	108-88-3	Tolueno	50	50	
(3)	71-55-6	1, 1, 1 - Tricloroetano	100	100	
(4)	1330-20-7	Xileno (Σ isómeros orto, meta y para)	30	30	
(5)	5915-41-3	Terbutilazina	1	1	
(6)	7440-38-2	Arsénico	50	25	
(7)	7440-50-8	Cobre ⁽⁴⁾	Dureza del agua (mg/L CaCO ₃)	NCA-MA	25
			CaCO ₃ \leq 10	5	
			10 < CaCO ₃ \leq 50	22	
			50 < CaCO ₃ \leq 100	40	
			CaCO ₃ > 100	120	
(8)	18540-29-9	Cromo VI	5	5	
(9)	7440-47-3	Cromo	50	no aplicable	
(10)	7782-49-2	Selenio	1	10	
(11)	7440-66-6	Zinc ⁽⁴⁾	Dureza del agua (mg/L CaCO ₃)	NCA-MA	60
			CaCO ₃ \leq 10	30	
			10 < CaCO ₃ \leq 50	200	
			50 < CaCO ₃ \leq 100	300	
			CaCO ₃ > 100	500	
(12)	74-90-8	Cianuros totales	40	no aplicable	
(13)	16984-48-8	Fluoruros	1700	no aplicable	
(14)	108-90-7	Clorobenceno	20	no aplicable	
(15)	25321-22-6	Diclorobenceno (Σ isómeros orto, meta y para)	20	no aplicable	
(16)	51218-45-2	Metolacoloro	1	no aplicable	

Tabla 4. Normas de Calidad Ambiental para las sustancias preferentes (Anejo V del RD 817/2015).

En el Anexo VI se muestra, además, la siguiente relación de sustancias contaminantes a considerar:

1. Compuestos organohalogenados y sustancias que puedan dar origen a compuestos de esta clase en el medio acuático.
2. Compuestos organofosforados.
3. Compuestos organoestánicos.
4. Sustancias y preparados, o productos derivados de ellos, cuyas propiedades cancerígenas, mutágenas o que puedan afectar a la tiroides, esteroidogénica, a la reproducción o a otras funciones endocrinas en el medio acuático o a través del medio acuático estén demostradas.
5. Hidrocarburos persistentes y sustancias orgánicas tóxicas persistentes y bioacumulables.

6. Cianuros.
7. Metales y sus compuestos.
8. Arsénico y sus compuestos.
9. Biocidas y productos fitosanitarios.
10. Materias en suspensión.
11. Sustancias que contribuyen a la eutrofización (en particular nitratos y fosfatos).
12. Sustancias que ejercen una influencia desfavorable sobre el balance de oxígeno (y computables mediante parámetros tales como DBO o DQO).

Respecto a las alteraciones hidromorfológicas, en ausencia de estudios específicos, la IPH considera que una masa de agua no alcanza muy buen estado ecológico cuando los indicadores muestren una desviación mayor de un 20% con respecto a los límites de su rango de variación natural. Sin embargo, para algunos parámetros estas desviaciones pueden ser excesivas, por lo que en la DHC Occidental se aplica la propuesta de límites para las aguas costeras recogida en la Tabla 5.

Limite De Clase	Longitud Afectada (%)	Superficie Dragada (%)	Superficie Afectada (%)
MB/B	20%	5%	10%

Tabla 5. Criterios para la valoración de las alteraciones hidromorfológicas, establecidos en la revisión 2015-2021 del PH de la DHC Occidental.

La valoración del **Estado Químico** se llevará a cabo mediante el cumplimiento de las Normas de Calidad Ambiental establecidas para las sustancias prioritarias y otros contaminantes en el Anexo IV del 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, y que traspone la Directiva 2013/39/UE de sustancias prioritarias (Tabla 6). Cabe mencionar que, los órganos competentes podrán designar zonas de mezcla adyacentes a los puntos de vertido, en cuyo interior, las concentraciones de una o más sustancias podrán superar las NCA siempre que el resto de la masa de agua superficial siga cumpliendo dichas normas.

Nº	Nº CAS (*)	Nombre de la sustancia (*)	Clase de Sustancia(*)	NCA-MA (*) Aguas superficiales continentales (*)	NCA-MA (*) Otras aguas superficiales	NCA-CMA (*) Aguas superficiales continentales (*)	NCA-CMA (*) Otras aguas superficiales	NCA Biota (*)
(1)	15972-60-8	Alacloro	prioritaria	0,3	0,3	0,7	0,7	
(2) (*)	120-12-7	Antraceno	peligrosa prioritaria	0,1	0,1	0,4 [0,1]	0,4 [0,1]	
(3)	1912-24-9	Atrazina	prioritaria	0,6	0,6	2,0	2,0	
(4)	71-43-2	Benceno	prioritaria	10	8	50	50	
(5) (*)	32534-61-9	Difeniléteres bromados (*)	peligrosa prioritaria(*)	0,0005	0,0002	no aplicable [0,14]	no aplicable [0,014]	[0,0085]
(6)	7440-43-9	Cadmio y sus compuestos (en función de las clases de dureza del agua) (10)	peligrosa prioritaria	≤ 0,08 (Clase 1) 0,08 (Clase 2) 0,09 (Clase 3) 0,15 (Clase 4) 0,25 (Clase 5)	0,2	≤ 0,45 (Clase 1) 0,45 (Clase 2) 0,6 (Clase 3) 0,9 (Clase 4) 1,5 (Clase 5)	≤ 0,45 (Clase 1) 0,45 (Clase 2) 0,6 (Clase 3) 0,9 (Clase 4) 1,5 (Clase 5)	
(6 bis)	56-23-5	Tetracloruro de carbono	otro contaminante	12	12	No aplicable	No aplicable	
(7)	85535-64-8	Clorosulfatos Clor-11 (11)	peligrosa prioritaria	0,4	0,4	1,4	1,4	
(8)	470-90-6	Clorfenvinfos	prioritaria	0,1	0,1	0,3	0,3	

ANÁLISIS AMBIENTAL Y ESTUDIOS DE DETALLE
 COMPLEMENTARIOS PARA UN EMISARIO SUBMARINO EN TAPIA DE CASARIEGO

MEMORIA

Nº	Nº CAS (*)	Nombre de la sustancia (*)	Clase de Sustancia(*)	NCA-MA (*) Aguas superficiales continentales (*)	NCA-MA (*) Otras aguas superficiales	NCA-CMA (*) Aguas superficiales continentales (*)	NCA-CMA (*) Otras aguas superficiales	NCA Biota (*)
(9)	2921-88-2	Clorpirifós (Clorpirifós-etilo)	prioritaria	0,03	0,03	0,1	0,1	
(9 bis)	309-00-2 60-57-1 72-20-8 465-73-6	Plaguicidas de tipo ciclodieno: Aldrina Dieldrina Endrina Isodrina	otro contaminante	$\Sigma = 0,01$	$\Sigma = 0,005$	No aplicable	No aplicable	
(9 ter)	No aplicable	DDT total (12)	otro contaminante	0,025	0,025	No aplicable	No aplicable	
	50-29-3	p,p'-DDT		0,01	0,01	No aplicable	No aplicable	
(10)	107-06-2	1, 2-Dicloroetano	prioritaria	10	10	No aplicable	No aplicable	
(11)	75-09-2	Diclorometano	prioritaria	20	20	No aplicable	No aplicable	
(12)	117-81-7	Ftalato de di(2-etilhexilo) (DEHP)	peligrosa prioritaria	1,3	1,3	No aplicable	No aplicable	
(13)	330-54-1	Diurón	prioritaria	0,2	0,2	1,8	1,8	
(14)	115-29-7	Endosulfán	peligrosa prioritaria	0,005	0,0005	0,01	0,004	
(15) (*)	206-44-0	Fluoranteno	prioritaria	0,1 [0,0063]	0,1 [0,0063]	1 [0,12]	1 [0,12]	[30]
(16)	118-74-1	Hexaclorobenceno	peligrosa prioritaria			0,05	0,05	10
(17)	87-68-3	Hexaclorobutadieno	peligrosa prioritaria			0,6	0,6	55
(18)	608-73-1	Hexaclorociclohexano	peligrosa prioritaria	0,02	0,002	0,04	0,02	
(19)	34123-59-6	Isoproturón	prioritaria	0,3	0,3	1,0	1,0	
(20) (*)	7439-92-1	Plomo y sus compuestos	prioritaria	7,2 [1,2](13)	7,2 [1,3]	No aplicable [14]	No aplicable [14]	
(21)	7439-97-6	Mercurio y sus compuestos	peligrosa prioritaria			0,07	0,07	20
(22) (*)	91-20-3	Naftaleno	prioritaria	2,4 [2]	1,2 [2]	No aplicable [130]	No aplicable [130]	
(23) (*)	7440-02-0	Níquel y sus compuestos	prioritaria	20 [4] (14)	20 [8,6]	No aplicable [34]	No aplicable [34]	
(24)	84852-15-3	Nonilfenoles (4-Nonilfenol)	peligrosa prioritaria(14)	0,3	0,3	2,0	2,0	
(25)	140-66-9	Octilfenoles ((4-(1,1',3,3' - tetrametilbutil)-fenol))	prioritaria(15)	0,1	0,01	No aplicable	No aplicable	
(26)	608-93-5	Pentaclorobenceno	peligrosa prioritaria	0,007	0,0007	No aplicable	No aplicable	
(27)	87-86-5	Pentaclorofenol	prioritaria	0,4	0,4	1	1	

Nº	Nº CAS (¹)	Nombre de la sustancia (²)	Clase de Sustancia(³)	NCA-MA (⁴) Aguas superficiales continentales (⁵)	NCA-MA (⁴) Otras aguas superficiales	NCA-CMA (⁶) Aguas superficiales continentales (⁷)	NCA-CMA (⁶) Otras aguas superficiales	NCA Biota (⁸)
(28) (*)	No aplicable	Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) (¹⁵)	peligrosa prioritaria(¹¹)	No aplicable	No aplicable	No aplicable	No aplicable	
	50-32-8	Benzo(a)pireno		0,05 [1,7 × 10 ⁻⁶]	0,05 [1,7 × 10 ⁻⁶]	0,1 [0,27]	0,1 [0,027]	[5]
	205-99-2	Benzo(b) Fluoranteno		I = 0,03	I = 0,03	No aplicable [0,017]	No aplicable [0,017]	[Ver nota 16]
	207-08-9	Benzo(k) Fluoranteno		[Ver nota 16]	[Ver nota 16]	No aplicable [0,017]	No aplicable [0,017]	[Ver nota 16]
	191-24-2	Benzo(g,h,i)perileno		I = 0,002	I = 0,002	No aplicable [8,2 × 10 ⁻⁷]	No aplicable [8,2 × 10 ⁻⁷]	[Ver nota 16]
	193-39-5	Indeno(1,2,3-cd)pireno		[Ver nota 16]	[Ver nota 16]	No aplicable	No aplicable	[Ver nota 16]
(29)	122-34-9	Simazina	prioritaria	1	1	4	4	
(29 bis)	127-18-4	Tetracloroetileno	otro contaminante	10	10	No aplicable	No aplicable	
(29 ter)	79-01-6	Tricloroetileno	otro contaminante	10	10	No aplicable	No aplicable	
(30)	36643-28-4	Compuestos de tributilestaño (Catión de tributilestaño)	peligrosa prioritaria (¹²)	0,0002	0,0002	0,0015	0,0015	
(31)	12002-48-1	Triclorobencenos	prioritaria	0,4	0,4	No aplicable	No aplicable	
(32)	67-66-3	Triclorometano	prioritaria	2,5	2,5	No aplicable	No aplicable	
(33)	1582-09-8	Trifuralina	peligrosa prioritaria	0,03	0,03	No aplicable	No aplicable	
(34) (**)	115-32-2	Dicofol	peligrosa prioritaria	1,3 × 10 ⁻³	3,2 × 10 ⁻³	No aplicable (¹³)	No aplicable (¹³)	33
(35) (**)	1763-23-1	Ácido perfluoro-octanosulfónico y sus derivados (PFOS)	peligrosa prioritaria	6,5 × 10 ⁻⁴	1,3 × 10 ⁻⁴	36	7,2	9,1
(36) (**)	124495-18-7	Quinoxileno	peligrosa prioritaria	0,15	0,015	2,7	0,54	
(37) (**)	Véase Nota (¹⁴)	Dioxinas y compuestos similares	peligrosa prioritaria			No aplicable	No aplicable	Suma de PCDD+PCDF +PCB-DL 0,0065 µg.kg ⁻¹ TEQ (¹⁶)
(38) (**)	74070-46-5	Aclonifeno	prioritaria	0,12	0,012	0,12	0,012	
(39) (**)	42576-02-3	Bifenox	prioritaria	0,012	0,0012	0,04	0,004	
(40) (**)	28159-98-0	Cibutrina	prioritaria	0,0025	0,0025	0,016	0,016	
(41) (**)	52315-07-8	Cipermetrina	prioritaria (¹⁷)	8 × 10 ⁻⁵	8 × 10 ⁻⁵	6 × 10 ⁻⁴	6 × 10 ⁻⁵	
(42) (**)	62-73-7	Diclorovós	prioritaria	6 × 10 ⁻⁴	6 × 10 ⁻⁵	7 × 10 ⁻⁴	7 × 10 ⁻⁵	
(43) (**)	Véase Nota (¹⁴)	Hexabromociclododecano (HBCDD)	peligrosa prioritaria	0,0016	0,0008	0,5	0,05	167
(44) (**)	76-44-8/ 1024-57-3	Heptacloro y epóxido de heptacloro	peligrosa prioritaria	2 × 10 ⁻⁷	1 × 10 ⁻⁶	3 × 10 ⁻⁴	3 × 10 ⁻⁵	6,7 × 10 ⁻¹
(45) (**)	886-50-0	Terbutrina	prioritaria	0,065	0,0065	0,34	0,034	

Tabla 6. Normas de calidad ambiental establecidas en el Anexo IV del RD 817/2015. Además, deberá atenderse a los criterios de aplicación recogidos en el Título IV y en el Anexo IV

2.6.2. Requerimientos adicionales para Zonas Protegidas

1. En las siguientes zonas del registro de zonas protegidas del artículo 99 bis del TRLA, los programas de control aplicarán, al menos, estos requisitos adicionales:

a) Las masas de agua destinadas a la producción de **agua para consumo humano**, y que a partir de uno o varios puntos de captación proporcionen un promedio de más de 100 metros cúbicos diarios, se someterán a controles adicionales de las sustancias prioritarias y los contaminantes vertidos en cantidades significativas; prestando especial atención a

b) Las masas de agua en las que se ubiquen zonas declaradas de **protección de especies** acuáticas significativas **desde el punto de vista económico**, se someterán a un seguimiento adicional en el punto de control ambiental designado por el órgano ambiental para el control de las causas de contaminación que pudieran afectar a dichas especies. Los puntos de muestreo seleccionados para este control se identificarán como Programa de control ambiental de zonas de especies acuáticas significativas desde un punto de vista económico.

En estas zonas están incluidas las destinadas a la **producción de moluscos y otros invertebrados marinos**, en las que se tendrán en cuenta los requisitos de seguimiento establecidos en el Real Decreto 345/1993, de 5 de marzo, por el que se establecen las normas de calidad de las aguas y de la producción de moluscos y otros invertebrados marinos.

c) Las masas de agua en las que se ubiquen zonas declaradas como **aguas de baño** se someterán a un seguimiento adicional en el punto de control ambiental designado por el órgano ambiental para el control de las causas de contaminación que pudieran afectar a las zonas de aguas de baño, atendiendo a los perfiles ambientales elaborados de acuerdo con el Real Decreto 1341/2007, de 11 de octubre, sobre la gestión de la calidad de las aguas de baño. Los puntos de muestreo seleccionados para este control se identificarán como Programa de control ambiental de aguas de baño.

d) Las masas de agua afectadas por la **contaminación por nitratos** conforme al Real Decreto 261/1996, de 16 de febrero, sobre protección de las aguas contra la contaminación producida por los nitratos procedentes de fuentes agrarias, se incluirán en el programa de control operativo, y tendrán en cuenta las especificaciones señaladas en la propia norma por las que se declaran las **zonas vulnerables** como zona protegida. Las estaciones o puntos de muestreo seleccionados para este control se identificarán como Programa de control de aguas afectadas por nitratos de origen agrario.

e) Las masas de agua que incluyan **zonas declaradas sensibles** de acuerdo con el Real Decreto 509/1996, de 15 de marzo, de desarrollo del Real Decreto-Ley 11/1995, de 28 de diciembre, por el que se establecen las normas aplicables al tratamiento de las aguas residuales urbanas, se incluirán dentro de programa de control operativo, y tendrán en cuenta las especificaciones señaladas en la propia norma por las que se designen dichas zonas como zona protegida. Las estaciones o puntos de muestreo seleccionados para este control se identificarán como Programa de control de aguas en zonas sensibles por vertidos urbanos.

f) Las masas de agua situadas en las **zonas de protección de hábitats o especies** de la red Natura 2000 se incluirán en el programa de control operativo cuando se considere que están en riesgo de incumplir sus objetivos medioambientales de la masa de agua. Las estaciones o puntos de muestreo seleccionados para este control se identificarán como Programa de control de aguas en zonas de protección de hábitats o especies.

2. Para el cumplimiento de estos requisitos adicionales, el seguimiento se efectuará de conformidad con los criterios definidos en el anexo I C.

En el Anexo IV del Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica del Cantábrico Occidental, relativo a las Zonas Protegidas, se hace un análisis de las mismas con base en la siguiente clasificación (en negrita se resaltan aquellas zonas protegidas de aplicación al presente estudio):

- Zonas de captación de agua para abastecimiento
- Zonas de futura captación de agua para abastecimiento
- Zonas de protección de especies acuáticas económicamente significativas
 - **Zonas de protección de peces**
 - **Zonas de producción de moluscos**
- **Masas de agua de uso recreativo**
- Zonas vulnerables
- Zonas sensibles
- **Zonas de protección de hábitats o especies**
- Perímetros de protección de aguas minerales y termales
- Reservas naturales fluviales
- Zonas de protección especial
 - Tramos de interés natural y medioambiental
 - **Espacios Naturales Protegidos**
- Zonas húmedas
 - **Humedales RAMSAR**
 - Humedales del Inventario Nacional de Zonas Húmedas de 2014
 - Otras zonas húmedas

En la Tabla 7 se muestra un resumen de la normativa relevante para las zonas protegidas. El apéndice IV.1 del PH recoge un análisis más detallado de la base normativa.

Tipo Zona Protegida	Normativa UE / Internacional	Normativa Nacional		
		Ley	Real Decreto	Orden Ministerial
1. Disposiciones generales	DMA Art. 6 y Anexo IV	TRLA Art. 42, 99 bis y Disp. adic. 11ª	RPH Art. 24, 25	IPH cap. 4
2. Captaciones para abastecimiento	DMA Art. 7 Dir. 75/440 Art. 1, 3 y 4 (derogada por la DMA)	TRLA Art. 99 bis 2a)	RPH Art. 24 2a)	IPH 4.1
3. Futuras captaciones para abastecimiento	DMA Art. 7 (1)	TRLA Art. 99 bis 2b)	RPH Art. 24 2b)	IPH 4.2
4.1. Peces	Dir. 78/659 (derogada por la Dir. 2006/44) Dir. 2006/44 Art. 4 y 5 (versión codificada, deroga la Dir. 78/659)		RD 927/1988 Art. 79 y 80 (derogado por el RPH)	IPH 4.3
4.2. Moluscos	Dir. 79/923 (derogada por la Dir. 2006/113) Dir. 91/492 Anexo (parcialmente modificada por la Dir. 97/61) Dir. 2006/113 Art. 4 y 5 (versión codificada, deroga la Dir. 79/923)		RD 571/1999 Art. 7 y Anexo Cap. I (deroga el RD 345/1993 que a su vez deroga el RD 38/1989) RD 640/2006	IPH 4.3 Orden AAA/1416/2013, de 15 de julio
5. Uso recreativo	Dir. 2006/7 Art. 3 (deroga la Dir. 76/160)		RD 1341/2007 Art. 4 (deroga el RD 734/1988) RD 1471/1989	IPH 4.4
6. Zonas vulnerables	Dir. 91/676 Art. 3		RD 261/1996 Art. 3 y 4	IPH 4.5
7. Zonas sensibles	Dir. 91/271 Art. 5 y Anexo II	RDL 11/1995 Art. 7	RD 509/1996 Anexo II	IPH 4.6
8. Protección de hábitats o especies	Dir. 2009/147 (aves) Dir. 92/43 Art. 3 y 4 (hábitats)	Ley 42/2007 Art. 42, 43, 44 y Anexo III (deroga la Ley 4/1989) TRLA Art.99 bis 2 g)	RD 1997/1995 (modificado por RD 1193/1998 y RD 1421/2006), RPH Art.24 2 g)	IPH 4.7
9. Aguas minerales y termales	Dir. 80/777 Anexo II (derogada por la Dir. 2009/54)	Ley 22/1973 Art. 23 y 24		IPH 4.8
10. Reservas naturales fluviales		TRLA Art. 42 ap. 1.b.c') (artículo introducido por la Ley 11/2005)	RPH Art. 22	IPH 4.9
11. Zonas de protección especial		TRLA Art. 43	RPH Art. 23	IPH 4.10
12. Zonas húmedas	Convención de Ramsar	Instrumento de adhesión de 18.3.1982, Art. 1-3	RD 435/2004 Art. 3 y 4	IPH 4.11

DMA Directiva marco de aguas (Dir. 2000/60/CE)
 TRLA Texto refundido de la Ley de aguas (RDL 1/2001 y sus sucesivas modificaciones)
 RPH Reglamento de Planificación Hidrológica (RD 907/2007)
 IPH Instrucción de Planificación Hidrológica (Orden ARM/2656/2008)

Tabla 7. Resumen de la normativa relevante para las zonas protegidas.

De acuerdo a lo expuesto en el Anexo IV (Registro de Zonas Protegidas) de la revisión 2015-2021 del Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica del Cantábrico Occidental, en las proximidades a la zona costera de Tapia de Casariego se encuentran las siguientes zonas protegidas:

1) Zonas de protección de peces: Ríos Eo y Porcía, declarados Salmonícolas (Tabla 8).

Código Zona Protegida	Tramo	Tipo (Salmonícolas/ Ciprinícolas)	Longitud (km)	Código Masa de Agua	Categoría Masa de Agua
1603100001	Eo	Salmonícola	22,50	ES244MAR002280	Río
1603100002	Porcía	Salmonícola	15,26	ES236MAR002170	Río

Tabla 8. Zonas de protección de peces cercanas a la zona de estudio

2) Zonas de producción de moluscos y otros invertebrados: Ría del Eo y todo el litoral asturiano (Tabla 9).

Código Zona Protegida	Clave	Ubicación	Límites	Clasificación (1)	Especies De Referencia	Código de la masa	Nombre de la masa
1603200001	AST1-01	Ría del Eo	Ensenada de la Linera, entre Punta Peñalba y Punta Castropol, y franja comprendida entre la línea de costa, el límite de la Comunidad Gallega, punta Castropol y el paralelo 43° 29' N, de acuerdo con la carta 126° del Instituto Hidrográfico de la Marina.	B	Mejillón (<i>Mytilus edulis</i> y <i>M. galloprovincialis</i>), Ostra (<i>Costrea edulis</i>), Ostra japonesa (<i>Crassostrea gigas</i>), Berberecho (<i>Cerastoderma edule</i> o <i>Cardium edule</i>), Almeja balsaca (<i>Venerupis pullastra</i> , <i>Ruditapes pullastra</i> o <i>Tapes pullastra</i>), Almeja fina (<i>Venerupis decussata</i> , <i>Ruditapes decussata</i> o <i>Tapes decussata</i>), Almeja japonesa (<i>Venerupis semidecussata</i> , <i>Tapes semidecussata</i> o <i>Ruditapes philippinarum</i>), Navaja (<i>Solen marginatus</i>), (<i>Ensis siliqua</i>) y (<i>Ensis arcuatus</i>)	ES244MAT000020	Estuario del Eo
1603200003	AST1-03	Litoral Asturiano	Desde la ría del Eo hasta la ría de Tina Mayor (43° 32,05'; 7° 01,38' hasta 43° 23,52'N-1 04° 30,80'W).	A	Erizo de mar (<i>Paracentrotus lividus</i> y <i>Echinus esculentus</i>), Erizo violáceo (<i>Sphaerechinus granulosus</i>), Moluscos gasterópodos en general.	ES000MAC000050 ES000MAC000030 ES000MAC000020 ES000MAC000021 ES000MAC000070 ES000MAC000071 ES000MAC000060 ES000MAC000040	Aviés costa Navia costa Costa Oeste Asturias Eo costa Costa Este Asturias Ribadesella costa Gijón costa Nalón costa

(1) Clasificación según el RD 571/1999:
 Zonas tipo A: Los moluscos vivívoros vivos tendrán menos de 300 coliformes fecales o menos de 230 E. coli por cada 100 g de carne de molusco y líquido intersticial en una prueba de NMP (NPF) en la que se utilicen cinco tubos y tres diluciones.
 Zonas tipo B: Los moluscos bivalvos vivos en estas zonas protegidas presentarán un índice igual o inferior a 6000 coliformes fecales por cada 100 g de carne o 4600 E. coli por cada 100 g de carne en el 90 % de las muestras, en una prueba NMP en la que se utilicen cinco tubos y tres diluciones.

Tabla 9. Zonas de producción de moluscos y otros invertebrados en el litoral asturiano.

3) Zonas de baño: En el entorno próximo al área de estudio se encuentran 8 zonas de baño principales (Tabla 10), así como numerosas playas secundarias (Figura 10).

Código Zona Protegida	Comunidad Autónoma	Masa de Agua	Código de la Masa de Agua	Nombre del Municipio	Zona de Baño	Superficie (km ²)
238	Galicia	Estuario del Eo	ES244MAT000020	Ribadeo	Playa Os Bloques	0.001
243	Galicia	Estuario del Eo	ES244MAT000020	Ribadeo	Playa O Cargadeiro	0.019
441	Asturias	Estuario del Eo	ES244MAT000020	Castropol	Playa Arnao	0.180
440	Asturias	Costa Oeste Asturias	ES000MAC000020	Castropol	Playa Peñarronda	0.055
483	Asturias	Costa Oeste Asturias	ES000MAC000020	Tapia de Casariego	Playa Peñarronda	0.043
484	Asturias	Costa Oeste Asturias	ES000MAC000020	Tapia de Casariego	Playa Anguileiro/Los Campos	0.147
485	Asturias	Costa Oeste Asturias	ES000MAC000020	Tapia de Casariego	Playa Serantes	0.069
448	Asturias	Costa Oeste Asturias	ES000MAC000020	El Franco	Playa Porcía	0.054

Tabla 10. Características de las zonas de baño presentes en las inmediaciones al área de estudio.

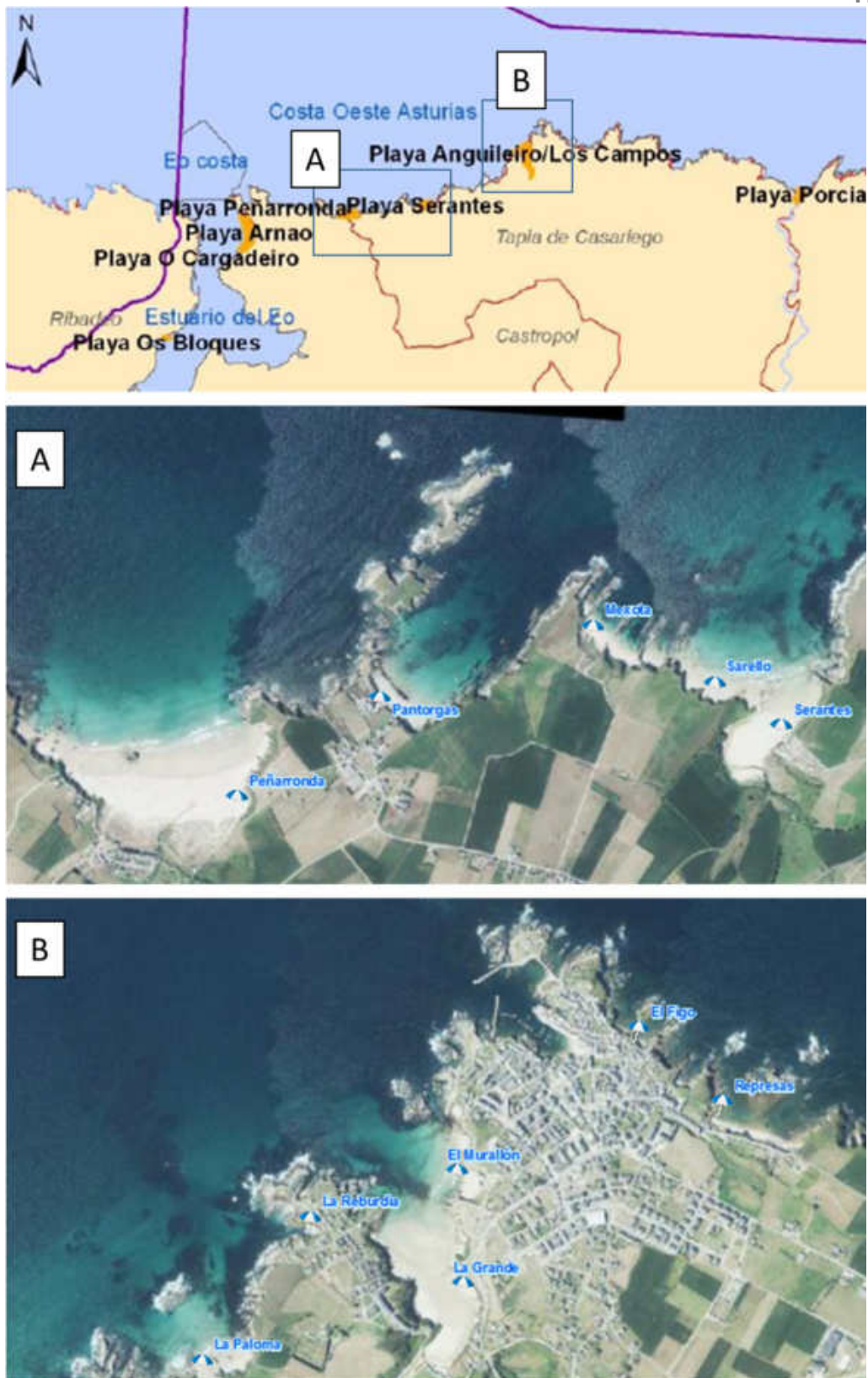


Figura 10. Ubicación de las principales zonas de baño (imagen superior), así como playas secundarias presentes en las inmediaciones de la zona de posible ubicación del emisario (A y B)

4) ENPs: Los ENPs cercanos al área de estudio se recogen en la Tabla 11

Código Zona Protegida	Nombre Zona Protegida	PLAN DE GESTIÓN	Código de la Masa de Agua	Código del Hábitat	Código de la Especie	Superficie en la DHC Occidental (km²)	Tipo de ENP
ES1200016	RÍA DEL EO	Decreto 166/2014, de 29 de diciembre, por el que se declara la Zona Especial de Conservación Ría del Eo (ES1200016) y se aprueba el Instrumento de Gestión Integrado de diversos espacios protegidos en la Ría del Eo Corrección de errores en BOPA de 19 de febrero de 2015	ES000MAC000020; ES000MAC000021; ES244MAT000020	1110; 1130; 1140; 1150; 1230; 1330; 1420; 3170; 4020; 91E0	1029; 1044; 1078; 1095; 1102; 1106; 1116; 1172; 1194; 1259; 1355; A002; A003; A015; A026; A027; A034; A130; A132; A140; A141; A151; A157; A160; A176; A193; A195; A197; A229	19,01	ZEC, RAMSAR
ES1200016	RÍA DEL EO	Decreto 166/2014, de 29 de diciembre, por el que se declara la Zona Especial de Conservación Ría del Eo (ES1200016) y se aprueba el Instrumento de Gestión Integrado de diversos espacios protegidos en la Ría del Eo.	ES000MAC000020; ES000MAC000021; ES244MAT000020		A002; A003; A015; A026; A027; A034; A130; A132; A140; A141; A151; A157; A160; A176; A193; A195; A197; A229	19,01	ZEPA, RAMSAR
ES0000085	RIBADEO		ES000MAC000020; ES000MAC000021; ES244MAT000020		A002; A003; A026; A034; A081; A119; A130; A140; A141; A151; A157; A160; A176; A193; A197; A229	6,25	ZEPA, RAMSAR
ES0000317	PENARRONDA-BARAYO	Decreto 160/2014, de 29 de diciembre, por el que se declara la Zona Especial de Conservación Penarronda-Barayo (ES0000317) y se aprueba el Instrumento de Gestión Integrado de diversos espacios protegidos en el tramo costero entre Penarronda y Barayo.	012.001; ES000MAC000020; ES000MAC000030; ES203MAR001810; ES234MAT000030; ES236MAR002170		A001; A002; A003; A014; A015; A026; A029; A034; A094; A121; A140; A151; A157; A166; A176; A193; A194; A195; A197; A229; A384	42,67	ZEPA, RAMSAR
ES0000317	PENARRONDA-BARAYO	Decreto 160/2014, de 29 de diciembre, por el que se declara la Zona Especial de Conservación Penarronda-Barayo (ES0000317) y se aprueba el Instrumento de Gestión Integrado de diversos espacios protegidos en el tramo costero entre Penarronda y Barayo	012.001; ES000MAC000020; ES000MAC000030; ES203MAR001810; ES234MAT000030; ES236MAR002170	1110; 1130; 1140; 1150; 1210; 1230; 1330; 1420; 3110; 3150; 3170; 3240; 3260; 4020; 91E0	1044; 1078; 1095; 1102; 1106; 1172; 1194; 1259; 1349; 1351; 1355; A001; A002; A003; A014; A015; A026; A029; A034; A094; A121; A140; A151; A157; A166; A176; A193; A194; A195; A197; A229; A384	42,67	ZEC
ES1200024	RÍO PORCÍA	Decreto 131/2014, de 17 de diciembre, por el que se declara la Zona Especial de Conservación Río Porcía (ES1200024) y se	012.001; ES236MAR002170	4020; 91E0	1078; 1106; 1194; 1301; 1355	0,65	ZEC

ANÁLISIS AMBIENTAL Y ESTUDIOS DE DETALLE
 COMPLEMENTARIOS PARA UN EMISARIO SUBMARINO EN TAPIA DE CASARIEGO

MEMORIA

Código Zona Protegida	Nombre Zona Protegida	PLAN DE GESTIÓN	Código de la Masa de Agua	Código del Hábitat	Código de la Especie	Superficie en la DHC Occidental (km ²)	Tipo de ENP
		aprueba su I Instrumento de Gestión					
ES1120002	RÍO EO	DECRETO 37/2014, de 27 de marzo, por el que se declaran zonas especiales de conservación los lugares de importancia comunitaria de Galicia y se aprueba el Plan director de la Red Natura 2000 de Galicia	012.001; ES239MAR002200; ES240MAR002230; ES243MAR002290; ES244MAR002270; ES244MAR002280	1110; 1130; 1140; 1150; 1230; 1330; 1420; 4020; 6430; 7210; 91E0	1029; 1041; 1092; 1095; 1102; 1106; 1116; 1194; 1259; 1301; 1355	7,66	ZEC
	PLAYA DE PEÑARRONDA (Castropol y Tapia de Casariego)		ES000MAC000020				Monumento Natural

Tabla 11. ENPs cercanos a la zona de estudio.

En la Figura 11 se muestra la ubicación de las distintas zonas protegidas identificadas en las proximidades del área de estudio.

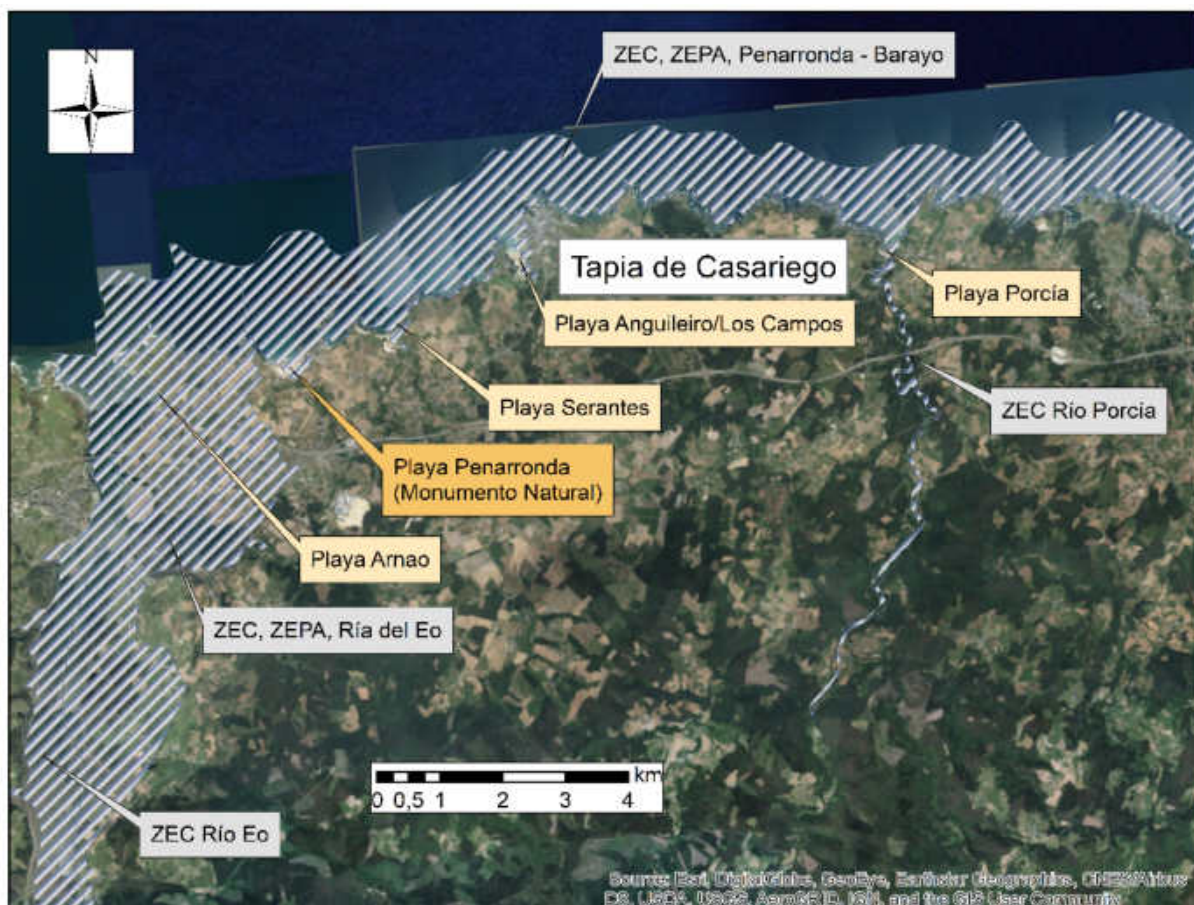


Figura 11. Ubicación de las zonas protegidas cercanas al área de estudio.

A continuación, se describen los requerimientos específicos para cada una de este tipo de zonas.

2.6.2.1. Zonas de producción de moluscos

La calidad exigida a las aguas para la cría de moluscos se encuentra regulada por la Directiva 2006/113/CE (versión codificada de la Directiva 79/923/CEE y sus sucesivas modificaciones). Esta Directiva aplicable a las aguas costeras y salobres, tiene por objeto la protección y mejora de las aguas de cría de moluscos que permita salvaguardar su vida y crecimiento, así como garantizar su buena calidad para el consumo humano.

Dentro del ámbito estatal y en base a las directrices referidas en la Directiva 79/923/CEE, el Real Decreto 345/1993 establece las normas de calidad de las aguas y de la producción de moluscos y otros invertebrados marinos vivos. Así, en su anexo IV, se recogen los estándares de calidad exigidos a estas aguas, observándose un listado de 12 parámetros (físicos, químicos y microbiológicos) algunos de los cuales cuentan con valores umbrales guía (de carácter indicativo) y/o de obligado cumplimiento (imperativos), según el caso.

Sin embargo, el RD 345/1993, fue parcialmente derogado (los artículos 3, 4, 5, 6 y 7, el apartado 2 del artículo 13, la disposición adicional segunda y cuarta y los anexos I, II y III) por el RD 571/1999, de 9 de abril, por el que se aprueba la Reglamentación Técnico-Sanitaria que fija las normas aplicables a la producción y comercialización de moluscos bivalvos vivos. En el Capítulo I del Anexo del RD 571/1999 se establecen las nuevas condiciones aplicables a las zonas de producción y en el Capítulo V se establecen las condiciones aplicables a los moluscos bivalvos vivos destinados al consumo humano inmediato.

Asimismo, deberá tenerse en consideración lo dispuesto en el Real Decreto 640/2006, de 26 de mayo, por el que se regulan determinadas condiciones de aplicación de las disposiciones comunitarias en materia de higiene, de la producción y comercialización de los productos alimenticios.

En las zonas declaradas como zonas de producción podrán definirse zonas que requieran una protección o mejora de sus aguas. Dichas aguas deberán ajustarse a los siguientes criterios, según se recoge en el anexo IV del Real Decreto 345/1993.

En la Tabla 12 figuran las exigencias de calidad para las aguas de cría de moluscos, según se recoge en el anexo IV del Real Decreto 345/1993.

Parámetro	Frecuencia mínima de muestreo y medición	Métodos de análisis de referencia	Guía (G)	Imperativo (I)
1. pH (unidad pH)	Trimestral	Electrometría. La medición se realizará in situ al mismo tiempo que el muestreo	7 - 9	
2. Temperatura (°C)	Trimestral	Termometría. La medición se realizará al mismo tiempo que el muestreo	La diferencia de temperatura provocada por un vertido no deberá en las aguas para cría de moluscos afectadas por dicho vertido superar en más de 2° C a la temperatura medida en las aguas no afectadas	
3. Coloración (después de filtración) (mg PVI)	Trimestral	Filtración por membrana filtrante de 0,45 micras de porosidad. Método fotométrico, con los patrones de la escala platino cobalto		Después de filtración, el color del agua provocado por un vertido no deberá, en las aguas afectadas por dicho vertido, acusar una diferencia de más de 10 mg PVI con el color medido en las aguas no afectadas.
4. Materias en suspensión (mg/l)	Trimestral	Filtración por membrana filtrante de 0,45 micras de porosidad, secado a 105 °C y pesada. Centrifugado (tiempo mínimo, 5 minutos; aceleración media de 2.000 a 3.200 g) secado a 105 °C y pesada		El aumento del contenido de materias en suspensión provocado por un vertido no deberá, en las aguas para cría de moluscos afectadas por dicho vertido, ser superior en más de un 30% al que se haya medido en las aguas no afectadas.
5. Salinidad	Mensual	Conductimetría	12-38 ‰	<p>≤40‰</p> <p>La variación de la salinidad provocada por un vertido, en las aguas para cría de moluscos afectadas por dicho vertido, no deberá ser superior en más de un 10% a la salinidad medida en las aguas no afectadas.</p>
6. Oxígeno disuelto (porcentaje de saturación)	Mensual (al menos con una muestra representativa, del bajo contenido en oxígeno presente el día del muestreo. No obstante, si hubiere presunción de variaciones diurnas significativas, se realizarán, como mínimo, dos muestreos diarios)	Método Winkler. Método electroquímico	≥80%	<p>≥70 % (valor medio):</p> <p>Si una medición individual da un valor inferior al 70%, las mediciones se repetirán.</p> <p>Una medición individual no podrá indicar un valor inferior al 60%, salvo cuando no haya consecuencias perjudiciales para el desarrollo de las poblaciones de moluscos.</p>
7. Hidrocarburos de origen petrolero	Trimestral	Examen visual		<p>Los hidrocarburos no deberán hallarse en el agua para cría de moluscos en cantidades tales que:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Produzcan en la superficie del agua una película visible y/o un depósito sobre los moluscos. - Provoquen efectos nocivos para moluscos.
8. Sustancias organo-halogenadas	Semestral	Cromatografía en fase gaseosa después de extracción con disolventes adecuados y purificación	La limitación de la concentración de cada sustancia en la carne de molusco deberá ser tal que contribuya a una buena calidad de los moluscos	La concentración de cada sustancia en el agua para cría de moluscos o en la carne de los moluscos no deberá rebasar un nivel que provoque efectos nocivos en dichos moluscos y sus larvas.

9. Metales (mg/l): Plata, Ag; Arsénico, As; Cadmio, Cd; Cromo, Cr; Cobre, Cu; Mercurio, Hg; Níquel, Ni; Plomo, Pb; Zinc, Zn;	Semestral	Espectrometría de absorción atómica precedida, eventualmente, por una concentración y/o una extracción	La limitación de la concentración de cada sustancia en la carne de los moluscos deberá ser tal que contribuya a una buena calidad de los moluscos	La concentración de cada sustancia en el agua para cría de moluscos o en la carne no deberá rebasar un nivel que provoque efectos nocivos en dichos moluscos y en sus larvas. Los efectos de sinergia de estos metales deberán ser tomados en consideración.
10. Coliformes fecales/100 ml	Trimestral	Método de dilución con fermentación en sustratos líquidos con al menos cinco tubos con tres diluciones. Resiembra de los tubos positivos en medio de confirmación. Recuento según NMP (número más probable). Temperatura de incubación: 44 ± 0,5 °C	≤ 300 en la carne de los moluscos y en el líquido intervalvar	
11. Sustancias que influyen en el sabor de los moluscos		Examen gustativo de los moluscos cuando se presuma la presencia de una sustancia de esta índole		Concentración inferior a la que pueda deteriorar el sabor de los moluscos.
12. Saxitoxina				

Tabla 12. Calidad exigida a las aguas de las zonas de protección o mejora, según RD 345/1993 (anexo IV)

Los criterios de cumplimiento de las exigencias de calidad recogidas en la tabla anterior son los siguientes, según se recoge en el artículo 11 del Real Decreto 345/1993:

1) Las aguas para la cría de moluscos se declararán conformes siempre que en las muestras de dichas aguas tomadas según la frecuencia mínima prevista, en un mismo lugar y durante un periodo de doce meses se respetan los valores y observaciones establecido por lo que respecta:

a) 100% de las muestras para los parámetros: sustancias organohalogenadas y metales;

b) 95% de las muestras para los parámetros: salinidad y oxígeno disuelto.

c) 75% de las muestras para los demás parámetros que figuran en el anexo.

2) Cuando la frecuencia de los muestreos fuese inferior a la indicada en el anexo, el 100% de las muestras obtenidas deberán respetar los valores y observaciones exigibles para la totalidad de los parámetros considerados.

3) No se tomarán en consideración para el cálculo de los porcentajes previstos en el apartado 1 las muestras que excedan los valores y observaciones exigibles cuando dicho exceso sea consecuencia de una catástrofe natural o de condiciones meteorológicas excepcionales.

Por otra parte, las zonas para la cría de moluscos se encuentran reguladas por los Reglamentos europeos 852/2004, 853/2004 y 854/2004, relativos a la higiene de los alimentos. Estas disposiciones se aplican tras la entrada en vigor de la Directiva 2004/41/CE que derogó la normativa previa, y que fue traspuesta a la legislación española a través del Real Decreto 640/2006, de 26 de mayo, por el que se regulan determinadas condiciones de aplicación de las disposiciones comunitarias en materia de higiene, de la producción y comercialización de los productos alimenticios.

Junto con los Reglamentos europeos, de forma complementaria, se aplican las disposiciones vigentes del Real Decreto 345/1993 por el que se establecen normas de calidad de las aguas y de la producción de moluscos y otros invertebrados marinos vivos y del Real Decreto 571/1999, de 9 de abril, que aprueba la Reglamentación técnico-sanitaria que fija las normas aplicables a la producción y comercialización de moluscos bivalvos vivos.

En resumen, en base a toda esta normativa técnico-sanitaria se establece la siguiente clasificación de las zonas de producción de moluscos bivalvos vivos atendiendo a criterios microbiológicos de calidad:

- **Clase A.** Para consumo humano directo: Para consumo humano directo (si se cumplen las condiciones establecidas en el capítulo V del mismo anexo): <300 Coliformes Fecales (CF) o <230 *E. coli* por cada 100 gramos de carne de molusco y líquido intervalvar, en una prueba NMP (NPP) en la que se utilicen 5 tubos y 3 diluciones.
- **Clase B.** Consumo directo tras tratamiento en un centro de depuración o reinstalación, a fin de cumplir las condiciones establecidas en el capítulo V del anexo: <6.000 CF o < 4.600 *E. coli* por cada 100 gramos carne de molusco y líquido intervalvar en el 90 % de las muestras, en una prueba NMP (NPP) en la que se utilicen 5 tubos y 3 diluciones.
- **Clase C.** Consumo directo tras reinstalación durante un mínimo de 2 meses y con o sin depuración, a fin de cumplir las condiciones establecidas en el capítulo V del anexo: <60.000 CF por cada 100 gramos de carne, en una prueba NMP (NPP) en la que se utilicen 5 tubos y 3 diluciones..

Según el Capítulo V del Anexo del RD 571/1999, las condiciones aplicables a los moluscos bivalvos vivos destinados al consumo humano inmediato cumplirán los siguientes requisitos:

- Deberán poseer las características visuales propias de la frescura y la viabilidad, incluida la ausencia de suciedad en la concha, una reacción a la percusión adecuada y una cantidad normal de líquido intervalvar.
- Tendrán menos de 300 coliformes fecales o menos de 230 «*E. coli*» por cada 100 gramos de carne de molusco y líquido intervalvar en una prueba NMP (NPP), en la que se utilicen cinco tubos y tres diluciones o en cualquier otro método de análisis bacteriológico de precisión equivalente demostrada.
- No habrá salmonella en 25 gramos de carne de molusco.
- No contendrán compuestos tóxicos ni nocivos de origen natural o introducidos en el medio ambiente, como los que figuran en las disposiciones aplicables en cuanto a las normas de calidad de las aguas y de la producción de moluscos y de otros invertebrados marinos en cantidad tal que la absorción alimentaria calculada supere la ingesta diaria admisible (IDA) para el hombre, o que pueda deteriorar el sabor del producto.

- El contenido máximo de radionucleidos no deberá rebasar los límites fijados por las disposiciones comunitarias de directa aplicación o por las disposiciones nacionales vigentes para los productos alimenticios.
- El porcentaje de «toxina paralizante de los moluscos» (PSP) en las partes comestibles de los moluscos (el cuerpo entero o toda la parte consumible separada) no deberá sobrepasar los 80 microgramos por 100 gramos, según el método de análisis biológico, al que puede asociarse un método químico de detección de saxitoxina, o cualquier otro método reconocido según el procedimiento previsto en la normativa comunitaria. En caso de discrepancia sobre los resultados, el método de referencia deberá ser el método biológico.
- Los métodos habituales de análisis biológico no deben dar reacción positiva respecto de la presencia de «toxina diarreica de los moluscos» (DSP) en las partes comestibles de los moluscos (cuerpo entero o cualquier parte consumible por separado).
- El contenido de «toxina amnésica de los moluscos» (ASP) en las partes comestibles de los moluscos (el cuerpo entero o cualquier parte consumible por separado) no deberá sobrepasar los 20 microgramos de ácido domoico por gramo según el procedimiento de análisis HPLC.
- A falta de métodos habituales de detección de virus y de normas virológicas, el control sanitario se basará en el recuento de bacterias fecales. Las pruebas destinadas a comprobar el cumplimiento de las condiciones establecidas en el presente capítulo se efectuarán con arreglo a métodos científicos de probada eficacia. Para la aplicación uniforme de la presente reglamentación, los programas de toma de muestras y los métodos y tolerancias analíticas aplicables a fin de comprobar el cumplimiento de las condiciones del presente capítulo, serán establecidos con arreglo al procedimiento previsto en la normativa comunitaria. La eficacia del índice bacteriano utilizado para medir el contenido de bacterias fecales y los límites numéricos, así como los demás parámetros establecidos para éstas en el presente capítulo, serán objeto de un seguimiento continuo y, cuando las pruebas científicas demuestren que es necesario, serán corregidos con arreglo al procedimiento previsto en la normativa comunitaria. Cuando se demuestre científicamente la necesidad de introducir otros controles sanitarios o de modificar los parámetros indicados en el presente capítulo, con el fin de proteger la salud pública, dichas medidas serán adoptadas con arreglo al procedimiento previsto en la normativa comunitaria.

2.6.2.2. Masas de agua de uso recreativo

La Directiva 2006/7/CEE, de 15 de febrero, relativa a la gestión de la calidad de las aguas de baño establece las normas de calidad que deben satisfacer las aguas superficiales para ser aptas para el baño con el fin de proteger la salud pública y el medio ambiente. Con la aprobación de esta Directiva se deroga la anterior Directiva 76/160/CEE sobre la calidad de las aguas en las zonas de baño.

La nueva Directiva establece que la clasificación de la calidad de las aguas de baño debe efectuarse en base a dos indicadores microbiológicos: *Escherichia Coli* y Enterococos intestinales. Para estos parámetros define unos estándares de calidad en función de si se

trata de aguas continentales o bien de aguas de transición y costeras. Asimismo, introduce una nueva metodología para la evaluación y clasificación de las aguas de baño que se resume en la utilización de series de datos de cuatro años y de criterios de cálculo basados en los percentiles. Con la aplicación de estos cálculos las aguas de baño podrán finalmente ser clasificadas como: Aguas de calidad insuficiente, Aguas de calidad suficiente, Aguas de calidad buena y Aguas de calidad excelente. Los controles y la gestión de las aguas de baño según esta Directiva deberán comenzar a realizarse a más tardar en la temporada 2008.

A nivel estatal, el Real Decreto 1341/2007, de 11 de octubre incorpora las directrices establecidas en la Directiva 2006/7/CE y deroga el Real Decreto 734/1988, que establecía las normas de calidad sanitaria de las aguas de baño en base a la Directiva 76/160/CEE.

En la Tabla 13 se recogen los estándares obligatorios de calidad de las aguas de baño, según se indica en el anexo I del citado Real Decreto 1341/2007.

Indicador	Unidad	Calidad aguas continentales			Calidad aguas costeras y de transición		
		Suficiente	Buena	Excelente	Suficiente	Buena	Excelente
Enterococos intestinales	UFC o NMP/100 ml	330	400	200	185	200	100
<i>Escherichia Coli</i>	UFC o NMP/100 ml	900	1000	500	500	500	250

Tabla 13. Estándares obligatorios de calidad de las aguas de baño, según se indica en el anexo I del RD 1341/2007

La clasificación de las aguas se realiza con base en los siguientes criterios:

- Aguas 2, Aptas para el baño, de muy buena calidad; son aquellas que cumplen simultáneamente las siguientes condiciones:
 - a) Al menos el 95% de los muestreos no sobrepasan los valores imperativos de E.coli.
 - b) Al menos el 80% de los muestreos no sobrepasan los valores guía de E.coli.
 - c) Al menos el 90% de los muestreos no sobrepasan los valores guía de Enterococo intestinal.
- Aguas 1, Aptas para el baño, de buena calidad; son aquellas en que se cumple la condición a) de las Aguas 2, pero en las que no se cumplen las condiciones b) y c) de las Aguas 2.
- Aguas 0, no aptas para el baño; son aquellas en las que no se cumple la condición a) de las Aguas 2.

Por último, señalar que junto a los parámetros de control obligatorios ya comentados, en el art. 6 Real Decreto 1341/2007 se indican estos otros elementos que deberán ser objeto de seguimiento mediante inspección visual: la transparencia del agua, la existencia de

contaminación o presencia de medusas, de residuos alquitranados, de cristal, de plástico, de caucho, de madera, materias flotantes, sustancias tensoactivas, restos orgánicos, y cualquier otro residuo u organismo. Así mismo, en el citado artículo se hace referencia a la necesidad de evaluar los riesgos para la salud cuando el perfil de las aguas de baño muestre una propensión a la proliferación de macroalgas o de fitoplancton marino o bien de cianobacterias.

2.6.2.3. Zonas de protección de hábitats o especies

Las zonas de protección de hábitat o especies están reguladas, a nivel europeo por la siguiente normativa:

- Directiva 92/43/CEE, relativa a la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres. En ella se determinan los Lugares de Importancia Comunitaria (LIC) y las Zonas Especiales de Conservación (ZEC), ambos integrados en la Red Natura 2000.
- Directiva 2009/147/CE (versión codificada de la Directiva 79/409/CEE), relativa a la conservación de las aves silvestres, que designa las Zonas de Especial Protección para las Aves (ZEPA). La Red Natura 2000 incluye también estas zonas de protección.

El objetivo fundamental de la Directiva 92/43/CE es el de mantener los tipos de hábitat de interés comunitario en un estado de conservación favorable, es decir, que sus áreas de distribución natural sean estables o se amplíen, que la estructura y las funciones específicas puedan seguir existiendo en un futuro previsible y que el estado de conservación de sus especies típicas sea favorable.

La Directiva 2009/147/CE tiene por objetivo la protección, la administración y la regulación de las especies de aves que viven normalmente en estado salvaje en el territorio europeo así como de su explotación. Para ello, los Estados miembros deben tomar las medidas necesarias para mantener o adaptar las poblaciones de las especies de aves en función de sus exigencias ecológicas, científicas y culturales, así como los hábitat en que se encuentran.

A nivel nacional estas directivas quedan traspuestas por la Ley 42/2007, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad.

Actualmente se encuentran en elaboración los Planes de Gestión de las Zonas de Especial Conservación y la metodología de evaluación, de acuerdo al documento de *Bases ecológicas preliminares para la conservación de los tipos de hábitat de interés comunitario en España* cuyos objetivos principales son la identificación y tipificación de los estados favorables de conservación de los hábitat de importancia comunitaria para cumplir con la Directiva 92/43/CEE.

En dicho documento se establece que para las masas de agua río (hábitat continentales lóticos), la Directiva 92/43/CEE y la Directiva Marco del Agua 2000/60/CE tienen la finalidad común de mantener o conservar el estado ecológico de los ecosistemas, por lo que parece razonable el intento de compartir los protocolos de evaluación y seguimiento del "Estado de Conservación" (en el caso de la Directiva 92/43/CEE) y del estado ecológico (en el caso de la DMA), cuya base conceptual tiene aspectos importantes en común, como es la integridad estructural y funcional del ecosistema.

La equivalencia entre las cinco clases de estado ecológico de la DMA y las tres clases de estado de conservación de la Directiva de Hábitat, se propone en el citado documento de la forma que se muestra en la Tabla 14.

Estado ecológico	Estado de conservación
Muy bueno	Favorable
Bueno	
Moderado	Desfavorable - inadecuado
Deficiente	
Malo	Desfavorable - malo

Tabla 14. Comparación entre el estado ecológico y estado de conservación de los hábitat

Para el resto de hábitat ligados al medio hídrico, el grupo de trabajo para la definición de las Bases ecológicas preliminares para la conservación de los tipos de hábitat de interés comunitario en España realizó una revisión de las variables (indicadores de calidad) utilizadas a nivel español e internacional para la evaluación del estado ecológico de los ecosistemas acuáticos, asumiendo que un estado ecológico bueno en el sentido recogido en la DMA, corresponde a un estado de conservación favorable según la Directiva de Hábitat, tal y como se exponía en la tabla anterior. De entre las variables susceptibles de ser utilizadas en la evaluación del estado de conservación, procedentes de diferentes trabajos y grupos de investigación, se seleccionaron aquellas que mejor podrían representar el estado de conservación del tipo de hábitat a escala local, para construir un índice que permitiera su evaluación.

Los valores (o propiedades distintivas) de las variables incluidas en este índice se obtuvieron a partir de los valores típicos de hábitat correspondientes a cada tipo ecológico que mantienen un estado de conservación favorable respecto a la integridad estructural y funcional del ecosistema, y por tanto, pueden considerarse como objetivos de calidad del tipo de hábitat. Idealmente, sería deseable obtener los valores umbral mediante una disponibilidad suficiente de datos ecológicos para todas las variables a evaluar en los ecosistemas de referencia, aplicando tratamientos estadísticos a los mismos.

Sin embargo, la situación real de los trabajos dista mucho de la ideal, ya que los datos disponibles son escasos y sustentados en su gran mayoría por la opinión de expertos.

Por otra parte, en el caso de los hábitats marinos, su enorme complejidad y el elevado nivel de desconocimiento que existe en alguno de ellos han impedido cuantificar las variables que caracterizan los diferentes sistemas ecológicos y los procesos que en ellos concurren.

2.6.2.4. Espacios Naturales Protegidos

Los Espacios Naturales Protegidos están definidos en la Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad que deroga a la 4/1989 de conservación de los espacios naturales.

Es en su capítulo II, donde se centra en la protección de espacios naturales. Más concretamente en el artículo 27 se definen las diferentes categorías en las que se diferencian los espacios naturales protegidos en función de los bienes y valores a proteger, así como objetivos de gestión a cumplir:

- Parques
- Reservas Naturales
- Áreas Marinas Protegidas
- Monumentos Naturales
- Paisajes Protegidos

La aprobación y elaboración de los mecanismos de planificación de la gestión correspondientes corre a cargo de las comunidades autónomas.

Cabe destacar que dichos mecanismos de gestión son diferentes en función del espacio natural, así, la declaración de Parques, Reservas Naturales y Áreas Marinas Protegidas, conllevan la aplicación de Planes específicos de gestión, que establecerán los requerimientos ambientales y las medidas de conservación necesarias. El resto de figuras carecen de un instrumento de gestión específico, pues para conseguir los objetivos de protección pertinentes basta con la normativa que a tal efecto acompañará a la declaración de cada espacio natural.

Actualmente algunos de los espacios naturales protegidos no cuentan con los instrumentos específicos de gestión, por lo que no disponen de requerimientos ambientales concretos. No obstante, la mayor parte de estas figuras de protección presentan un solape con las zonas designadas en la Red Natura 2000 contempladas anteriormente.

2.7. Características del medio receptor

2.7.1. Evaluación del Estado de la masa de agua

La evaluación del estado de las masas de agua “Costa Oeste Asturias” y “Eo costa” se ha llevado a cabo mediante la evaluación de su estado ecológico y químico, a partir de la información contenida en el Plan Hidrológico de la DHC Occidental.

Dicha evaluación se lleva a cabo en dos etapas:

- Evaluación del Estado Ecológico
- Evaluación del Estado Químico

2.7.1.1. Estado ecológico

La evaluación del estado ecológico se lleva a cabo mediante la integración de los elementos de calidad biológicos, fisicoquímicos e hidromorfológicos. El método seguido para ello se basa en el procedimiento establecido en el Documento Guía nº 5 para la implementación de la DMA (European Commission, 2003). Este procedimiento, esquematizado en la Figura 12, considera a los elementos de calidad biológicos como elementos principales en la evaluación y a los elementos de calidad fisicoquímicos e hidromorfológicos como elementos secundarios, con capacidad de asignar categorías de calidad únicamente hasta el nivel de moderado, en el caso de los fisicoquímicos, y de bueno, en el caso de los hidromorfológicos.

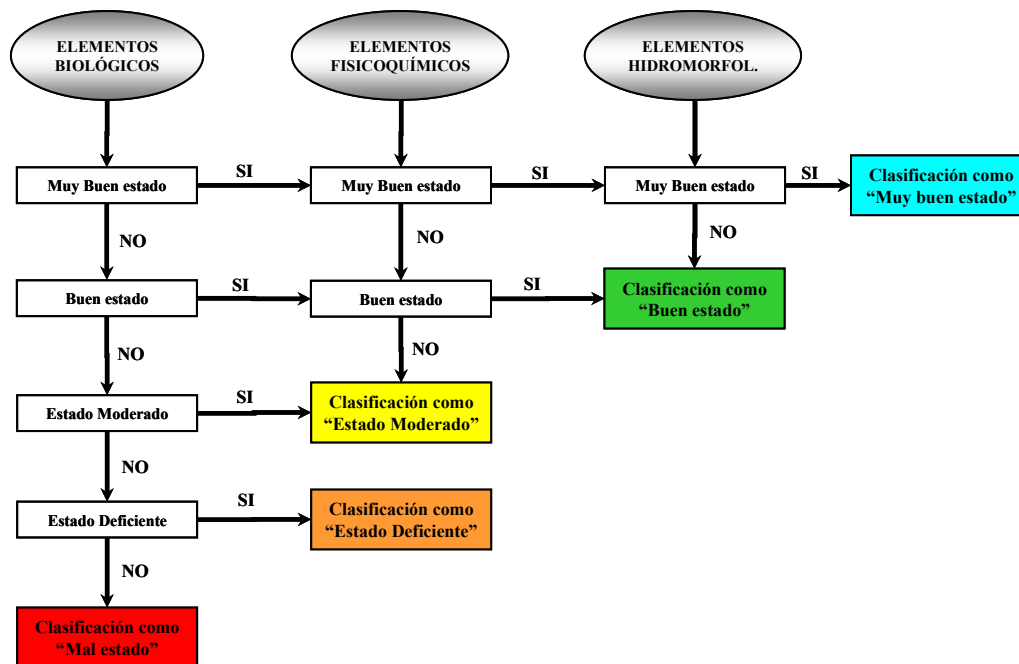


Figura 12. Esquema del procedimiento establecido en la DMA para la evaluación del estado ecológico de las masas de agua.

2.7.1.2. Estado químico

La valoración del estado químico de la masa de agua se llevará a cabo mediante la valoración del cumplimiento de las normas de calidad ambiental establecidas para las sustancias prioritarias en el anejo IV del RD 817/2015.

La calificación final del estado de las masas de agua corresponderá a los resultados obtenidos en la evaluación del estado ecológico siempre que la valoración del estado químico resulte favorable.

En la Tabla 15 se indican las características de las estaciones de muestreo establecidas en las masas de agua "Eo Costa" y "Costa Oeste Asturias" para los distintos parámetros analizados.

NATURALEZA	MASA DE AGUA		ESTACIÓN			PARÁMETROS
	CÓDIGO	NOMBRE	CÓDIGO	COORDENADAS UTM		
				X	Y	
Costera	ES000MAC000021	Eo costa	CW08M01	174673.623	4830767.13	Macroalgas
	ES000MAC000021	Eo costa	CW08W1	173788.17	4831951.85	Fitoplancton
	ES000MAC000021	Eo costa	CW08W1	173788.17	4831951.85	Parámetros físicoquímicos generales
	ES000MAC000021	Eo costa	CW08W2	174083.066	4832251.05	Fitoplancton
	ES000MAC000021	Eo costa	CW08W2	174083.066	4832251.05	Parámetros físicoquímicos generales
	ES000MAC000021	Eo costa	CW08XC1	173931.775	4831197.65	Fitoplancton
	ES000MAC000021	Eo costa	CW08XC1	173931.775	4831197.65	Macroinvertebrados bentónicos
	ES000MAC000021	Eo costa	CW08XC1	173931.775	4831197.65	Otros contaminantes
	ES000MAC000021	Eo costa	CW08XC1	173931.775	4831197.65	Parámetros físicoquímicos generales
	ES000MAC000021	Eo costa	CW08XC1	173931.775	4831197.65	Sustancias prioritarias

NATURALEZA	MASA DE AGUA		ESTACIÓN			PARÁMETROS
	CÓDIGO	NOMBRE	CÓDIGO	COORDENADAS UTM		
				X	Y	
Costera	ES000MAC000020	Costa Oeste Asturias	CW01B2	217944.804	4829834.66	Macroinvertebrados bentónicos
	ES000MAC000020	Costa Oeste Asturias	CW01B3	240554.762	4831401.41	Macroinvertebrados bentónicos
	ES000MAC000020	Costa Oeste Asturias	CW01BC1	179214.902	4832201.44	Macroinvertebrados bentónicos
	ES000MAC000020	Costa Oeste Asturias	CW01BC1	179214.902	4832201.44	Otros contaminantes
	ES000MAC000020	Costa Oeste Asturias	CW01BC1	179214.902	4832201.44	Sustancias prioritarias
	ES000MAC000020	Costa Oeste Asturias	CW01M01	192275.748	4829655.86	Macroalgas
	ES000MAC000020	Costa Oeste Asturias	CW01M02	201978.376	4829799.68	Macroalgas
	ES000MAC000020	Costa Oeste Asturias	CW01M03	225155.378	4828424	Macroalgas
	ES000MAC000020	Costa Oeste Asturias	CW01M04	249219.001	4827687.19	Macroalgas
	ES000MAC000020	Costa Oeste Asturias	CW01M05	257404.272	4829599.8	Macroalgas
	ES000MAC000020	Costa Oeste Asturias	CW01M06	178608.328	4830657.63	Macroalgas
	ES000MAC000020	Costa Oeste Asturias	CW01M07	216979.459	4828041.09	Macroalgas
	ES000MAC000020	Costa Oeste Asturias	CW01M08	232862.315	4828951.04	Macroalgas

NATURALEZA	MASA DE AGUA		ESTACIÓN			PARÁMETROS
	CÓDIGO	NOMBRE	CÓDIGO	COORDENADAS UTM		
				X	Y	
Costera	ES000MAC000020	Costa Oeste Asturias	CW01W2	217072.234	4830148.16	Fitoplancton
	ES000MAC000020	Costa Oeste Asturias	CW01W2	217072.234	4830148.16	Parámetros fisicoquímicos generales
	ES000MAC000020	Costa Oeste Asturias	CW01W3	232926.411	4831169.52	Fitoplancton
	ES000MAC000020	Costa Oeste Asturias	CW01W3	232926.411	4831169.52	Parámetros fisicoquímicos generales
	ES000MAC000020	Costa Oeste Asturias	CW01W4	257804.873	4832605.7	Fitoplancton
	ES000MAC000020	Costa Oeste Asturias	CW01W4	257804.873	4832605.7	Parámetros fisicoquímicos generales
	ES000MAC000020	Costa Oeste Asturias	CW01W5	270891.562	4838982.88	Fitoplancton
	ES000MAC000020	Costa Oeste Asturias	CW01W5	270891.562	4838982.88	Parámetros fisicoquímicos generales
	ES000MAC000020	Costa Oeste Asturias	CW01WC1	178234.951	4832415.29	Fitoplancton
	ES000MAC000020	Costa Oeste Asturias	CW01WC1	178234.951	4832415.29	Otros contaminantes
	ES000MAC000020	Costa Oeste Asturias	CW01WC1	178234.951	4832415.29	Parámetros fisicoquímicos generales
	ES000MAC000020	Costa Oeste Asturias	CW01WC1	178234.951	4832415.29	Sustancias prioritarias

Tabla 15. Estaciones de muestreo de la DMA presentes en las masas de agua costeras próximas a la zona de estudio.

2.7.2. Resultados de la evaluación del Estado Ecológico

A continuación, en la Tabla 16 y en la Tabla 17, se exponen los resultados obtenidos para cada uno de los elementos que intervienen en el proceso de evaluación del estado ecológico (fitoplancton, macroalgas, invertebrados bentónicos, fisicoquímica e hidromorfología), según lo publicado en el apéndice 7.9 de la revisión 2015-2021 del Plan Hidrológico de la DHC Occidental.

Masa de agua	Macroalgas	Macroinvertebrados	Fitoplancton	Estado biológico
Eo Costa	Muy Bueno	Muy Bueno	Muy Bueno	Muy Bueno
Costa Oeste Asturias	Muy Bueno	Muy Bueno	Muy Bueno	Muy Bueno

Tabla 16. Tabla x. Estado biológico de las masas de agua según los indicadores de macroalgas, macroinvertebrados y fitoplancton.

Masa de agua	Estado biológico	Estado fisicoquímico	Otros contaminantes	Estado hidromorfológico	ESTADO ECOLÓGICO
Eo Costa	Muy Bueno	Bueno	Bueno	Muy Bueno	Bueno
Costa Oeste Asturias	Muy Bueno	Muy Bueno	Bueno	Muy Bueno	Muy Bueno

Tabla 17. Estado ecológico de las masas de agua integrando los indicadores biológicos, fisicoquímicos e hidromorfológicos.

2.7.2.1. Resultados de la evaluación del Estado Químico

De acuerdo a lo expuesto en el PHDC Occidental, todas las masas de agua costeras de la Demarcación obtuvieron una calificación de **buen estado químico**.

2.7.2.2. Resultados de la evaluación del Estado Total

Una vez obtenido el estado ecológico y el estado químico de las masas de agua costeras, ambos estados se ponen en relación para calcular el estado total de la masa de agua, que, en el caso de las dos masas de agua evaluadas ha sido calificado como bueno (apéndice 7.11 de la revisión 2015-2021 del Plan Hidrológico de la DHC Occidental), tal y como se recoge en la Tabla 18.

Masa de agua	Estado Ecológico	Estado Químico	ESTADO
Eo Costa	Bueno	Bueno	BUENO
Costa Oeste Asturias	Muy Bueno	Bueno	BUENO

Tabla 18. Estado global de las masas de agua evaluadas.

2.7.3. Zonas de producción de moluscos

Según lo expuesto en el Anexo IV de la revisión 2015-2021 del Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica del Cantábrico Occidental (Registro de Zonas Protegidas), en las proximidades a la zona de vertido de Tapia de Casariego se encuentran dos zonas de producción de moluscos y otros invertebrados: La Ría del Eo y el Litoral Asturiano.

Actualmente, la zona de producción de moluscos correspondiente al Litoral Asturiano "AST1_03", presenta una calificación de "tipo A", por lo que las especies objetivo (erizos de mar y moluscos gasterópodos) serían hábiles para el consumo humano directo. En cuanto a la zona de producción estuarina de la ría del Eo "Ast1-01", presenta una calificación de "tipo B", por lo que las especies objetivo (básicamente moluscos bivalvos) deberían depurarse antes de su consumo (Tabla 19).

Código Zona Protegida	Clave	Ubicación	Límites	Clasificación (1)	Especies De Referencia	Código de la masa	Nombre de la masa
1603200001	AST1-01	Ría del Eo	Ensenada de la Linera, entre Punta Peñalba y Punta Castropol, y franja comprendida entre la línea de costa, el límite de la Comunidad Gallega, punta Castropol y el paralelo 43° 29' N, de acuerdo con la carta 126° del Instituto Hidrográfico de la Marina.	B	Mejillón (<i>Mytilus edulis</i> y <i>M. Galloprovincialis</i>), Ostra (<i>Ostrea edulis</i>), Ostra japonesa (<i>Crassostrea gigas</i>), Berberecho (<i>Cerastoderma edule</i> o <i>Cardium edule</i>), Almeja babosa (<i>Venerupis pullastra</i> , <i>Ruditapes pullastra</i> o <i>Tapes pullastra</i>), Almeja fina (<i>Venerupis Decussata</i> , <i>Ruditapes decussatus</i> o <i>Tapes decussata</i>), Almeja japonesa (<i>Venerupis semidecussata</i> , <i>Tapes Semidecussata</i> o <i>Ruditapes philippinarum</i>), Navaja (<i>Solen marginatus</i>), (<i>Ensis siliqua</i>) y (<i>Ensis arcuatus</i>).	ES244MAT000020	Estuario del Eo
1603200003	AST1-03	Litoral Asturiano	Desde la ría del Eo hasta la ría de Tina Mayor (43° 32,05'; 7° 01,38' hasta 43° 23,52'N-1 04° 30,60'W).	A	Erizo de mar (<i>Paracentrotus lividus</i> y <i>Echinus esculentus</i>), Erizo violáceo (<i>Spaerorchinus granulata</i>), Moluscos gasterópodos en general.	ES000MAC000050 ES000MAC000030 ES000MAC000020 ES000MAC000021 ES000MAC000070 ES000MAC000071 ES000MAC000060 ES000MAC000040	Avilés costa Navia costa Costa Oeste Asturias Eo costa Costa Este Asturias Ribadesella costa Gijón costa Nalón costa

(1) Clasificación según el RD 571/1999:
 Zonas tipo A: Los moluscos vivívoros vivos tendrán menos de 300 coliformes fecales o menos de 230 E. coli por cada 100 g de carne de molusco y líquido intervalvar en una prueba de NMP (NPP) en la que se utilicen cinco tubos y tres diluciones.
 Zonas tipo B: Los moluscos bivalvos vivos en estas zonas protegidas presentarán un índice igual o inferior a 6000 coliformes fecales por cada 100 g de carne o 4600 E. coli por cada 100 g de carne en el 90 % de las muestras, en una prueba NMP en la que se utilicen cinco tubos y tres diluciones.

Tabla 19. Zonas de producción de moluscos y otros invertebrados presentes en las proximidades a la zona seleccionada para el posible vertido de la mina de Salave en Tapia de Casariego.

2.7.4. Zonas de uso recreativo

Según los datos publicados en la página web del Sistema de Información Nacional de Aguas de Baño (Nayade) del Ministerio de Sanidad, Consumo y Bienestar Social (<https://nayadeciudadano.msssi.es/>), en la zona de estudio se dispone de datos de seguimiento de 5 zonas de baño. Estas serían las playas de Anguileiro y Serantes, en el municipio de Tapia de Casariego, de Peñarronda y Arnao, en el municipio de Castropol, y de Porcía, en el municipio de El Franco. En todos los casos, las playas han sido declaradas aptas para el baño según los resultados de las analíticas realizadas durante los últimos 4 años, destacando únicamente un incidente puntual en la playa de Anguileiro en julio de 2018 (de la Tabla 20 a la Tabla 24).

Playa de Anguileiro			
Fecha Toma	Escherichia coli	Enterococo	Observaciones
27/08/2018	20 NMP/100 mL	10 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
13/08/2018	52 NMP/100 mL	41 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
31/07/2018	31 NMP/100 mL	20 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
16/07/2018	41 NMP/100 mL	10 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
05/07/2018	529 NMP/100 mL	299 NMP/100 mL	Recomendación de no baño
04/06/2018	41 NMP/100 mL	10 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
18/09/2017	122 NMP/100 mL	121 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
04/09/2017	10 NMP/100 mL	5 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
21/08/2017	5 NMP/100 mL	5 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
07/08/2017	5 NMP/100 mL	5 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
24/07/2017	5 NMP/100 mL	5 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
10/07/2017	41 NMP/100 mL	5 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
26/06/2017	109 NMP/100 mL	31 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
12/06/2017	323 NMP/100 mL	10 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
30/05/2017	146 NMP/100 mL	10 NMP/100 mL	Sin Calificar
19/09/2016	109 NMP/100 mL	15 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
05/09/2016	7 NMP/100 mL	7 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
22/08/2016	15 NMP/100 mL	15 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
10/08/2016	7 NMP/100 mL	7 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
25/07/2016	353 NMP/100 mL	61 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
11/07/2016	30 NMP/100 mL	46 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
27/06/2016	30 NMP/100 mL	7 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
13/06/2016	30 NMP/100 mL	15 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
30/05/2016	77 NMP/100 mL	46 NMP/100 mL	Sin Calificar
14/09/2015	7 NMP/100 mL	7 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
31/08/2015	61 NMP/100 mL	7 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
18/08/2015	7 NMP/100 mL	7 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
03/08/2015	7 NMP/100 mL	7 UFC/100 mL	Zona Apta para el baño
20/07/2015	7 NMP/100 mL	7 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
06/07/2015	270 NMP/100 mL	108 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
22/06/2015	127 NMP/100 mL	7 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
08/06/2015	30 NMP/100 mL	15 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño

Tabla 20. Resultados del seguimiento de la calidad en las zonas de baño de Anguileiro.

Playa de Serantes			
Fecha Toma	Escherichia coli	Enterococo	Observaciones
10/09/2018	148 NMP/100 mL	96 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
03/09/2018	262 NMP/100 mL	52 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
28/08/2018	20 NMP/100 mL	10 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
16/08/2018	488 NMP/100 mL	74 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
30/07/2018	487 NMP/100 mL	41 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
23/07/2018	327 NMP/100 mL	96 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
16/07/2018	20 NMP/100 mL	20 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
19/06/2018	20 NMP/100 mL	10 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
31/05/2018	52 NMP/100 mL	10 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
18/09/2017	20 NMP/100 mL	5 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
04/09/2017	20 NMP/100 mL	5 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
21/08/2017	10 NMP/100 mL	5 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
07/08/2017	5 NMP/100 mL	5 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
24/07/2017	5 NMP/100 mL	5 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
10/07/2017	63 NMP/100 mL	5 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
26/06/2017	272 NMP/100 mL	122 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
12/06/2017	199 NMP/100 mL	20 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
01/06/2017	199 NMP/100 mL	52 NMP/100 mL	Sin Calificar
19/09/2016	46 NMP/100 mL	7 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
05/09/2016	7 NMP/100 mL	7 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
22/08/2016	7 NMP/100 mL	7 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
10/08/2016	46 NMP/100 mL	7 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
27/07/2016	77 NMP/100 mL	30 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
11/07/2016	15 NMP/100 mL	30 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
27/06/2016	15 NMP/100 mL	7 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
13/06/2016	7 NMP/100 mL	15 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
30/05/2016	7 NMP/100 mL	7 NMP/100 mL	Sin Calificar
14/09/2015	263 NMP/100 mL	7 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
31/08/2015	7 NMP/100 mL	7 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
18/08/2015	7 NMP/100 mL	7 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
03/08/2015	7 NMP/100 mL	7 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
20/07/2015	15 NMP/100 mL	7 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
06/07/2015	371 NMP/100 mL	159 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
24/06/2015	110 NMP/100 mL	15 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
08/06/2015	485 NMP/100 mL	46 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño

Tabla 21. Resultados del seguimiento de la calidad en las zonas de baño de Serrantes.

Playa de Arnao			
Fecha Toma	Escherichia coli	Enterococo	Observaciones
28/08/2018	10 NMP/100 mL	10 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
13/08/2018	20 NMP/100 mL	86 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
31/07/2018	10 NMP/100 mL	10 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
16/07/2018	20 NMP/100 mL	20 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
02/07/2018	161 NMP/100 mL	20 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
04/06/2018	10 NMP/100 mL	10 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
18/09/2017	20 NMP/100 mL	10 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
04/09/2017	74 NMP/100 mL	20 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
21/08/2017	20 NMP/100 mL	5 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
07/08/2017	5 NMP/100 mL	5 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
24/07/2017	5 NMP/100 mL	5 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
10/07/2017	5 NMP/100 mL	5 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
26/06/2017	10 NMP/100 mL	5 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
12/06/2017	5 NMP/100 mL	10 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
29/05/2017	30 NMP/100 mL	5 NMP/100 mL	Sin Calificar
19/09/2016	7 NMP/100 mL	7 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
05/09/2016	7 NMP/100 mL	7 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
22/08/2016	7 NMP/100 mL	7 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
08/08/2016	7 NMP/100 mL	7 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
25/07/2016	30 NMP/100 mL	7 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
11/07/2016	7 NMP/100 mL	7 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
27/06/2016	7 NMP/100 mL	7 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
13/06/2016	143 NMP/100 mL	61 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
30/05/2016	61 NMP/100 mL	7 NMP/100 mL	Sin Calificar
14/09/2015	30 NMP/100 mL	7 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
31/08/2015	30 NMP/100 mL	7 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
18/08/2015	7 NMP/100 mL	7 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
03/08/2015	15 NMP/100 mL	7 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
20/07/2015	15 NMP/100 mL	7 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
06/07/2015	7 NMP/100 mL	7 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
22/06/2015	30 NMP/100 mL	15 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
08/06/2015	7 NMP/100 mL	7 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño

Tabla 22. Resultados del seguimiento de la calidad en las zonas de baño de Arnao.

Playa de Peñarredonda			
Fecha Toma	Escherichia coli	Enterococo	Observaciones
28/08/2018	10 NMP/100 mL	10 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
13/08/2018	20 NMP/100 mL	41 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
31/07/2018	10 NMP/100 mL	10 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
16/07/2018	20 NMP/100 mL	10 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
05/07/2018	20 NMP/100 mL	10 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
04/06/2018	10 NMP/100 mL	10 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
18/09/2017	20 NMP/100 mL	5 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
04/09/2017	5 NMP/100 mL	5 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
21/08/2017	5 NMP/100 mL	5 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
07/08/2017	5 NMP/100 mL	5 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
24/07/2017	10 NMP/100 mL	5 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
10/07/2017	10 NMP/100 mL	10 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
26/06/2017	5 NMP/100 mL	10 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
12/06/2017	10 NMP/100 mL	5 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
29/05/2017	41 NMP/100 mL	5 NMP/100 mL	Sin Calificar
19/09/2016	77 NMP/100 mL	7 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
05/09/2016	7 NMP/100 mL	7 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
22/08/2016	7 NMP/100 mL	7 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
08/08/2016	7 NMP/100 mL	7 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
25/07/2016	7 NMP/100 mL	7 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
11/07/2016	7 NMP/100 mL	7 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
27/06/2016	7 NMP/100 mL	7 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
13/06/2016	7 NMP/100 mL	7 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
30/05/2016	7 NMP/100 mL	7 NMP/100 mL	Sin Calificar
14/09/2015	30 NMP/100 mL	15 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
31/08/2015	7 NMP/100 mL	15 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
18/08/2015	7 NMP/100 mL	7 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
03/08/2015	266 NMP/100 mL	7 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
20/07/2015	30 NMP/100 mL	7 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
06/07/2015	15 NMP/100 mL	15 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
22/06/2015	30 NMP/100 mL	7 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
08/06/2015	197 NMP/100 mL	15 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño

Tabla 23. Resultados del seguimiento de la calidad en las zonas de baño de Peñarredonda.

Playa de Porcía			
Fecha Toma	Escherichia coli	Enterococo	Observaciones
04/09/2018	10 NMP/100 mL	30 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
20/08/2018	31 NMP/100 mL	41 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
16/08/2018	10 NMP/100 mL	10 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
07/08/2018	75 NMP/100 mL	75 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
24/07/2018	41 NMP/100 mL	20 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
17/07/2018	41 NMP/100 mL	75 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
10/07/2018	52 NMP/100 mL	10 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
26/06/2018	226 NMP/100 mL	131 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
07/06/2018	63 NMP/100 mL	41 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
19/09/2017	41 NMP/100 mL	5 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
05/09/2017	31 NMP/100 mL	10 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
22/08/2017	75 NMP/100 mL	30 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
10/08/2017	41 NMP/100 mL	86 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
25/07/2017	10 NMP/100 mL	20 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
11/07/2017	20 NMP/100 mL	10 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
27/06/2017	41 NMP/100 mL	20 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
13/06/2017	52 NMP/100 mL	31 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
30/05/2017	120 NMP/100 mL	10 NMP/100 mL	Sin Calificar
20/09/2016	30 NMP/100 mL	7 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
06/09/2016	61 NMP/100 mL	15 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
23/08/2016	15 NMP/100 mL	7 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
09/08/2016	15 NMP/100 mL	7 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
26/07/2016	7 NMP/100 mL	30 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
12/07/2016	15 NMP/100 mL	7 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
28/06/2016	7 NMP/100 mL	15 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
14/06/2016	61 NMP/100 mL	15 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
31/05/2016	110 NMP/100 mL	7 NMP/100 mL	Sin Calificar
15/09/2015	110 NMP/100 mL	126 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
31/08/2015	110 NMP/100 mL	30 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
19/08/2015	61 NMP/100 mL	15 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
04/08/2015	77 NMP/100 mL	7 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
20/07/2015	7 NMP/100 mL	15 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
07/07/2015	7 NMP/100 mL	7 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
23/06/2015	15 NMP/100 mL	7 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño
08/06/2015	7 NMP/100 mL	7 NMP/100 mL	Zona Apta para el baño

Tabla 24. Resultados del seguimiento de la calidad en las zonas de baño de Porcía.

2.8. Zonificación del medio

Las masas de agua "Eo costa" y "Costa Oeste Asturias" cubre una gran extensión del litoral asturiano, por lo que la zonificación del medio y su posible afección se analizan en base a las figuras de protección presentes en el entorno próximo a la zona objeto de estudio (Tapia de Casariego). En esta área se encuentran numerosas zonas protegidas, por lo que deberán considerarse los requerimientos adicionales descritos anteriormente para las zonas de producción de moluscos, zonas de baño y Espacios Naturales Protegidos.

Tal y como puede apreciarse en la zonificación mostrada en la Figura 13 las zonas protegidas identificadas en el entorno de afección son las siguientes:

- Zona de Producción de moluscos correspondiente a la totalidad del litoral asturiano
- Zonas de baño de Playa de Anguileiro/Los Campos, Playa de Serantes, Playa de Penarronda, Playa de Porcía y Playa de Arnao principalmente.
- ZECs del Río Eo y Río Porcía
- ZECs y ZEPAs de Ría del Eo y Penarronda-Barayo
- Monumento Natural de Playa de Penarronda

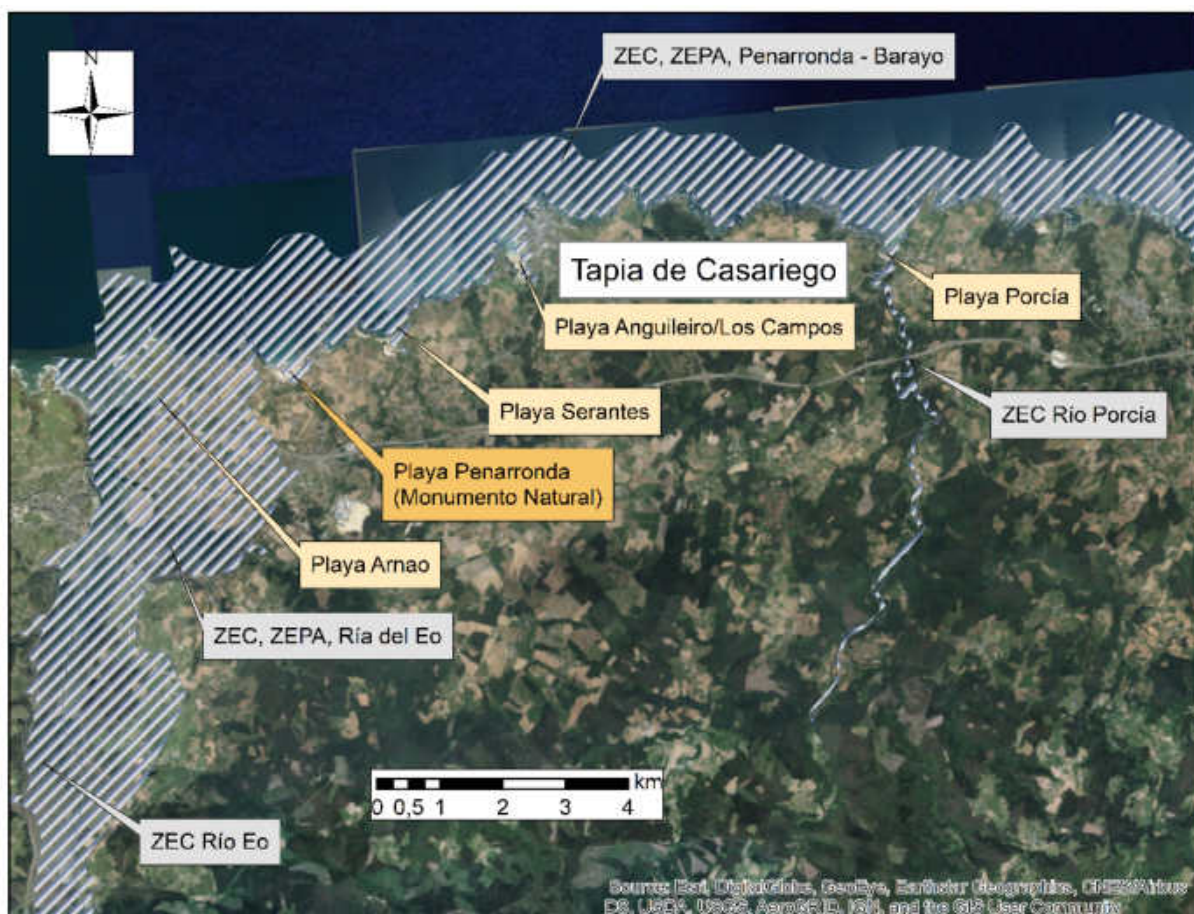


Figura 13. Localización de las distintas zonas de baño y ENPs presentes en las proximidades al punto de vertido. Cabe destacar, además, la presencia de zonas de producción de moluscos y otros invertebrados en la Ría del Eo y en todo el litoral asturiano.

2.9. Características del vertido

Las características del vertido han sido proporcionadas por Exploraciones Mineras del Cantábrico:

- El caudal de vertido se estima en 40 l/s y su temperatura en 30° C.
- En el vertido se consideran dos posibles niveles de concentración diferente en función de que esté compuesto íntegramente por el efluente extraído de los sondeos o que esté formado por los productos resultantes del proceso productivo (Tabla 25):

Parámetros en Agua	Agua proveniente de los sondeos	Producto resultante de los procesos productivos
Antimonio Total (µg/l)	0.2	278.25
Arsénico Total (µg/l)	9.6	370.4
Cadmio Total (µg/l)	0.9	0.65
Calcio (mg/l)	12	45.9
COT (mg/l)	2.3	4.15
Cianuro Total (mg/l)	0	0
Cloruros (mg/l)	47.7	58.6
Cobalto total (µg/l)	14.4	11.85
Cobre Total (µg/l)	16.6	16.9
Conductividad eléctrica (µS/cm a 25°C)	302.5	553.2
Cromo Total (µg/l)	1.1	7.5
DQO (mg/l)	9	70
Estaño total (µg/l)	0	0.7
Fluoruros (mg/l)	0	0.25
Hierro total (µg/l)	5	329.55
Magnesio (mg/l)	11.6	16.35
Manganeso total (µg/l)	94.1	105.45
Molibdeno total (µg/l)	2.8	16
Níquel total (µg/l)	1.1	3.8
Plata total (µg/l)	0.2	0.9
Plomo total (µg/l)	3.9	4.4
Potasio (mg/l)	1	12.4
Selenio total (µg/l)	1.3	1.5
Silicio (mg/l)	13.8	13.6
Sodio (mg/l)	35.9	46.6
Sulfatos (mg/l)	8.9	109.9
Sulfitos (mg/l)	0.5	0.75
Zinc Total (µg/l)	80.3	130.5

Tabla 25. Concentración que presentará el vertido si está formado por el agua extraída de los sondeos o si está formada por los productos resultantes del proceso productivo.

- La concentración de sedimento máxima que puede ser vertida por año se estima en 300.000 t/año siendo en el 99% menores de 63 µm.
- Los sólidos vertidos son compuestos mineralógicos (sulfuros refractarios en un 0,4% y silicatos en un 99,6%) que, según la información proporcionada por Exploraciones Mineras del Cantábrico, no reaccionan con el agua y, por lo tanto, no liberan concentraciones de sustancias tóxicas al medio acuático.

2.10. Informes previos

Para la realización de este estudio se ha contado con la información de los cálculos preliminares recogidos en el "Estudio preliminar de un emisario submarino en Tapia de Casariego, IHCantabria 2018", en el que se desarrollaron las siguientes actividades:

- Análisis funcional preliminar del emisario submarino.
- Cálculo preliminar de la dilución inicial del emisario submarino.
- Cálculo preliminar del transporte de material sólido en la zona de descarga del emisario submarino.

3. ESTUDIO HIDRODINÁMICO.

3.1. Introducción.

Para realizar el estudio de la posible evolución de la dinámica sedimentaria en el medio marino, es condición indispensable conocer el campo de velocidades en cada punto de la zona de interés.

En este estudio se calculan las corrientes barotrópicas y baroclínicas debidas a la acción de la marea astronómica, meteorológica, gradientes de densidad y la acción del oleaje.

Para el modelado matemático de estas corrientes, se realiza la integración numérica de las ecuaciones de cantidad de movimiento, de transporte y de continuidad, empleando métodos numéricos que precisan generar una malla que abarque la zona de interés y que contenga las profundidades en cada punto.

Estas corrientes serán generadas mediante la aplicación del modelo hidrodinámico Delft3D acoplado con el modelo de propagación del oleaje SWAN.

3.2. Metodología.

Para obtener las características de las corrientes a la escala requerida por este estudio (local) es necesario aplicar una metodología que utilice las mejores bases de datos disponibles, tanto instrumentales como numéricas, y modelos numéricos que sean capaces de reproducir las corrientes generadas por las dinámicas relevantes en la zona de estudio: marea astronómica, marea meteorológica (viento y presión), gradientes de densidad y efecto del oleaje sobre las corrientes.

Por lo tanto, la metodología que se propone en este trabajo se basa en la utilización de un año de corrientes hidrodinámicamente promedio, de acuerdo a la magnitud de la corriente, obtenido del sistema operacional de corrientes CMEMS, proporcionando para la zona de estudio información de corrientes, niveles, temperatura y salinidad. La información de viento y oleaje en la zona de estudio se extraerá de las bases de datos IHData y DOW, ambas desarrolladas por IHCantabria.

La selección del año promedio se ha llevado a cabo mediante de la información hidrodinámica en el área de estudio proporcionada por la base de datos CMEMS. En concreto, se han analizado las series temporales de corriente en la zona de estudio y se ha seleccionado el año que presenta una menor variación frente al valor promedio y percentil 50 de las corrientes de la serie total disponible.

Para obtener las corrientes en la zona de estudio a una escala adecuada se ha aplicado una técnica denominada anidamiento de mallas, que consiste en ir aumentando la resolución de los resultados utilizando sucesivas mallas numéricas que se van pasando información unas a otras. Este proceso es necesario ya que las corrientes son muy dependientes de la batimetría y de los contornos de la costa, aspectos que se van mejorando a medida que se aumenta la resolución (disminuye tamaño de celda) de las mallas numéricas.

Por otro lado, el aumento de resolución tiene que buscar un equilibrio entre la calidad de los resultados deseada y un esfuerzo computacional realista. En este caso, como malla de detalle se ha utilizado una malla con un tamaño variable (con resolución mínima de 25 m

y máxima de 100 m), anidada al sistema CMEMS. En la Figura 14 se muestra un esquema del anidamiento realizado y la batimetría y cobertura espacial de la malla de detalle para ambas alternativas planteadas en la primera parte de esta metodología.

Malla Sistema CMEMS

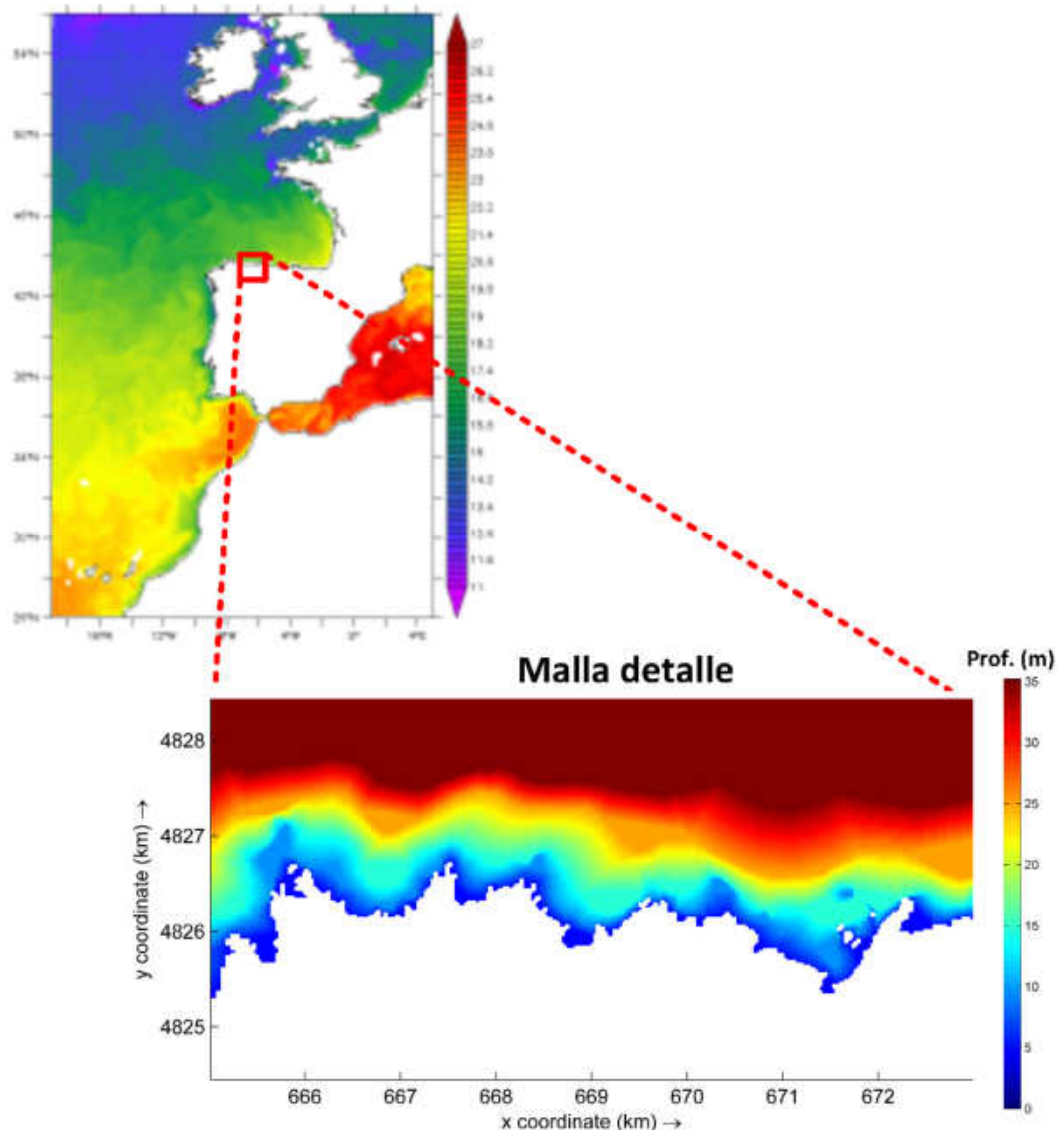


Figura 14. Anidamiento de mallas para calcular corrientes en la zona de estudio.

El modelo hidrodinámico utilizado para resolver las corrientes en la malla de detalle, es el modelo Delft3D (Roelvink y van Banning, 1994; WL/Delft Hydraulics, 2006).

En la Figura 15, se muestra el esquema de la metodología descrita para la generación de la hidrodinámica en la zona de estudio.

El efecto del oleaje en la malla de detalle es introducido mediante la aplicación del modelo SWAN (Booij et al. 1999) y las variaciones que éste ejerce sobre las corrientes modeladas con Delft3D son obtenidas mediante la interacción ola-corriente de Groeneweg (1999).

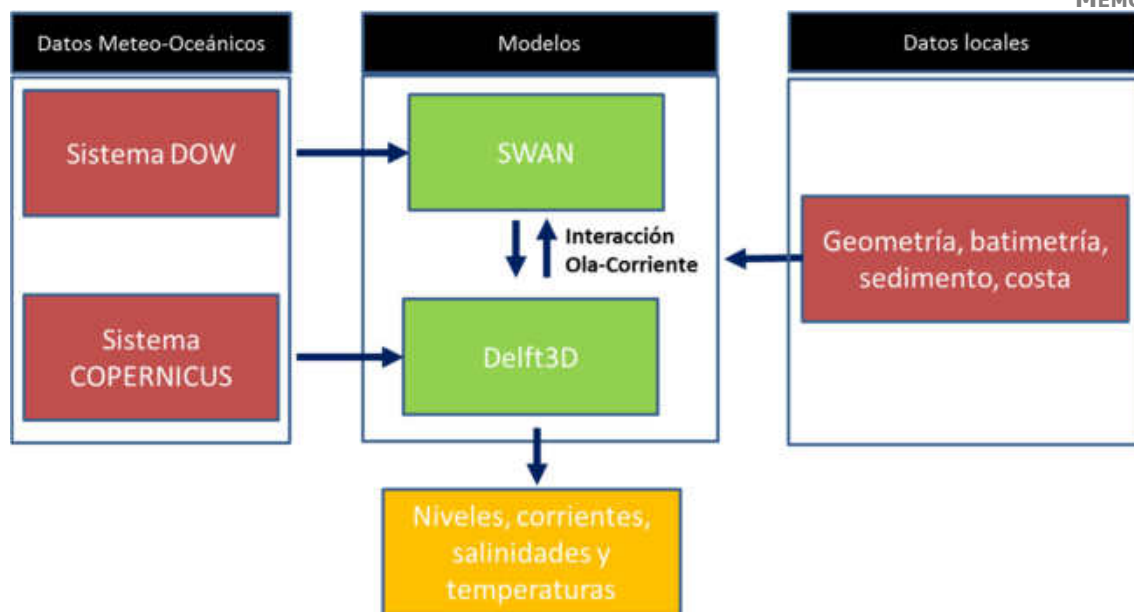


Figura 15. Metodología para la obtención de la hidrodinámica en la zona de estudio.

3.3. Modelos de cálculo para el estudio hidrodinámico

3.3.1. Modelo hidrodinámico Delft3D.

Delft3D es un sistema de modelado integrado de flujo y transporte orientado al medioambiente acuático que resuelve las ecuaciones no lineales 2D (promediado en profundidad) y 3D para aguas someras (shallow water equations). Las formulaciones matemáticas incluidas en el modelo permiten tener en cuenta los siguientes fenómenos físicos.

- Efectos de la rotación de la Tierra (fuerza de Coriolis).
- Efectos baroclínicos.
- Masas de turbulencia inducida y flujos de momentos (modelos de cierre turbulento).
- Transporte de salinidad, temperatura y otras sustancias conservativas.
- Forzamientos de marea en contornos abiertos.
- Variaciones espacial y temporal de la tensión tangencial del viento en la superficie de la masa de agua.
- Variaciones espaciales de la tensión tangencial en el fondo.
- Variaciones espacial y temporal de la presión atmosférica en la superficie.
- Variación temporal de fuentes y sumideros (i.e. descargas en ríos).
- Inundación y secado de llanuras mareales.
- Flujos de calor.
- Efecto del oleaje.
- Flujo sobre estructuras hidráulicas.

3.3.1.1. Discretización del dominio.

En la dirección horizontal el modelo hace uso de coordenadas ortogonales curvilíneas. Son válidos dos sistemas de coordenadas:

- Coordenadas cartesianas (ξ, η)
- Coordenadas esféricas (λ, φ)

En la dirección vertical pueden utilizarse dos sistemas de malla vertical diferentes: el sistema de coordenadas σ (σ -model) y el sistema de coordenadas Cartesiano Z (Z-model). Las ecuaciones hidrodinámicas descritas en este documento son válidas para el sistema de coordenadas σ . Las ecuaciones para el sistema Z son similares.

La malla σ consiste en capas contenidas por dos planos sigma, no estrictamente horizontales pero que siguen la topografía del fondo y la superficie libre. Como la malla σ es un contorno a medida entre el fondo y la superficie libre en movimiento se obtiene una representación suave de la topografía.

El número de capas en el área computacional total será constante, independientemente de la profundidad local del agua (Figura 16). La distribución del espesor relativo de cada capa no es uniforme. Esto permite mayor resolución en zonas de interés como cerca de la superficie (importancia en flujos generados por viento, intercambio de calor con la atmósfera) y cerca del fondo (transporte de sedimentos).

El sistema de coordenadas σ se define como:

$$\sigma = \frac{z - \zeta}{d + \zeta} = \frac{z - \zeta}{H} \quad (3.1)$$

donde:

z	coordenada vertical en el espacio físico
ζ	elevación de la superficie libre sobre el plano de referencia (en $z = 0$)
d	profundidad bajo el plano de referencia
H	profundidad total, dada por: $H = d + \zeta$

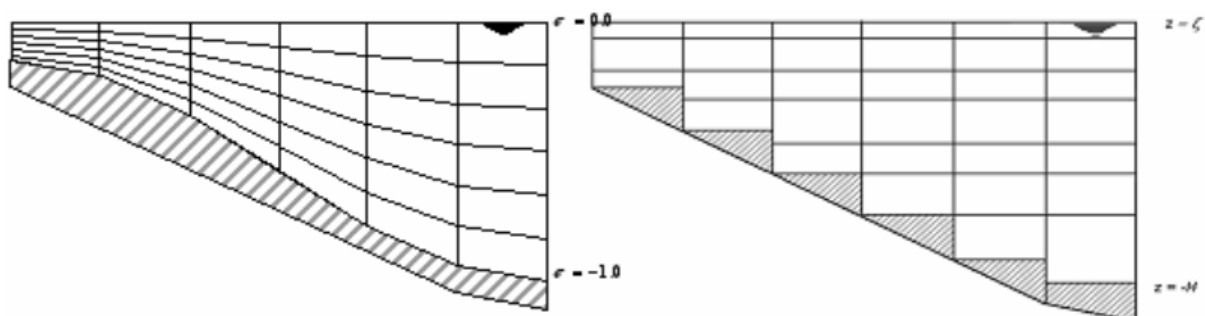


Figura 16. Ejemplo de malla σ (izquierda) y malla Z (derecha).

3.3.1.2. Ecuaciones de gobierno.

Como se ha comentado anteriormente, el modelo resuelve las ecuaciones de aguas someras que se concretan en las siguientes expresiones:

Ecuación de continuidad

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{1}{\sqrt{G_{\xi\xi}}\sqrt{G_{\eta\eta}}} \frac{\partial [(d+\zeta)u\sqrt{G_{\eta\eta}}]}{\partial \xi} + \frac{1}{\sqrt{G_{\xi\xi}}\sqrt{G_{\eta\eta}}} \frac{\partial [(d+\zeta)v\sqrt{G_{\xi\xi}}]}{\partial \eta} + \frac{\partial \omega}{\partial \sigma} = H(q_{in} - q_{out}) + P + E \quad (3.2)$$

donde u , v y w son las componentes de la velocidad en las direcciones ξ , η y σ , respectivamente, q_{in} , q_{out} son fuente y sumidero de agua por unidad de volumen [1/s], $\sqrt{G_{\eta\eta}}$ y $\sqrt{G_{\xi\xi}}$ son coeficientes de conversión entre coordenadas curvilíneas y ortogonales y P y E son términos fuente de precipitación y evaporación, respectivamente, que pueden actuar en superficie.

Ecuaciones de conservación de cantidad de movimiento

Las ecuaciones de conservación de la cantidad de movimiento en las direcciones ξ y η vienen dadas por:

$$\begin{aligned} \frac{\partial u}{\partial t} + \frac{u}{\sqrt{G_{\xi\xi}}} \frac{\partial u}{\partial \xi} + \frac{v}{\sqrt{G_{\eta\eta}}} \frac{\partial u}{\partial \eta} + \frac{\omega}{d+\zeta} \frac{\partial u}{\partial \sigma} - \frac{v^2}{\sqrt{G_{\xi\xi}}\sqrt{G_{\eta\eta}}} \frac{\partial \sqrt{G_{\eta\eta}}}{\partial \xi} + \frac{uv}{\sqrt{G_{\xi\xi}}\sqrt{G_{\eta\eta}}} \frac{\partial \sqrt{G_{\xi\xi}}}{\partial \eta} - fv = \\ - \frac{1}{\rho_0 \sqrt{G_{\xi\xi}}} P_\xi + \frac{1}{\sqrt{G_{\xi\xi}}} \frac{\partial \tau_{\xi\xi}}{\partial \xi} + \frac{1}{\sqrt{G_{\eta\eta}}} \frac{\partial \tau_{\xi\eta}}{\partial \eta} + \frac{1}{(d+\zeta)^2} \frac{\partial}{\partial \sigma} \left(\nu_V \frac{\partial u}{\partial \sigma} \right) + M_\xi \end{aligned} \quad (3.3)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial v}{\partial t} + \frac{u}{\sqrt{G_{\xi\xi}}} \frac{\partial v}{\partial \xi} + \frac{v}{\sqrt{G_{\eta\eta}}} \frac{\partial v}{\partial \eta} + \frac{\omega}{d+\zeta} \frac{\partial v}{\partial \sigma} - \frac{uv}{\sqrt{G_{\xi\xi}}\sqrt{G_{\eta\eta}}} \frac{\partial \sqrt{G_{\eta\eta}}}{\partial \xi} + \frac{u^2}{\sqrt{G_{\xi\xi}}\sqrt{G_{\eta\eta}}} \frac{\partial \sqrt{G_{\xi\xi}}}{\partial \eta} + fu = \\ - \frac{1}{\rho_0 \sqrt{G_{\eta\eta}}} P_\eta + \frac{1}{\sqrt{G_{\xi\xi}}} \frac{\partial \tau_{\eta\xi}}{\partial \xi} + \frac{1}{\sqrt{G_{\eta\eta}}} \frac{\partial \tau_{\eta\eta}}{\partial \eta} + \frac{1}{(d+\zeta)^2} \frac{\partial}{\partial \sigma} \left(\nu_V \frac{\partial v}{\partial \sigma} \right) + M_\eta \end{aligned} \quad (3.4)$$

donde P_ξ y P_η representan los gradientes de presión, $\tau_{\xi\xi}$, $\tau_{\xi\xi}$, $\tau_{\xi\eta}$ y $\tau_{\eta\xi}$ son las tensiones de Reynolds, M_ξ y M_η representan la contribución debida a fuentes y sumideros de cantidad de movimiento externos (fuerzas externas sobre estructuras hidráulicas, descargas y retiradas de agua, tensiones en el fondo, tensiones en la superficie libre, etc...), f es el parámetro de Coriolis que depende de la latitud geográfica y de la velocidad de rotación angular de la Tierra y ν_V representa la viscosidad turbulenta vertical.

La velocidad vertical en el sistema de coordenadas σ se calcula a través de la ecuación de continuidad. La velocidad vertical ω es definida en iso-superficies σ y es la velocidad vertical relativa al movimiento en los planos σ . Esto puede ser interpretado como una velocidad asociada a movimientos de up- o downwelling. Las velocidades verticales "físicas" w en el sistema de coordenadas Cartesiano se obtienen a partir de la siguiente expresión:

$$w = \omega + \frac{1}{\sqrt{G_{\xi\xi}} \sqrt{G_{\eta\eta}}} \left[u \sqrt{G_{\eta\eta}} \left(\sigma \frac{\partial H}{\partial \xi} + \frac{\partial \zeta}{\partial \xi} \right) + v \sqrt{G_{\xi\xi}} \left(\sigma \frac{\partial H}{\partial \eta} + \frac{\partial \zeta}{\partial \eta} \right) \right] + \left(\sigma \frac{\partial H}{\partial t} + \frac{\partial \zeta}{\partial t} \right) \quad (3.5)$$

Bajo la asunción de aguas someras, la ecuación de cantidad de movimiento vertical se reduce a la ecuación de presión hidrostática:

$$\frac{\partial P}{\partial \sigma} = -g \rho H \quad (3.6)$$

La tensión en el fondo para flujos 2D se obtiene según la siguiente expresión:

$$\vec{\tau}_b = \frac{\rho_0 g \vec{U} |\vec{U}|}{C_{2D}^2} \quad (3.7)$$

donde $|\vec{U}|$ es la magnitud de la velocidad horizontal promediada en profundidad y C_{2D} es el coeficiente de Chézy 2D. Este coeficiente puede ser introducido directamente o a través de las formulaciones de Manning o White-Colebrook. En el caso de flujos 3D la tensión en el fondo se obtiene con la siguiente expresión:

$$\vec{\tau}_{b3D} = \frac{g \rho_0 \vec{u}_b |\vec{u}_b|}{C_{3D}^2} \quad (3.8)$$

siendo $|\vec{u}_b|$ la magnitud de velocidad horizontal en la primera capa justo encima del fondo y C_{3D} el coeficiente de Chézy 3D. Dicho coeficiente puede introducirse directamente u obtenerse con las mismas formulaciones que en el caso 2D. Normalmente un cálculo 3D está precedido por un cálculo promediado en profundidad por lo que el coeficiente C_{2D} de Chézy puede ser usado para la calibración del modelo 3D. La diferencia entre el coeficiente de Chézy 2D y 3D depende del espesor relativo de la capa computacional de fondo.

La tensión en la superficie libre generada por el viento se modela según la expresión cuadrática:

$$|\vec{\tau}_s| = \rho_a C_d U_{10}^2 \quad (3.9)$$

donde ρ_a es la densidad del aire, U_{10} es la velocidad del viento a 10 metros sobre la superficie del agua y C_d es el coeficiente de arrastre (dependiente de U_{10}). Esta magnitud es a su vez proyectada en cada una de las direcciones horizontales.

Las tensiones de Reynolds se modelan usando el concepto de viscosidad de remolino (eddy viscosity) y se determinan de acuerdo con las siguientes expresiones:

$$\tau_{\xi\xi} = \frac{2\nu_H}{\sqrt{G_{\xi\xi}}} \left(\frac{\partial u}{\partial \xi} + \frac{\partial u}{\partial \sigma} \frac{\partial \sigma}{\partial \xi} \right) \quad (3.10)$$

$$\tau_{\xi\eta} = \tau_{\eta\xi} = \nu_H \left\{ \frac{1}{\sqrt{G_{\eta\eta}}} \left(\frac{\partial u}{\partial \eta} + \frac{\partial u}{\partial \sigma} \frac{\partial \sigma}{\partial \eta} \right) + \frac{1}{\sqrt{G_{\xi\xi}}} \left(\frac{\partial v}{\partial \xi} + \frac{\partial v}{\partial \sigma} \frac{\partial \sigma}{\partial \xi} \right) \right\} \quad (3.11)$$

$$\tau_{\eta\eta} = \frac{2\nu_H}{\sqrt{G_{\eta\eta}}} \left(\frac{\partial v}{\partial \eta} + \frac{\partial v}{\partial \sigma} \frac{\partial \sigma}{\partial \eta} \right) \quad (3.12)$$

donde ν_H es la viscosidad turbulenta horizontal.

El coeficiente de viscosidad turbulenta horizontal y vertical se define y relaciona por las siguientes expresiones:

$$\nu_H = \nu_{SGS} + \nu_V + \nu_H^{back} \quad (3.13)$$

$$\nu_V = \nu_{mol} + \max(\nu_{3D}, \nu_V^{back}) \quad (3.14)$$

donde ν_{SGS} es la parte del coeficiente de viscosidad turbulenta horizontal que modela los procesos de escalas espaciales menores que el tamaño de la celda, ν_H^{back} y ν_V^{back} son las partes de los coeficientes turbulentos de la viscosidad que modelan la turbulencia asociada al propio medio que se va a estudiar y son definidos por el usuario, ν_{mol} es la viscosidad cinemática molecular y ν_{3D} es la parte del coeficiente de viscosidad turbulento vertical asociado a los procesos tridimensionales.

El modelo Delft3D tiene implementados cuatro modelos de cierre turbulento para determinar ν_V :

- Coeficientes constantes: Es el modelo más simple. Se basa en atribuir un valor constante para la viscosidad turbulenta vertical y horizontal. El resto de los modelos incluidos en Delft3D obtienen la viscosidad turbulenta vertical a través el cálculo de ν_{3D} .
- Modelo de cierre de viscosidad de remolino algebraico (AEM): Es una combinación de dos esquemas de cierre de la turbulencia de orden cero, el modelo de cierre algebraico (ALG) y el modelo de longitud de mezcla de Prandtl (PML) con los que se obtiene el valor de la parte tridimensional ν_{3D} del coeficiente de viscosidad vertical.
- Modelo de cierre turbulento k-L: Esquema de una ecuación en el que la longitud de mezcla L se resuelve de forma analítica y la energía cinética turbulenta k se obtiene mediante la resolución de una ecuación de transporte para la misma. Mediante estos valores se obtiene ν_{3D} .

- Modelo de cierre turbulento K-ε: Esquema de dos ecuaciones que resuelve una ecuación de transporte tanto para la energía cinética turbulenta k como para la disipación de energía ε y a partir de estos dos valores se determina el valor de v_{3D} .

Ecuación de transporte (coordenada σ)

El modelado del transporte de materia y calor se lleva a cabo mediante la ecuación de advección-difusión en las tres direcciones espaciales. Los términos fuente y sumidero están incluidos en la simulación de descarga y retirada. La ecuación de transporte se presenta formulada en forma conservativa en coordenadas curvilíneas ortogonales en la dirección horizontal y coordenadas σ en la dirección vertical:

$$\frac{\partial(d+\zeta)c}{\partial t} + \frac{1}{\sqrt{G_{\xi\xi}}\sqrt{G_{\eta\eta}}} \left\{ \frac{\partial[\sqrt{G_{\eta\eta}}(d+\zeta)uc]}{\partial\xi} + \frac{\partial[\sqrt{G_{\xi\xi}}(d+\zeta)vc]}{\partial\eta} \right\} + \frac{\partial\omega c}{\partial\sigma} =$$

$$\frac{d+\zeta}{\sqrt{G_{\xi\xi}}\sqrt{G_{\eta\eta}}} \left\{ \frac{\partial}{\partial\xi} \left(D_H \frac{\sqrt{G_{\eta\eta}}}{\sqrt{G_{\xi\xi}}} \frac{\partial c}{\partial\xi} \right) + \frac{\partial}{\partial\eta} \left(D_H \frac{\sqrt{G_{\xi\xi}}}{\sqrt{G_{\eta\eta}}} \frac{\partial c}{\partial\eta} \right) \right\} + \frac{1}{d+\zeta} \frac{\partial}{\partial\sigma} \left(D_V \frac{\partial c}{\partial\sigma} \right) - \lambda_d(d+\zeta)c + S \quad (3.15)$$

con D_H como coeficiente de difusión turbulenta horizontal y D_V como coeficiente de difusión turbulenta vertical. λ_d representa el proceso de decaimiento de primer orden y S los términos de fuente y sumidero por unidad de área debidos a la descarga q_{in} o a la retirada q_{out} de agua, y/o al intercambio de calor a través de la superficie libre Q_{tot} :

El modelo hidrodinámico Delft3D define y relaciona los coeficientes de difusividad turbulenta horizontal y vertical según las siguientes expresiones:

$$D_H = D_{SGS} + D_V + D_H^{back} \quad (3.16)$$

$$D_V = \frac{v_{mol}}{\sigma_{mol}} + \max(D_{3D}, D_V^{back}) \quad (3.17)$$

donde σ_{mol} es el número de Schmidt para la difusión de materias disueltas o el número de Prandtl para la difusión del calor, D_H^{back} y D_V^{back} son las partes de los coeficientes de viscosidad turbulentos asociados a la difusión del medio y son definidos por el usuario, D_{SGS} es la parte del coeficiente de difusividad turbulenta asociada los efectos que se producen en escalas menores que la celda y D_{3D} es la parte del coeficiente de difusividad turbulento vertical asociado a procesos tridimensionales.

El coeficiente D_{3D} se obtiene a través de V_{3D} según:

$$D_{3D} = \frac{V_{3D}}{\sigma_c} \quad (3.18)$$

Donde σ_c es el número turbulento de Schmidt, que suele tomar valores entre 0,7 y 1. Similarmente a la viscosidad turbulenta, con el modelo de cierre de coeficientes constantes, los valores de D_H y D_V pueden definirse por el usuario.

Ecuación de estado

La ecuación de estado utilizada por el modelo Delft3D se define por defecto como la formulación propuesta por la UNESCO (UNESCO, 1981) para la definición de la densidad del agua de mar. El rango de validez de esta formulación se encuentra determinado en los rangos $0 < t < 40$ °C, $0.5 < s < 43$ ppt. Su expresión es la siguiente:

$$\rho = \rho_0 + A \cdot s + B \cdot s^{3/2} + C \cdot s^2 \quad (3.19)$$

donde

$$\rho_0 = 999.842594 + 6.793952 \cdot 10^{-2} t - 9.095290 \cdot 10^{-3} t^2 + 1.001685 \cdot 10^{-4} t^3 - 1.120083 \cdot 10^{-6} t^4 + 6.536332 \cdot 10^{-9} t^5 \quad (3.20)$$

$$A = 8.24493 \cdot 10^{-1} - 4.0899 \cdot 10^{-3} t + 7.6438 \cdot 10^{-5} t^2 - 8.2467 \cdot 10^{-7} t^3 - 5.3875 \cdot 10^{-9} t^4 \quad (3.21)$$

$$B = -5.72466 \cdot 10^{-3} + 1.0227 \cdot 10^{-4} t - 1.6546 \cdot 10^{-6} t^2 \quad (3.22)$$

$$C = 4.8314 \cdot 10^{-4} \quad (3.23)$$

donde ρ es la densidad del agua de mar, t es la temperatura del agua y s la salinidad.

3.3.2. Descripción del modelo de propagación de oleaje SWAN.

El modelo de propagación energético SWAN, desarrollado por Delft University of Technology, está basado en la resolución de la ecuación de acción de onda (Booij et al., 1999).

Esta base teórica genera uno de los principales atractivos de este modelo, que es la posibilidad de propagar oleaje en todas las direcciones. Además es posible la aplicación de este tipo de modelos a extensas superficies, ya que no requiere un número mínimo de puntos de cálculo por longitud de onda. Por otro lado, las últimas versiones de este modelo (tercera generación) han incorporado fenómenos exclusivos de profundidades someras, como son la rotura del oleaje y las interacciones no lineales (triadas), que han permitido ampliar el rango de aplicación de estos modelos. Al ser un modelo energético se consigue simular la generación de oleaje por viento.

La ecuación que resuelve el modelo de propagación SWAN es la siguiente:

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial c_x N}{\partial x} + \frac{\partial c_y N}{\partial y} + \frac{\partial c_\sigma N}{\partial \sigma} + \frac{\partial c_\theta N}{\partial \theta} = \frac{S}{\sigma} \quad (3.24)$$

$$N(\sigma, \theta) = \frac{E(\sigma, \theta)}{\sigma} \quad (3.25)$$

Se trata de una ecuación de transporte de energía, en el que las variaciones locales de la energía espectral en el tiempo y las variaciones del flujo de energía en el espacio se compensan con las salidas y entradas de energía al sistema. En este caso el espacio presenta cuatro dimensiones, dos correspondientes al espacio geográfico x e y , las otras al espacio espectral, siendo la frecuencia y la dirección sus componentes.

Se considera la densidad de acción $N(\sigma, \theta)$ en lugar de la densidad de energía espectral $E(\sigma, \theta)$ porque en presencia de corrientes se conserva la densidad de acción y no la densidad de energía. Las variables independientes son σ (frecuencia relativa, en el caso de corrientes), y θ (dirección de incidencia del oleaje).

En la ecuación presentada el primer término en la parte izquierda de la ecuación, representa la variación local de la densidad de acción en el tiempo, el segundo y el tercer término representan la propagación de la acción en el espacio geográfico (siendo C_x y C_y la velocidad de propagación de la energía del oleaje en la dirección x e y , respectivamente). El cuarto término representa el cambio en la frecuencia relativa debido a variaciones en la profundidad y en las corrientes (C_σ , representa la velocidad de propagación en el espacio frecuencial). El quinto término representa la refracción inducida por la profundidad o las corrientes (siendo C_θ , la velocidad de propagación en el espacio direccional).

El término localizado en la parte derecha de la ecuación, representa las fuentes y sumideros de la energía espectral. Este término contempla: la generación de oleaje por viento, la disipación de energía por "whitecapping", por fricción con el fondo y por rotura del oleaje, así como las interacciones no lineales del oleaje (triadas y cuádruplas).

Las expresiones de las velocidades de propagación de la densidad de energía en las diferentes dimensiones están tomadas de la teoría lineal, presentado las expresiones siguientes:

$$C_x = \frac{dx}{dt} = \frac{1}{2} \left[1 + \frac{2kd}{\sinh 2kd} \right] \frac{\sigma k_x}{k^2} + U_x \quad (3.26)$$

$$C_y = \frac{dy}{dt} = \frac{1}{2} \left[1 + \frac{2kd}{\sinh 2kd} \right] \frac{\sigma k_y}{k^2} + U_y \quad (3.27)$$

$$C_\sigma = \frac{d\sigma}{dt} = \frac{\partial \sigma}{\partial d} \left[\frac{\partial d}{\partial t} + \bar{U} \cdot \nabla d \right] - c_g \bar{k} \cdot \frac{\partial \bar{U}}{\partial s} \quad (3.28)$$

$$C_\theta = \frac{\partial \theta}{\partial t} = -\frac{1}{k} \left[\frac{\partial \sigma}{\partial d} \frac{\partial d}{\partial m} + \bar{k} \cdot \frac{\partial \bar{U}}{\partial m} \right] \quad (3.29)$$

donde,

$\bar{k} = (k_x, k_y)$ es el número de onda de magnitud k (relacionado con σ a través de la ecuación de la dispersión de teoría lineal).

d : profundidad o calado

$\bar{U} = (U_x, U_y)$: velocidad de la corriente

s : coordenada espacial en la dirección de propagación θ

m : coordenada espacial en la dirección perpendicular a s .

3.4. Elección del periodo de cálculo.

Para la caracterización de la hidrodinámica en la malla de detalle, se necesita de la información de diferentes forzamientos océano-meteorológicos para llevar a cabo la simulación. Dichos forzamientos en los contornos de la malla se obtendrán de CMEMS. La hidrodinámica resultado va a ser la información de entrada para un modelo de transporte, que analice la evolución de los efluentes provenientes del emisario submarino de la mina de Salave durante un periodo temporal de un año.

Como se ha comentado en el capítulo 2 de este informe, se dispone de la información de reanálisis de corrientes del sistema CMEMS en el área de estudio debida a la acción de marea astronómica y meteorológica en el periodo 2003-2014.

Se ha analizado la magnitud de las corrientes en la zona próxima a la traza del emisario recogida en el "Estudio preliminar de un emisario submarino en Tapia de Casariego, IHCantabria 2018", durante el periodo de información disponible, obteniendo el valor medio y percentil 50 respecto de su función de distribución acumulada de corrientes.

Para la realización de este estudio se ha optado por la utilización de un año medio en cuanto a la magnitud de las corrientes en la zona de vertido del emisario, de acuerdo al efecto que pueden desempeñar éstas sobre el transporte y dispersión del vertido.

De este modo, se han obtenido los valores medios de la magnitud de la corriente en la zona próxima al punto de vertido del emisario así como el valor de su percentil 50 para cada uno de los años del periodo disponible. Seguidamente, se han comparado esos valores con los obtenidos para el valor medio y percentil 50 de la magnitud de la corriente en la totalidad de la serie, eligiendo el año que presentase mayor similitud para estos mismos valores con los procedentes del análisis del periodo total disponible, de acuerdo a seleccionar un año con condiciones hidrodinámicas medias. En la Tabla 26 se muestran el valor medio y percentil 50 de la magnitud de corriente en el punto de vertido del emisario para cada uno de los años de la serie temporal disponible de corrientes junto con los valores medio y percentil 50 de la serie total.

Periodo	Valor medio de la magnitud de la velocidad (m/s)	Percentil 50 de la magnitud de la velocidad (m/s)
2003	0.0600	0.0433
2004	0.0573	0.0422
2005	0.0578	0.0432
2006	0.0722	0.0461
2007	0.0586	0.0461
2008	0.0615	0.0474
2009	0.0599	0.0436
2010	0.0647	0.0510
2011	0.0611	0.0459
2012	0.0650	0.0505
2013	0.0629	0.0420
2014	0.0637	0.0467
2003-2014	0,0620	0,0455

Tabla 26. Valor medio y percentil 50 de la magnitud de la velocidad en la zona próxima a la traza del emisario recogida en el "Estudio preliminar de un emisario submarino en Tapia de Casariego, IHCantabria 2018" para cada uno de los años del periodo disponible, así como para la serie total.

Como puede observarse en la tabla anterior, todos los años presentan una gran similitud con los valores de la serie total. No obstante, las menores diferencias tanto en el valor medio como en el percentil 50 de la magnitud de las corrientes corresponden al año 2011, que ha sido elegido como representativo para la simulación de un año medio de corrientes.

En la Figura 17, a modo de ilustrar esta gran similitud en las corrientes, tanto en magnitud como en dirección, en la zona próxima a la traza del emisario recogida en el "Estudio preliminar de un emisario submarino en Tapia de Casariego, IHCantabria 2018" en todos los años disponibles, se muestran las rosas de corrientes para los años 2003 a 2014.

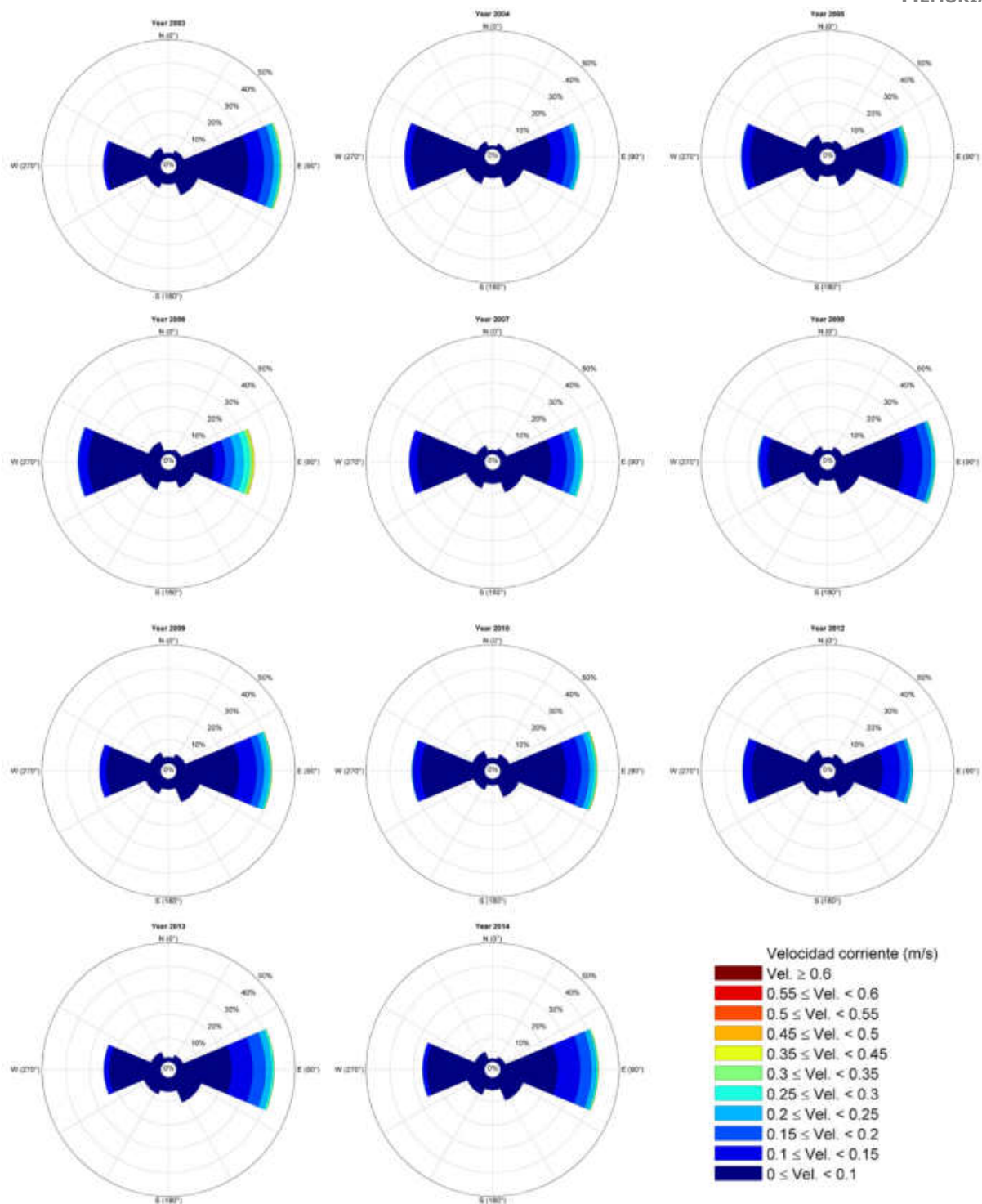


Figura 17. Comparación de las rosas de corrientes obtenidas por el sistema MyOcean en la zona próxima a la traza del emisario recogida en el "Estudio preliminar de un emisario submarino en Tapia de Casariego, IHCantabria 2018" para los años 2003 a 2014.

En la Figura 18 se muestra la rosa de vientos en la zona de estudio correspondiente al año 2011, elegido como año medio para realizar la simulación, obtenida de la base de datos IHData.

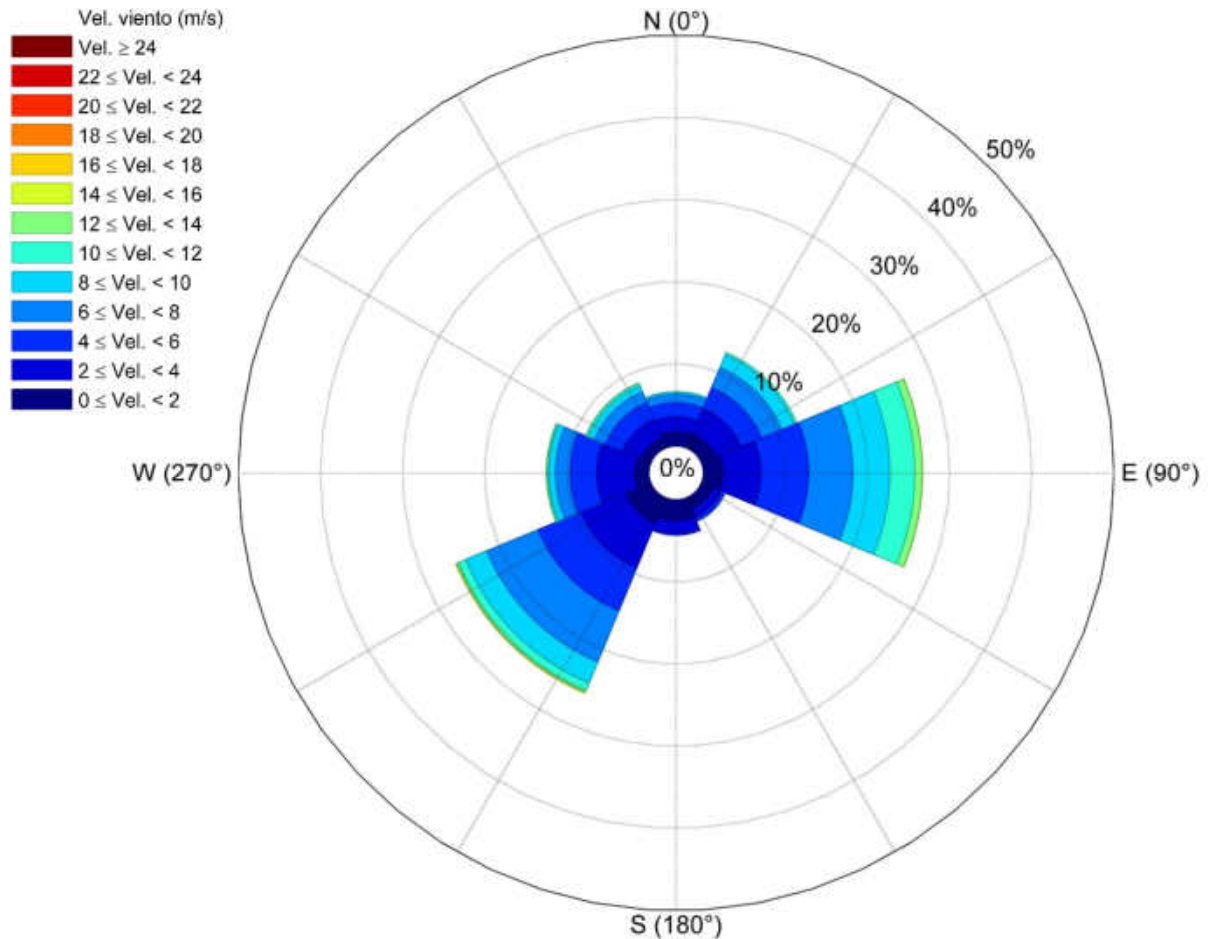


Figura 18. Rosa de vientos en la zona de estudio en el año 2011 obtenida de la base de datos IHData.

Como puede observarse en la Figura 18, la mayoría del tiempo se registra vientos procedentes del Este y Sudoeste con intensidades comprendidas entre los 6 y 8 m/s.

En la Figura 19 y la Figura 20, se muestra la salinidad y la temperatura a lo largo del año 2011 en la zona de vertido del emisario, en la capa superficial, intermedia y de fondo obtenida a través del sistema CMEMS. En estos gráficos, puede observarse que no existe estratificación en la zona de vertido.

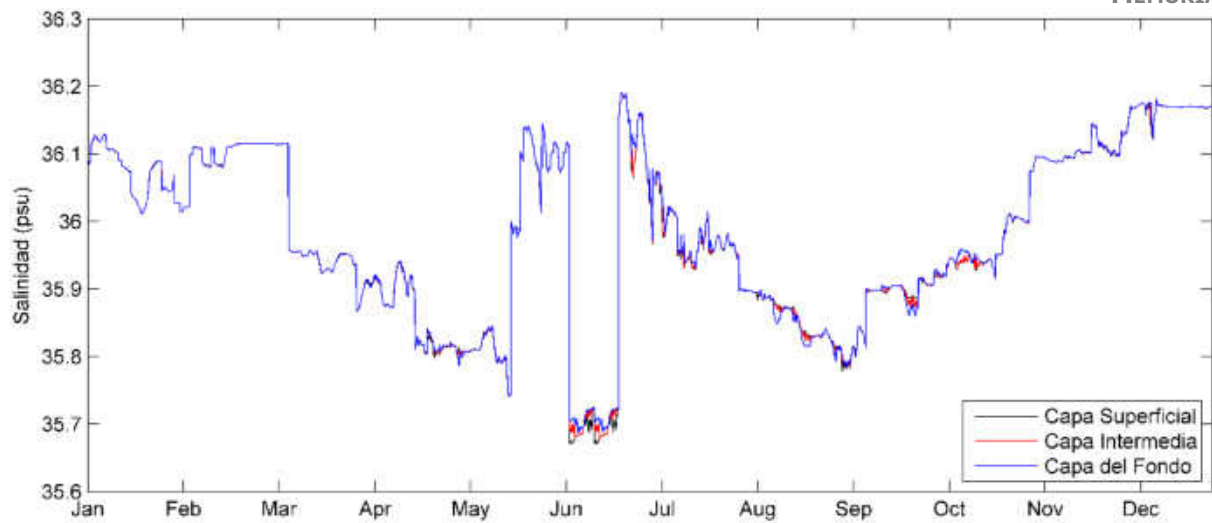


Figura 19. Salinidad en la capa superficial, intermedia y fondo en la zona próxima a la traza del emisario recogida en el "Estudio preliminar de un emisario submarino en Tapia de Casariego, IHCantabria 2018" durante el año 2011 obtenida del sistema CEMS.

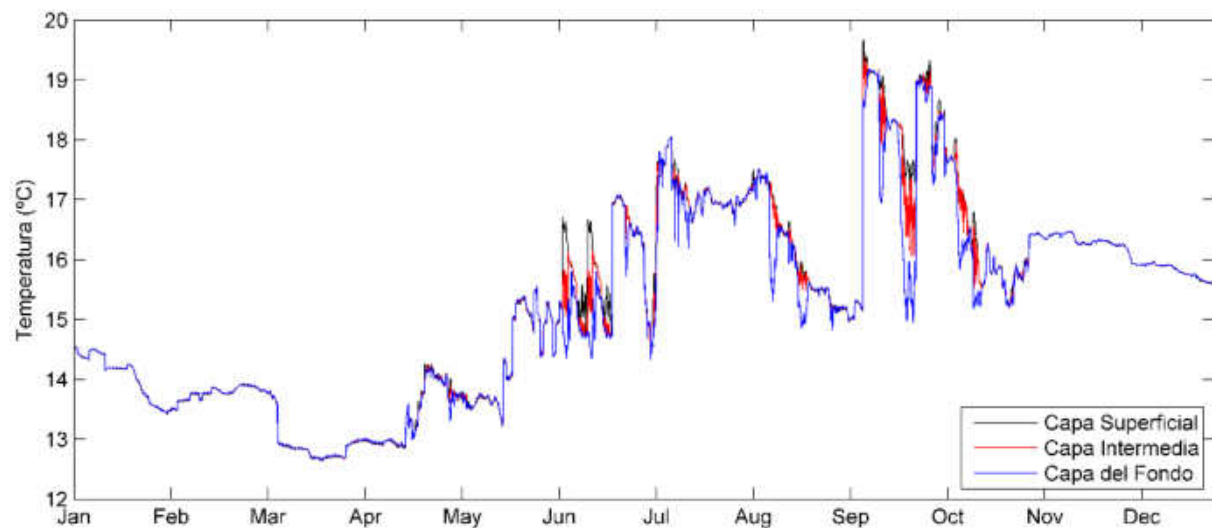


Figura 20. Temperatura en la capa superficial, intermedia y fondo en la zona próxima a la traza del emisario recogida en el "Estudio preliminar de un emisario submarino en Tapia de Casariego, IHCantabria 2018" durante el año 2011 obtenida del sistema CEMS.

3.5. Configuración del modelo Delft3D en la zona de estudio.

3.5.1. Discretización del dominio.

La malla de cálculo (véase la Figura 21) abarca desde la zona costera de Tapia de Casariego, contemplando de esta manera aproximadamente 8,5 Km a cada lado de la zona por donde se pretende sacar el emisario y aproximadamente 7 Km en la dirección offshore. Esta malla, se anidará al sistema CMEMS para obtener las condiciones de contorno para el periodo de tiempo del año 2011.

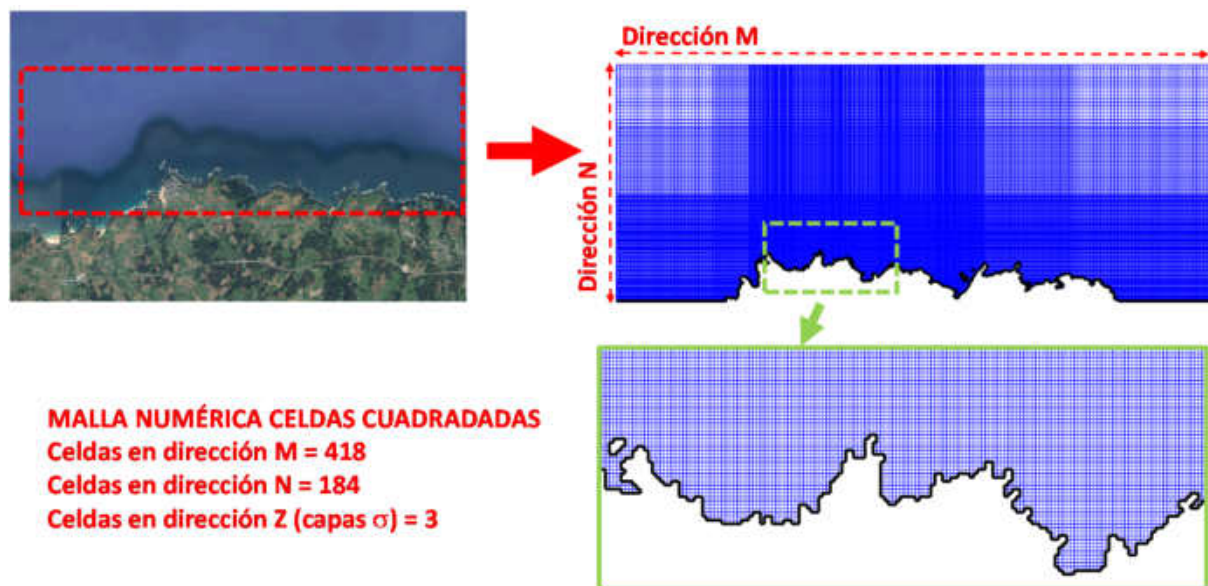


Figura 21. Malla numérica utilizada en las simulaciones y detalle de la zona en la que se pretende situar el emisario submarino para descargar el efluente de la mina.

Como malla de cálculo se emplea una malla de 418x184 celdas, en la dirección M y N, respectivamente. La resolución espacial presenta un mayor detalle en la resolución espacial en la zona proyectada para la ubicación de la traza del emisario con un tamaño de malla de 25 m de lado, aumentado paulatinamente con el alejamiento de la misma hasta un tamaño máximo de 100 m de lado en las cercanías de los contornos.

En cuanto a la distribución vertical, se han definido 3 capas verticales equiespaciadas en coordenada σ a lo largo de la columna de agua. La representación vertical en coordenada σ dispone el mismo número de capas en aguas profundas que en aguas someras y permite una buena adaptación a la superficie libre y a la batimetría.

3.5.2. Condiciones iniciales y de contorno.

Como condiciones de contorno se han utilizado las que se muestran en la Figura 22.

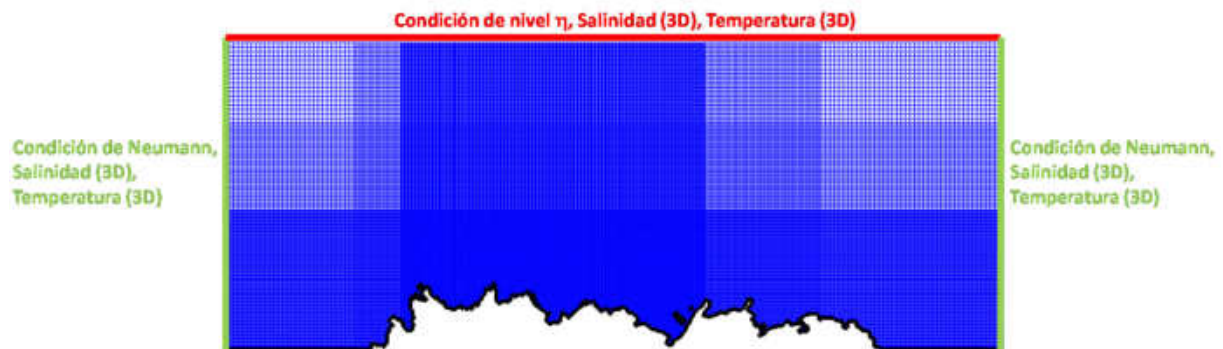


Figura 22. Condiciones de contorno utilizadas en las simulaciones.

Como se aprecia en la figura anterior, los contornos laterales izquierdo y derecho han sido modelados mediante la imposición de una condición de contorno de Neumann (contorno abierto) y un perfil de salinidad y temperatura tridimensional variables a lo largo del tiempo. A su vez, el contorno offshore se ha modelado mediante la aplicación de una condición de nivel del mar y un perfil de salinidad y temperatura tridimensional variables a lo largo del tiempo.

Como se ha comentado anteriormente, para la realización del modelado, el sistema se ha conectado al sistema CMEMS, de dónde se obtienen las condiciones iniciales y de contorno, tanto de nivel del mar como de perfiles de salinidad y temperatura.

3.5.3. Forzamientos atmosféricos.

Los forzamientos atmosféricos (campos de viento) se obtienen de la base de datos IHData.

3.5.4. Parámetros físicos.

Los parámetros físicos que se han utilizado para definir las simulaciones son los siguientes:

- Coeficiente de viscosidad turbulenta horizontal (μ_H) y coeficiente de difusividad turbulenta horizontal (D_H): 2 m²/s.
- Turbulencia vertical obtenida con el modelo de cierre κ - ϵ .
- Coeficiente de rozamiento por fondo (Chezy C): 35.

3.5.5. Parámetros del modelo.

En la realización de las diferentes ejecuciones se han tenido en cuenta los siguientes parámetros para el correcto funcionamiento del modelo:

- Para cumplir las condiciones de estabilidad en el cálculo con el modelo, ha sido utilizado un paso de tiempo de 0,2 minutos.
- La resolución numérica de las ecuaciones ha sido llevada a cabo mediante el método Cyclic incluido en Delft3D, que se basa en el método ADI (Alternating Direction Implicit).
- Se ha aplicado un filtro Forester horizontal y vertical para evitar oscilaciones no físicas en los resultados en una malla con zonas con fuertes gradientes.
- La profundidad umbral utilizada es de 0,01 m.
- La inundación y secado se ha chequeado en las caras y en el centro de las celdas.

3.6. Configuración del modelo SWAN en la zona de estudio.

3.6.1. Discretización del dominio.

La malla de cálculo utilizada es la misma malla que para el modelado hidrodinámico con Delft3d. Esta malla, se anidará al sistema DOW para obtener las condiciones de contorno para el periodo de tiempo del año 2011.

3.6.2. Condiciones iniciales y de contorno.

Como condiciones de contorno se han utilizado las que se muestran en la Figura 23, que contempla la información característica del oleaje: altura de ola significativa, periodo de pico y dirección media de propagación.

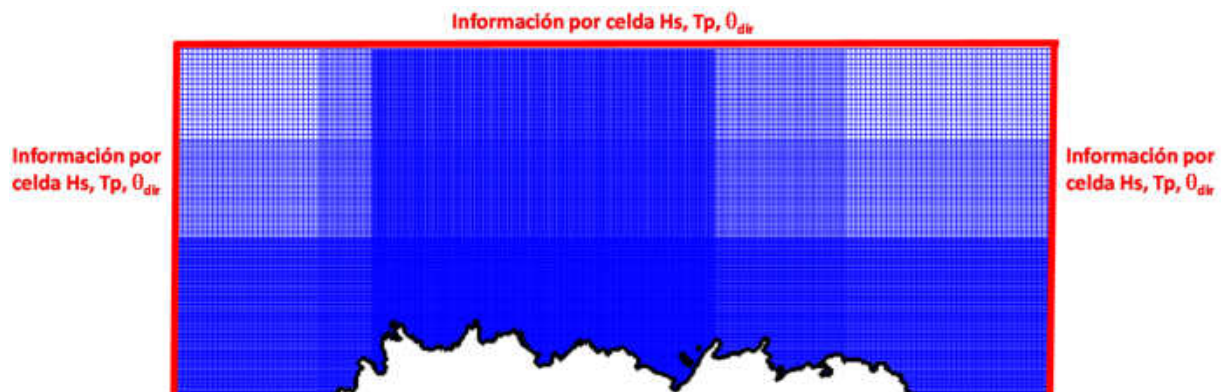


Figura 23. Condiciones de contorno utilizadas en las simulaciones.

Como se aprecia en la figura anterior, el contorno lateral derecho, izquierdo y offshore del dominio han sido modelados mediante la imposición en cada una de las celdas de la altura de ola significativa, el periodo de pico y la dirección del oleaje de forma variable a lo largo del tiempo.

Como se ha comentado anteriormente, para la realización del modelado, el sistema se ha conectado al sistema DOW, de dónde se obtienen las condiciones iniciales y de contorno.

3.6.3. Forzamientos atmosféricos.

Los forzamientos atmosféricos (campos de viento) se obtienen de la base de datos IHData.

3.6.4. Parámetros físicos.

Los parámetros físicos que se han utilizado para definir las simulaciones son los siguientes:

- La fuerza generada por las olas ha sido computada en el Delft3D en el gradiente del tensor de radiación.
- El oleaje se ha calculado en modo 3ª generación.
- Parámetro de rotura constante según Battjes and Janssen (1978) con un coeficiente para determinar la tasa de disipación de 1 y un coeficiente de rotura de 0,73.
- Disipación por fricción con el fondo según la formulación JONSWAP con un coeficiente de 0,067 m²s⁻³.
- Cálculo del "whitecapping" mediante la formulación de Komen et al. (1984).

3.6.5. Parámetros del modelo.

En la realización de las diferentes ejecuciones se han tenido en cuenta los siguientes parámetros para el correcto funcionamiento del modelo:

- El oleaje ha sido calculado horariamente y transferida su información al modelo hidrodinámico Delft3D.
- La resolución numérica de las ecuaciones ha sido llevada a cabo mediante el método upwind.
- Se ha utilizado un criterio de convergencia en los resultados del 98 % con un máximo de 15 iteraciones.

3.7. Resultados hidrodinámicos obtenidos con la malla de detalle.

3.7.1. Resultados de corrientes en la zona de estudio obtenidos por el modelo Delft3D.

Los resultados de la modelización en la malla de detalle con el modelo Delft3D, han presentado en la zona de vertido del emisario, unos valores de velocidad máximos de 0,42 y 0,17 m/s en superficie y fondo, respectivamente.

En dicha zona, se ha registrado una velocidad media durante el periodo de simulación de 0,1 y 0,03 m/s en superficie y fondo, respectivamente.

En la Figura 24 y la Figura 25 se muestra, a modo de ejemplo, el campo de velocidades promediadas en profundidad, para dos instantes de tiempo diferentes.

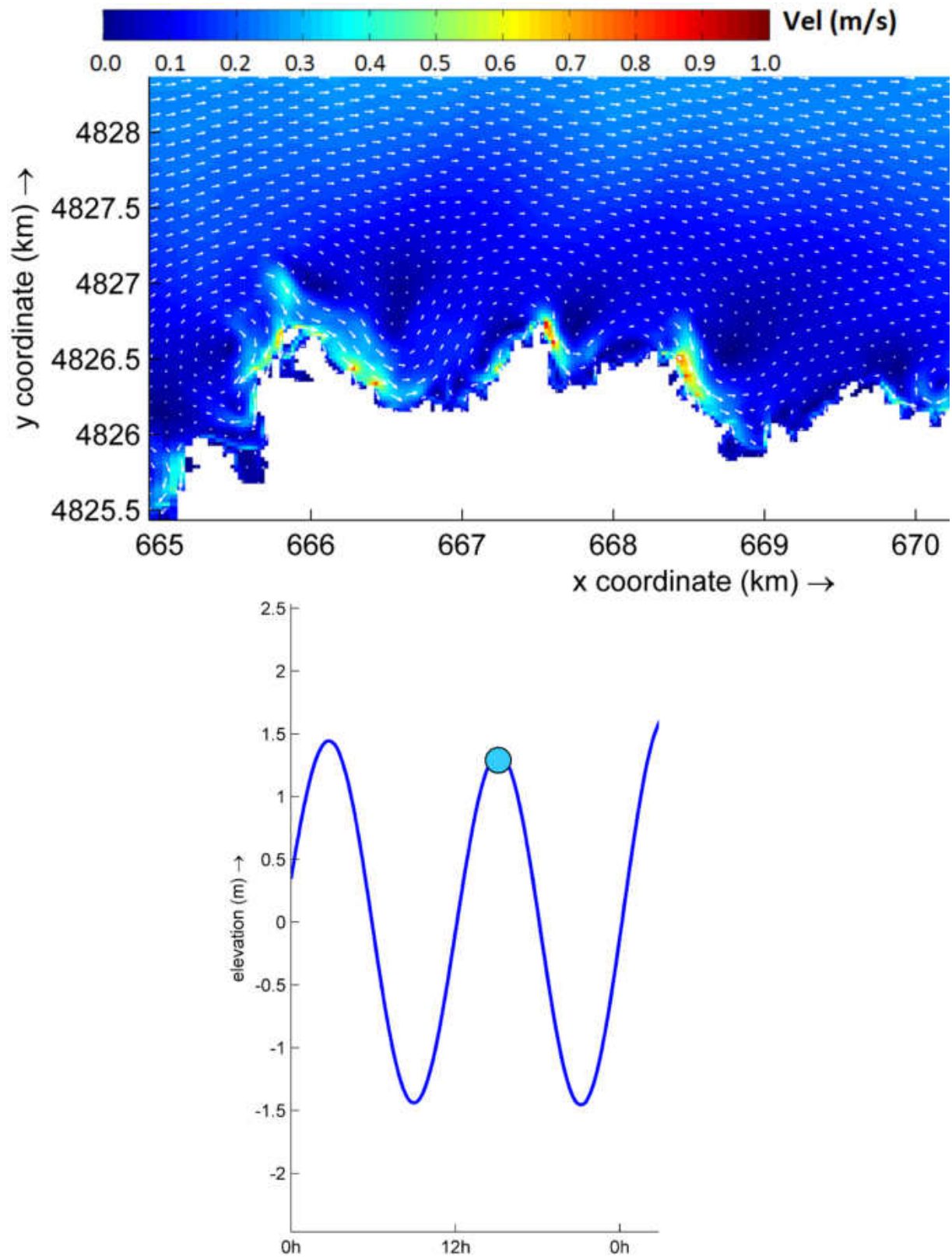


Figura 24. Ejemplo del campo de corrientes promediadas en profundidad en la zona de estudio, en un instante del periodo de simulación (marea llenante).

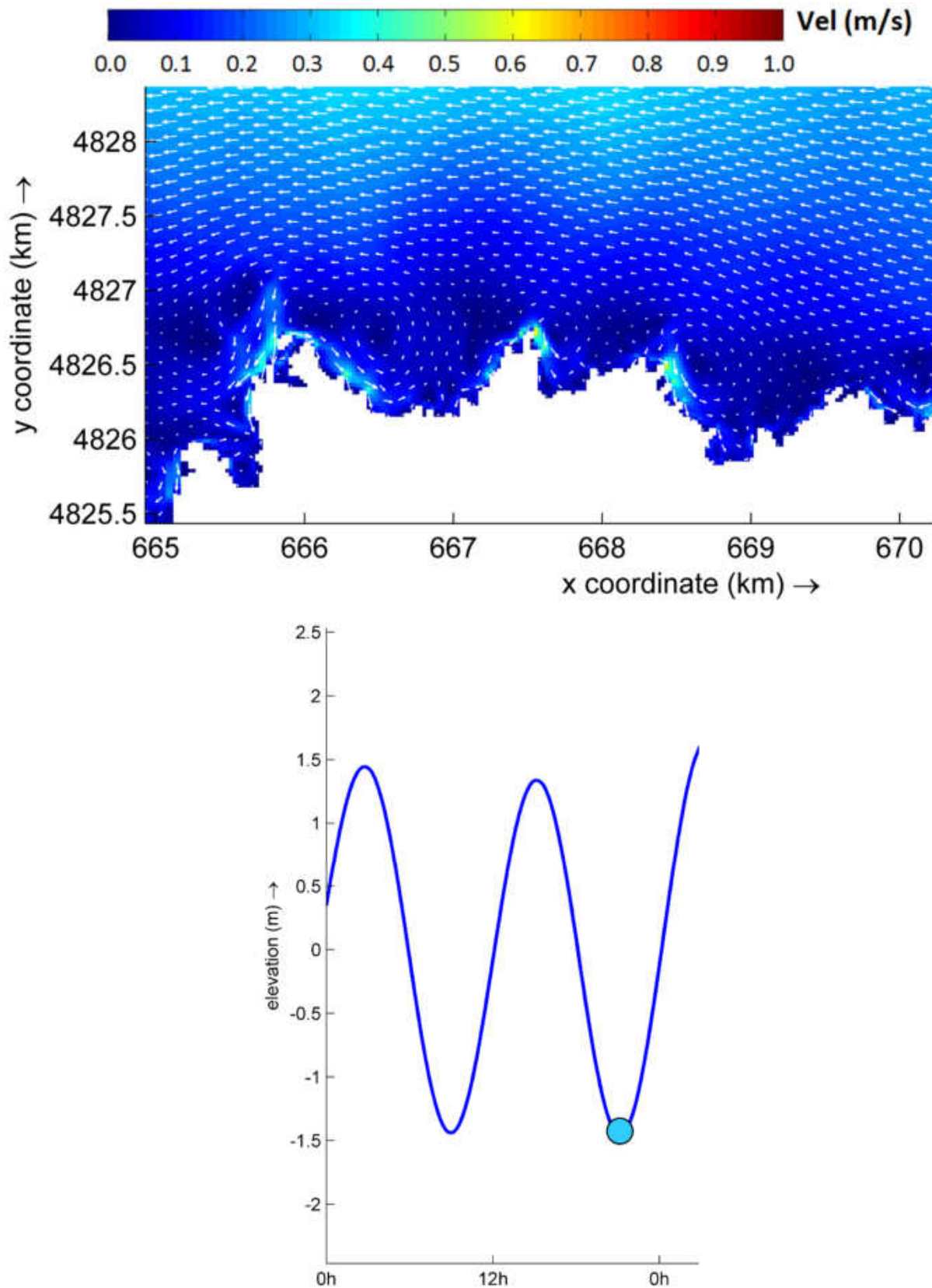


Figura 25. Ejemplo del campo de corrientes promediadas en profundidad en la zona de estudio, en un instante del periodo de simulación (marea vaciante).

3.7.2. Resultados obtenidos para la propagación del oleaje en la zona de estudio por el modelo SWAN.

En la Figura 26 se muestran las series temporales de altura de ola significativa (H_s), periodo de pico (T_p) y dirección media del oleaje (Dir) en la zona de ubicación propuesta para la traza del del emisario submarino obtenidas de la propagación de oleaje con el modelo SWAN en la zona de estudio. La altura de ola significativa en el punto de vertido del emisario durante el año 2011 se encuentra comprendida en un rango entre 0,1 y 5,22 m. En el caso del periodo de pico, este se encuentra comprendido en un rango entre 2,54 y 17,58 s. A su vez, en este gráfico puede apreciarse que las direcciones predominantes del oleaje en este punto durante la totalidad del periodo estudiado son Nornoroeste y Noreste.

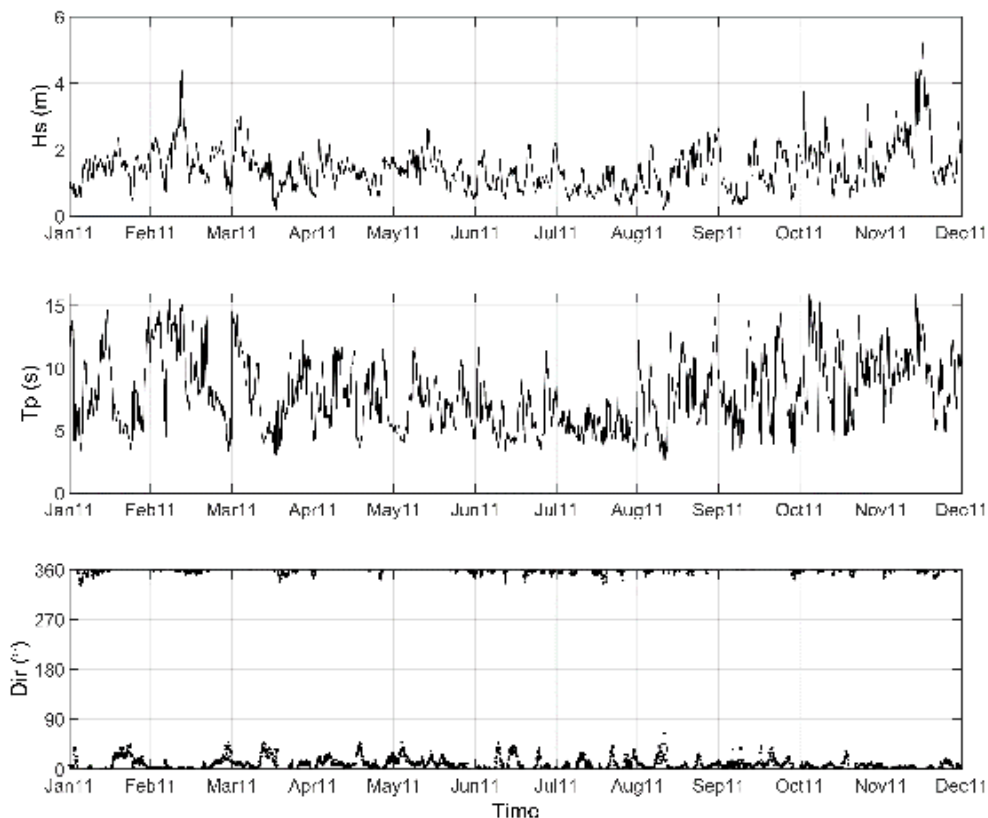


Figura 26. Series temporales de altura de ola significativa (H_s), periodo de pico (T_p) y dirección media del oleaje (Dir) en la zona de ubicación del difusor del emisario submarino durante el año 2011.

En la Figura 27 y la Figura 28 se muestran las funciones de distribución acumuladas en la zona de ubicación del difusor del emisario submarino para la altura de ola significativa y el periodo de pico, respectivamente. De estos gráficos puede extraerse que el 50% del tiempo en la zona de vertido se encuentra una altura ola significativa menor o igual a 1,36 m y que el 95% del mismo no supera los 2,58 m. En cuanto al periodo de pico, este no supera los 7,54 y 13,25 s el 50 y el 95% del tiempo en el periodo analizado.

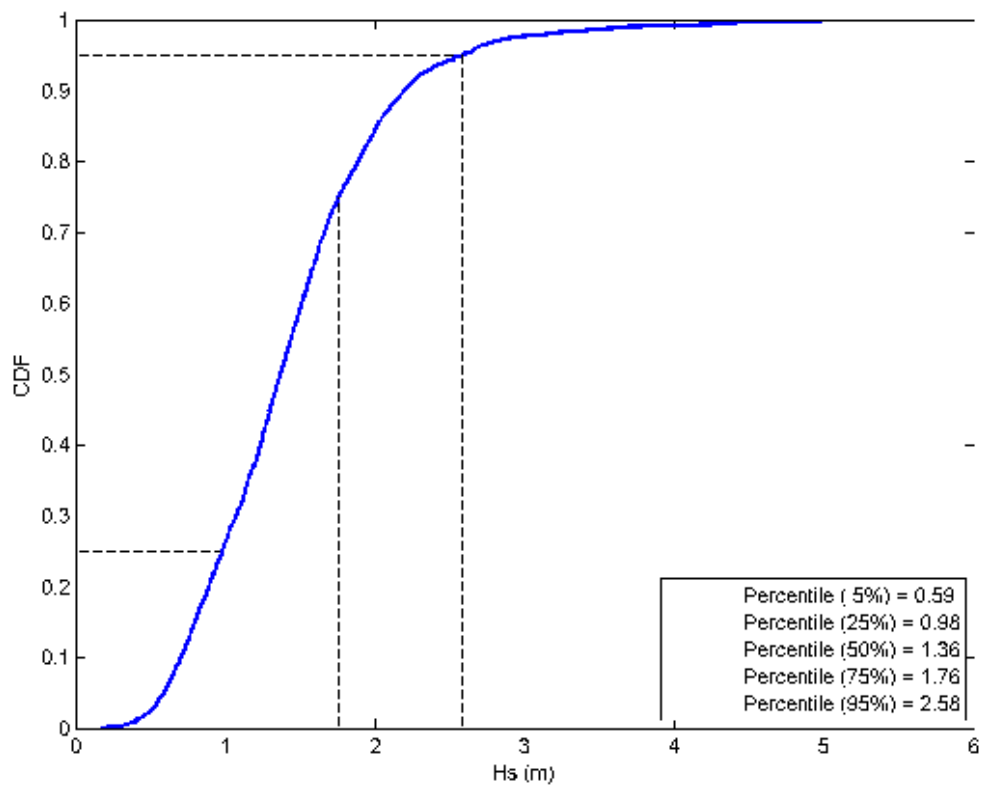


Figura 27. Función de distribución acumulada de altura de ola significativa (H_s) en la zona de ubicación del difusor del emisario submarino en el año 2011.

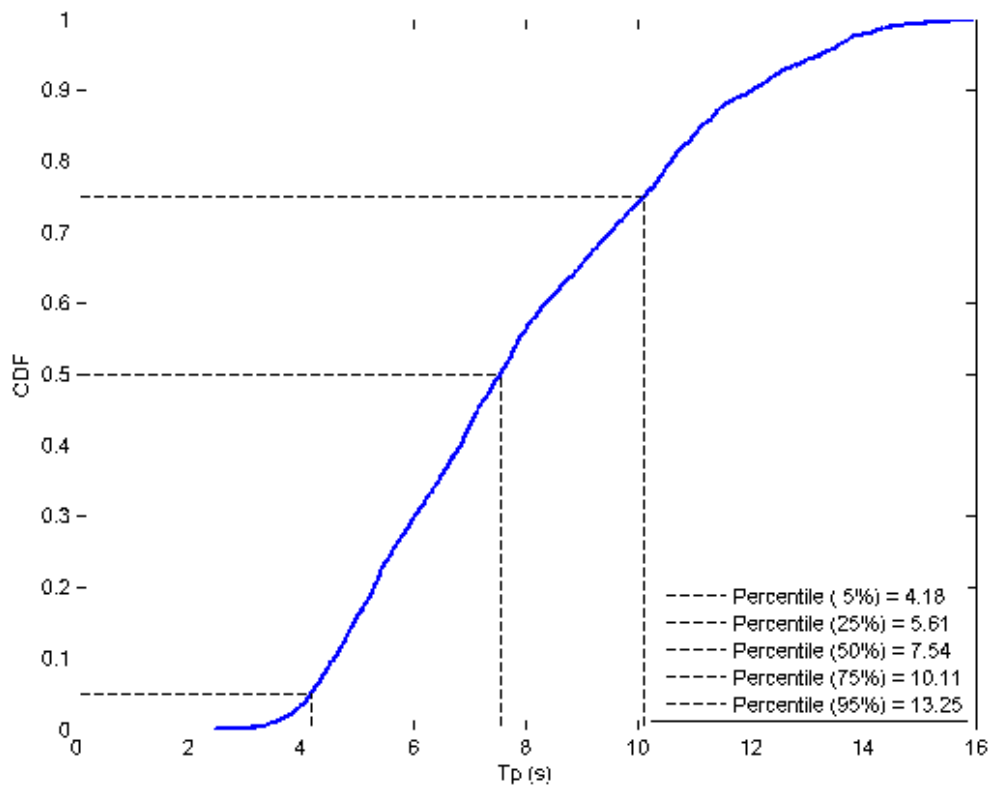


Figura 28. Función de distribución acumulada de periodo de pico (T_p) en la zona de ubicación del difusor del emisario submarino en el año 2011.

A modo de ejemplo, en la Figura 29 se muestra la distribución espacial de altura de ola de significativa H_s durante un instante del periodo de simulación.

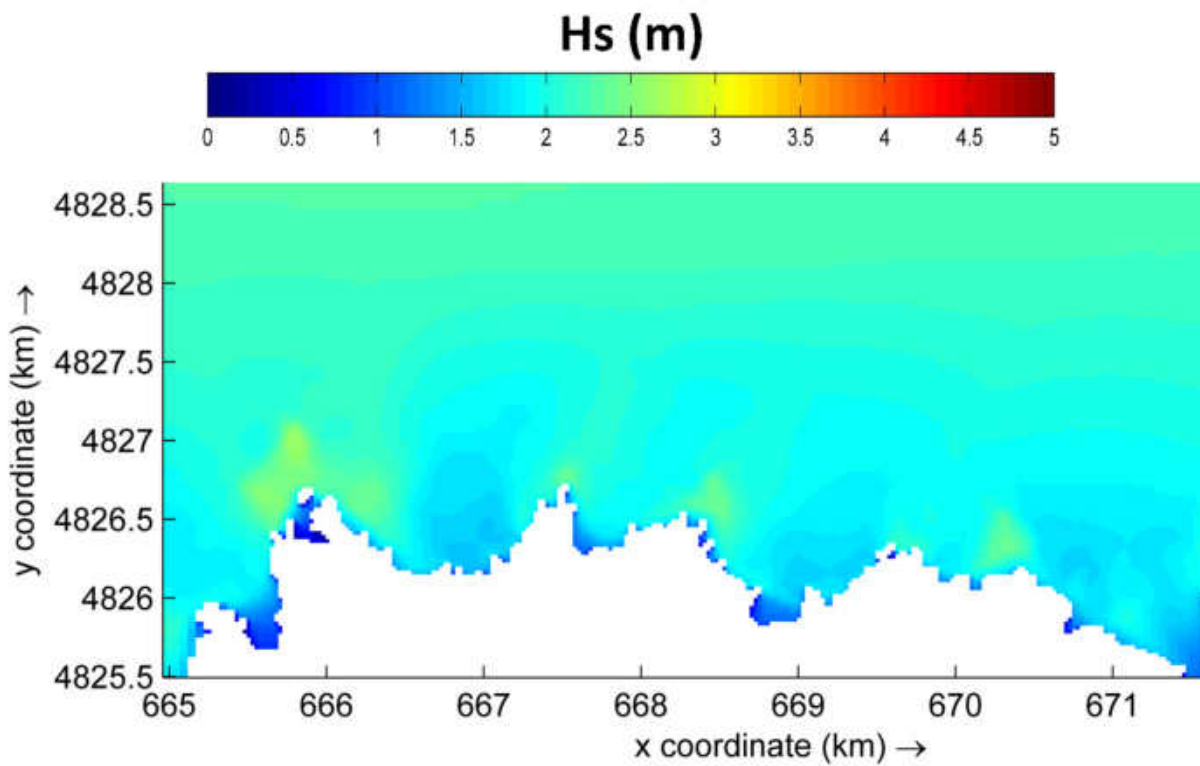


Figura 29. Ejemplo de la distribución espacial de altura de ola significativa en la zona de estudio, en un instante del periodo de simulación.

4. ESTUDIO DE DILUCIÓN INICIAL.

4.1. Introducción.

Numerosos estudios de campo han proporcionado una base sólida para la verificación de teorías capaces de predecir el comportamiento hidráulico de una descarga en una masa de agua dinámica. Por ello, se han derivado diferentes soluciones numéricas a partir de técnicas analíticas y han sido desarrollados modelos sofisticados para una predicción más exacta de los comportamientos de chorros y plumas.

El vertido de un efluente residual en el mar se comporta como un chorro con flotabilidad positiva o negativa (dependiendo de si su densidad es mayor o menor que la del medio acuático), estando condicionada la mezcla y evolución del mismo por la dinámica marina y las características de la masa de agua receptora.

Al objeto de caracterizar la mezcla inicial alcanzada por el vertido de la mina se aplicará el modelo VISJET, modelo de uso general para el análisis del fenómeno de la dilución, ampliamente contrastado mediante datos de laboratorio.

4.2. Metodología.

La metodología para la realización del estudio de dilución inicial del efluente de la mina ha adoptado las siguientes hipótesis:

- El caudal vertido por el emisario es constante y con un valor igual a 40 l/s y su temperatura de 30 ° C, de acuerdo con lo recogido en el apartado de datos de partida.
- El efluente puede presentar dos diferentes flotabilidades de acuerdo a su composición:
 - Flotabilidad positiva: El efluente descargado por el emisario está formado por el agua extraída de los sondeos o por las colas de flotación del proceso productivo, presentado en ambos casos una densidad de 1000 kg/m³.
 - Flotabilidad negativa: El efluente descargado por el emisario está formado por el agua extraída de los sondeos y la concentración máxima de sedimentos (300000 t/año). La mezcla del fluido con esta concentración tal alta de sedimento hace que este deje de tener un comportamiento newtoniano (teniendo dinámicas diferentes los sedimentos y el chorro descargado) y pase a funcionar como un fluido hiperdenso similar a una salmuera con una densidad de 1149 kg/m³.
- El tramo difusor estará formado por un único elevador en T con dos boquillas de diámetro interior 125mm, situadas a 1,5 m sobre el fondo.
- Se consideran 3 posibles localizaciones (Figura 30) para la descarga del efluente de la mina, localizadas sobre la traza del emisario recogida en el "Estudio preliminar de un emisario submarino en Tapia de Casariego, IHCantabria 2018" en las localizaciones en la proyección ETRS89 29 N P01 (669153,626 m E; 4826538,775 m N), P02 (669457,668 m E; 4827065,55 m N) y P03 (669698,073 m E; 4827482, 723 m N). Las localizaciones P01, P02 y P03 se encuentran a profundidades respecto del nivel medio del mar local de 16,5 m, 24,5 m y 35,5 m, respectivamente. Cabe señalar que la ubicación P01 se encuentra dentro del ZEC-ZEPA Peñarronda-Barayo.



Figura 30. Ubicación de las 3 posibles ubicaciones para el punto de descarga del efluente de la mina de Salave.

- El periodo de simulación es el año 2011, elegido en el capítulo 3 de este informe. Se ha extraído de la hidrodinámica realizada y recogida en dicho capítulo las series temporales de nivel, salinidad, temperatura y corrientes del medio en el punto de vertido.
- La dilución inicial se analizará en continuo durante el periodo elegido con el modelo VISJET.

4.3. Modelo de dilución inicial VISJET.

El programa VISJET (Lee y Cheung, 1990) es una herramienta de visualización de flujos que permite describir la evolución e interacción de vertidos por difusores con diferentes ángulos en un medio fluido. El modelo de cálculo lagrangiano de VISJET, se denomina JETLAG. Este modelo, que ha sido contrastado con datos experimentales y de campo (Figura 31), es capaz de predecir la mezcla inicial de vertidos en un medio fluido así como el impacto que éstos producen.

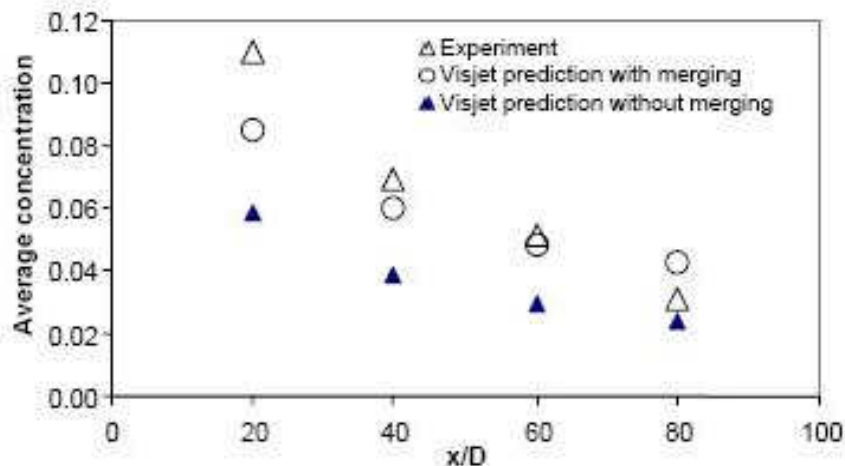


Fig.3 Comparison of predicted and observed average concentration for merging jet groups

Figura 31. Comparación de resultados del modelo VISJET con datos experimentales (VISJET, 2000).

Entre las características gráficas que posee el modelo se encuentra la capacidad de producir gráficos tridimensionales y animaciones al objeto de visualizar la evolución de los chorros. Los chorros utilizan un código de color para mostrar su concentración y es posible representar gráficamente los resultados en planos transversales al sistema que se esté analizando, como se muestra en los ejemplos de la Figura 32 y la Figura 33.

El modelo estima la evolución de las propiedades promediadas de la pluma del vertido en cada paso de tiempo, mediante la integración de las ecuaciones de momentum vertical y horizontal, de la ecuación de la conservación de la masa y de la conservación del calor. Los vórtices en la entrada de masa al chorro son determinados con precisión, mientras que la presión de arrastre es ignorada.

Para su ejecución el modelo necesita la especificación de información sobre las características del medio receptor (parámetros ambientales), el difusor y la naturaleza del vertido. En cuanto a los parámetros ambientales es necesario introducir la profundidad del sistema, la salinidad, densidad, la temperatura y la velocidad de la corriente.

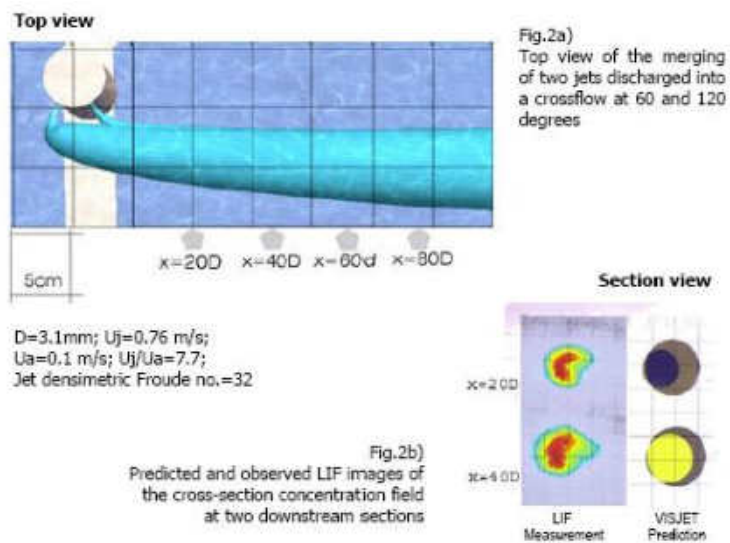


Figura 32. Planos de la visualización con VISJET (VISJET, 2000).



Figura 33. Salida gráfica tridimensional de resultados con VISJET (VISJET, 2000).

En el modelado del emisario submarino se presenta la necesidad de introducir la profundidad a la que se encuentra, la densidad y salinidad del efluente, la longitud de éste y su diámetro. El modelo tiene en cuenta el dominio como un paralelepípedo regular. Si el emisario posee difusores es necesario definir su geometría y el caudal que evacuan. La modelización del flujo vertido por el emisario necesita de la especificación de su dirección, posición en alzado, caudal, densidad, salinidad y temperatura.

El programa además de proporcionar una amplia cantidad de parámetros de forma gráfica presenta la opción de exportar un fichero con la trayectoria del chorro, su anchura, dilución media, velocidad y déficit de densidad.

La comparación de los resultados obtenidos a partir de estas expresiones con las medidas realizadas en campo ha mostrado que este método permite conseguir una buena aproximación en los cálculos de dilución.

4.4. Cálculo de la dilución en continuo.

En el análisis de la dilución inicial en continuo del efluente de la mina de Salave, tanto en el caso correspondiente al vertido con flotabilidad positiva (formado por el agua extraída de los sondeos o por el agua de las colas de flotación del proceso productivo) como al vertido con flotabilidad negativa (formado por el agua extraída de los sondeos y la concentración máxima de sedimentos), se ha llevado a cabo en las tres ubicaciones de vertido consideradas en la metodología.

En la Figura 34 se muestran los resultados de dilución en continuo en el periodo hidrodinámico seleccionado para los casos de vertido con flotabilidad positiva y negativa en las 3 ubicaciones de vertido consideradas.

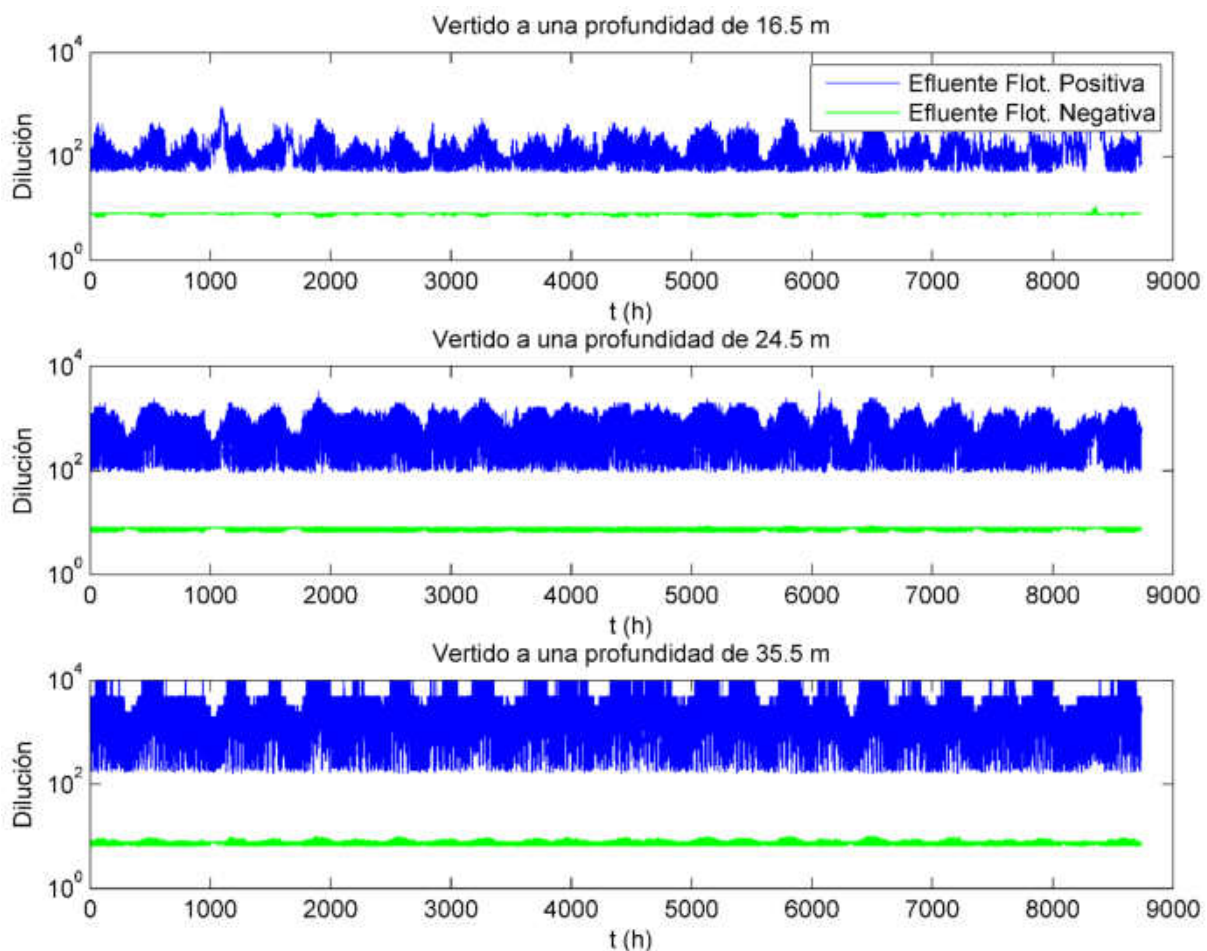


Figura 34. Dilución en continuo durante el año 2011 del efluente procedente de la mina de Salave para los casos de vertido con flotabilidad positiva y negativa en las 3 ubicaciones de vertido consideradas.

En la Tabla 27 se recogen los valores mínimo, medio y máximo de dilución inicial para los casos con efluente con flotabilidad positiva y negativa en las 3 ubicaciones de vertido consideradas.

		Vertido Flotabilidad Positiva	Vertido Flotabilidad Negativa
Vertido a 16.5 m de profundidad	Dilución mínima	47	6
	Dilución media	137	8
	Dilución máxima	1400	11
Vertido a 24.5 m de profundidad	Dilución mínima	88	6
	Dilución media	782	8
	Dilución máxima	3300	9
Vertido a 35.5 m de profundidad	Dilución mínima	161	6
	Dilución media	3300	8
	Dilución máxima	10000	10

Tabla 27. Valores mínimo, medio y máximo de dilución y la longitud máxima del campo cercano para los casos con efluente con flotabilidad positiva (conformado por agua de los sondeos o agua proveniente de los procesos productivos) y negativa (conformado por agua de los sondeos sumado al aporte máximo de sedimentos) en las 3 ubicaciones de vertido consideradas.

Como se aprecia en la tabla anterior, en el caso del vertido con flotabilidad positiva, el aumento de la profundidad en la ubicación del punto de vertido aumenta exponencialmente la dilución debido a tener una trayectoria más amplia hasta impactar con la superficie libre y con ello mezclarse durante más tiempo con el medio. En el caso de que el vertido poseyera una flotabilidad negativa, los valores de dilución permanecen prácticamente constantes a cualquier profundidad, dado que el final del campo cercano lo marca el impacto del chorro con el fondo marino.

Mediante la aplicación de los valores de dilución inicial en continuo se ha analizado el cumplimiento de los objetivos de calidad en el medio de las sustancias disueltas recogidas en el efluente de la mina de Salave que presentan criterios límite en agua aplicables de acuerdo con el Real Decreto 817/2015 (arsénico (As), cadmio (Cd), cobre (Cu), níquel (Ni), plomo (Pb), selenio (Se) y zinc (Zn)) tras este proceso de mezcla física.

De la Figura 35 a la Figura 41 se muestra tras el proceso de dilución inicial la concentración de los diferentes elementos disueltos presentes en el efluente de la mina de Salave comparadas con los objetivos de calidad de las mismas en el medio recogidos en el capítulo 2 de este informe para los casos de vertido compuesto por aguas de los sondeos, aguas provenientes del proceso productivo o aguas de los sondeos mezclada con la máxima concentración de sedimentos a verter en las 3 ubicaciones para la descarga consideradas.

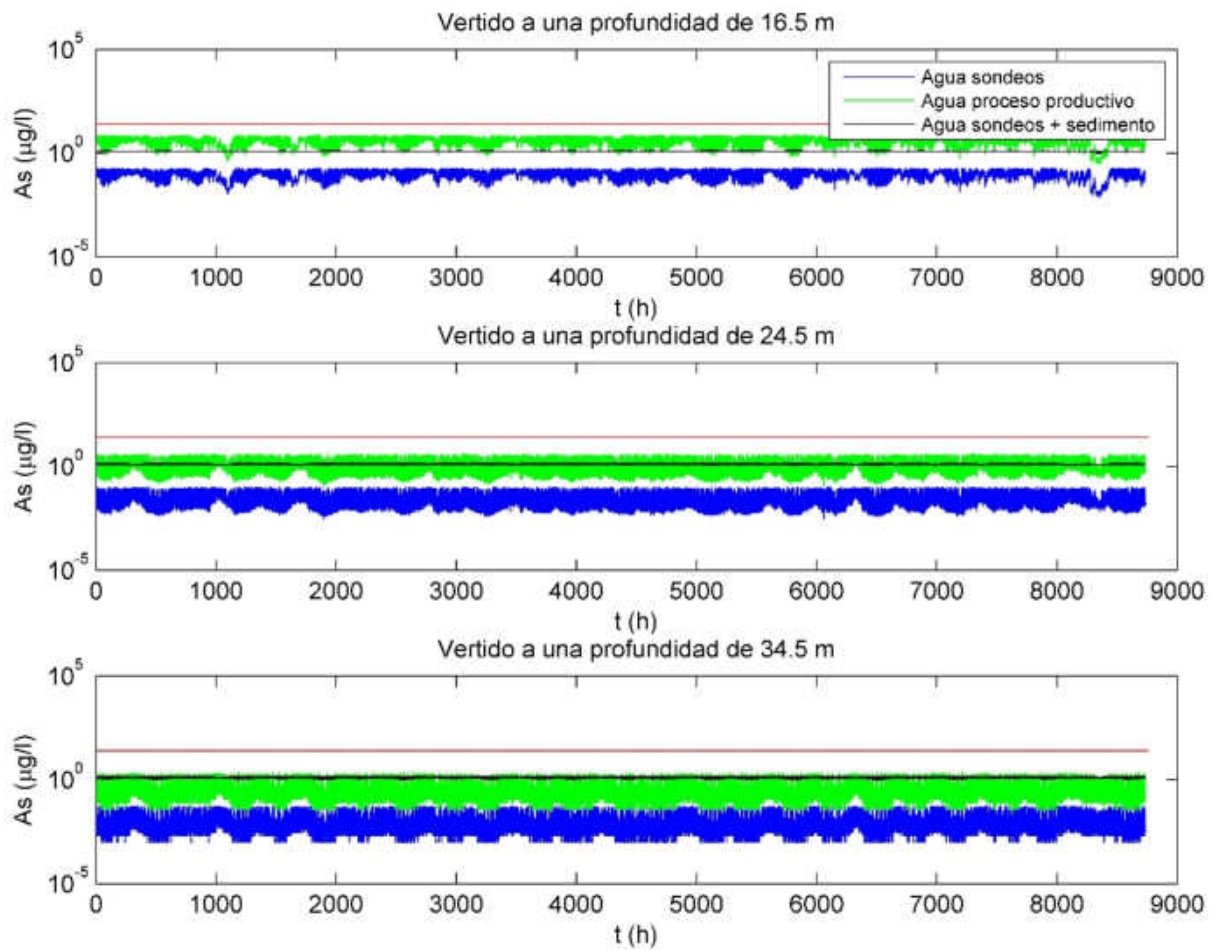


Figura 35. Comparación de la concentración de arsénico tras el proceso de dilución en los casos de vertido del agua de los sondeos, agua proveniente de los procesos productivos o la mezcla de agua de los sondeos con el aporte máximo de sedimentos en las 3 ubicaciones de vertido consideradas con el objetivo de calidad para dicha sustancia en el medio (línea roja).

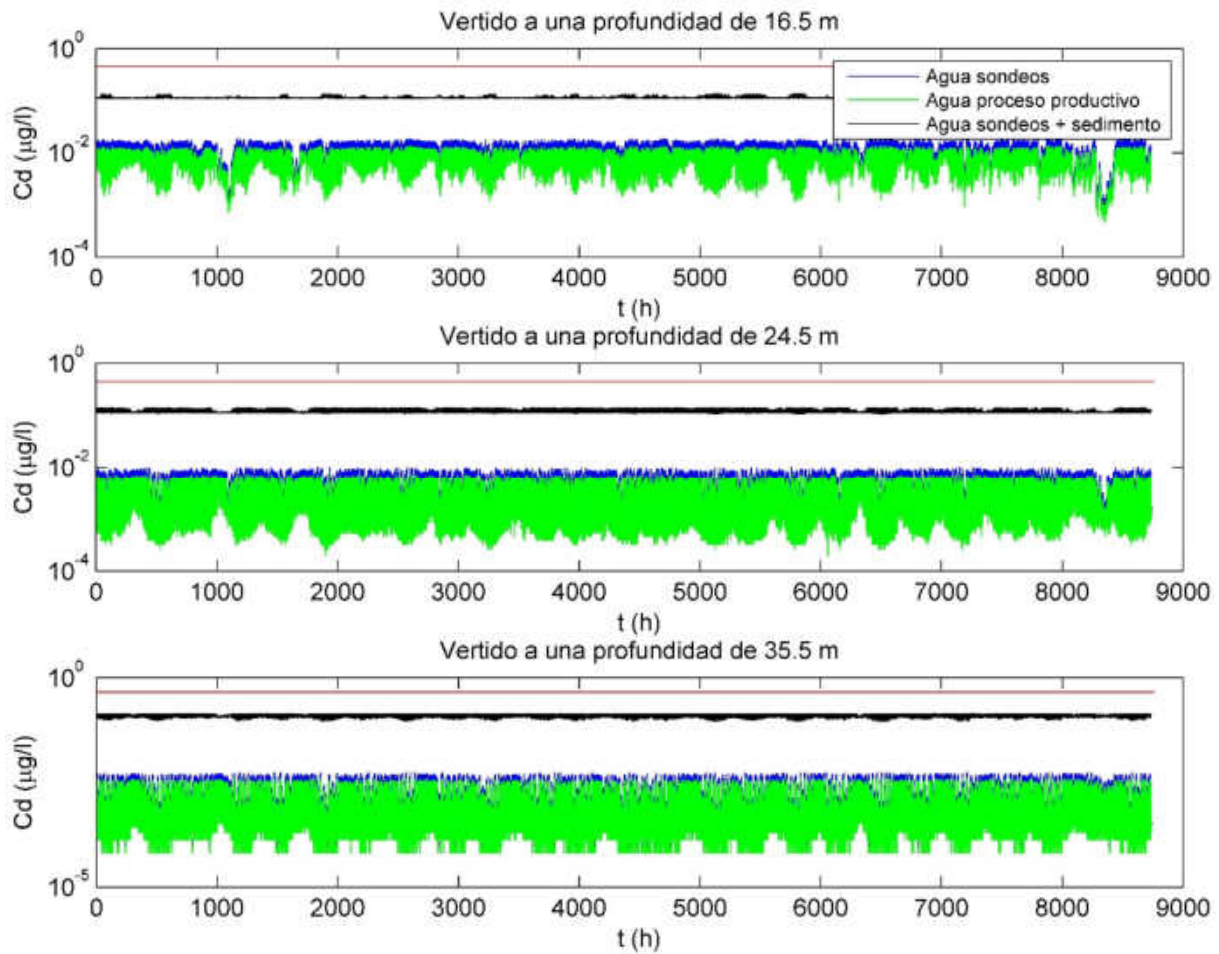


Figura 36. Comparación de la concentración de cadmio tras el proceso de dilución en los casos de vertido del agua de los sondeos, agua proveniente de los procesos productivos o la mezcla de agua de los sondeos con el aporte máximo de sedimentos en las 3 ubicaciones de vertido consideradas con el objetivo de calidad para dicha sustancia en el medio (línea roja).

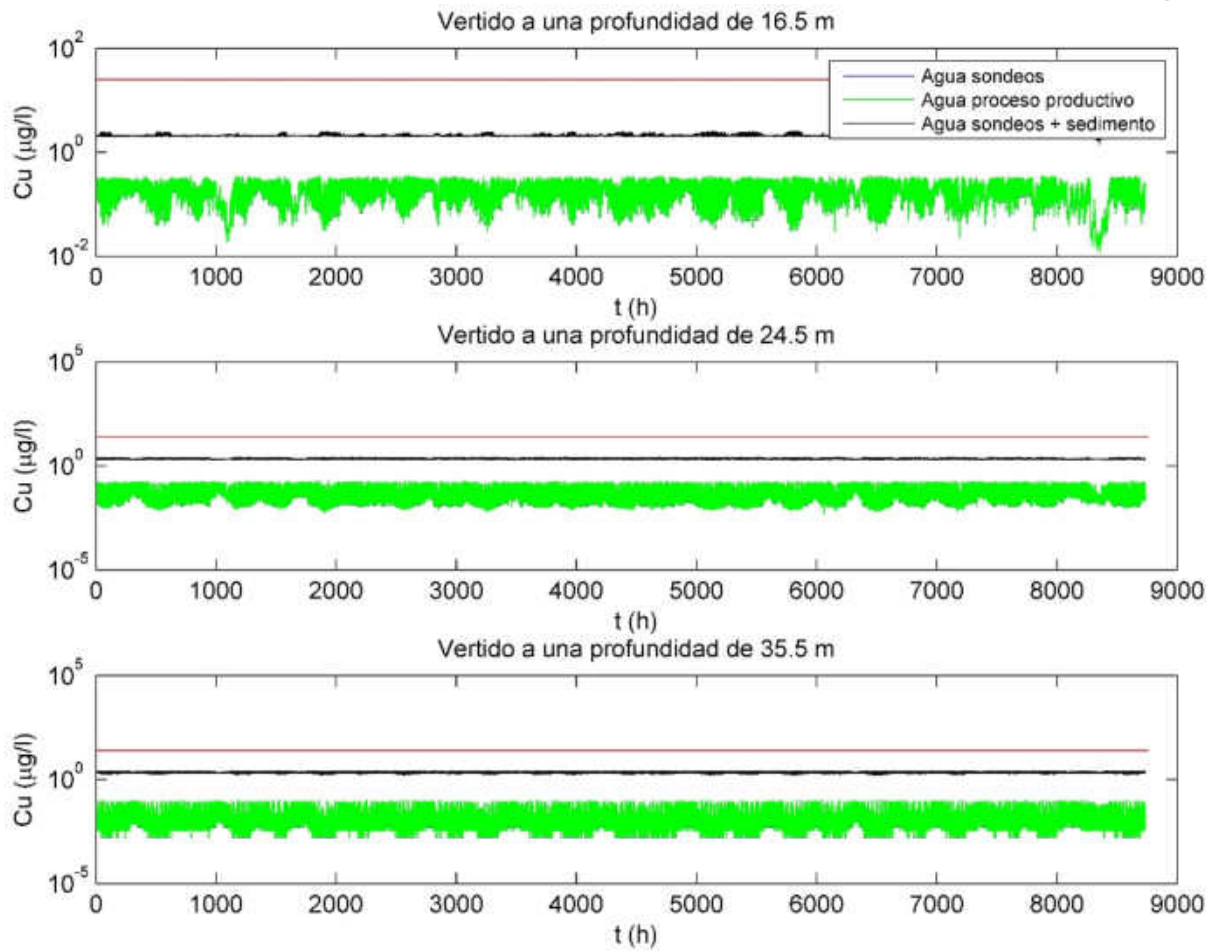


Figura 37. Comparación de la concentración de cobre tras el proceso de dilución en los casos de vertido del agua de los sondeos, agua proveniente de los procesos productivos o la mezcla de agua de los sondeos con el aporte máximo de sedimentos en las 3 ubicaciones de vertido consideradas con el objetivo de calidad para dicha sustancia en el medio (línea roja).

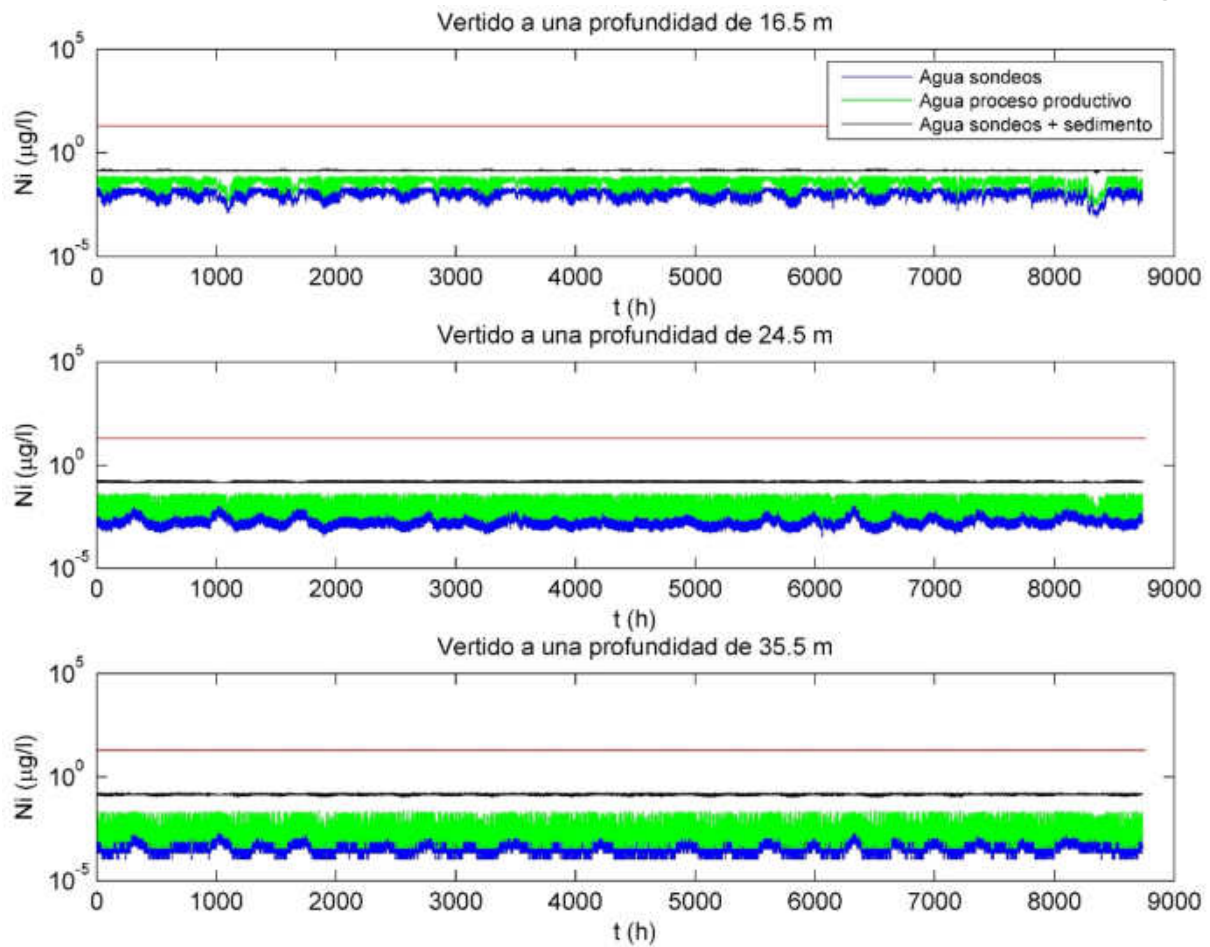


Figura 38. Comparación de la concentración de níquel tras el proceso de dilución en los casos de vertido del agua de los sondeos, agua proveniente de los procesos productivos o la mezcla de agua de los sondeos con el aporte máximo de sedimentos en las 3 ubicaciones de vertido consideradas con el objetivo de calidad para dicha sustancia en el medio (línea roja).

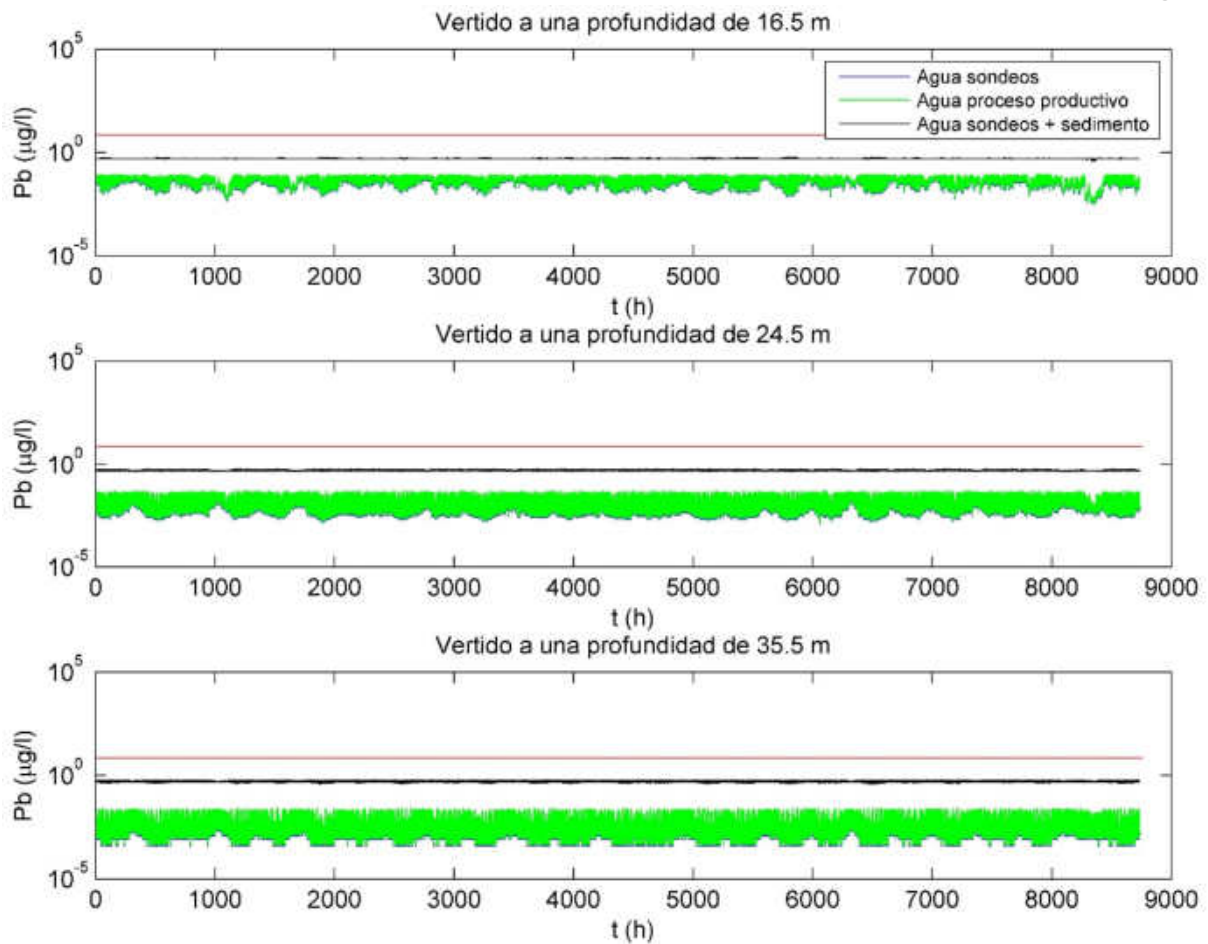


Figura 39. Comparación de la concentración de plomo tras el proceso de dilución en los casos de vertido del agua de los sondeos, agua proveniente de los procesos productivos o la mezcla de agua de los sondeos con el aporte máximo de sedimentos en las 3 ubicaciones de vertido consideradas con el objetivo de calidad para dicha sustancia en el medio (línea roja).

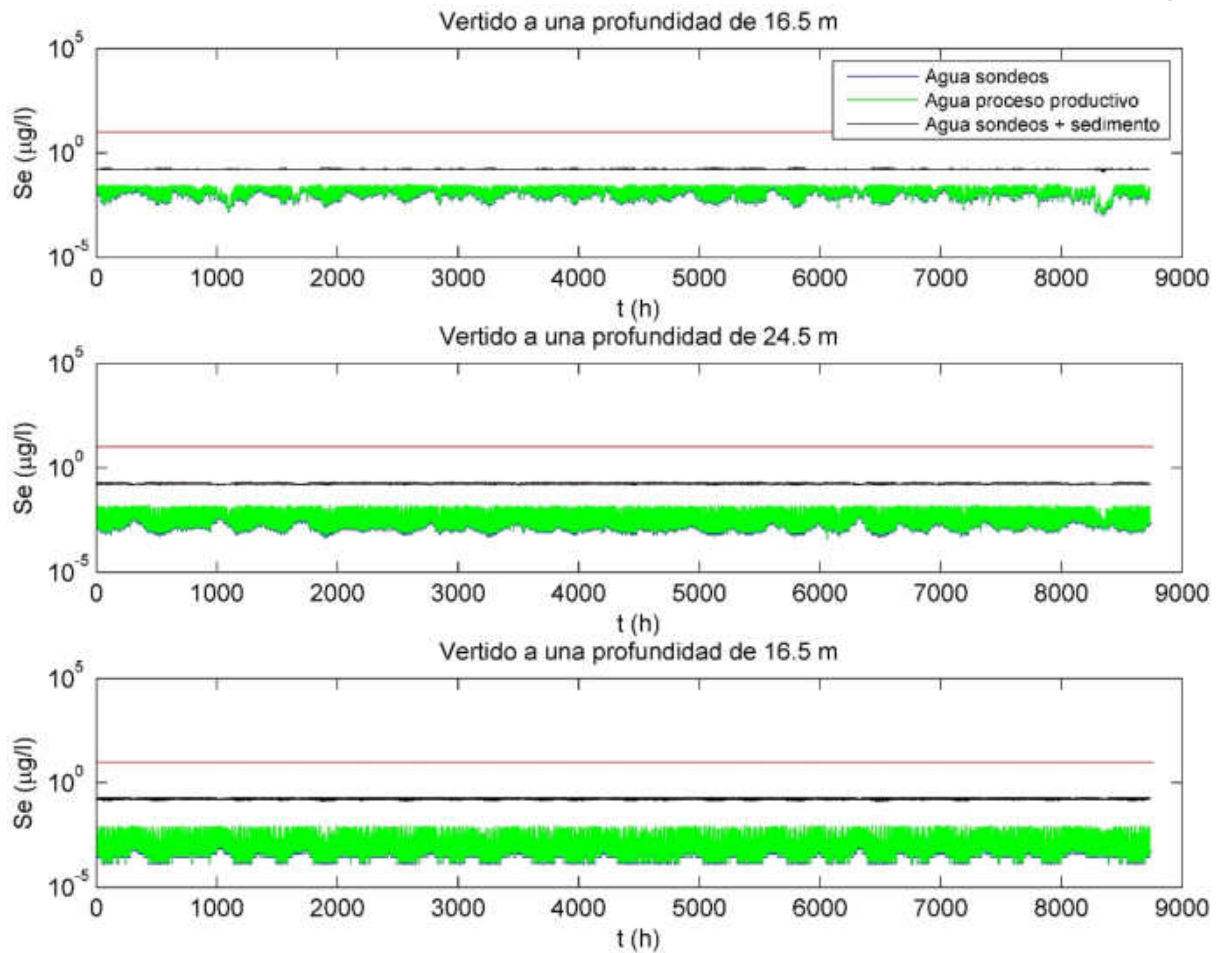


Figura 40. Comparación de la concentración de selenio tras el proceso de dilución en los casos de vertido del agua de los sondeos, agua proveniente de los procesos productivos o la mezcla de agua de los sondeos con el aporte máximo de sedimentos en las 3 ubicaciones de vertido consideradas con el objetivo de calidad para dicha sustancia en el medio (línea roja).

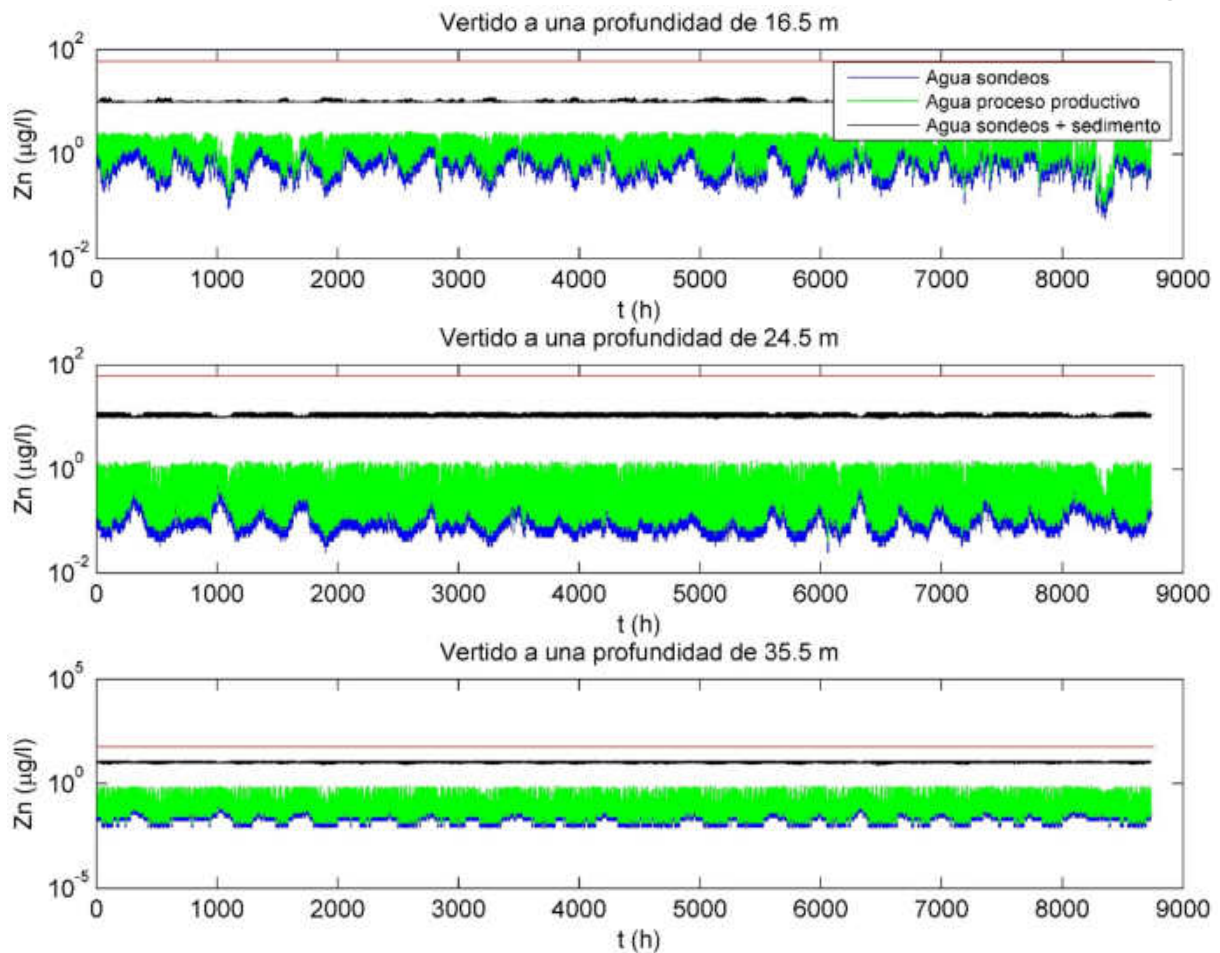


Figura 41. Comparación de la concentración de zinc tras el proceso de dilución en los casos de vertido del agua de los sondeos, agua proveniente de los procesos productivos o la mezcla de agua de los sondeos con el aporte máximo de sedimentos en las 3 ubicaciones de vertido consideradas con el objetivo de calidad para dicha sustancia en el medio (línea roja).

A la vista de estos resultados, todas las sustancias incluidas en el efluente del emisario de Salave cumplirían con los objetivos de calidad en el medio en la zona de descarga del emisario en cualquiera de las localizaciones consideradas para la ubicación del vertido, de acuerdo a las concentraciones de vertido recogidas en el capítulo 2, y a los procesos de dilución inicial del efluente en el medio.

Por último, cabe mencionar que estos valores de dilución inicial variables en el tiempo se obtienen en una longitud respecto del punto de descarga que también es variable con el tiempo que se denomina longitud del campo cercano. De la Figura 42 a la Figura 44 se muestra la función de distribución acumulada de la longitud a la que se alcanza la dilución inicial durante el periodo de simulación para las 3 ubicaciones consideradas, tanto considerando el vertido con flotabilidad positiva como con negativa.

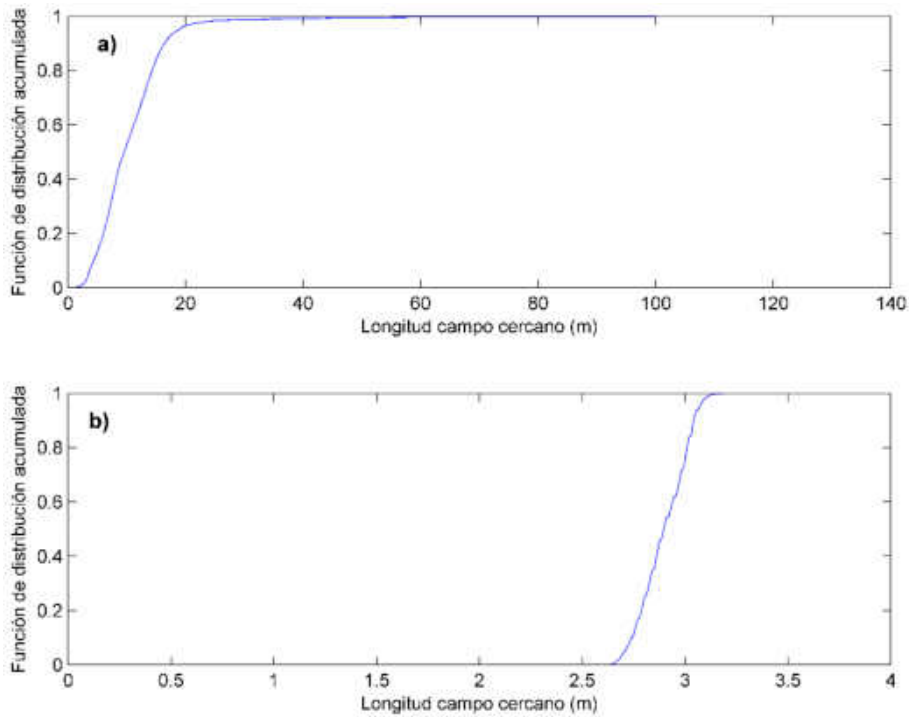


Figura 42. Función de distribución acumulada para la longitud a la que se alcanza la dilución inicial durante el periodo de simulación en la ubicación P01 a) Vertido con flotabilidad positiva b) Vertido con flotabilidad negativa.

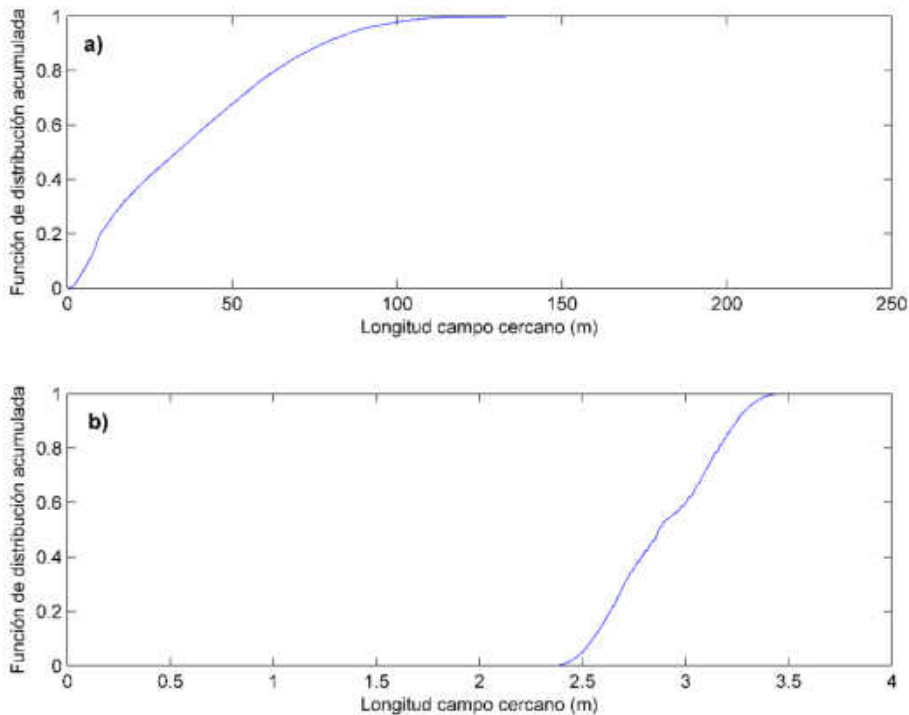


Figura 43. Función de distribución acumulada para la longitud a la que se alcanza la dilución inicial durante el periodo de simulación en la ubicación P02 a) Vertido con flotabilidad positiva b) Vertido con flotabilidad negativa.

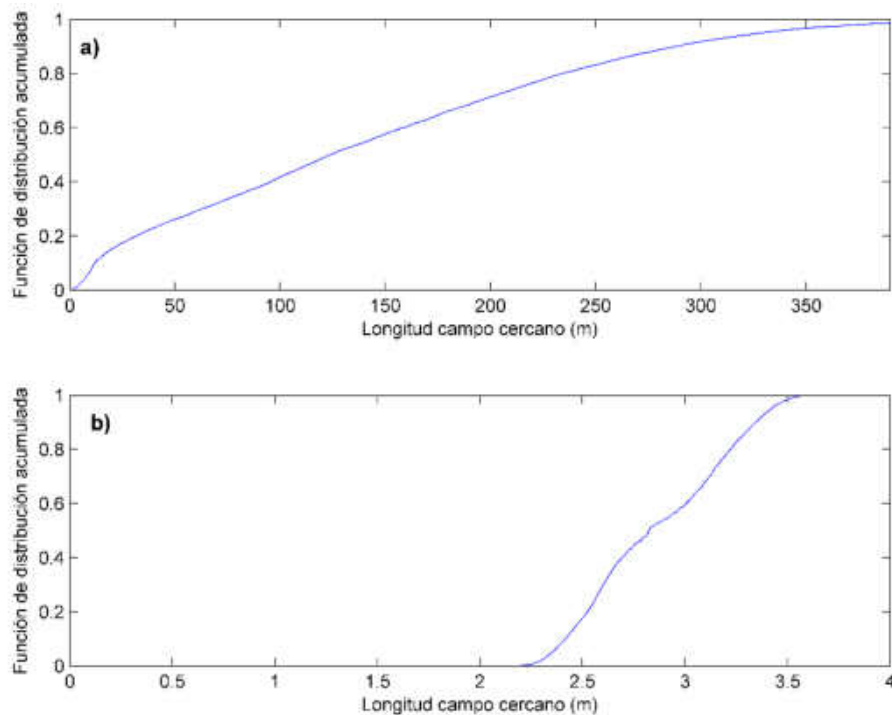


Figura 44. Función de distribución acumulada para la longitud a la que se alcanza la dilución inicial durante el periodo de simulación en la ubicación P03 a) Vertido con flotabilidad positiva b) Vertido con flotabilidad negativa.

A la vista de las figuras anteriores, se aprecia que existe una longitud máxima para la obtención de la dilución inicial de 128, 250 y 390 m en el caso de que el vertido tenga flotabilidad positiva y de 3,5, 3,4 y 3,6 m en el caso que sea negativa, para el vertido en las ubicaciones P01, P02 y P03, respectivamente. No obstante, se propone adoptar como valor de referencia para la longitud del campo cercano, el valor designado por el percentil 95, que es de 18, 88 y 327 m en el caso de vertido con flotabilidad positiva o de 3,3 m en el caso de negativa según su ubicación se localice en P01, P02 o P03.

5. ESTUDIO DE SEDIMENTACIÓN POTENCIAL.

5.1. Introducción.

El vertido del efluente de la mina de Salave, en el caso de no ser recogidos nuevamente en la mina, podría albergar una elevada concentración de sólidos que puede originar sedimentaciones en los fondos marinos, cuya extensión y características deben establecerse dentro del proceso de análisis de los efectos de la descarga del emisario. Además, una fracción de estos sólidos está formada por sulfuros mineralógicos, lo que aconseja la realización de un estudio de su acumulación en el fondo marino.

Dicho estudio de sedimentación constituye un problema complejo, debido a las variables que intervienen en su definición, que dependen de las características hidrodinámicas del medio y del propio vertido. Entre estas últimas cabe señalar la concentración y naturaleza de los sólidos vertidos, en especial su densidad y capacidad de floculación.

Para analizar dichos procesos de sedimentación y dispersión, se hace necesaria la utilización de modelos matemáticos capaces de considerar el efecto de las corrientes marinas y el oleaje sobre la decantación de partículas de tamaño variable.

5.2. Datos e hipótesis de partida.

Para el desarrollo de este estudio se ha considerado lo siguiente:

- El caudal del vertido es contante con un valor de 40 l/s.
- Se han considerado que todo el sedimento presenta un tamaño de 63 μm .
- Se han simulado 3 escenarios de vertido de acuerdo con un posible vertido en las ubicaciones P01, P02 o P03, ya comentadas anteriormente.
- La concentración de sedimento en el vertido es 300000 t/año.
- La densidad de las partículas del efluente se ha supuesto igual a 2700 kg/m^3 según la información aportada por Exploraciones Mineras del Cantábrico.
- La densidad del agua de mar se ha obtenido de la modelización hidrodinámica realizada a lo largo del año 2011.
- La viscosidad cinemática del agua se ha supuesto constante con un valor de 10^{-6} m^2/s .
- Los sólidos vertidos son compuestos mineralógicos y presentan un porcentaje de 0,4 % de sulfuros refractarios, que, según la información proporcionada por Exploraciones Mineras del Cantábrico, no sufren desorción al medio marino.

5.3. Metodología.

La estimación de la zona de sedimentación se ha analizado mediante el modelado matemático en continuo de un periodo de un año de duración.

Durante el periodo de simulación, se ha estudiado la evolución horaria de la concentración de sólidos descargados por el emisario submarino en suspensión en la columna de agua y

sedimentados en el fondo marino para cada uno de los escenarios considerados en función del vertido localizado en las ubicaciones P01, P02 o P03.

La concentración de sólidos en el fondo marino corresponde al valor acumulado al final del periodo de simulación en un área de estudio que se muestra en la Figura 45. En esta área se analizará la serie temporal de sedimentación durante el periodo de estudio para los 3 escenarios considerados.



Figura 45. Área de estudio alrededor de las 3 posibles ubicaciones de vertido consideradas en la que se analizará la serie temporal de la masa vertida que se sedimenta durante la simulación.

A través de los resultados de la concentración en fondo al final del periodo de simulación, se ha estimado el área de sedimentación preferente y la concentración de metales y metaloides adheridos a los sólidos sedimentados en el efluente recogida en el capítulo 3 de este informe. Cabe mencionar que en este estudio se entiende por zona de sedimentación preferente al área, en el entorno del difusor, en la que se va a producir una acumulación apreciable del sedimento vertido por el emisario.

Si bien estos conceptos no están recogidos en la legislación ni en las instrucciones técnicas existentes en la actualidad, la delimitación de esta área debe constituir un aspecto relevante a la hora de determinar la afección de los vertidos sobre la zona litoral. La forma de definirla está sujeta, no obstante, a incertidumbres derivadas del establecimiento de un criterio para determinar aquella acumulación mínima que podría originar algún tipo de impacto en el fondo. La definición de dicha carga mínima, constituye un factor fundamental dado que el pequeño tamaño de las partículas vertidas origina que la zona en la que se produce alguna sedimentación (aunque sea muy reducida), puede ser muy extensa.

Ante esta carencia, en el presente estudio se ha optado por analizar la zona de sedimentación preferente que resultaría de considerar diferentes concentraciones de sedimentos en el fondo (expresadas en Kg/m²) a lo largo del año de estudio. En concreto se van a considerar, según criterio de experto obtenido de estudios con características similares, concentraciones iguales o mayores a 20 Kg/m².

5.4. Módulo morfodinámico del modelo Delft3D.

El modelo Delft3D, incluye un módulo que calcula el transporte de sedimentos y los cambios morfológicos derivados del mismo. Mediante su aplicación, es posible el cálculo tanto del transporte de sólidos en suspensión, para material cohesivo como no cohesivo, como el transporte de material no cohesivo por fondo. Este módulo permite considerar diversas fracciones de sedimento, según tamaño y densidad, que no interactúan entre sí.

El transporte tridimensional de sólidos en suspensión se calcula mediante la resolución de la ecuación tridimensional de advección – difusión para sólidos en suspensión:

$$\frac{\partial c^{(\ell)}}{\partial t} + \frac{\partial uc^{(\ell)}}{\partial x} + \frac{\partial vc^{(\ell)}}{\partial y} + \frac{\partial (w - w_s^{(\ell)})c^{(\ell)}}{\partial z} - \frac{\partial}{\partial x} \left(\varepsilon_{s,x}^{(\ell)} \frac{\partial c^{(\ell)}}{\partial x} \right) - \frac{\partial}{\partial y} \left(\varepsilon_{s,y}^{(\ell)} \frac{\partial c^{(\ell)}}{\partial y} \right) - \frac{\partial}{\partial z} \left(\varepsilon_{s,z}^{(\ell)} \frac{\partial c^{(\ell)}}{\partial z} \right) = 0 \quad (5.1)$$

donde $c^{(\ell)}$ es la concentración de masa de la fracción de sedimento (ℓ) (kg/m³), u, v, w son las componentes de la velocidad de flujo (m/s), $\varepsilon_{s,x}^{(\ell)}, \varepsilon_{s,y}^{(\ell)}, \varepsilon_{s,z}^{(\ell)}$ son los coeficientes de difusión de la fracción de sedimento (ℓ) (m²/s) y $w_s^{(\ell)}$ es la velocidad de sedimentación de la fracción de sedimento (ℓ) (m/s).

El uso del módulo morfodinámico, introduce el efecto de las fracciones de sedimento para calcular la densidad del fluido mezcla de sedimento y agua ρ_{mix} . Este efecto sobre la densidad del agua, obtenida como función de la salinidad y temperatura en ausencia de sedimentos, es calculado con la siguiente relación cuando el medio presenta una cierta concentración de los mismos:

$$\rho_{mix}(S, c^{(\ell)}) = \rho_w(S) + \sum_{\ell=1}^{l_{sed}} c^{(\ell)} \left(1 - \frac{\rho_w(S)}{\rho_s^{(\ell)}} \right) \quad (5.2)$$

donde S es la concentración de salinidad (ppt), $\rho_w(S)$ es la densidad específica del agua con una concentración de salinidad S (kg/m³), $\rho_s^{(\ell)}$ es la densidad específica de la fracción de sedimento (ℓ) (kg/m³) y l_{sed} es el número de fracciones de sedimento.

Según las características del material sólido transportado, el modelo Delft3D utiliza diferentes formulaciones para modelizar su transporte, siendo la característica diferencial el hecho de ser sedimento cohesivo o no cohesivo.

5.4.1. Sedimento cohesivo.

En el agua salada, los sedimentos cohesivos tienden a formar flóculos de sedimento, con un grado de floculación dependiente de la concentración de salinidad en el medio. Estos flóculos, mucho mayores que las partículas de sedimento individuales, tienen un mayor índice de sedimentación. La velocidad de sedimentación de los flóculos de sedimento cohesivo se calcula con la siguiente expresión:

$$w_{s,0}^{(\ell)} = \begin{cases} \frac{w_{s,max}^{(\ell)}}{2} \left(1 - \cos\left(\frac{\pi S}{S_{max}}\right) \right) + \frac{w_{s,f}^{(\ell)}}{2} \left(1 + \cos\left(\frac{\pi S}{S_{max}}\right) \right), & si S \leq S_{max} \\ w_{s,max}^{(\ell)}, & si S > S_{max} \end{cases} \quad (5.3)$$

donde $w_{s,0}^{(\ell)}$ es la velocidad de sedimentación (no atenuada) de la fracción de sedimento (ℓ), $w_{s,max}^{(\ell)}$ es la velocidad de sedimentación de la fracción de sedimento (ℓ) para la concentración de salinidad máxima, $w_{s,f}^{(\ell)}$ es la velocidad de sedimentación en agua dulce de la fracción de sedimento (ℓ) y S_{max} es la salinidad máxima especificada para $w_{s,max}^{(\ell)}$.

En la evaluación de la dispersión del sedimento cohesivo, el coeficiente de difusión es igual al utilizado por el modelo para resolver la hidrodinámica y no tiene en cuenta el aumento de la turbulencia debido al oleaje.

El cálculo de la erosión y deposición de sedimento cohesivo, es decir, los flujos de las fracciones de sedimento cohesivo entre la columna de agua y el lecho, se lleva a cabo con las formulaciones Partheniades-Krone (Partheniades, 1965).

$$E^{(\ell)} = M^{(\ell)} S(\tau_{cw}, \tau_{cr,e}^{(\ell)}) \quad (5.4)$$

$$D^{(\ell)} = w_s^{(\ell)} c_b^{(\ell)} S(\tau_{cw}, \tau_{cr,d}^{(\ell)}) \quad (5.5)$$

$$c_b^{(\ell)} = c^{(\ell)} \left(z = \frac{\Delta z_b}{2}, t \right) \quad (5.6)$$

donde $E^{(\ell)}$ es el flujo de erosión (kg/m² s), $M^{(\ell)}$ es el parámetro de erosión definido por el usuario (kg/m² s), $D^{(\ell)}$ es el flujo de deposición (kg/m² s), $c_b^{(\ell)}$ es la concentración promedio para una fracción de sedimento en la capa computacional cercana al fondo, y $S(\tau_{cw}, \tau_{cr,e}^{(\ell)})$ y $S(\tau_{cw}, \tau_{cr,d}^{(\ell)})$, son funciones de erosión y deposición respectivamente, definidas por las siguientes expresiones:

$$S(\tau_{cw}, \tau_{cr,e}^{(\ell)}) = \begin{cases} \left(\frac{\tau_{cw}}{\tau_{cr,e}^{(\ell)}} - 1 \right) & \tau_{cw} > \tau_{cr,e}^{(\ell)} \\ 0 & \tau_{cw} \leq \tau_{cr,e}^{(\ell)} \end{cases} \quad (5.7)$$

$$S(\tau_{cw}, \tau_{cr,d}^{(\ell)}) = \begin{cases} \left(1 - \frac{\tau_{cw}}{\tau_{cr,d}^{(\ell)}} \right) & \tau_{cw} < \tau_{cr,d}^{(\ell)} \\ 0 & \tau_{cw} \geq \tau_{cr,d}^{(\ell)} \end{cases} \quad (5.8)$$

donde τ_{cw} es la tensión tangencial máxima en el fondo debida a corrientes y oleajes, $\tau_{cr,e}^{(\ell)}$ es la tensión tangencial crítica de erosión que es definida por el usuario (N/m²) y $\tau_{cr,d}^{(\ell)}$ es la tensión tangencial crítica de deposición que es definida por el usuario (N/m²).

Los flujos de erosión-deposición en el modelo, entre la columna de agua y el fondo, son calculados en la capa computacional más cercana al fondo.

5.4.2. Sedimento no cohesivo.

Para el caso de sedimento no cohesivo, la velocidad de sedimentación para fracción de sedimento es obtenida según el método de Van Rijn (1993), dependiente del diámetro del sedimento en suspensión, mediante las expresiones:

$$w_{s,0}^{(\ell)} = \begin{cases} \frac{(s^{(\ell)} - 1)gD_s^{(\ell)2}}{18\nu}, & 65 \mu m < D_s \leq 100 \mu m \\ \frac{10\nu}{D_s} \left(\sqrt{1 + \frac{0.01(s^{(\ell)} - 1)gD_s^{(\ell)3}}{\nu^2}} - 1 \right), & 100 \mu m < D_s \leq 1000 \mu m \\ 1.1\sqrt{(s^{(\ell)} - 1)gD_s^{(\ell)}}, & 1000 \mu m < D_s \end{cases} \quad (5.9)$$

donde $s^{(\ell)}$ es la densidad relativa de la fracción de sedimento (l), $D_s^{(\ell)}$ es el diámetro representativo de la fracción de sedimento (ℓ) y ν es el coeficiente de viscosidad cinemática del agua (m²/s).

En la dispersión de sedimento no cohesivo, el modelo Delft3D utiliza un coeficiente de difusión horizontal igual al utilizado para obtener la distribución de salinidad. El coeficiente de difusión vertical para los sedimentos se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$\varepsilon_s^{(\ell)} = \beta_{eff}^{(\ell)} \varepsilon_f \quad (5.10)$$

donde $\varepsilon_s^{(\ell)}$ es el coeficiente de difusión vertical para la fracción de sedimento (ℓ), $\beta_{eff}^{(\ell)}$ es el factor efectivo de Van Rijn para la fracción de sedimento y ε_f es coeficiente de viscosidad

de remolino vertical del modelo de cierre de turbulencia. El factor efectivo de Van Rijn es calculado para la fracción no cohesiva como

$$\beta_{eff}^{(\ell)} = 1 + (\beta^{(\ell)} - 1) \frac{\tau_c}{\tau_w + \tau_c} \quad (5.11)$$

donde $\beta^{(\ell)}$ es el factor de Van Rijn para la fracción de sedimento (ℓ) , τ_c es la tensión tangencial en lecho debido a las corrientes y τ_w es la tensión tangencial en el lecho debido al oleaje.

El factor de Van Rijn siempre toma valores entre 1 y 1,5 y se calcula como:

$$\beta^{(\ell)} = 1 + 2 \left(\frac{w_s^{(\ell)}}{u_{*,c}} \right)^2 \quad (5.12)$$

donde $u_{*,c}$ es la tensión tangencial en el lecho debido a las corrientes.

Para obtener una descripción más detallada de este modelo, se aconseja al lector consultar el manual:

"Delft3D-FLOW_User_Manual" (<http://oss.deltares.nl/web/delft3d/manuals>).

5.5. Análisis de la evolución de los sólidos del vertido.

5.5.1. Sólidos en suspensión en la columna de agua.

En la Figura 46, la Figura 47 y la Figura 48 se presenta, a modo de ejemplo, la evolución de la concentración de los sólidos en suspensión en agua en la capa de fondo en cuatro instantes del periodo modelado para el caso de los escenarios con el vertido ubicado en P01, P02 y P03, respectivamente.

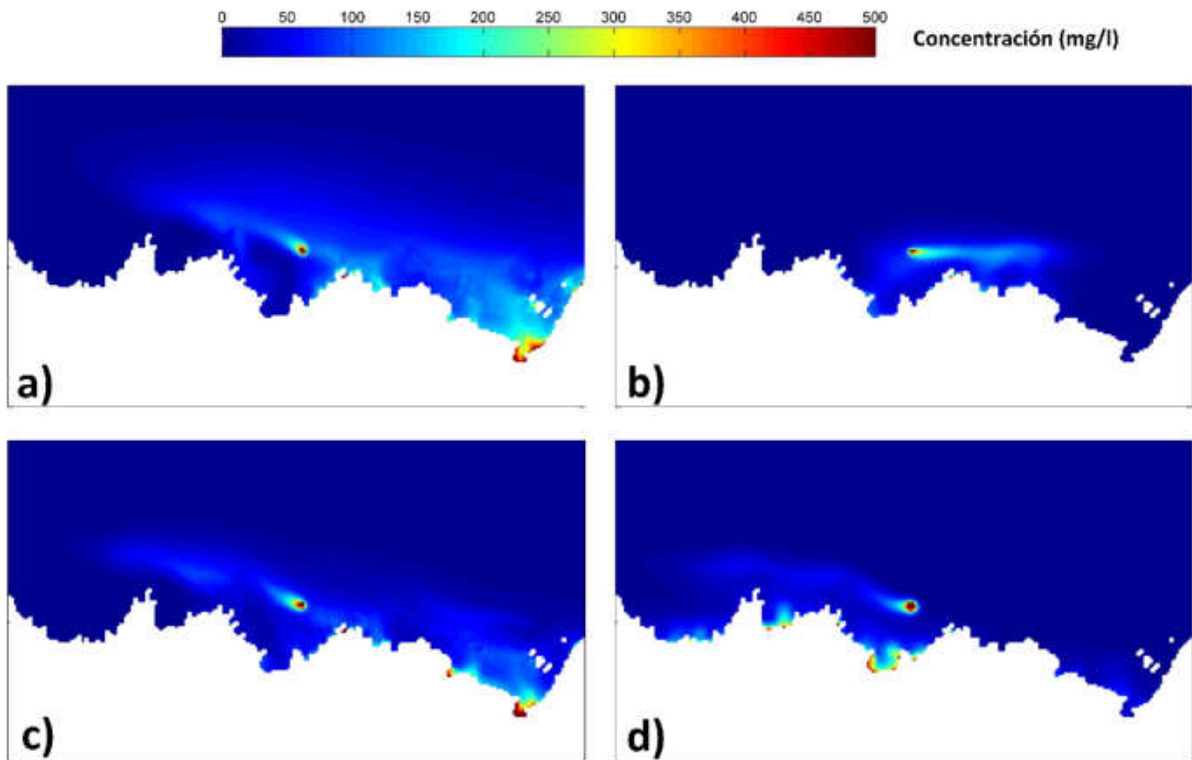


Figura 46. Concentración de sólidos en suspensión (kg/m^3) en la capa de fondo en cuatro instantes del periodo de simulación a) $t=900$ horas de simulación b) $t=2100$ horas de simulación c) $t=3800$ horas de simulación d) $t=6900$ horas de simulación. Escenario con vertido en la ubicación P01.

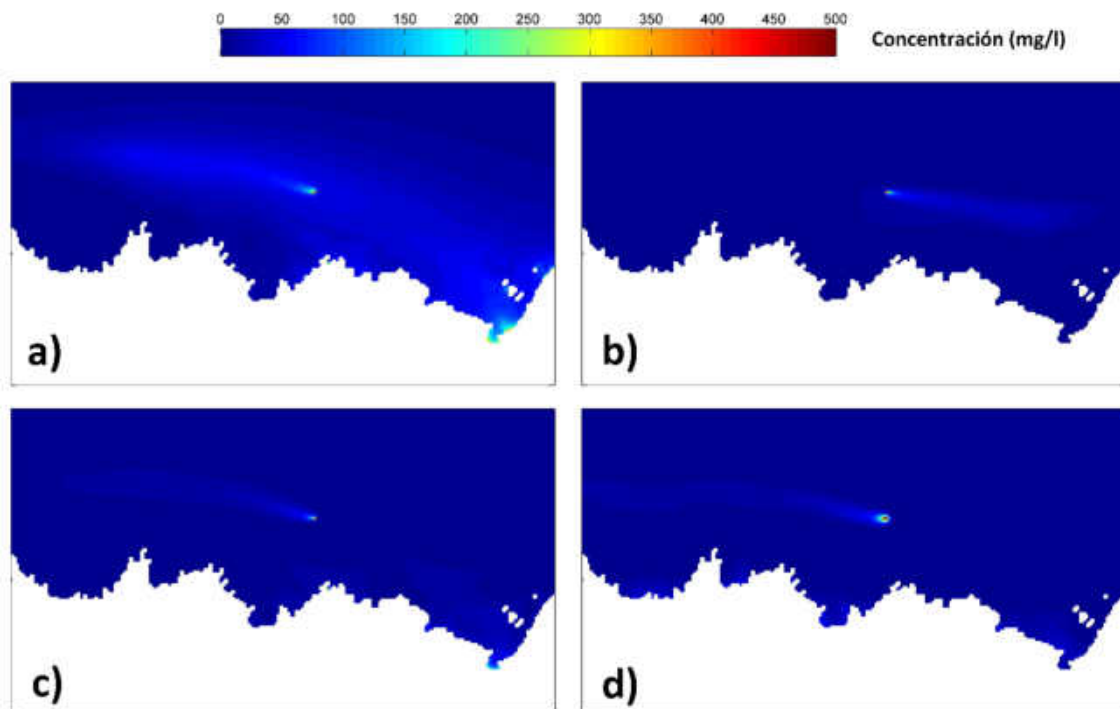


Figura 47. Concentración de sólidos en suspensión (kg/m^3) en la capa de fondo en cuatro instantes del periodo de simulación a) $t=900$ horas de simulación b) $t=2100$ horas de simulación c) $t=3800$ horas de simulación d) $t=6900$ horas de simulación. Escenario con vertido en la ubicación P02.

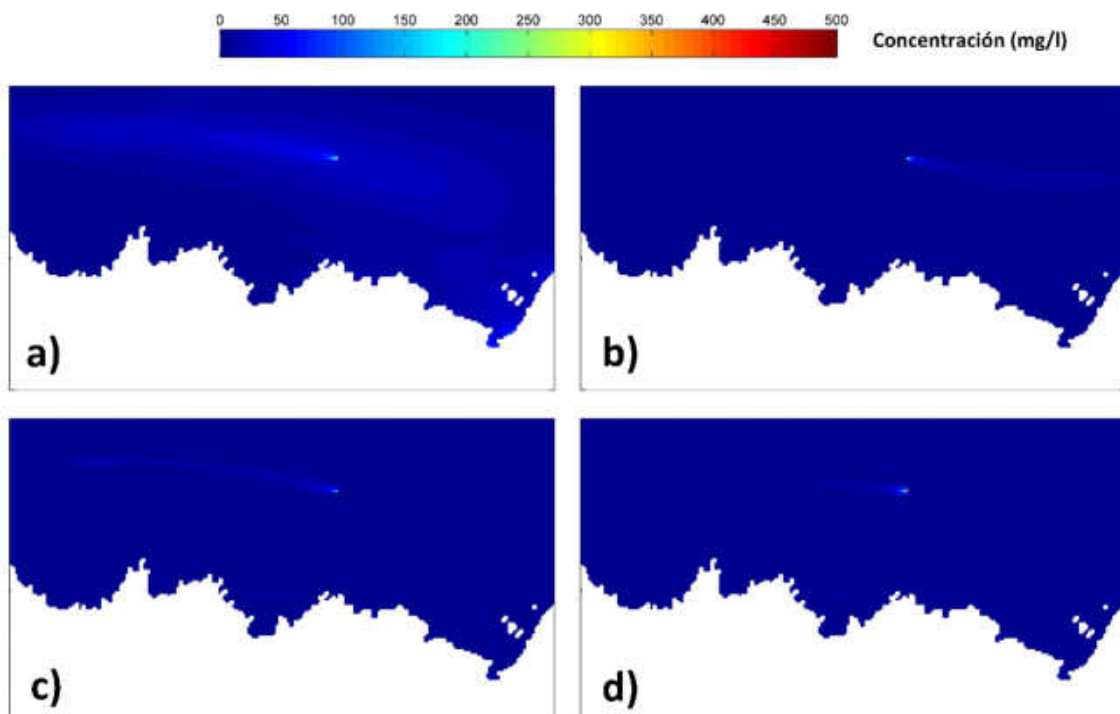


Figura 48. Concentración de sólidos en suspensión (kg/m^3) en la capa de fondo en cuatro instantes del periodo de simulación a) $t=900$ horas de simulación b) $t=2100$ horas de simulación c) $t=3800$ horas de simulación d) $t=6900$ horas de simulación. Escenario con vertido en la ubicación P03.

Cabe señalar, por último, que en los resultados mostrados en las tres situaciones analizadas (escenarios con vertido en las ubicaciones P01 a P03) la concentración en la columna de agua disminuye rápidamente al alejarse del difusor. La concentración que alcanza la costa disminuye paulatinamente cuando la descarga se mueve de P01 hacia P03, haciéndose despreciable en este último caso.

5.5.2. Sedimentación en el fondo.

En la Figura 49, la Figura 50 y la Figura 51 se muestra, a modo de ejemplo, la evolución de la concentración de los sólidos sedimentados en el fondo en cuatro instantes del periodo modelado para el caso de los escenarios con el vertido ubicado en P01, P02 y P03, respectivamente.

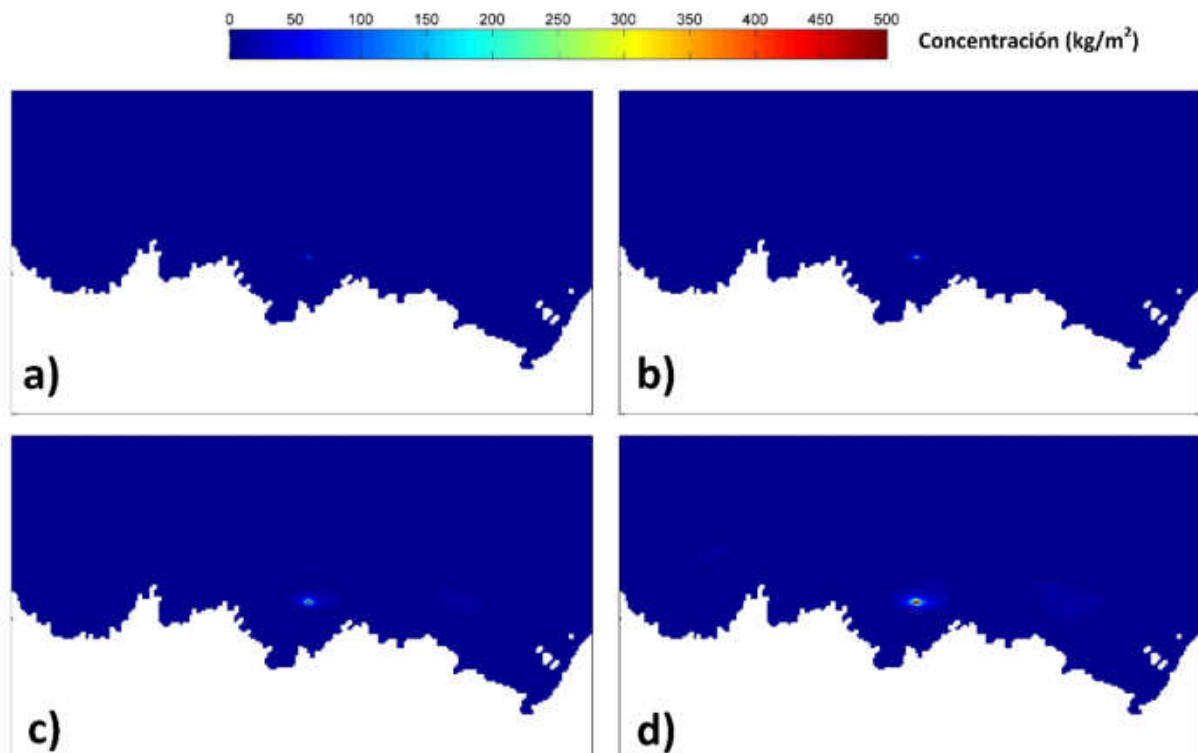


Figura 49. Concentración de sólidos en el fondo (kg/m²) en cuatro instantes del periodo de simulación a) t=900 horas de simulación b) t=2100 horas de simulación c) t=3800 horas de simulación d) t=6900 horas de simulación. Escenario con vertido en la ubicación P01.

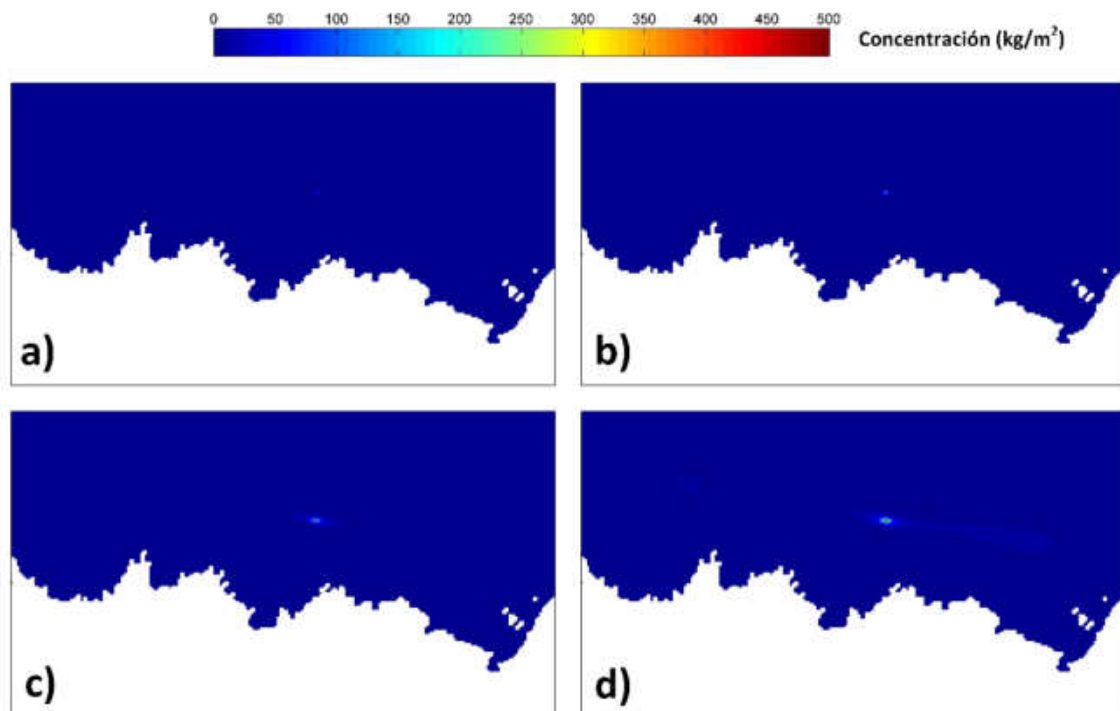


Figura 50. Concentración de sólidos en el fondo (kg/m²) en cuatro instantes del periodo de simulación a) t=900 horas de simulación b) t=2100 horas de simulación c) t=3800 horas de simulación d) t=6900 horas de simulación. Escenario con vertido en la ubicación P02.

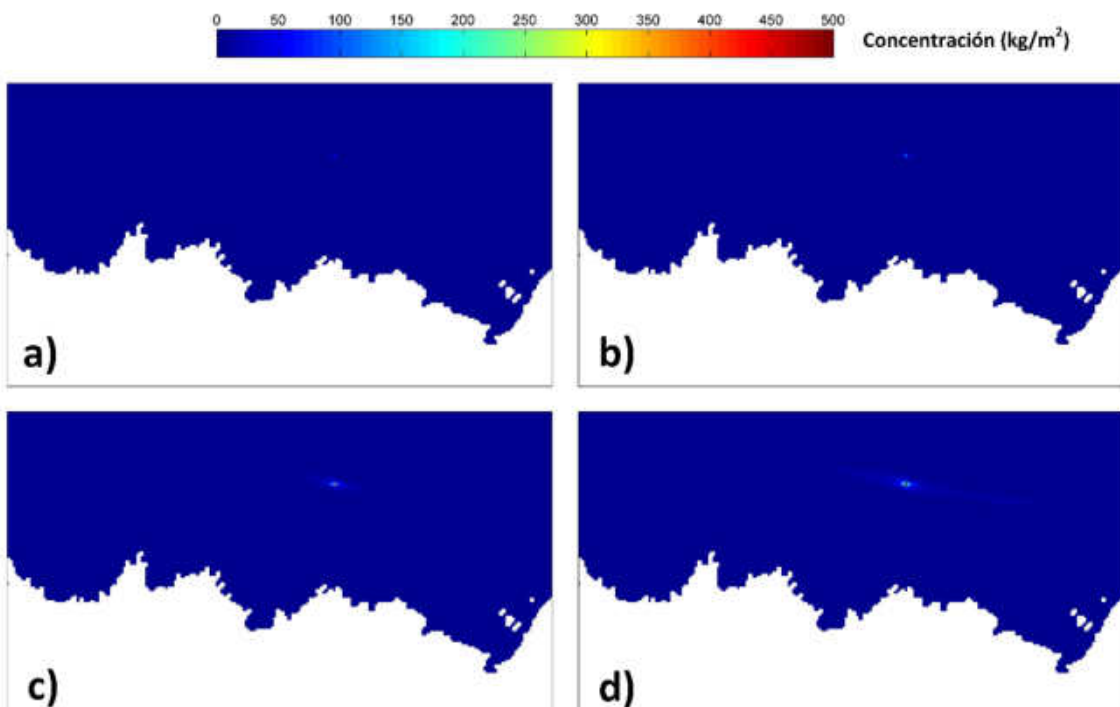


Figura 51. Concentración de sólidos en el fondo (kg/m²) en cuatro instantes del periodo de simulación a) t=900 horas de simulación b) t=2100 horas de simulación c) t=3800 horas de simulación d) t=6900 horas de simulación. Escenario con vertido en la ubicación P03.

Como puede apreciarse en las figuras anteriores, la sedimentación se produce en gran parte en las cercanías del difusor debido a la fuerte decantación de la fracción de partículas de mayor diámetro, mostrando un marcado efecto sobre la misma de la dirección predominante de las corrientes.

En la Figura 52 se muestra la serie temporal de sólidos sedimentados en la zona de estudio (Figura 45) durante el periodo analizado para cada uno de los escenarios ejecutados en función de la ubicación del vertido. Como puede apreciarse en esta figura, la masa va aumentando en el sistema durante todo el periodo, manteniendo periodos constantes debido al efecto del oleaje y su efecto en la movilización del sedimento. No obstante, debe tenerse en cuenta que la masa de sólidos sedimentada se presenta como un porcentaje ínfimo respecto de la total descargada al final del periodo de simulación, siendo un 1,5, 0,7 y 0,6 % de la masa de sólidos vertida de acuerdo con los escenarios de vertido en P01, P02 o P03. En este sentido, cabe señalar que esta masa únicamente supone un incremento medio de sedimento en el área de estudio de 0,23, 0,10 y 0,09 kg/m² de acuerdo a los escenarios con vertido en P01, P02 o P03, respectivamente, o en términos de aumento medio de la cota de fondo por el sedimento menor a las 100 µm en todos los escenarios considerados.

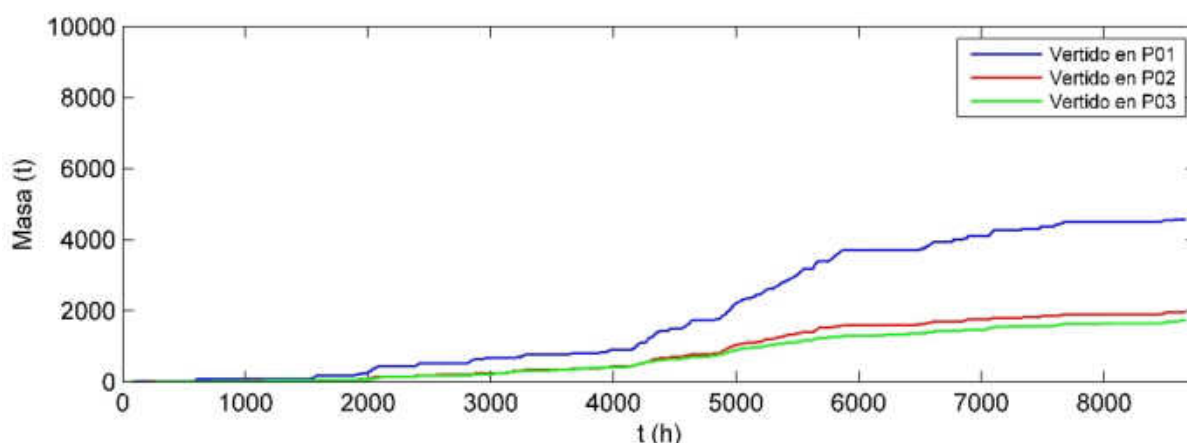


Figura 52. Serie temporal de sólidos sedimentados en la zona de estudio durante el periodo de simulación para cada una de las fracciones de sólidos consideradas en el caso del vertido en la ubicación P01 (a), P02 (b) y P03 (c).

Al objeto de establecer la zona donde se producirá de forma preferente la sedimentación de las partículas del efluente, en la Figura 53 se presenta distribución espacial de la masa total de sólidos sedimentados al final del año de simulación en las tres ubicaciones consideradas para la posible localización del vertido. No obstante, hay que tener en cuenta que el año seleccionado es un año medio hidrodinámico, pero poco energético en lo que se refiere al oleaje (véase capítulo 3) y a su efecto en la resuspensión, por lo que en años con mayores oleajes se producirá una menor acumulación de sedimentos o movilización de los existentes de la zona de estudio. A la vista de estos resultados, se podría afirmar que dentro del ciclo de vida de la mina (del entorno de 20-30 años), no se producirían acumulaciones significativas de sedimentos dado que, el encadenamiento de años más o menos energéticos mantendría la sedimentación en estos mismos niveles.

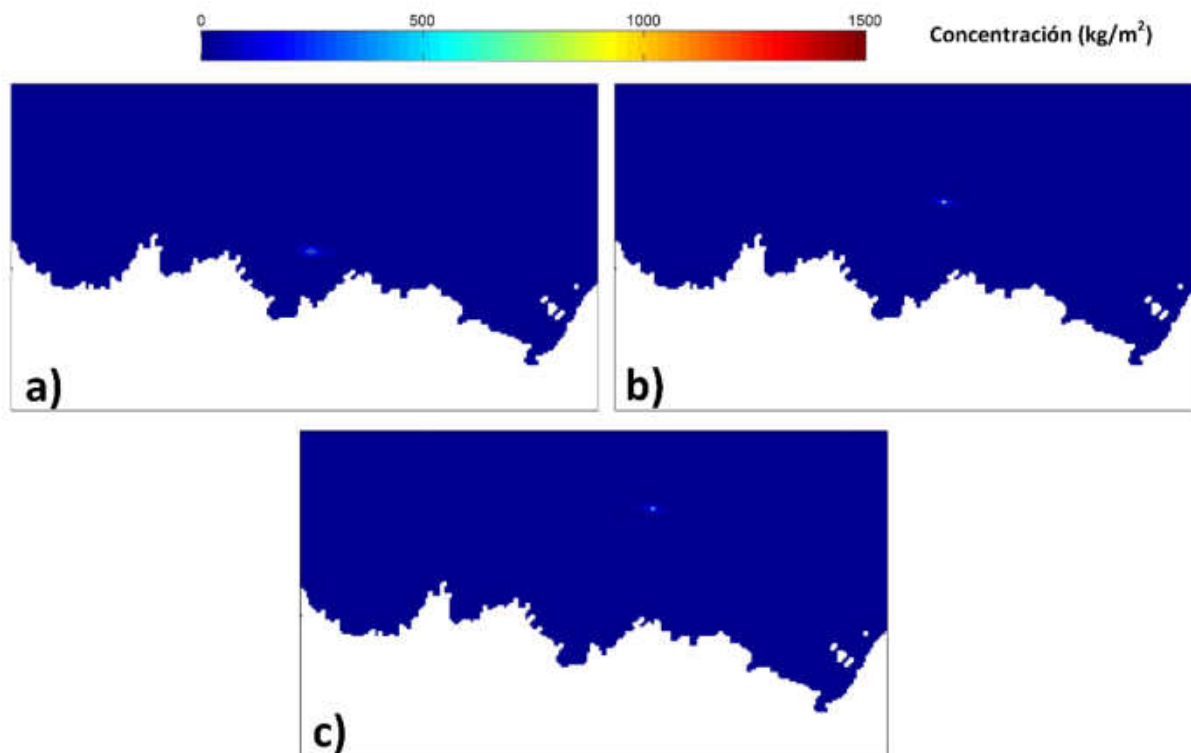


Figura 53. Concentración de sólidos en el fondo (kg/m²) acumulada en el periodo de simulación a) Vertido en la ubicación P01 b) Vertido en la ubicación P02 c) Vertido en la ubicación P03.

Como puede apreciarse en la figura anterior, por efecto del vertido continuo a lo largo de un año, se generarían concentraciones máximas en la zona de descarga de 1484, 855 y 687 kg/m² de acuerdo a que el vertido se localice en P01, P02 o P03, respectivamente.

5.6. Definición del área de sedimentación preferente.

En la Tabla 28, se recogen los valores de la superficie de sedimentación para concentraciones de sólidos acumulados en el fondo igual o superior a 20 kg/m² para los casos de los escenarios con vertido ubicado en P01, P02 o P03.

Ubicación Vertido	Superficie de fondo (Ha)		
	$\geq 20,0 \text{ kg/m}^2$	$\geq 100 \text{ kg/m}^2$	$\geq 500 \text{ kg/m}^2$
P01	7,56	1,26	0,06
P02	4,44	0,56	0,06
P03	4,87	0,50	0,06

Tabla 28. Áreas de sedimentación (Ha) en función de la concentración de sólidos acumulados en el fondo.

En la Figura 54 se recogen las extensiones de las diferentes áreas de sedimentación preferente en función de la concentración sedimentada durante el periodo de estudio para los escenarios con vertido ubicado en P01, P02 o P03.

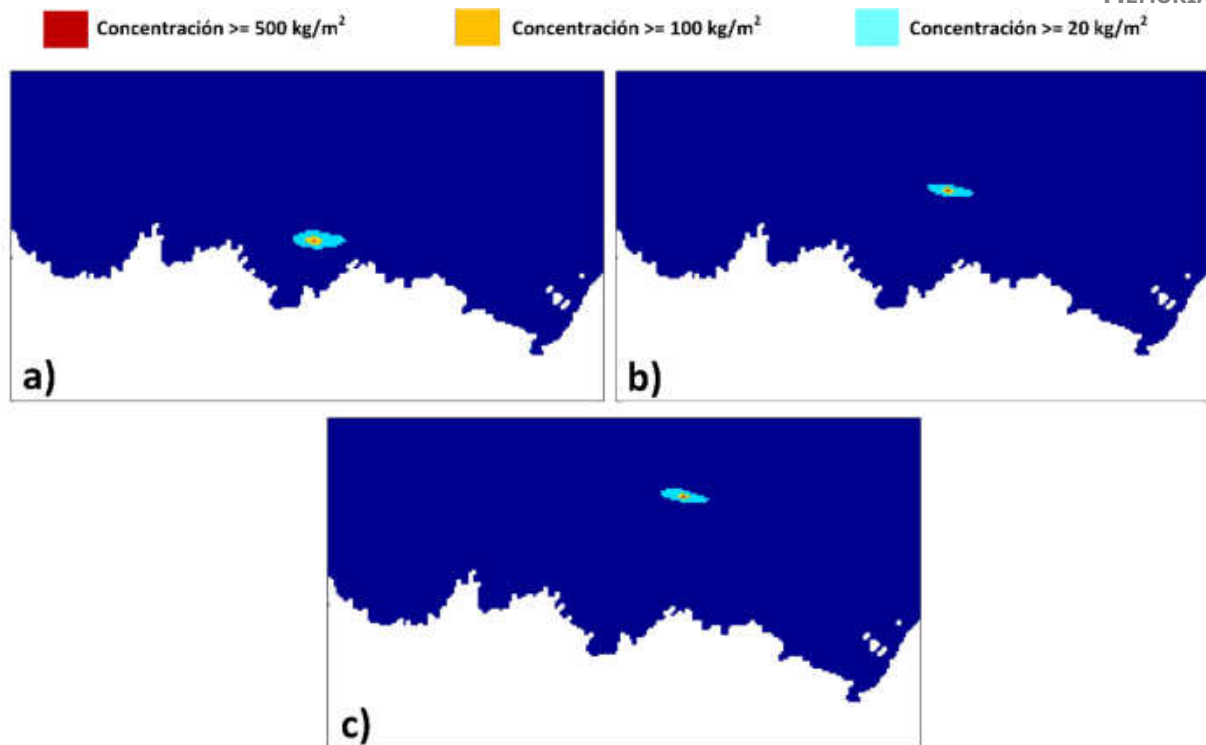


Figura 54. Áreas de sedimentación preferente en función de la concentración sedimentada a) Vertido en la ubicación P01 b) Vertido en la ubicación P02 c) Vertido en la ubicación P03.

En la figura anterior es apreciable que las condiciones hidrodinámicas influyen fuertemente la sedimentación del vertido generando que esta se produzca preferentemente en las cercanías del mismo y en la dirección en que las corrientes marinas se encuentran en dicho punto la mayor parte del tiempo (W – E).

5.7. Definición de la concentración de sulfuros asociada a los sólidos sedimentados.

Como se ha comentado anteriormente, se ha tenido en cuenta que un 0,4% del sedimento vertido está formada por sulfuros en estado sólido, obteniendo su correspondiente masa sedimentada en la zona de estudio. Debe tenerse en cuenta que estos sulfuros en estado sólido y vertidos en un medio salino, presentan una capacidad prácticamente nula de generar procesos de desorción en el medio acuático, según la información suministrada por la empresa contratante. De este modo, en la Figura 55 se recoge la concentración sedimentada de sulfuros contenidos en el efluente en los escenarios de descarga en P01, P02 y P03 al final del periodo de simulación.

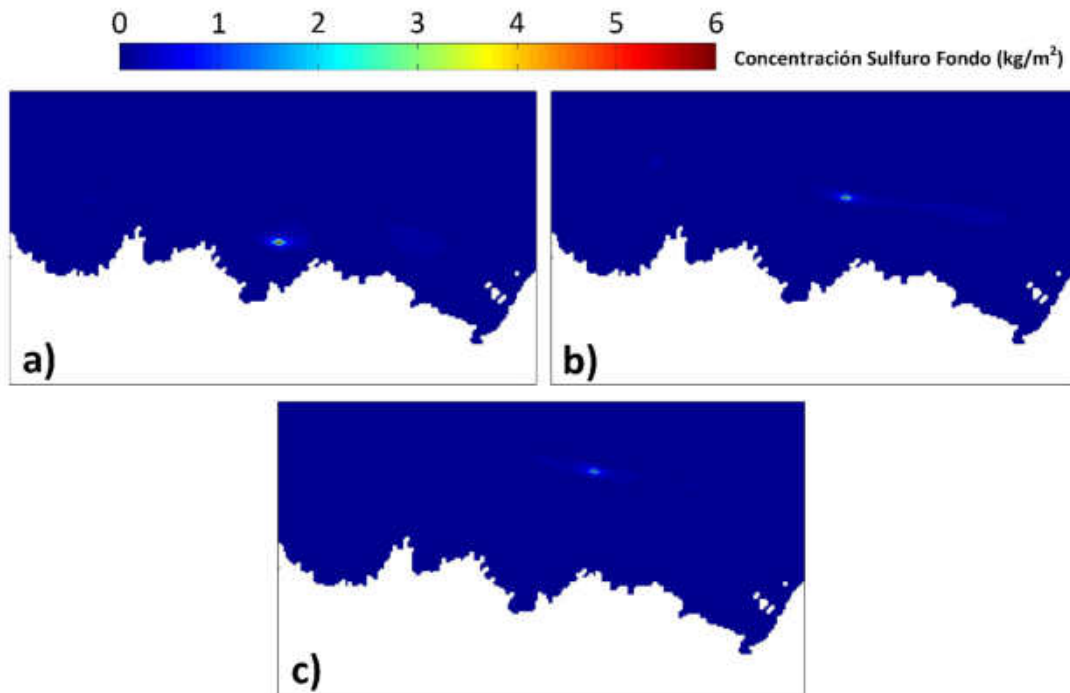


Figura 55. Concentración de sulfuro en forma sólida (kg/m^2) sedimentada al final del periodo de simulación a) Vertido en la ubicación P01 b) Vertido en la ubicación P02 c) Vertido en la ubicación P03.

El efecto del vertido continuo a lo largo de un año, generaría concentraciones máximas de sulfuro en estado sólido en la zona de descarga de 5,94, 3,42 y 2,75 kg/m^2 de acuerdo a que el vertido se localice en P01, P02 o P03, respectivamente. Cabe señalar que estas concentraciones se ubican prácticamente en la localización del vertido y disminuyen muy rápidamente con el alejamiento del mismo.

6. ANÁLISIS FUNCIONAL DEL EMISARIO

6.1. Introducción

El análisis del comportamiento hidráulico de un emisario tiene que ser llevado a cabo para garantizar su funcionamiento óptimo. Este funcionamiento óptimo se basa en cumplir los siguientes requisitos:

- Asegurar una distribución uniforme de los caudales en cada uno de los tubos elevadores para todo el abanico de caudales que esté previsto que circulen por el emisario.
- Adecuar las pérdidas de carga en el emisario para los caudales previstos de forma que se encuentren en los márgenes de la presión disponible en cabeza del emisario.

En el presente caso, se ha realizado un cálculo hidráulico para evaluar las opciones de funcionamiento y posibles necesidades de bombeo.

La determinación de las pérdidas de carga en los diferentes puntos del sistema se llevará a cabo con el modelo de cálculo matemático EPANET 2.0 desarrollado por la División de Recursos Hídricos y Suministros de Agua (anteriormente División de Investigación del Agua Potable) del Laboratorio Nacional de Investigación para la Prevención de Riesgos (NRMRL) de la Agencia para la Protección del Medio Ambiente de EEUU (USEPA), que cuenta con una amplia difusión y aceptación a nivel mundial

6.2. Modelo Hidráulico EPANET.

El modelo matemático EPANET permite realizar simulaciones del comportamiento hidráulico y de la calidad del agua en redes a presión, en periodos de tiempo prolongados. Su funcionamiento brinda la posibilidad de analizar una red, constituida por una serie de nudos (uniones de tuberías), bombas, válvulas y depósitos de almacenamiento o embalses, mostrando la evolución de los caudales, presiones, niveles y concentración de sustancias químicas durante los periodos de simulación.

El modelo es una herramienta de gran potencia, sin limitación del tamaño de las redes que puede procesar, válida para diseñar complejos sistemas de muestreo o gestión de calidad en redes de suministro. No obstante, para el caso que nos ocupa sólo se emplea una pequeña parte de esa capacidad, limitándose este estudio, como ya se ha indicado anteriormente, a la comprobación del comportamiento hidráulico del sistema del emisario previsto. De esta forma se describen a continuación los datos y variables que ha sido necesario introducir en el modelo para obtener los resultados requeridos, también se expone brevemente proceso de cálculo de resultados.

De esta forma el primer paso para modelar un sistema de distribución de agua es establecer el esquema de la red de distribución. Esta red está formada por tuberías que unen una serie de nudos de distribución de caudal, depósitos o embalses. En cada uno de estos elementos se requieren una serie de entradas al sistema y se obtienen diversos resultados que se describen seguidamente (no se tienen en cuenta aquí los datos referentes a calidad de agua):

- **Nudos de Caudal** son los puntos de la red donde se unen las tuberías o sus extremos, (también pueden ser sólo puntos de paso). Los datos de entrada son: la cota respecto a un nivel de referencia y las demandas de agua. Como resultados se obtienen: la altura piezométrica (energía interna por unidad de peso del fluido) y la presión.
- **Embalses** son nudos que representan una fuente externa ilimitada de alimentación, o bien un sumidero de caudal. La propiedad básica es la altura piezométrica (que coincidirá con la cota de la superficie libre del agua si éste se encuentra a la presión atmosférica) y que no se verá afectada por lo que pueda ocurrir en la red. Por tanto, no existen resultados derivados del cálculo en los mismos.
- **Depósitos** son nudos con capacidad de almacenamiento, en los cuales el volumen de agua almacenada puede variar con el tiempo. Los datos básicos de un depósito son: la cota de solera (para la cual el nivel del agua es cero), su geometría, los niveles de agua (inicial, mínimo y máximo). Los principales resultados son la altura piezométrica y la presión.
- **Tuberías** son las líneas que transportan el flujo de un nudo a otro. EPANET asume que las tuberías están completamente llenas en todo momento, y, por tanto, que el flujo es a presión. Los parámetros más significativos de una tubería son: los nudos inicial y final, el diámetro, la longitud, el coeficiente de rugosidad (para calcular las pérdidas de carga) y su estado (abierta, cerrada, o con válvula de retención). Los resultados en una tubería contemplan: el caudal circulante, la velocidad del flujo, la pérdida de carga unitaria, el factor de fricción para la fórmula de Darcy-Weisbach y la velocidad media de reacción (a lo largo de la tubería).

Para calcular la pérdida de carga (o de altura piezométrica) en una tubería debida a la fricción por el paso del agua, pueden emplearse en EPANET tres fórmulas diferentes:

- Hazen-Williams
- Darcy-Weisbach
- Chezy-Manning

Todas las fórmulas emplean la misma ecuación básica para calcular la pérdida de carga entre el nudo de entrada y el de salida:

$$h_L = Aq^b \quad (6.1)$$

donde h_L = pérdida de carga, q = caudal, A = coeficiente de resistencia, y b = exponente del caudal.

Los coeficientes de rugosidad se determinan empíricamente para cada fórmula y para cada material de la tubería. Desde un punto de vista general, los valores orientativos a considerar, en el caso de una tubería nueva, son los que se indican en la Tabla 29.

Material	C Hazen-Williams	ϵ Darcy-Weisbach (mm)	n Manning
Fundición	130 – 140	0.25	0.012-0.015
Hormigón	120 – 140	0.3-3.0	0.012-0.017
Hierro Galvanizado	120	0.15	0.015-0.017
Plástico	140 – 150	0.0015	0.011-0.015
Acero	140 – 150	0.03	0.015-0.017
Cerámica	110	0.3	0.013-0.015

Tabla 29. Coeficientes de rugosidad para diferentes tipos de material.

Dado que en el presente estudio no se han contemplado los aspectos del modelado referentes a la calidad del flujo, ni se han incluido otros elementos físicos (bombas o válvulas) o complementarios (curvas de comportamiento o de modulación y leyes de control), únicamente queda por exponer la inclusión de las pérdidas menores o localizadas del sistema.

Estas pérdidas, debidas a los incrementos de turbulencia que se producen en cambios de dirección, codos, accesorios, variaciones de sección, etc., son importantes en el cálculo de una red como la que nos ocupa. EPANET permite asociar a cada tubería un coeficiente de pérdidas menores, siendo el valor de la pérdida el producto de dicho coeficiente por la altura dinámica en la tubería:

$$h_L = K \left(\frac{v^2}{2g} \right) \quad (6.2)$$

donde: K = coeficiente de pérdidas menores,

v = velocidad del flujo

g = aceleración de la gravedad

La determinación de los coeficientes de pérdidas menores, se encuentra tabulada en la literatura científico-técnica, con valores indicativos para los elementos más comunes (como codos o válvulas de globo), pero dado que K depende fundamentalmente de la geometría, del número de Reynolds, e incluso de las condiciones del flujo, es más precisa su determinación con una formulación adecuada al tipo de red que se está estudiando. Estas pérdidas se incorporan al modelo como "coeficientes de pérdidas menores" en las conducciones. Para su determinación se emplean una serie de expresiones hidráulicas generales que se exponen a continuación:

- Pérdidas de carga en derivaciones

$$h_{deriv2} = K_{Q1-Q2} \left(\frac{V_2^2}{2g} \right) \quad (6.3)$$

siendo:

$$K_{Q1-Q2} = 1.2 + (Q2/Q1)^{-2} (D2/D1)^4 \rightarrow \text{uniones sin redondeo.}$$

$$K_{Q1-Q2} = 0.4 + (Q2/Q1)^{-2} (D2/D1)^4 \rightarrow \text{uniones con redondeo (por defecto).}$$

$$h_{deriv3} = K_{Q1-Q3} \left(\frac{V_3^2}{2g} \right) \quad (6.4)$$

siendo:

$$K_{Q1-Q3} = \frac{1 + \left(\frac{Q_3}{Q_1}\right)^{20}}{1 + \left(\frac{Q_3}{Q_1}\right)^{3.5}} \quad (6.5)$$

siendo Q_1 el caudal antes de la derivación, Q_2 el caudal que se deriva y Q_3 el caudal que sigue después de la derivación.

- Pérdidas de carga por reducción de diámetro de forma brusca

$$h_{reduc1} = K_{reduc1} \left(\frac{V_2^2}{2g} \right) \quad (6.6)$$

siendo:

$$K_{reduc1} = (1/e - 1)^2 \quad (6.7)$$

$$e = 0.57 + 0.043 / (1.1 - Area_2 / Area_1) \quad (6.8)$$

siendo $Area_2$ y $Area_1$ las áreas antes y después de la reducción y V_2 la velocidad después de la reducción.

- Pérdidas de carga por reducción de diámetro de forma suave

$$h_{reduc2} = K_{reduc1} K_{reduc2} \left(\frac{V_2^2}{2g} \right) \quad (6.9)$$

siendo:

$$K_{reduc2} = 56.72 \alpha^{-0.007} + 0.01 \alpha - 55.5 \quad (6.10)$$

siendo α el ángulo en la reducción suave y V_2 la velocidad después de la reducción.

- Pérdidas en válvulas anti-retorno: Partiendo de la base de que este tipo de pérdidas de carga son orientativas, para su determinación es habitual recurrir a las indicaciones proporcionadas por los fabricantes de las mismas. En este sentido, para las válvulas de 10" de la serie TF2 se puede hacer uso de las siguientes expresiones:

$$h_{anti-retorno} = 0.402 V + 0.383 \rightarrow \text{para 45 metros de contrapresión}$$

$$h_{anti-retorno} = 0.182 V + 0.183 \rightarrow \text{para 20 metros de contrapresión}$$

siendo V la velocidad del flujo (m/s) en el interior de la boquilla, antes de llegar a la citada válvula.

- Pérdida de carga por variación de la velocidad en la salida

$$h_{salida} = \frac{V^2}{2g} \quad (6.11)$$

siendo V el valor de la velocidad del flujo en la sección de salida.

6.3. Caracterización geométrica del emisario

Se ha considerado una geometría del emisario con un punto de salida a una cota aproximada de 40 m y con un primer tramo terrestre de unos 385 m de longitud. A partir de este punto se inicia la conducción submarina sobre la traza mostrada en la Figura 56.

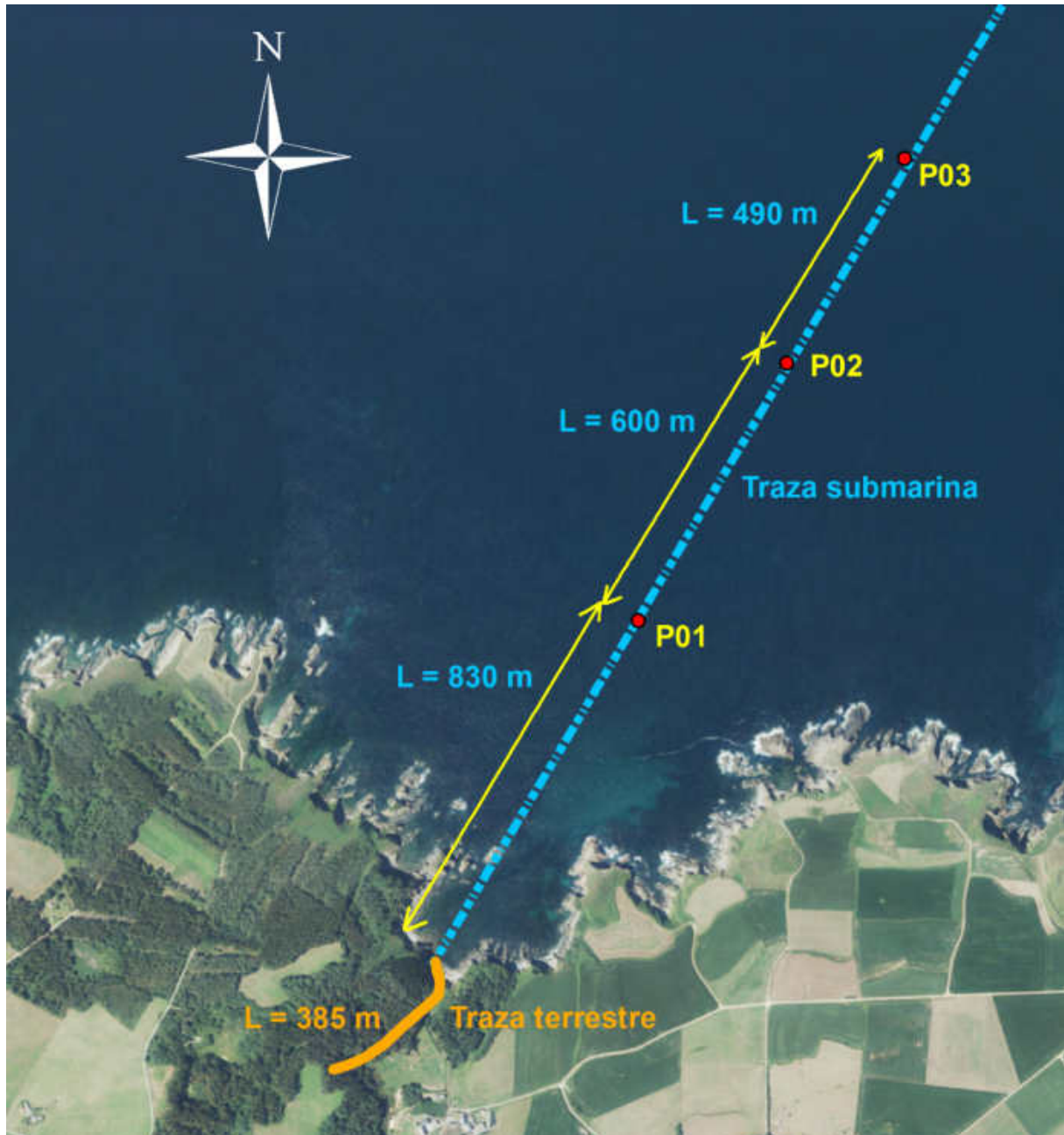


Figura 56. Traza terrestre y submarina del emisario.

El perfil de la traza total del emisario (tramo terrestre y submarino) se muestra en la Figura 57.

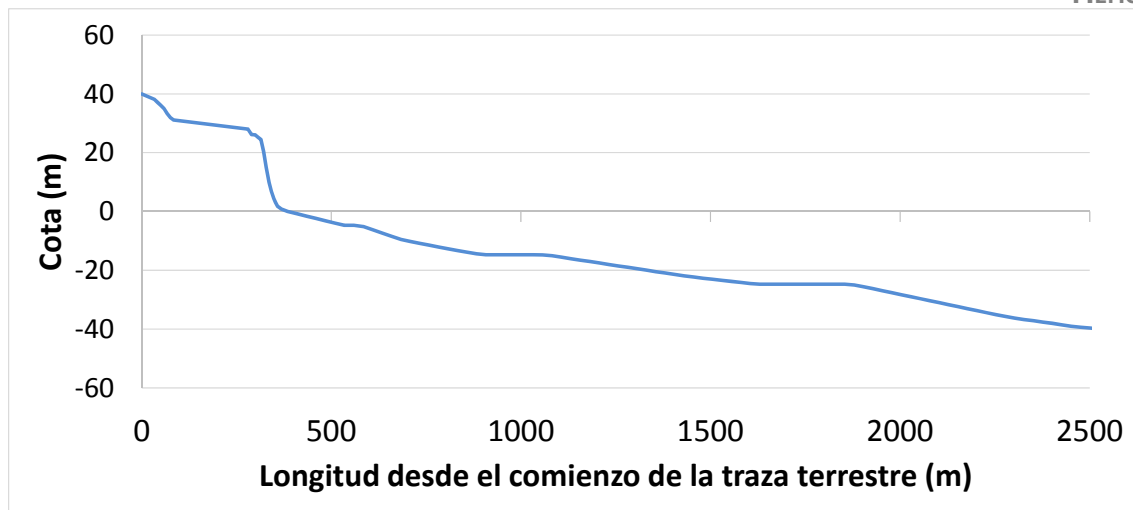


Figura 57. Perfil de la traza total del emisario (tramo terrestre y submarino).

Sobre la traza submarina se ha analizado la funcionalidad hidráulica del vertido en las localizaciones P01, P02 y P03 comentadas anteriormente. Las cotas batimétricas de P01, P02 y P3 son -16,5, -24,5 y -35,5 m, respectivamente.

La longitud del tramo submarino hasta las ubicaciones P01, P02 y P03 es de 830, 1430 y 1920 m, respectivamente.

El sistema de descarga, tal y como se ha comentado anteriormente, es de acero y está formado por un elevador con dos bocas de descarga en T de 125mm situadas 1,5 sobre el fondo. El tramo terrestre y submarino hasta el elevador se ha considerado de acero, por la posible abrasión al verter una alta concentración de sedimento y de un diámetro de 300 mm.

6.4. Aplicación del modelo hidráulico EPANET

A continuación, se expone un resumen de los resultados obtenidos con el modelo EPANET, para las pérdidas de carga en los diferentes tramos del emisario a diseñar.

Para todos los casos se ha considerado una caudal vertido por el emisario de 144 m³/h (40 l/s), adoptando los coeficientes hidráulicos en la conducción de referencia para tuberías de acero nuevas.

Cabe señalar que los cálculos se realizan para una situación de pleamar viva equinoccial con una cota de 2.63 m, considerando una densidad del agua de mar de 1025 kg/m³, lo que, en el caso de vertidos con la misma salinidad que el agua dulce (densidad 1000 gr/l) supondría una pérdida de carga por diferencia de salinidad entre el mar y el vertido (una pérdida de carga adicional de 0,39, 058 y 0.85 m.c.a para las ubicaciones de vertido P01, P02 y P03, respectivamente). Esta pérdida se reduce al aumentar la densidad del vertido, de tal forma que sería negativa (permitiendo una mayor evacuación de caudal con la misma cota en cabeza de emisario) para el caso del vertido de agua de sondeos mezclada con sedimento, puesto que el efluente resultante presenta mayor densidad que el agua marina.

En la Figura 58 se muestra el esquema de la implementación en el modelo hidráulico de la configuración de emisario prevista.

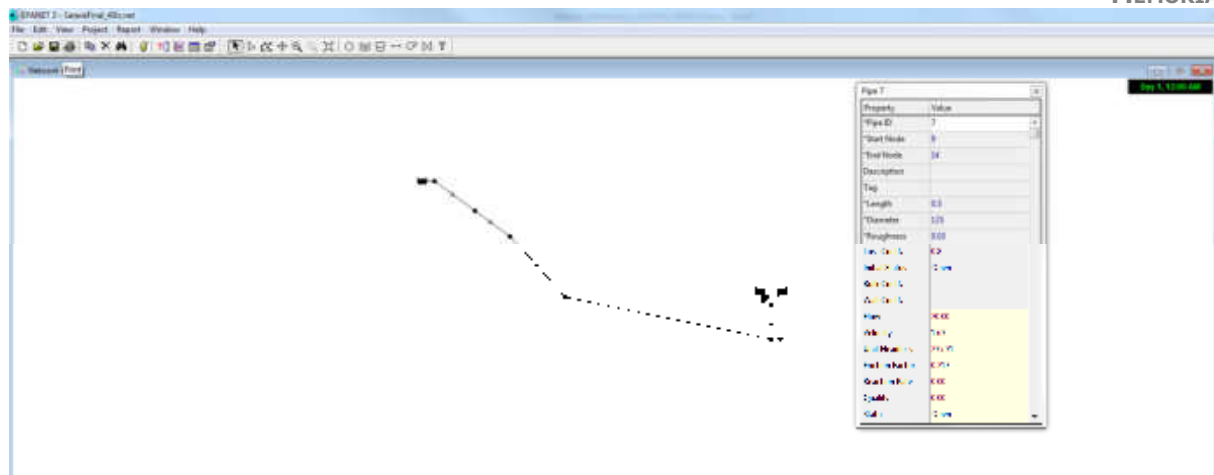


Figura 58. Figura 6. Esquema del emisario en el modelo EPANET.

En la Tabla 30 se incluyen los resultados obtenidos para las pérdidas de carga de las 3 situaciones analizadas. Cabe destacar que la cota necesaria en el inicio del emisario para desaguar el caudal de 40 l/s sería la +4,4, +5,1 o la +5,8, en función de que la ubicación del vertido se encuentre en P01, P02 o P03, estando en todas ellas muy por debajo de la cota topográfica considerada en dicho punto (cota +40).

Localización del vertido	Tramo	Pérdidas (m.c.a)
P01	Emisario terrestre --> 385 m	0.40
	Emisario submarino --> 830 m	0.77
	Elevador/salida	0.18
	TOTAL	1.35
P02	Emisario terrestre --> 385 m	0.40
	Emisario submarino --> 830 m	1.33
	Elevador/salida	0.18
	TOTAL	1.91
P03	Emisario terrestre --> 385 m	0.40
	Emisario submarino --> 830 m	1.78
	Elevador/salida	0.18
	TOTAL	2.36

Tabla 30. Pérdidas de carga en los diferentes tramos del emisario para un caudal de 40 l/s en las situaciones de vertido consideradas.

Cabe mencionar que para el caudal de 40 l/s la velocidad en la tubería principal es reducida (0,57 m/s), lo que hace que las pérdidas longitudinales en la misma también sean pequeñas. En las boquillas de salida sí se mantienen velocidades de más de 1 m/s (1,63 m/s) con lo que se asegura el cumplimiento de las condiciones adoptadas para el cálculo de la dilución inicial.

7. DEFINICIÓN DE LA ZONA DE MEZCLA AMBIENTAL.

7.1. Introducción.

De acuerdo con el Real Decreto 817/2015, las zonas de mezcla adyacentes a los puntos de vertido son zonas dentro de las cuales las concentraciones de uno o más contaminantes podrán superar las Normas de Calidad Ambiental (NCA), siempre que el resto de la masa de agua siga cumpliendo dichas normas. La extensión de estas zonas deberá estar limitada a las proximidades del punto de vertido y su dimensión deberá ser proporcionada, atendiendo a las concentraciones de contaminantes en el punto de vertido y a las condiciones aplicables a las emisiones de contaminantes según la reglamentación específica aplicable (autorizaciones o permisos).

Son pocos los Estados que incluyen, en el ámbito de sus políticas de gestión de la calidad del agua, disposiciones relativas al establecimiento de dichas zonas de mezcla. Entre éstos destacan los EEUU (USEPA, 1991; USEPA, 1992; USEPA, 1994; USEPA, 1995; USEPA, 1996; USEPA, 2010), Canadá (MOEE, 1994a; MOEE, 1994b), en particular la provincia de Ontario, Reino Unido en particular Escocia (SEPA, 1998), Australia y Nueva Zelanda (Anzecc & Armcanz, 2000).

En el caso de España, al igual que ocurre en la mayor parte de los países europeos, la legislación no ha desarrollado ningún documento orientador en esta materia, más allá de la mera transcripción de la citada Directiva en la Instrucción de Planificación Hidrológica.

No obstante, el CEDEX y el IHCantabria han desarrollado una metodología específica de delimitación de zonas mezcla en el "Convenio de colaboración entre el Centro de Experimentación de Obras Públicas (CEDEX) y la Universidad de Cantabria para el desarrollo de una metodología para la evaluación del estado de las aguas superficiales del entorno de afección de los saneamientos litorales. Aplicación a los saneamientos litorales de la Confederación Hidrográfica del Norte" de diciembre de 2008, basada en su experiencia en el diseño y gestión de emisarios submarinos. Dicha metodología incluye una serie de criterios de delimitación preliminar de dicha zona, basados en aspectos ambientales, y establece las características del proceso de validación de la misma con base en los resultados de estudios más específicos.

Pese a que dicha metodología no tiene carácter oficial en estos momentos, en este estudio se va a aplicar la misma para el establecimiento de la zona de mezcla del emisario submarino de la mina de Salave.

7.2. Metodología para la delimitación de la zona de mezcla ambiental (ZMA).

7.2.1. Delimitación preliminar de la ZMA.

En la primera etapa se establecen los criterios y el procedimiento para delimitar la ZMA.

7.2.1.1. Fundamentos teóricos.

Para el establecimiento de los criterios de delimitación de la ZMA se utiliza un planteamiento holístico, considerando de forma simultánea los aspectos ilustrados en la Figura 59 e indicados a continuación:

- Aspectos hidrodinámicos, relacionados con los procesos de turbulencia y mezcla en aguas costeras.
- Aspectos ecológicos, relacionados con el valor ambiental de las masas de agua.
- Aspectos sociales, reflejados por la interacción de la ZMA con áreas con determinados usos reconocidos en las masas de agua.

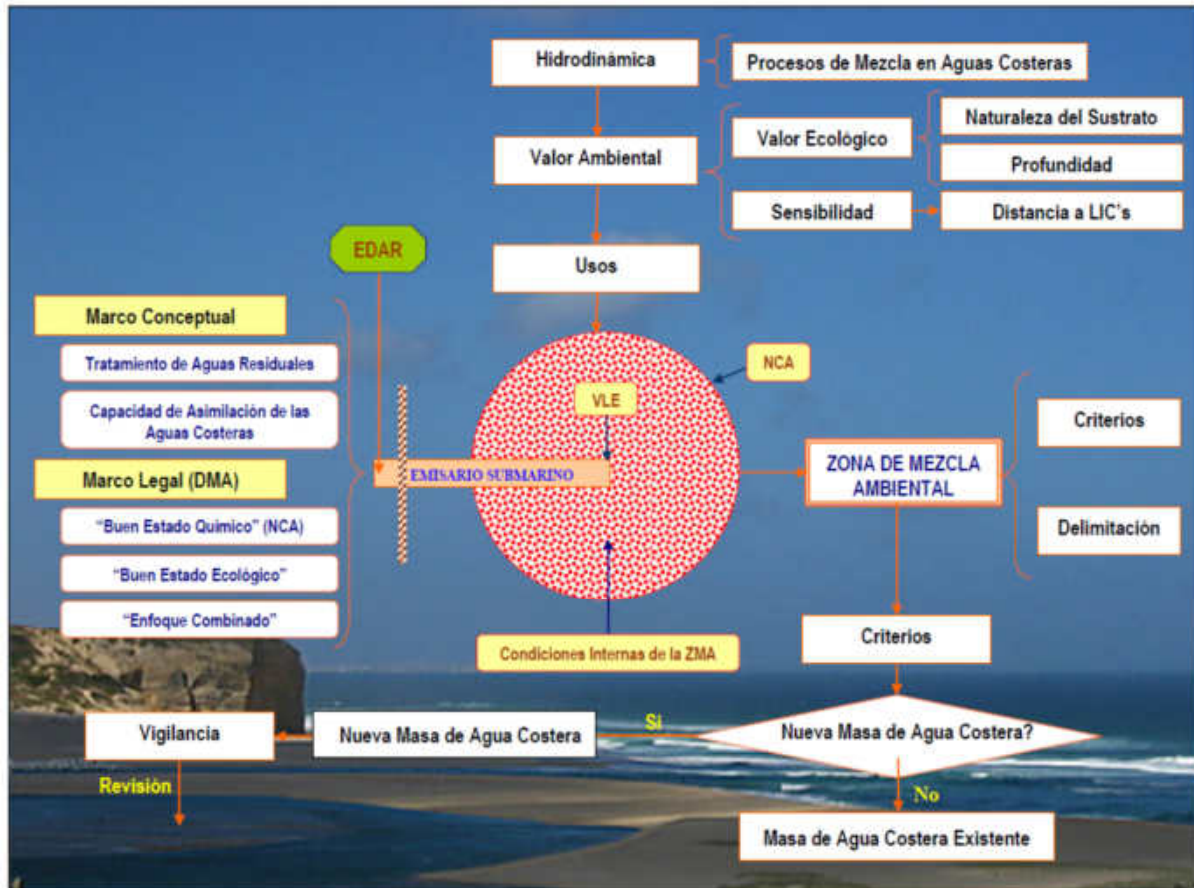


Figura 59. Metodología holística para la delimitación de la ZMA de vertidos litorales. *VLE: Valor límite de emisión.

Aspectos hidrodinámicos.

Las aguas residuales urbanas son vertidas en las masas de agua costeras a través de un emisario submarino, con un difusor simple o con un difusor con múltiples bocas, mediante el que se promueve la mezcla rápida y eficiente del efluente. El comportamiento inicial de la descarga va a depender casi exclusivamente de los valores en la fuente de algunos flujos relevantes (flujo de masa, flujo de cantidad de movimiento y flujo de flotabilidad). Los dos primeros flujos son fundamentales para la caracterización de los chorros, mientras que el último es el principio fundamental de la caracterización de las plumas.

Debido a la acción conjugada de estos procesos y a la acción de las condiciones oceanográficas (corrientes, estratificación de la densidad del agua y profundidad de la pinoquina, oleaje y vientos, etc.) ocurren diluciones elevadas próximas al punto de descarga, provocando una reducción rápida de las concentraciones de los contaminantes, y restringiendo el impacto ambiental a un área relativamente reducida. Las entidades

gestoras, reconociendo este hecho, autorizan el establecimiento de una "zona de mezcla" alrededor del punto de descarga, dada la imposibilidad práctica de garantizar el cumplimiento de las normas de calidad ambiental (NCA) en dichas zonas, exigiendo, sin embargo, que estas normas de calidad se cumplan en la misma frontera de la "zona de mezcla".

La calidad del agua va a depender tanto de la turbulencia de la descarga, como de la turbulencia existente en el medio receptor, por lo que depende de variables con un carácter marcadamente estocástico, bastante complejo y difícil de reproducir en un contexto de modelización matemática. Los procesos referidos son generalmente modelados en términos de campo cercano y de campo lejano, dado que éstos presentan escalas temporales y espaciales muy distintas y difíciles de integrar en un sólo modelo.

En relación con el campo cercano, que como veremos constituye, en lo esencial, nuestro dominio de actuación, los procesos de mezcla hidrodinámica se han analizado en diversos trabajos (Roberts et al., 1989a; Roberts et al., 1989b; Fischer et al., 1979, Wood et al., 1993). En éstos se pone en evidencia la estrecha relación entre los procesos de mezcla y la profundidad (H) a la que produce el vertido. En esta zona, la dilución es del orden de centenas o más, produciéndose en el transcurso de pocos minutos y en distancias muy cortas, en el orden de la decena de metros, llegando raramente a las centenas. Esta zona, también denominada zona de dilución inicial (ZDI) o zona de mezcla hidrodinámica (ZMH), termina con el colapso de la turbulencia propia de la descarga, formándose entonces el flujo estabilizado y dando lugar a la dispersión en el campo lejano. Esta última va a depender de las condiciones oceanográficas, particularmente de las corrientes oceánicas (de marea y de viento), pero también de los restantes factores anteriormente indicados. En el caso de que en el medio existan condiciones de estratificación, el proceso de advección de la pluma ocurre a un nivel intermedio de la columna del agua, quedando atrapada en la piconclina. En estas condiciones se registran menores tasas de dilución, dada la menor altura de la columna de agua disponible, produciéndose así un aumento de la extensión de la ZMH.

En síntesis, los aspectos hidrodinámicos más relevantes para la delimitación de la ZMA están relacionados con los procesos de mezcla en aguas costeras, tanto en el campo cercano, como en el campo lejano, comprendiendo el comportamiento del chorro, en el que hay un predominio de los flujos asociados al vertido, y de la pluma, en la que la dispersión está asociada a los mecanismos de transporte y advección. La fase de transporte está determinada por las condiciones ambientales, las cuales presentan un marcado carácter estocástico. Las escalas temporales y espaciales asociadas al campo cercano y al campo lejano son diferentes, exigiendo un análisis diferenciado tanto en lo que respecta al empleo de herramientas de modelado matemático con niveles de resolución distintos, como a los distintos niveles de exigencia en el aporte de datos.

Todas estas cuestiones se analizan en profundidad en la numerosa literatura científica existente sobre el tema, entre la que cabría mencionar los trabajos de Fisher et al. (1979), Wood et al. (1993), Roberts (1979), Roberts et al. (1989a; 1989b), Jirka (1999; 2004; 2006), Jirka & Akar (1991) o Jirka & Doneker (1996), entre otros.

Aspectos ecológicos.

Tan importante como comprender los mecanismos de mezcla y dispersión de los contaminantes en las aguas costeras, es comprender el impacto ecológico de los vertidos, atendiendo a que cualquier objetivo de gestión de la calidad de las masas de agua se deberá centrar en la protección de su integridad ecológica. En este contexto, cuanto menor sea la extensión de la ZMA, menos relevante será el efecto ambiental del vertido y su impacto en los sistemas pelágicos y bentónicos.

Desde un punto de vista conceptual, dicho efecto dependerá de determinados factores ambientales tales como el valor ecológico del medio o su sensibilidad, aspectos que podrían relacionarse con la diversidad ecológica de especies y hábitats o con las características estructurales y funcionales del ecosistema. Por ello, con el fin de establecer un sistema de valoración para dichos factores ambientales, se plantea la utilización de tres indicadores: la naturaleza del sustrato, la profundidad y la distancia a Lugares de Interés Comunitario. Los dos primeros actuarían como indicadores del valor ecológico del medio y el tercero como indicador de su sensibilidad.

Las comunidades establecidas en fondos arenosos son, en general, más diversas y están mejor estructuradas en zonas costeras profundas que en zonas costeras someras. Esto es debido a que al incrementar la profundidad disminuye la turbulencia en el fondo, dando lugar a unos sedimentos más estables y finos que en las zonas más someras, lo que favorece el asentamiento de especies de invertebrados infaunales y da lugar a un aumento del número de especies y del valor ecológico de las comunidades allí establecidas.

Por último, se considera oportuno incluir un factor que permita valorar la presencia de estructuras biológicas (especies, comunidades) cuya alteración resulte más significativa.

Para la valoración de dicho factor, que se ha denominado de forma genérica "sensibilidad", se ha creído conveniente utilizar la importancia otorgada por la UE a aquellos espacios que albergan hábitats y especies que conforman lo que se denomina la Red Natura 2000 e integra diferentes zonas declaradas actualmente como Lugares de Importancia Comunitaria (LICs) o Zonas Especiales de Conservación (ZECs).

En este sentido, la mera presencia en las proximidades de un vertido puede representar un factor de riesgo para la preservación del mejor estado de conservación de dichos espacios costeros (LICs, ZECs). Por ello se propone llevar a cabo la valoración de la sensibilidad de un determinado espacio costero mediante la cuantificación de la distancia entre el punto de vertido y los posibles espacios protegidos existentes en las proximidades.

Aspectos de uso.

Siguiendo la recomendación establecida anteriormente, en ningún caso se debería autorizar la delimitación de una ZMA que se solape con zonas en las cuales hayan sido reconocidos legalmente otros usos.

7.2.1.2. Procedimiento de cálculo.

Partiendo de la integración de los diversos criterios definidos de acuerdo con las consideraciones indicadas anteriormente, la estimación preliminar de las dimensiones de la ZMA para vertidos litorales en aguas costeras se llevará a cabo mediante la siguiente expresión:

$$ZMA = N \cdot H \quad (7.1)$$

donde N representa un factor de ponderación ambiental y H un factor hidrodinámico.

Así, la ZMA representaría, de forma preliminar, la superficie circular correspondiente a un radio equivalente a la distancia estimada mediante la aplicación de dicha expresión, trazado alrededor del punto de vertido.

La variable N es un factor ambiental que depende de los indicadores planteados para estimar el valor ecológico y la sensibilidad de la zona costera donde se produce el vertido. Estos aspectos se valoran utilizando dos indicadores para la estimación del valor ecológico (el tipo de sustrato dominante y la profundidad en el punto de vertido) y un indicador de sensibilidad (la distancia del vertido a los LICs más cercanos). Así, N es un valor adimensional que se calcula de acuerdo con las escalas de valoración establecidas en la Tabla 31, a partir de la expresión:

$$N = (S+P+D)/2 \quad (7.2)$$

donde S es el indicador correspondiente a la naturaleza del sustrato dominante, P es el indicador de profundidad y D es el indicador de sensibilidad, estimada a partir de la distancia del vertido a los LICs más cercanos.

Masas de agua en las cuales el vertido puede tener un efecto ecológico elevado tienen valores de N iguales o próximos de 1, mientras otras masas de agua de menor valor ecológico o menor sensibilidad podrán registrar valores del orden de 5, dependiendo de sus características.

El valor de N puede variar entre 1 y 5, de tal modo que volviendo a la ecuación general para el cálculo de la ZMA, la variable H corresponde a un factor hidrodinámico, pudiendo ser expresada, en general, por la profundidad media del vertido. Así, cuando N es igual a 1 y el diseño del emisario es adecuado, la ZMA se corresponde prácticamente con la zona de mezcla hidrodinámica (ZMH) y, como tal, se encuentran garantizados los procesos de mezcla física.

Como la eficiencia de mezcla para vertidos ascendentes depende fuertemente de la profundidad del agua, atendiendo a que la pluma asciende y se mezcla durante este proceso, la adopción de la profundidad media del vertido como parámetro principal constituye una asunción razonable. Incluso con un fuerte flujo de vertido y fuertes velocidades de corriente, el campo cercano es una región relativamente limitada, generalmente del orden de algunos múltiplos de la profundidad del vertido. Este hecho ha sido demostrado por numerosos trabajos experimentales y de campo (Roberts, 1986; Roberts et al., 1989a; Roberts et al., 1989b; Roberts et al., 1989c; Fischer et al., 1979, Wood et al., 1993).

Indicador	Variable	Categoría	Valor	
TIPO DE SUSTRATO (S)	Predominio sustrato rocoso (%)	> 70	1	
		30 - 70	2	
		< 30	3	
PROFUNDIDAD (P)	Profundidad (m)	Rangos	Fondos rocosos o mixtos	Fondos sedimentarios
		0 - 5	1	5
		5 - 15	2	4
		15 - 30	3	3
		30 - 60	4	2
		> 60	5	1
DISTANCIA A LICs (D)	Distancia a LICs (m)	< 500	1	
		500 - 2000	2	
		> 2000	3	

Tabla 31. Criterios de valoración para la obtención de los valores de N, de acuerdo con los indicadores seleccionados. "Convenio de colaboración entre el Centro de Experimentación de Obras Públicas (CEDEX) y la Universidad de Cantabria para el desarrollo de una metodología para la evaluación del estado de las aguas superficiales del entorno de afección de los saneamientos litorales. Aplicación a los saneamientos litorales de la Confederación Hidrográfica del Norte" de diciembre de 2008.

Tal y como se indicó anteriormente, el producto $N \cdot H$ representa el radio de una superficie circular trazada alrededor del punto de vertido, a la que se asociará un volumen correspondiente a un prisma entre el fondo y la superficie. Dicha superficie (circular) representa la extensión, en términos absolutos, correspondientes a la ZMA preliminar, aunque su configuración espacial definitiva dependerá de la estructura del tramo difusor. Así, un emisario con una única boca le corresponde un volumen cilíndrico con el vertido en el centro (Figura 60a), mientras que a un emisario con difusor multiorificio se le asocia un volumen, situado a lo largo de dicho tramo, estimado como la zona con volumen prismático rectangular y dos semicírculos colocados en los extremos (Figura 60b).

No obstante las áreas de la ZMA en los dos casos (emisario con una única boca o emisario con difusor multiorificio) deberán ser idénticas. Esta reconfiguración está conforme con el hecho de que, cuando tenemos un difusor con diversas bocas, las diluciones son muy superiores, por lo cual la ZMA deberá corresponder a un radio inferior, aunque sea necesario que se garantice la misma área total.

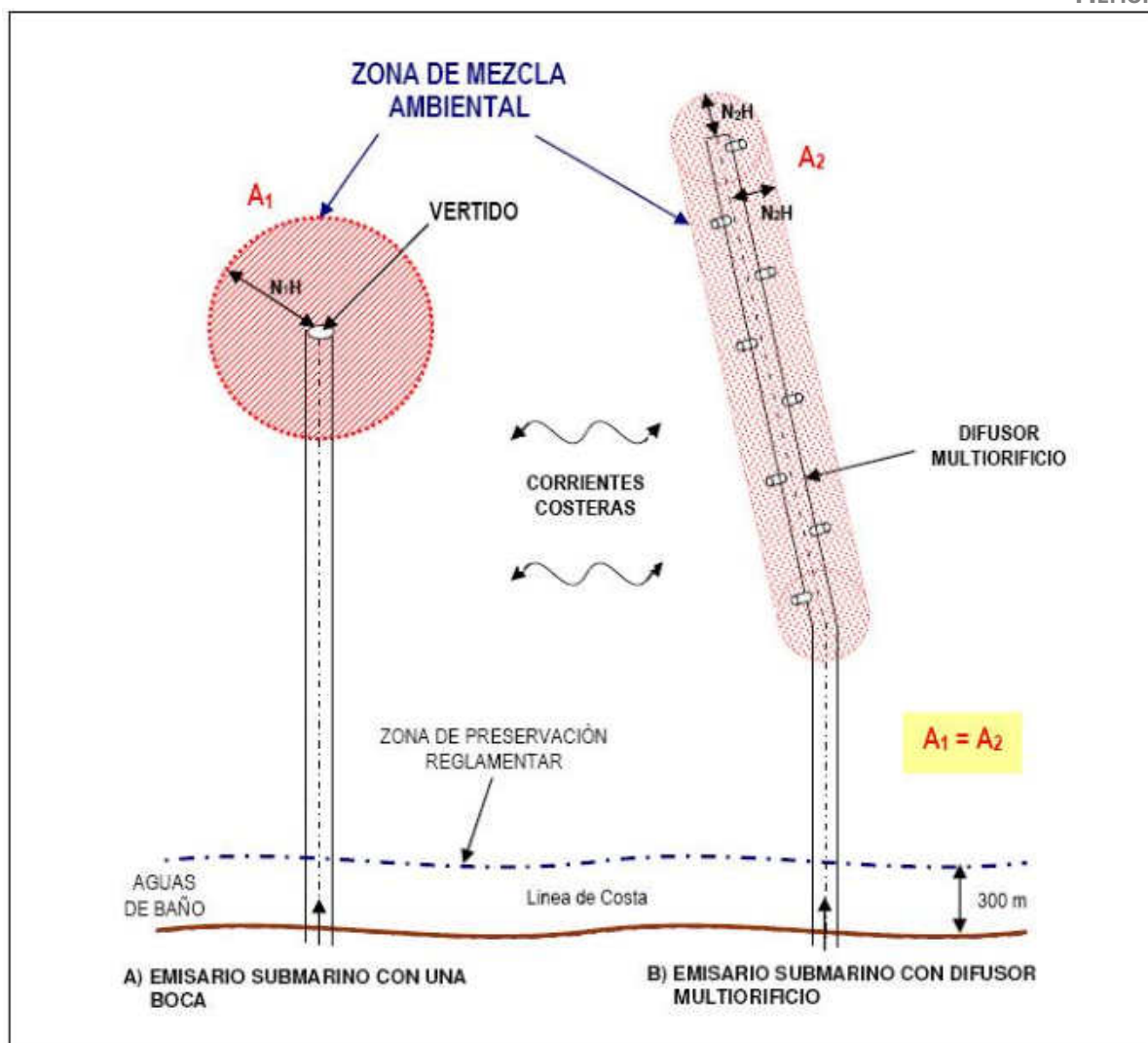


Figura 60. Zona de mezcla ambiental (ZMA) para emisarios submarinos con una boca (a) y emisarios submarinos con difusor multiorificio (b) (modificado a partir de Jirka et al., 2004, Jirka & Bleninger, 2004 y Bleninger, 2006).

En síntesis, mediante la conjugación de los criterios aplicados para la localización del punto de vertido (profundidad, zona costera...) y para el diseño del tramo difusor se podrá disponer de diferentes alternativas de configuración de la ZMA.

7.2.2. Verificación del cumplimiento de las NCA en la ZMA.

Una vez delimitada de forma preliminar la ZMA, a continuación se trata de comprobar el cumplimiento de las NCA en la misma. Si dichas normas no se cumpliesen en el área delimitada, habría que aumentar la zona de mezcla.

El estudio del cumplimiento de la normativa constituye una tarea específica en cada vertido, por lo que en este apartado se describe expresamente la metodología utilizada en el emisario de la mina de Salave.

En este sentido, la información necesaria para dicha comprobación corresponde al conjunto de resultados, obtenidos del modelado realizado en los estudios de campo cercano que se recogen en el capítulo 4 y 5 de este informe.

En dichos estudios se consideró el análisis del vertido en continuo a través del emisario. Del mismo modo, en los estudios de campo cercano y lejano se consideró la variación en continuo de las condiciones hidrodinámicas y ambientales del medio marino.

En el estudio de la zona de mezcla ambiental del emisario de la mina de Salave, se ha tenido en cuenta que los objetivos de calidad en el medio de las normativas consideradas en este estudio (Real Decreto 817/2015) son alcanzados a través de criterios de dilución inicial para todas las sustancias presentes en el vertido. Este hecho ha motivado la evaluación del tamaño de la zona de mezcla condicionado a la distancia alcanzada por la pluma de vertido en el proceso de mezcla inicial durante el periodo de simulación.

7.3. Aplicación de la metodología para la definición de la ZMA del emisario submarino de la mina de Salave.

7.3.1. Delimitación preliminar de la ZMA.

De acuerdo a los criterios expuestos en el apartado anterior, la estimación preliminar de las dimensiones de la ZMA para vertidos litorales en aguas costeras es llevada a cabo mediante la expresión 7.1.

El factor hidrodinámico H presenta un valor de 15, 23 y 34 m correspondiente a la profundidad media de vertido de los difusores de acuerdo a si su ubicación se localice en P01, P02 o P03. En el cálculo del factor de ponderación ambiental N se ha utilizado un valor del indicador de tipo de sustrato S de 3 debido a que el predominio de sustrato rocoso en la zona de vertido es menor del 30%. En cuanto al valor del indicador de profundidad P, las localizaciones P01 y P02 presentan un valor de 3 debido a que su profundidad se encuentra en el rango de 15-30m y el fondo es sedimentario. La localización P03 toma un valor de 2 para el indicador P debido a que aunque también se encuentra en fondo sedimentario su profundidad se encuentra en el rango 30-60m. En el caso del indicador de distancia a LICs D, éste toma un valor de 2 para las 3 ubicaciones, dado que P01 está dentro del ZEC-ZEPA Peñarronda-Barrayo y P02 y P03 están a menos de 500 de este LIC. De este modo, se ha obtenido un valor del factor de ponderación ambiental N para las ubicaciones para el vertido en P01, P02 y P03 de 3,5, 3,5 y 3, respectivamente.

En consecuencia, la zona de mezcla ambiental preliminar obtenida para el vertido si se localizase en las ubicaciones P01, P02 y P03 es de 52,5, 80,5 y 102 m, respectivamente. En la Figura 61 se muestra la zona de mezcla ambiental preliminar que se ha obtenido de acuerdo a la ubicación del vertido en las 3 localizaciones consideradas.

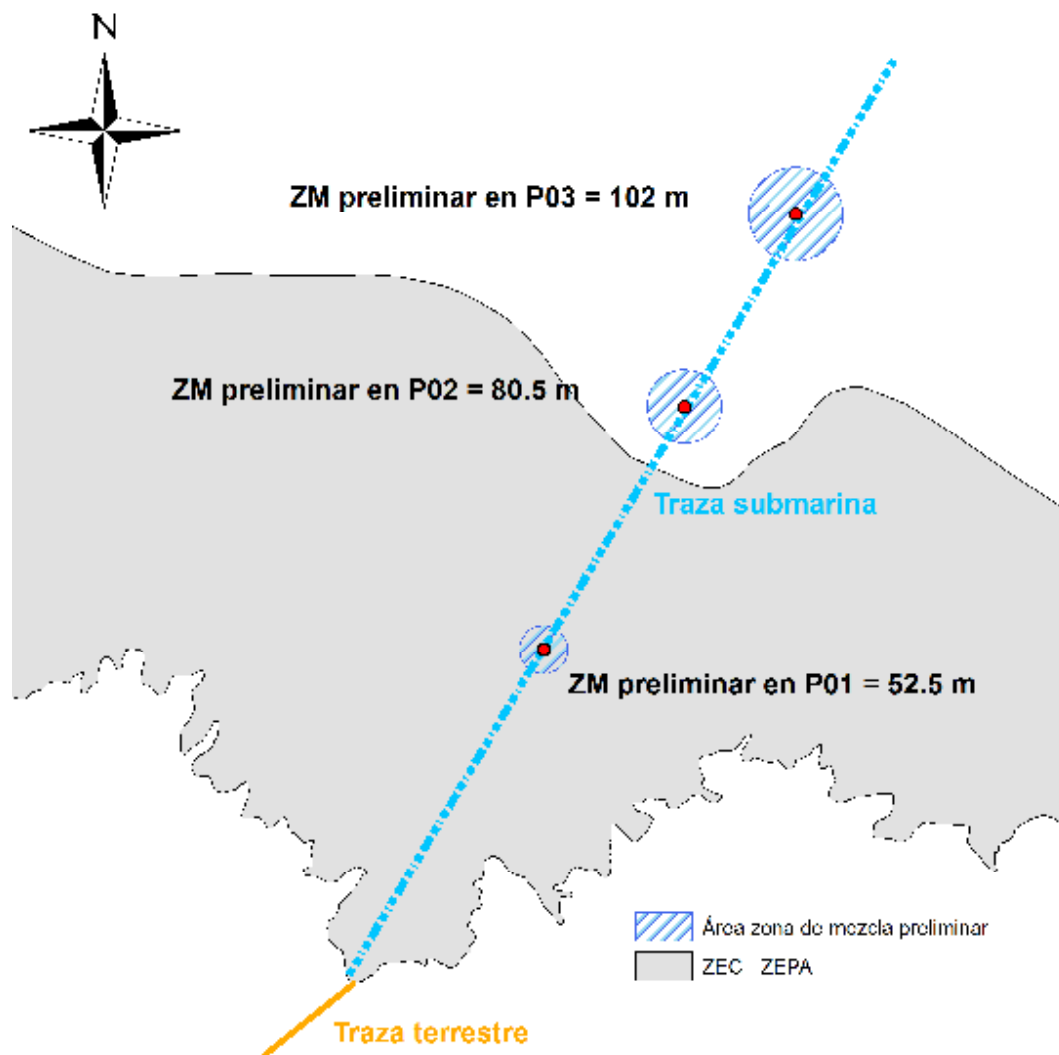


Figura 61. Zona de mezcla ambiental preliminar para las ubicaciones P01, P02 y P03 consideradas para el posible vertido a través de emisario del efluente de la mina de Salave.

7.3.2. Verificación del cumplimiento de las NCA en la ZMA.

Como se ha comentado en el capítulo 4 de este informe, los objetivos de calidad recogidos en las normativas consideradas (Real Decreto 817/2015) son alcanzados a través de criterios de dilución inicial. No obstante, este valor de dilución inicial se obtiene al final de la zona denominada campo cercano. Esta zona, presenta un tamaño variable en el tiempo debido a los diferentes aspectos que la condicionan (caudal de vertido, corrientes, perfil de densidad). La zona de mezcla ambiental, debe tener un tamaño suficiente para incluir la longitud donde se alcanza la dilución inicial (medida perpendicularmente al eje del difusor). La longitud a la que se obtiene el valor de la dilución inicial en continuo durante el periodo de simulación es, en el caso de que el vertido presente una flotabilidad positiva (compuesto por aguas de sondeos o por agua proveniente de los procesos productivos), de 12, 88 y 327 m y, en el caso de que el vertido presente una flotabilidad negativa (compuesto por agua de sondeos y la concentración máxima de sedimento a verter), de 3,3 m, en el caso de ubicarse los vertidos en P01, P02 o P03.

Por todo ello, se ha calculado una zona de mezcla mayor en cada una de las ubicaciones que permita albergar tanto la posibilidad de vertido con flotabilidad positiva como negativa. En consecuencia, la longitud de la zona de mezcla toma unos valores de 52,5, 88 y 327 m para las ubicaciones de vertido P01, P02 y P03, respectivamente, como puede apreciarse en la Figura 62.

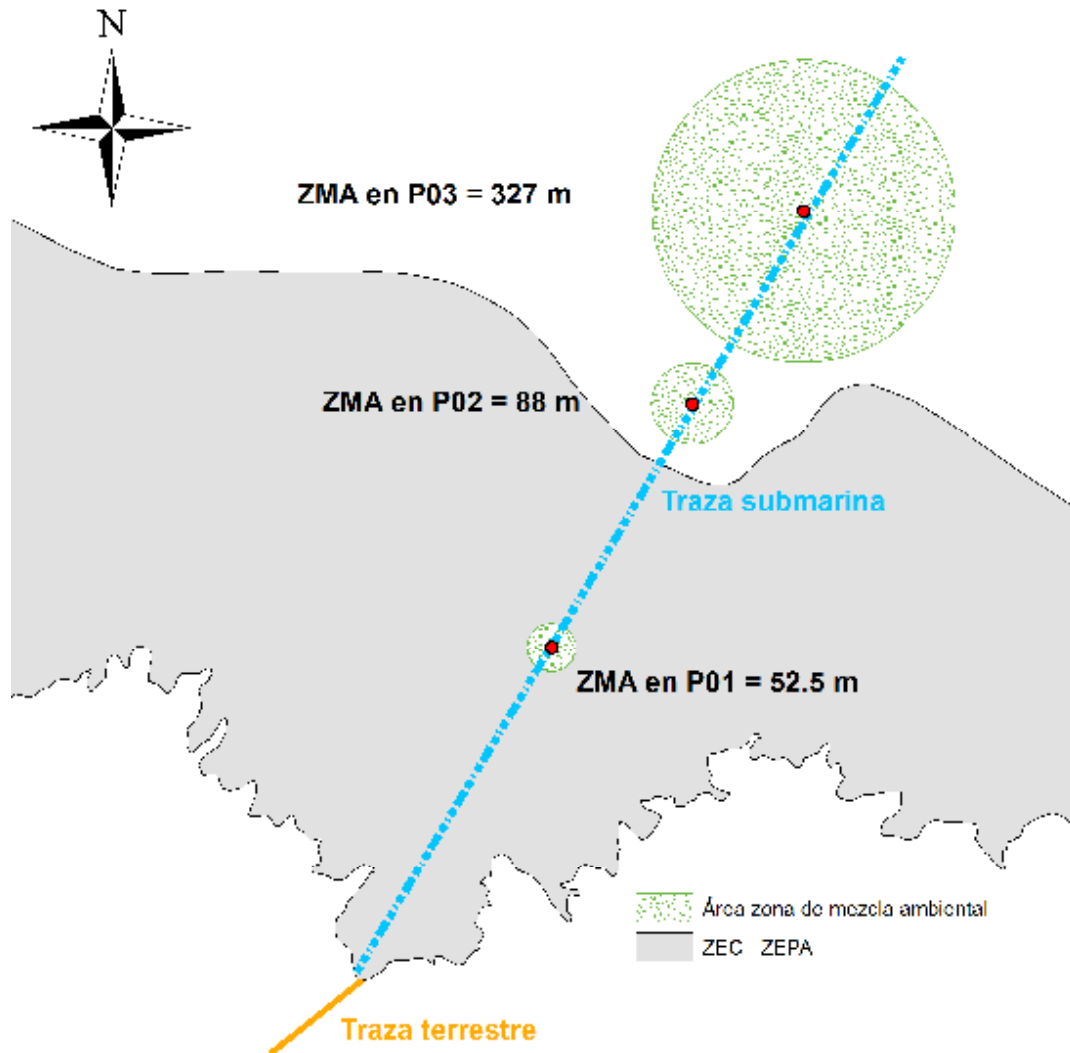


Figura 62. Zona de mezcla ambiental para las ubicaciones P01, P02 y P03 consideradas para el posible vertido a través de emisario del efluente de la mina de Salave.

8. RESUMEN Y CONCLUSIONES.

En el presente documento se recogen los resultados obtenidos del estudio ambiental del vertido del efluente de la mina de Salave a través de emisario submarino en la zona costera de Tapia de Casariego.

Dicho estudio contempla en primer lugar una recopilación y análisis de información del medio y su zonificación. Con base en esta información, se ha realizado un estudio en continuo del vertido de la mina evacuado al medio marino por medio de un emisario submarino en tres ubicaciones diferentes (ubicaciones P01, P02 y P03). Para este propósito, se ha realizado un modelado hidrodinámico a lo largo de un periodo de tiempo de un año con condiciones hidrodinámicas medias (año 2011) con el modelo tridimensional Delft3D, mediante su acople al sistema operacional de corrientes CMEMS y al modelo de propagación de oleaje SWAN alimentado por la condiciones del sistema DOW (IHCantabria).

Utilizando la información de corrientes, niveles, salinidades y temperatura, obtenida con el modelo Delft3D se ha analizado la dilución inicial en continuo durante un año del vertido del emisario empleando el modelo VISJET para tres diferentes posibles ubicaciones de vertido situadas, teniendo en cuenta la proyección ETRS89 29 N, en las coordenadas P01 (669153,626 m E; 4826538,775 m N), P02 (669457,668 m E; 4827065,55 m N) y P03 (669698,073 m E; 4827482, 723 m N).

Mediante la aplicación del modelo Delft3D, se ha analizado la evolución de los sólidos en suspensión presentes en el vertido, lo que ha permitido estimar la zona de sedimentación potencial de los mismos así como la concentración de sulfuros en estado sólido recogido en la masa sólida recogida en el efluente.

A continuación, se ha definido la zona de mezcla ambiental mediante la aplicación de las normas de calidad ambiental (NCA) sobre los resultados del modelado de dilución inicial.

Del estudio de la hidrodinámica marina cabe destacar lo siguiente:

- La modelización con Delft3D ha obtenido en la zona de vertido del emisario, unos valores de velocidad máximos de 0,42 y 0,17 m/s en superficie y fondo, respectivamente.
- La velocidad media en la zona de vertido proporcionada por Delft3D, durante el periodo de simulación, ha sido de 0,1 y 0,03 m/s en superficie y fondo, respectivamente.
- La altura de ola significativa H_s calculada con el modelo SWAN en la zona de vertido del emisario se encuentra comprendida en un rango entre 0,1 y 5,22 m, siendo el 50 y el 95% del tiempo del periodo de estudio menor de 1,36 y 2,58 m, respectivamente.
- El periodo de pico T_p calculado con el modelo SWAN en la zona de vertido del emisario se encuentra comprendido en un rango entre 2,54 y 17,58 s, siendo el 50 y el 95% del tiempo del periodo de estudio menor de 7,54 y 13,25 s, respectivamente.

- La dirección media del oleaje calculada con el modelo SWAN en la zona de ubicación del emisario es casi durante la totalidad del periodo estudiado Nornoroeste y Noreste.

De los estudios de dilución inicial cabe destacar lo siguiente:

- Se ha analizado el escenario con el vertido compuesto por agua de sondeos o proveniente de los procesos productivos (efluente con flotabilidad positiva y una densidad de 1000 kg/m³) y el escenario con el vertido de las aguas de sondeos junto con toda la cantidad máxima de sólidos que puede evacuar la mina (efluente con flotabilidad negativa y una densidad de 1149 kg/m³).
- En la Tabla 32 se recogen los valores mínimo, medio y máximo de dilución inicial para los casos con efluente con flotabilidad positiva (conformado por agua de los sondeos o agua proveniente de los procesos productivos) y negativa (conformado por agua de los sondeos sumado al aporte máximo de sedimentos) en las 3 ubicaciones de vertido consideradas.

		Vertido Flotabilidad Positiva	Vertido Flotabilidad Negativa
Vertido a 16.5 m de profundidad	Dilución mínima	47	6
	Dilución media	137	8
	Dilución máxima	1400	11
Vertido a 24.5 m de profundidad	Dilución mínima	88	6
	Dilución media	782	8
	Dilución máxima	3300	9
Vertido a 35.5 m de profundidad	Dilución mínima	161	6
	Dilución media	3300	8
	Dilución máxima	10000	10

Tabla 32. Valores mínimo, medio y máximo de dilución y la longitud máxima del campo cercano para los casos con efluente con flotabilidad positiva (conformado por agua de los sondeos o agua proveniente de los procesos productivos) y negativa (conformado por agua de los sondeos sumado al aporte máximo de sedimentos) en las 3 ubicaciones de vertido consideradas.

- De acuerdo con los resultados obtenidos para la dilución inicial en continuo de los 3 tipos de funcionamiento del vertido (formado por agua de sondeos, agua del proceso productivo o agua de sondeos en conjunción con sedimento), y según la composición y el comportamiento químico del efluente aportado por la empresa contratante, todos los elementos incluidos en el efluente del emisario de la mina de Salave cumplirían con los objetivos de calidad en el medio en el punto de vertido, de acuerdo con el Real Decreto 817/2015, en cualquiera de los 3 tipos de vertido y en la 3 ubicaciones consideradas. No obstante, el punto P01, situado a menor profundidad, se encuentra dentro del Espacio Natural Protegido de Peñarronda-Barayo (ZEC y ZEPA), por lo que el vertido en dicha zona debe ser considerado con precaución y atendiendo estrictamente a los posibles requerimientos establecidos en el Plan de Gestión de dicho espacio natural.

De los estudios de sedimentación potencial cabe destacar lo siguiente:

- Se ha analizado la dispersión de los sólidos en suspensión descargados a través del emisario con el módulo de sedimentos del modelo Delft3D, en las posibles ubicaciones de descarga consideradas (P01, P02 y P03).
- La superficie de sedimentación calculada para concentraciones de sólidos acumulados en el fondo durante el periodo de simulación para cada una de las 3 posibles ubicaciones de vertido se muestra en la Tabla 33.

Ubicación Vertido	Superficie de fondo (Ha)		
	$\geq 20,0 \text{ kg/m}^2$	$\geq 100 \text{ kg/m}^2$	$\geq 500 \text{ kg/m}^2$
P01	7,56	1,26	0,06
P02	4,44	0,56	0,06
P03	4,87	0,50	0,06

Tabla 33. Áreas de sedimentación (Ha) en función de la concentración de sólidos acumulados en el fondo.

- En las cercanías del difusor, las máximas concentraciones en el fondo marino de sulfuro en estado sólido en la zona de descarga de 5,94, 3,42 y 2,75 kg/m^2 de acuerdo a que el vertido se localice en P01, P02 o P03, respectivamente.

Del estudio de la zona de mezcla ambiental (ZMA) cabe destacar lo siguiente:

Con base en el cumplimiento de las NCA en la zona de mezcla, se ha definido una ZMA de 52,5, 88 y 327 m de acuerdo con que el posible vertido se ubicase en P01, P02 o P03, respectivamente (Figura 63).

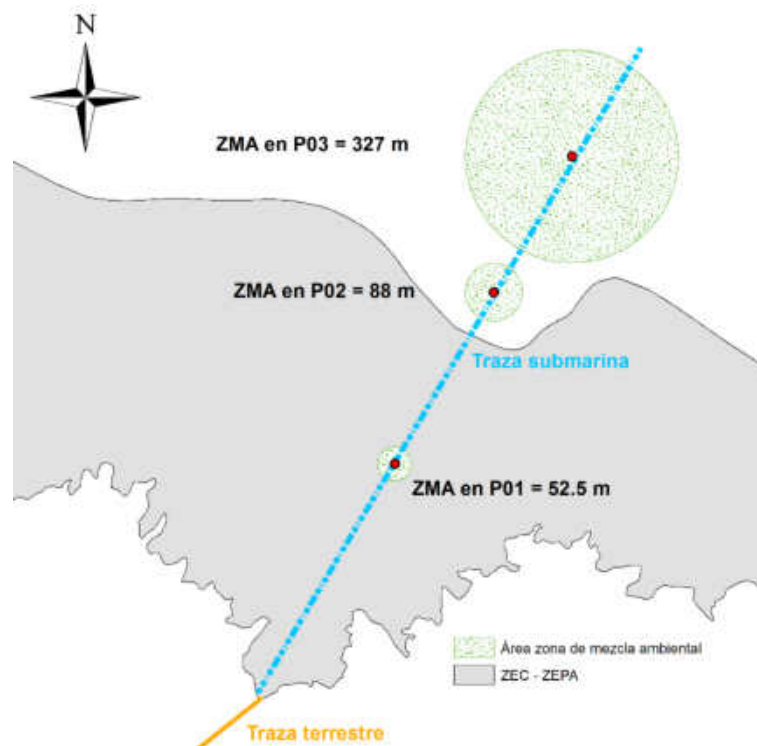


Figura 63. Zona de mezcla ambiental para las ubicaciones P01, P02 y P03 consideradas para el posible vertido a través de emisario del efluente de la mina de Salave.

Del análisis funcional del emisario cabe destacar lo siguiente:

- La totalidad del emisario, incluido elevador y difusores se ha considerado de acero para evitar la abrasión en un posible escenario de vertido con una alta concentración de sedimentos.
- Las pérdidas de carga totales son 1,35, 1,91 o 2,36 en función de si el vertido se ubique en P01, P02 o P03.
- La velocidad en la tubería principal es baja (0,57 m/s) lo que minimiza las pérdidas de carga en este tramo. En las bocas difusoras se obtiene una velocidad de más de 1 m/s (1,63 m/s), con lo que se asegura el cumplimiento de las condiciones adoptadas para el cálculo de la dilución inicial.

De la realización de los estudios anteriores, y con el objeto de garantizar la inocuidad del vertido, sería recomendable realizar los siguientes estudios complementarios:

- Con el objeto de garantizar el carácter refractario de los materiales sólidos vertidos y la nula transferencia de sustancias tóxicas o nocivas al medio acuático, sería necesario realizar análisis químicos que confirmen dicha hipótesis de partida.
- Dada la presencia de zonas de "producción de moluscos y otros invertebrados" próximas a los puntos de vertido evaluados, sería necesario realizar estudios que garanticen que no se va a producir una transferencia de sustancias químicas tóxicas o nocivas desde los materiales vertidos hacia los organismos marinos, especialmente hacia aquellos destinados a consumo humano.

REFERENCIAS:

- ANZECC & ARMCANZ, 2000. Australian and new zealand guidelines for fresh and marine water quality: Volume 2 – aquatic ecosystems – rationale and background information. Tech. rep., Australian and New Zealand Environmental and Conservation Council.
- Battjes, J. and J. Janssen, 1978. Energy loss and set-up due to breaking of random waves. In Proceedings 16th International Conference Coastal Engineering, ASCE, pages 569–587.
- Booij, N., R. Ris and L. Holthuijsen, 1999. A third-generation wave model for coastal regions, Part I, Model description and validation. *Journal of Geophysical Research* 104 (C4): 7649–7666.
- CEDEX-IHCantabria, 2008. Convenio de colaboración entre el Centro de Experimentación de Obras Públicas (CEDEX) y la Universidad de Cantabria para el desarrollo de una metodología para la evaluación del estado de las aguas superficiales del entorno de afección de los saneamientos litorales. Aplicación a los saneamientos litorales de la Confederación Hidrográfica del Norte. Informe técnico.
- Confederación Hidrográfica del Cantábrico, 2016. Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica del Cantábrico Occidental.
- EPANET, 2018. User manual EPANET 2.0.
- Fischer, H.B., List, E.J., Koh, R.C.Y., Imberger, J. & Brooks, N.H., 1979. Mixing in inland and coastal waters. Academic Press.
- Groeneweg, J., 1999. Wave-current interactions in a generalized Lagrangian mean formulation. Delft University of Technology, Delft, The Netherlands. Ph.D. thesis.
- IHCantabria, 2018. Estudio preliminar de un emisario en Tapia de Casariego. Informe técnico.
- Jirka, G.H., 1999. Five asymptotic regimes of a round buoyant jet in stratified crossflow. In 28th IAHR Biennial Congress, IAHR, International Association for Hydro-Environment Engineering and Research.
- Jirka, G.H., 2004. Integral model for turbulent buoyant jets in unbounded stratified flows. part 1: the single round jet. *Environmental Fluid Mechanics*, 4, 1–56.
- Jirka, G.H., 2006. Integral model for turbulent buoyant jets in unbounded stratified flows, part 2: plane jet dynamics resulting from multiport diffuser jets. *Environmental Fluid Mechanics*, 6, 43–100.
- Jirka, G.H. & Akar, P.J., 1991. Hydrodynamic classification of submerged single-port discharges. *Journal of Hydraulic Engineering*, 117, 1095–1111.
- Jirka, G.H., Doneker, R.L. & Hinton, S.W., 1996. User's manual for cormix: A hydrodynamic mixing zone model and decision support system for pollutant discharges into surface waters. Tech. rep., De-Frees Hydraulics Laboratory, Cornell University.
- Komen, G., S. Hasselmann and K. Hasselmann, 1984. On the existence of a fully developed wind-sea spectrum. *Journal of Physical Oceanography* 14: 1271–1285.
- Lee, J.H.W. and Cheung, V. (1990). Generalized lagrangian model for buoyant jets in current. *Journal of Environmental Engineering*, 116, 1085–1105.

- MOEE, 1994a. Deriving receiving-water based, point-source effluent requirements for ontario waters. Tech. rep., Ontario Ministry of Environment and Energy.
- MOEE, 1994b. Water management policies guidelines: Provincial water quality objectives of the ministry of environment and energy. Tech. rep., Ontario Ministry of Environment and Energy.
- Partheniades, E., 1965. Erosion and Deposition of Cohesive Soils. Journal of the Hydraulics Division, ASCE 91 (HY 1): 105–139.
- SEPA, 1998. Initial dilution and mixing zones for discharges from coastal and estuarine outfalls, policy no. 28, version 1. Tech. rep., Scottish Environmental Protection Agency.
- Rijn, L. C. van, 1993. Principles of Sediment Transport in Rivers, Estuaries and Coastal Seas. Aqua Publications, The Netherlands.
- Roberts, P.J.W., 1979. Line plume and ocean outfall dispersion. Journal of Hidraulics Division, 105, 313–331.
- Roberts, P.J.W., 1999a. Modeling mamala bay outfall plumes. i: Near field. Journal of Hydraulic Engineering, 125, 564–573.
- Roberts, P.J.W., 1999b. Modeling mamala bay outfall plumes. ii: Far field. Journal of Hydraulic Engineering, 125, 574–583.
- Roelvink, J.A. and Van Banning, G.K.F.M., 1994. Design and Development of DELFT3D and Application to Coastal Morphodynamics. In: Verwey, A., Minns, A.W., Babovic, V. and Maksimovic, C., Eds., Hydroinformatics, Balkema, Rotterdam, 451-456.
- UNESCO, 1981. Background papers and supporting data on the international equation of state 1980. Tech. Rep. 38, UNESCO.
- USEPA, 1991. Technical support document for water quality-based toxics control. Tech. rep., U.S. Environmental Protection Agency.
- USEPA, 1992. Technical guidance manual for performing waste load allocations, book iii: Estuaries. Tech. rep., U.S. Environmental Protection Agency.
- USEPA, 1994. Water quality standards handbook: Second edition. Tech. rep., U.S. Environmental Protection Agency.
- USEPA, 1995. Allocated impact zones for areas of non-compliance. Tech. rep., U.S. Environmental Protection Agency.
- USEPA, 1996. Npdes permit writer's manual. Tech. rep., U.S. Environmental Protection Agency.
- USEPA, 2010. Npdes permit writer's manual. Tech. rep., U.S. Environmental Protection Agency.
- VISJET, 2000. User manual.
- WL/Delft Hydraulics, 2006. Delft3D user manual.
- Wood, I.R., Bell, R.G. and Wilfison, D.L., 1993. Ocean disposal of wastewater. Advanced series on ocean engineering, vol. 8, World Scientific, Singapore.

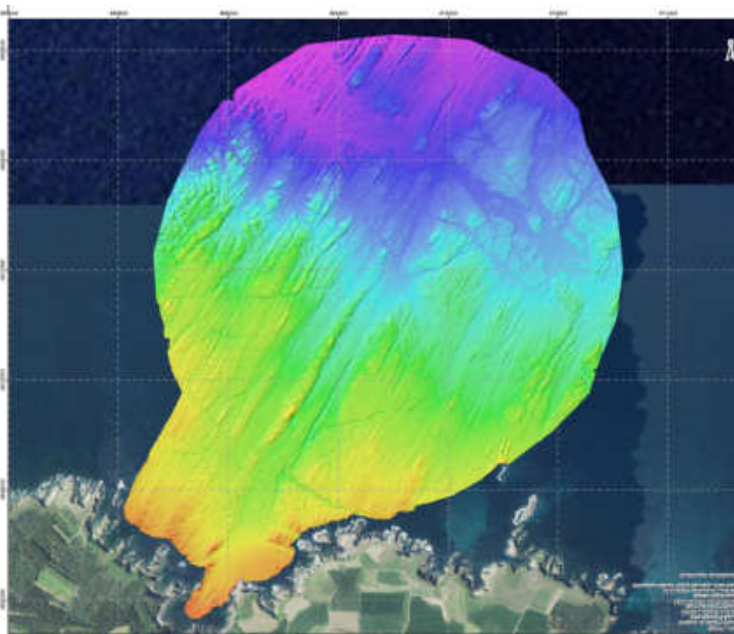
ANEXO II

LEVANTAMIENTO BATIMÉTRICO

LEVANTAMIENTO BATIMÉTRICO

PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE UN EMISARIO SUBMARINO PARA LA EVACUACIÓN DE AGUA Y LODOS PROCEDENTES DE LA EXPLOTACIÓN SUBTERRÁNEA DEL YACIMIENTO DE SALAVE

AGOSTO 2020



Promotor:

**EXPLORACIONES MINERAS DEL
CANTÁBRICO S.L.**

Término municipal: Tapia de Casariego



TECNOAMBIENTE

A TRADEBE COMPANY

CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN	4
2	OBJETIVOS	5
3	LOCALIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO	6
3.1	HIDRODINÁMICA DEL MEDIO.....	7
3.1.1	<i>Dinámica de mareas</i>	7
3.1.2	<i>Comportamiento del oleaje</i>	8
2.	RELACIÓN DE EQUIPOS EMPLEADOS	14
2.1.	EQUIPOS DE BATIMETRÍA.....	14
2.2.	SOFTWARE DE EDICIÓN DE DATOS.....	14
3.	METODOLOGÍA	14
3.1.	LEVANTAMIENTO BATIMÉTRICO CON ECOSONDA MULTHAZ.....	14
3.1.3	<i>Proyecto de líneas</i>	14
3.1.4	<i>Equipos e instalación</i>	15
3.1.5	<i>Perfil de velocidad del sonido en la columna de agua</i>	16
3.1.6	<i>Calibración de la Unidad de referencia de movimiento</i>	17
3.1.7	<i>Calibración de la ecosonda multihaz</i>	18
3.1.8	<i>Adquisición de datos</i>	20
3.1.9	<i>Edición de los datos batimétricos</i>	21
3.2	GEODESIA.....	22
3.2.1	<i>Enlace planimétrico del levantamiento</i>	22
3.2.2	<i>Enlace altimétrico para el levantamiento</i>	24
3.2.3	<i>Corrección subcentimétrica de la posición</i>	25
4	DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	27

Índice de Figuras

Figura 1. Localización de la zona de estudio	6
Figura 2. Coeficiente de mareas Asturias Año 2019 (información del anuario de mareas emitido por la Dirección General de Pesca).	8
Figura 3. Localización de la boya SIMAR 3065038 (Puertos del Estado, 2020).....	9
Figura 4. Distribución anual período de pico y altura significativa de Ola boya SIMAR 3065038 (Puertos del Estado, 1958-2017).....	10
Figura 5. Distribución estacional (jun. Agost.) período de pico y altura significativa de Ola boya SIMAR 3065038 (Puertos del Estado, 1958-2017).	11
Figura 6. Rosa de oleaje de altura significativa de ola para la boya SIMAR 3065038 (Puertos del Estado, 1958-2017).	12
Figura 7. Rosa de oleaje estacional, de altura significativa de ola para la boya SIMAR 3065038 (Puertos del Estado, 1958-2017).....	13
Figura 8: Esquema del registro de la multihaz.	15
Figura 9. Perfiles de velocidad del sonido en el agua en la columna de agua tanto en el vaciadero marino como en el interior del Puerto de Avilés.....	17
Figura 10. Parámetros obtenidos tras la finalización de la calibración del F180.	18
Figura 11. Resultado de la determinación del ángulo de roll.	19
Figura 12. Resultado de la determinación del ángulo de pitch.....	19
Figura 13. Resultado de la determinación del ángulo de pitch.....	20
Figura 14: Módulo del PDS2000 de ayuda a la navegación del patrón.....	20
Figura 15: Módulo del PDS2000 para la adquisición de datos para el técnico. En ella, se observan los datos de GPS, oleaje, velocidad del sonido y profundidad (modelos en 2D y 3D).21	
Figura 16: Pantalla de edición de los datos batimétricos registrados por la ecosonda multihaz R2Sonic 2024.....	21
Figura 17. Características geodésicas del levantamiento batimétrico.....	22
Figura 18. Tabla con los parámetros de transformación desde WGS 84 a European Datum 1950.....	24
Figura 19. Distribución de los vértices emisores de señal GPRS de la red RGAPA.....	26
Figura 20. Esquema de transmisión de la corrección RTK vía GPRS desde la RGAPA.....	26

Figura 21. Vista en planta del MDT resultante del estudio.....	28
Figura 22. Imagen detalle del MDT cuadrante N-O del ámbito de estudio.....	29
Figura 23. Imagen detalle del MDT cuadrante N-E del ámbito de estudio.....	30
Figura 24. Imagen detalle del MDT cuadrante S-E del ámbito de estudio.....	31
Figura 25. Imagen detalle del MDT cuadrante S-O del ámbito de estudio.....	32
Figura 26. Modelo de pendientes general ámbito de estudio.....	33
Figura 27. Modelo de pendientes en detalle cuadrante N-O del ámbito de estudio.	34
Figura 28. Modelo de pendientes en detalle cuadrante N-E del ámbito de estudio.....	35
Figura 29. Modelo de pendientes en detalle cuadrante S-E del ámbito de estudio.....	36
Figura 30. Modelo de pendientes en detalle cuadrante S-O del ámbito de estudio.....	37

1 INTRODUCCIÓN

La empresa Tecnoambiente ha llevado a cabo un levantamiento batimétrico con ecosonda multihaz en todo el ámbito de estudio.

Se ha escogido un instrumento basado en las técnicas acústicas para la detección del fondo, que proporciona cobertura total y una precisión y resolución que permite conocer con exactitud las características de la zona sumergida.

Los métodos de detección y registro batimétrico, han evolucionado de forma drástica en los últimos diez años. A principios del siglo XX el método de sondeo más utilizado era el escandallo; no fue hasta mediados de dicho siglo cuando se introdujo el sonar acústico, y más recientemente la multihaz como herramienta hidrográfica. En los años 80 se desarrollaron las primeras multihaz, si bien éstas eran sobre todo para grandes profundidades, donde importaba más el alcance que la precisión. Fue en la década de los 90 cuando la tecnología multihaz alcanzó su madurez y comenzó a ser usada en aguas someras.

Básicamente, la técnica de la multihaz consiste en la emisión de múltiples haces (hay casos en los que se llega a los 400 haces ó más), que permitirá el reconocimiento de numerosos puntos de profundidad. A diferencia de la ecosonda tradicional (monohaz), cuya cobertura se realiza sobre un solo punto del fondo, tan sólo obteniendo un perfil batimétrico del recorrido del barco; la ecosonda multihaz realiza un barrido de varios metros de ancho en el sentido de la navegación, lo que permite obtener imágenes tridimensionales del fondo.

Gracias a la alta resolución proporcionada por la ecosonda multihaz, es empleada habitualmente como apoyo en distintas actuaciones de obras portuarias, como reconocimiento exhaustivo del fondo en aguas *offshore* o, como en el presente caso, en el reconocimiento de estructuras antrópicas ligadas al litoral o al sector portuario. En dichas actuaciones, cabe destacar el control de dragados, reconocimiento del estado de muelles, cantiles y cajones, caracterización de banquetas y taludes, etc. En este caso, el fin principal del levantamiento es el conocimiento de la profundidad de la ría y del vaciadero marino previo a las actuaciones de dragado.

En la campaña batimétrica se empleó una ecosonda multihaz R2Sonic 2024, una unidad de referencia del movimiento de la casa Coda Octopus modelo F180, y el rover de Geomax Zenith 25 que recibía la corrección RTK vía GPRS desde la red GNSS Activa del Principado de Asturias. Todos ellos serán descritos a continuación.

2 OBJETIVOS

El objetivo principal de este estudio es levantamiento batimétrico del entorno del trazado previsto para el emisario submarino asociado al Proyecto de Explotación del Yacimiento subterráneo para la extracción de oro, en Salave, en el concejo de Tapia de Casariego (Asturias).

Para ello, TECNOAMBIENTE debe cumplir los siguientes objetivos parciales:

- Campaña batimétrica de alta resolución con ecosonda multihaz con precisión de posicionamiento subcentimétrica tanto en el vaciadero marino como en la ría.
- Realización del modelo digital del terreno (MDT) con alta resolución.
- Generación de un archivo XYZ a la mayor resolución posible.
- Elaboración de la cartografía batimétrica con la escala pertinente.

3 LOCALIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

La zona de estudio se encuentra en el extremo occidental del Principado de Asturias, en el término municipal de Tapia de Casariego, entre Punta del Pedrón y Punta de la Furada, con una superficie aproximada de unas 300 Ha:

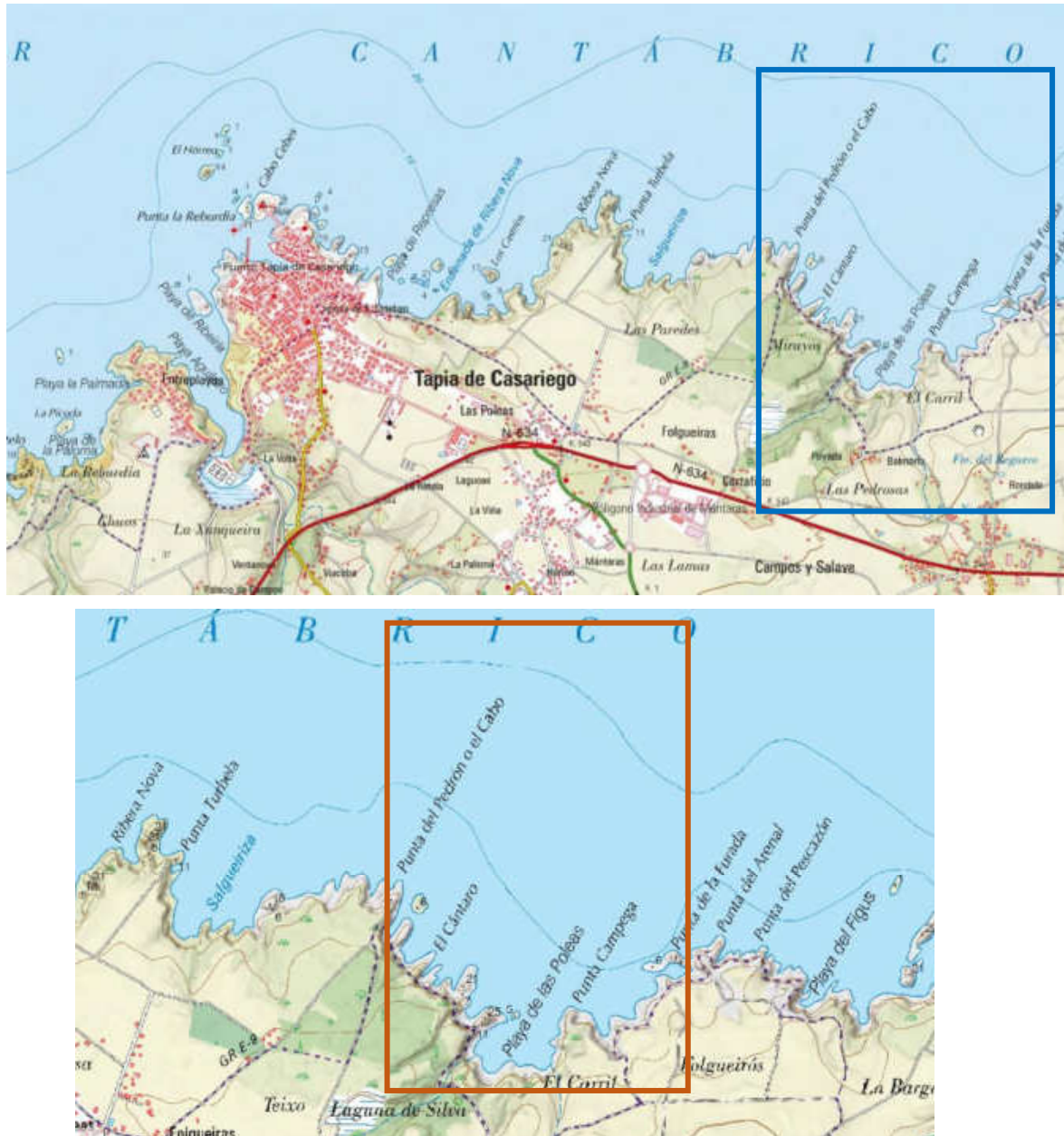


Figura 1. Localización de la zona de estudio

Levantamiento batimétrico del entorno del trazado previsto para el emisario submarino asociado al Proyecto de Explotación del Yacimiento subterráneo para la extracción de oro, en Salave, en el concejo de Tapia de Casariego (Asturias). Agosto 2020

3.1 HIDRODINÁMICA DEL MEDIO

El campo de la hidrodinámica también es clave para el conocimiento del estado actual y futuro del fondo marino, ya que junto con los agentes geológicos, define y modela la superficie de éste. Para el estudio de la hidrodinámica, es necesario comprender la dinámica de las mareas, corrientes y oleaje. En este caso, el informe se centra en una recopilación bibliográfica de las mareas y el oleaje de la zona.

3.1.1 Dinámica de mareas

Se conoce con el nombre de “mareas”, al movimiento periódico y alternativo de ascenso y descenso del nivel del mar, provocado por la atracción gravitacional ejercida por la Luna y en menor medida por el Sol, sobre la superficie del Globo Terrestre, movimiento que se manifiesta muy claramente en el litoral. Generalmente, se producen dos ascensos, denominados “flujo” o “marea entrante” y dos descensos llamados “reflujo” o “marea saliente”, en un periodo de 24 horas y 50 minutos, que es el tiempo necesario para que la Luna se encuentre de nuevo en el mismo meridiano. El flujo culmina con la “pleamar” o “marea alta” y el reflujo con la “bajamar” o “marea baja”. Las mareas son máximas durante las sicigias y mínimas en las cuadraturas, determinando las “mareas vivas” y las “muertas”. Además, las mareas son mayores en los equinoccios que en los solsticios.

Existen factores que influyen en las mareas, como la geografía de la costa, la profundidad del mar, las corrientes marinas, la presión atmosférica, etc., que perturban la periodicidad, amplitud e intensidad de las mismas.

En la costa de Asturias, como se puede observar, la máxima carrera de marea es de 4,39m, típicas en el mar Cantábrico.

ORTO	PLEAMARES						BAJAMARES						OCASO
	MAÑANA		DIAS		TARDE		MAÑANA		DIAS		TARDE		
	Horas	Altura	Del mes	De la sem.	Horas	Altura	Horas	Altura	Del mes	De la sem.	Horas	Altura	
	H.	m.			H.	m.	H.	m.			H.	m.	
5:12	3:17	4,14	1	J	15:35	4,39	8:16	0,63	1	J	21:53	0,41	19:46
5:13	4:05	4,26	2	V	16:22	4,50	10:02	0,49	2	V	22:37	0,29	19:45
5:14	4:52	4,28	3	S	17:10	4,51	10:48	0,43	3	S	23:24	0,29	19:43
5:15	5:39	4,21	4	D	17:59	4,41	11:35	0,47	4	D	—	—	19:42
5:16	6:27	4,06	5	L	18:48	4,22	0:12	0,42	5	L	12:24	0,63	19:41
5:17	7:18	3,86	6	M	19:41	3,96	1:01	0,65	6	M	13:15	0,85	19:40
5:18	8:12	3,63	7	X	20:40	3,67	1:53	0,53	7	X	14:12	1,10	19:38
5:19	9:16	3,44	8	J	21:48	3,42	2:52	1,21	8	J	15:18	1,32	19:37
5:20	10:29	3,34	9	V	23:07	3,29	3:59	1,41	9	V	16:33	1,45	19:36
5:22	11:44	3,37	10	S	—	—	5:14	1,49	10	S	17:51	1,44	19:34
5:23	0:22	3,31	11	D	12:49	3,50	6:24	1,45	11	D	18:57	1,33	19:33
5:24	1:22	3,41	12	L	13:41	3,65	7:21	1,33	12	L	19:50	1,18	19:31
5:25	2:10	3,53	13	M	14:23	3,79	8:07	1,18	13	M	20:34	1,02	19:30
5:26	2:49	3,64	14	X	15:01	3,91	8:48	1,04	14	X	21:11	0,90	19:28
5:27	3:24	3,72	15	J	15:35	3,99	9:22	0,84	15	J	21:45	0,83	19:27
5:28	3:56	3,79	16	V	16:08	4,04	9:55	0,89	16	V	22:18	0,81	19:25
5:29	4:26	3,82	17	S	16:39	4,04	10:26	0,89	17	S	22:49	0,83	19:24
5:30	4:56	3,81	18	D	17:10	4,00	10:59	0,93	18	D	23:19	0,89	19:22
5:32	5:26	3,76	19	L	17:42	3,91	11:29	1,00	19	L	23:51	0,98	19:21
5:33	5:58	3,67	20	M	18:15	3,78	—	—	20	M	12:02	1,10	19:19
5:34	6:31	3,55	21	X	18:52	3,62	0:24	1,09	21	X	12:38	1,23	19:17
5:35	7:11	3,41	22	J	19:36	3,44	1:01	1,24	22	J	13:21	1,38	19:16
5:36	8:00	3,28	23	V	20:32	3,27	1:46	1,39	23	V	14:15	1,52	19:14
5:37	9:07	3,18	24	S	21:46	3,17	2:43	1,54	24	S	15:25	1,62	19:13
5:38	10:30	3,19	25	D	23:10	3,21	3:57	1,61	25	D	16:47	1,59	19:11
5:39	11:47	3,36	26	L	—	—	5:17	1,54	26	L	18:04	1,40	19:09
5:41	0:24	3,40	27	M	12:51	3,64	6:27	1,34	27	M	19:08	1,12	19:08
5:42	1:23	3,69	28	X	13:44	3,97	7:24	1,07	28	X	19:59	0,79	19:06
5:43	2:15	3,89	29	J	14:33	4,29	8:13	0,78	29	J	20:47	0,48	19:04
5:44	3:02	4,24	30	V	15:19	4,53	9:00	0,51	30	V	21:33	0,24	19:02
5:45	3:48	4,39	31	S	16:05	4,67	9:45	0,31	31	S	22:18	0,13	19:01

Figura 2. Coeficiente de mareas Asturias Año 2019 (información del anuario de mareas emitido por la Dirección General de Pesca).

3.1.2 Comportamiento del oleaje

El oleaje es el principal agente modelador de la costa, en general, y su conocimiento en la zona a estudiar es básico para entender la morfología y evolución previsible de la misma.

El oleaje se genera como consecuencia de la acción del viento sobre la superficie del mar. El oleaje generado debe su configuración tanto a su frecuencia, su contenido energético del viento, como a las direcciones que tengan mayor superficie de generación (Fetch).

A continuación se muestran los datos de oleaje de la boya SIMAR 3065038, localizada en el entorno de la Ensenada de Torbas, en el Municipio asturiano del Franco, cuyos datos se han obtenido de la página web de Puertos del Estado:

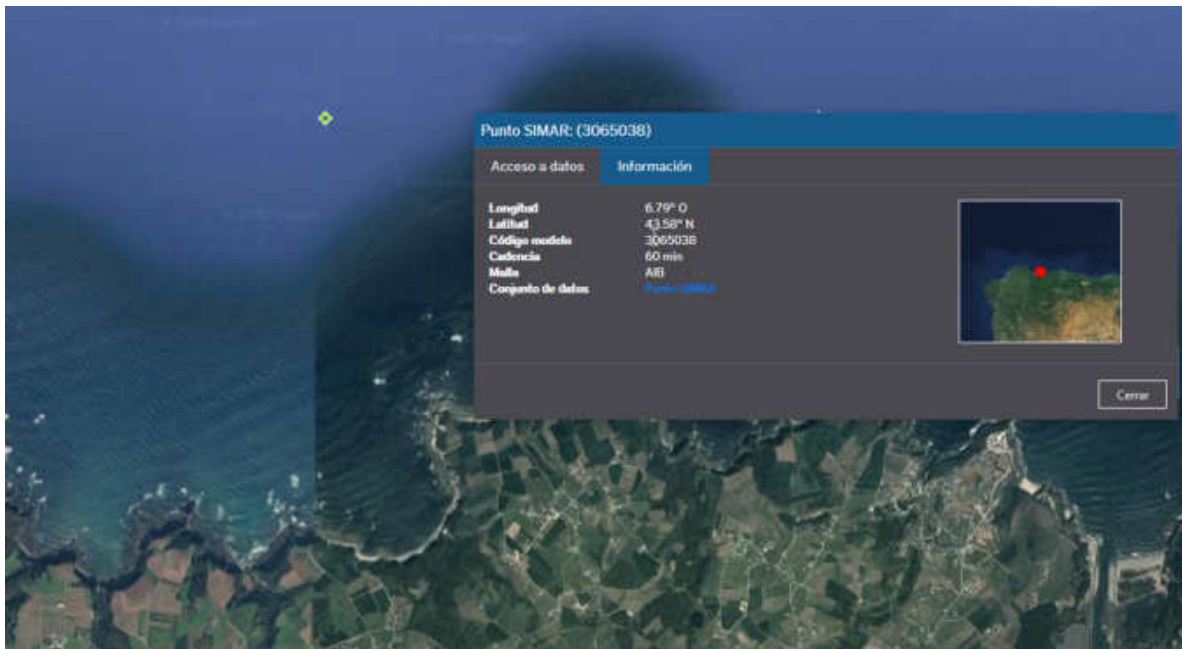


Figura 3. Localización de la boya SIMAR 3065038 (Puertos del Estado, 2020).

3.1. TABLAS HS-TP ANUAL

DISTRIBUCIÓN CONJUNTA DE PERIODO DE PICO Y ALTURA SIGNIFICATIVA

LUGAR : SIMAR 3065038

PERIODO : Anual

SERIE ANALIZADA : Ene. 1958 - May. 2017

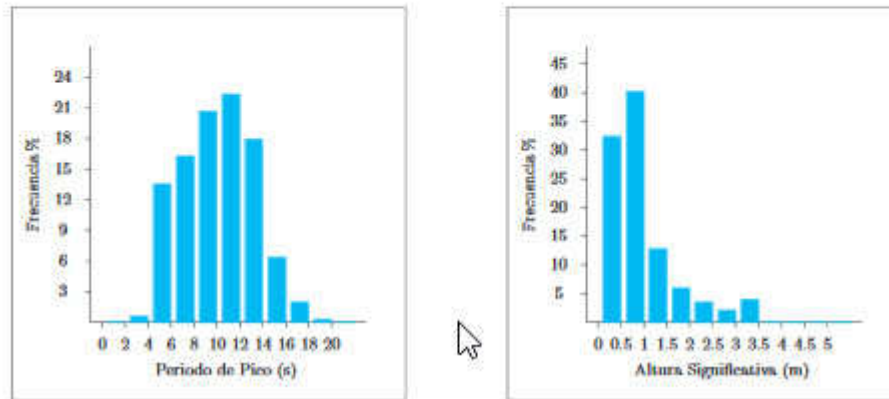


Tabla Periodo de Pico (Tp) - Altura Significativa (Hs) en %

Hs (m)	Tp (s)										Total	
	< 2.0	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0	16.0	18.0	20.0		> 20.0
< 0.5	-	0.401	5.245	6.282	9.612	6.508	3.214	0.629	0.166	0.045	0.006	32.110
1.0	-	0.098	7.201	5.423	7.489	9.754	7.359	2.220	0.565	0.087	0.010	40.206
1.5	-	0.003	0.927	3.116	1.710	2.903	2.398	1.023	0.418	0.056	0.003	12.558
2.0	-	-	0.026	1.075	0.859	1.516	1.673	0.523	0.198	0.066	0.005	5.941
2.5	-	-	-	0.309	0.486	0.759	1.217	0.391	0.110	0.034	0.005	3.311
3.0	-	-	-	0.051	0.329	0.403	0.844	0.412	0.081	0.029	0.002	2.142
3.5	-	-	-	0.006	0.232	0.481	1.301	1.227	0.442	0.031	-	3.721
4.0	-	-	-	-	-	-	-	0.001	0.002	0.008	-	0.011
4.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
> 5.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	-	0.502	13.400	16.262	20.719	22.324	18.006	6.426	1.983	0.346	0.032	100.0%

Figura 4. Distribución anual período de pico y altura significativa de Ola boyo SIMAR 3065038 (Puertos del Estado, 1958-2017).

TABLAS HS-Tp ESTACIONAL

DISTRIBUCIÓN CONJUNTA DE PERIODO DE PICO Y ALTURA SIGNIFICATIVA

LUGAR : SIMAR 3065038

PERIODO : Jun. - Ago.

SERIE ANALIZADA : Ene. 1958 - May. 2017

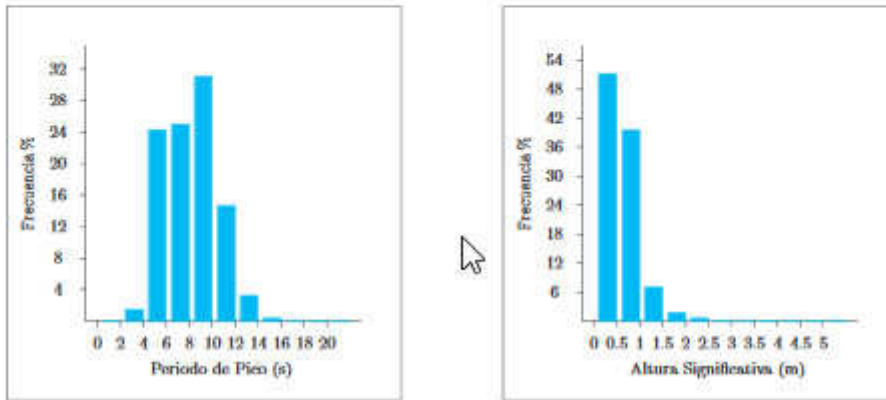


Tabla Periodo de Pico (Tp) - Altura Significativa (Hs) en %

Hs (m)	Tp (s)										Total	
	≤ 2.0	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0	16.0	18.0	20.0		> 20.0
≤ 0.5	-	1.027	9.390	15.728	18.144	5.740	0.946	0.143	0.030	0.005	-	51.152
1.0	-	0.265	13.012	5.950	11.208	6.931	1.728	0.191	0.042	-	-	39.328
1.5	-	0.002	1.837	2.346	1.299	1.338	0.339	0.053	0.012	-	-	7.226
2.0	-	-	0.021	0.683	0.268	0.452	0.201	0.012	-	-	-	1.636
2.5	-	-	-	0.145	0.069	0.162	0.067	0.002	-	-	-	0.445
3.0	-	-	-	0.028	0.023	0.044	0.037	0.007	-	-	-	0.128
3.5	-	-	-	0.005	0.012	0.014	0.037	0.007	-	-	-	0.074
4.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
> 5.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	-	1.294	24.260	24.885	31.022	14.681	3.355	0.415	0.083	0.005	-	100%

Figura 5. Distribución estacional (jun. Agost.) período de pico y altura significativa de Ola boyo SIMAR 3065038 (Puertos del Estado, 1958-2017).

ROSA DE ALTURA SIGNIFICATIVA

LUGAR : SIMAR 3065038

PERIODO : Anual

CRITERIO DE DIRECCIONES: Procedencia

SERIE ANALIZADA : Ene. 1958 - May. 2017

INTERVALO DE CALMAS : 0 - 0.2

PORCENTAJE DE CALMAS : 4.16%

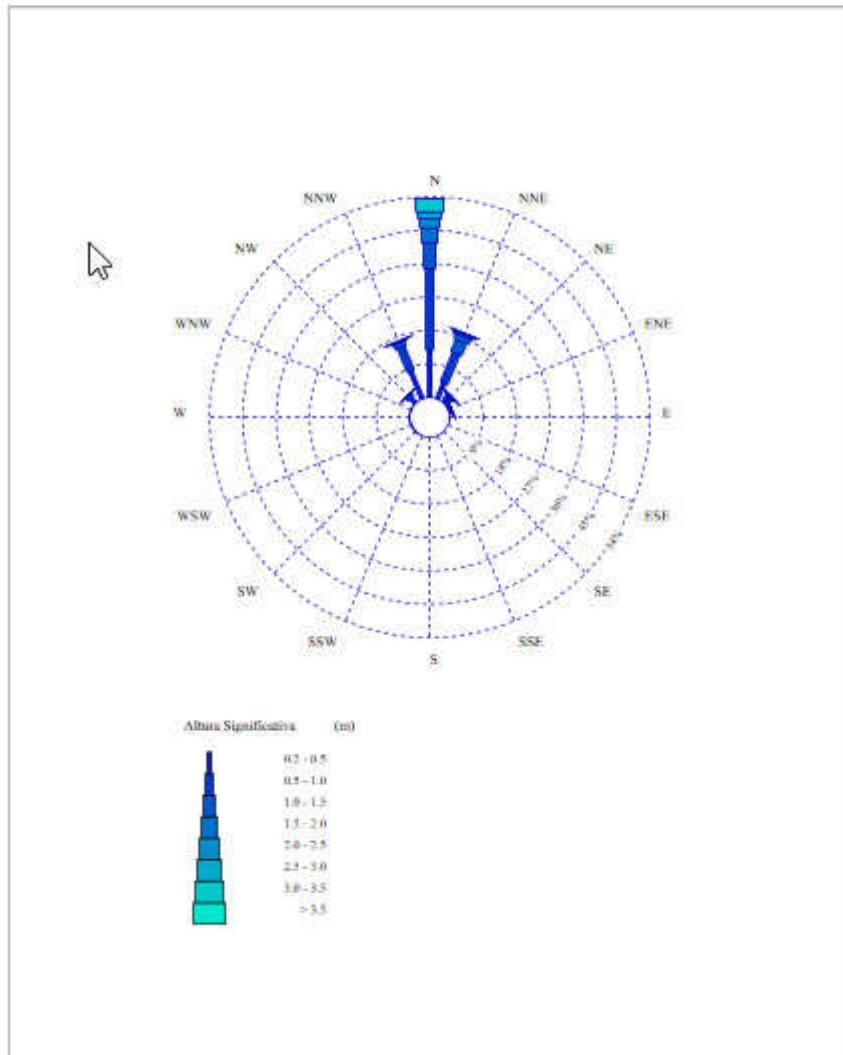


Figura 6. Rosa de oleaje de altura significativa de ola para la boya SIMAR 3065038 (Puertos del Estado, 1958-2017).

ROSAS DE OLEAJE ESTACIONAL

ROSA DE ALTURA SIGNIFICATIVA

LUGAR : SIMAR 3065038

PERIODO : Jun. - Ago.

CRITERIO DE DIRECCIONES: Procedencia

SERIE ANALIZADA : Ene. 1958 - May. 2017

INTERVALO DE CALMAS : 0 - 0.2

PORCENTAJE DE CALMAS : 7.25 %

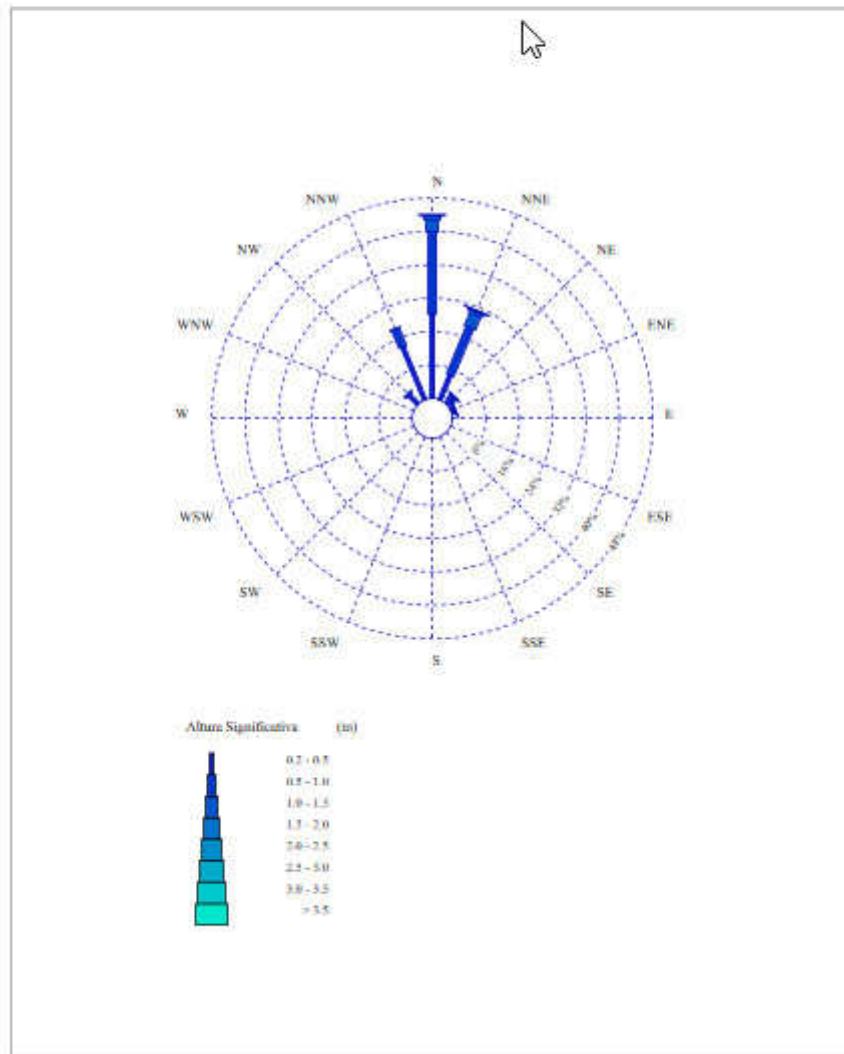


Figura 7. Rosa de oleaje estacional, de altura significativa de ola para la boya SIMAR 3065038 (Puertos del Estado, 1958-2017).

La rosa de oleaje indica que la componente principal es del Norte, con un porcentaje mayoritario de olas entre 0 y 1 metros. El resto de componentes es minoritaria, todas de componente norte.

2. RELACIÓN DE EQUIPOS EMPLEADOS

De cara al cumplimiento de los objetivos marcados en el presente estudio, y siguiendo la metodología exigida, se ha dispuesto de los equipos necesarios para la consecución de los trabajos. A continuación, se enumera el instrumental empleado en cada una de las diferentes actuaciones, mientras que las referencias técnicas se recogen en el Anexo I.

2.1. EQUIPOS DE BATIMETRÍA

Para la campaña batimétrica de alta resolución se han empleado los siguientes equipos:

- Ecosonda multihaz R2 Sonic 2024.
- Giroscópica y compensador de oleaje F185 Coda Octopus.
- Software PDS 2000 versión 3.7.0.48 para la adquisición de datos.
- Perfilador de velocidad de sonido Midas SVP Valeport.
- Perfilador de velocidad del sonido portátil Mini SVP Valeport.
- Sistema GPS RTK Base-Movil Geomax Zenith.

2.2. SOFTWARE DE EDICIÓN DE DATOS

Una vez adquiridos los datos de campo, debe realizarse el procesado de los mismos en gabinete. Para ello, Tecnoambiente dispone de los siguientes softwares: módulo de edición de datos batimétricos PDS2000, ZWCad 2012 y paquete de Office en el entorno de Windows XP.

3. METODOLOGÍA

3.1. LEVANTAMIENTO BATIMÉTRICO CON ECOSONDA MULTHAZ

3.1.3 Proyecto de líneas.

Todas las campañas de batimetría se basan en un proyecto de líneas. En este caso, el proyecto de líneas de este levantamiento ha sido elaborado por TECNOAMBIENTE. Está compuesto por líneas paralelas, separadas por una distancia determinada a partir de la profundidad a

prospectar, abarcando toda la superficie solicitada. Esta separación entre líneas depende de la altura de la columna de agua y el ángulo de haz escogido. En el presente estudio, y dada la profundidad, se ha elegido un ángulo de 120° ; esto implica que tiene un ancho de barrido de 3,5 veces la profundidad de estudio. Como consecuencia de la variación constante de la profundidad en la zona de estudio, la separación de líneas se varía de una a otra. El proyecto de líneas para la ecosonda multihaz debe contemplar la obtención de la cobertura total del área de estudio.

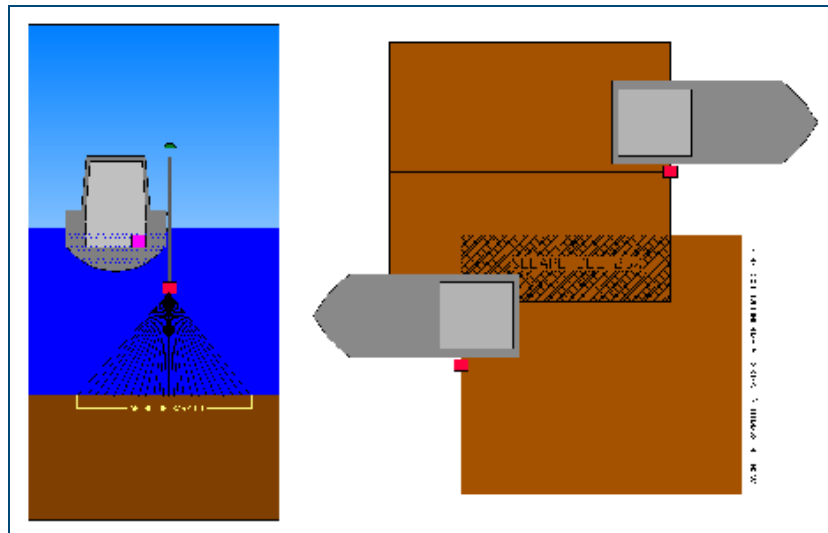


Figura 8: Esquema del registro de la multihaz.

3.1.4 Equipos e instalación.

El sondador multihaz utilizado ha sido el modelo 2024 de R2Sonic. Este sondador es el más avanzado existente hoy en día en el mercado, transmite 256 haces, y con un rango de frecuencia a escoger entre 200 y 400 KHz. Dependiendo de la profundidad, puede llegar a una frecuencia de repetición de pulsos de 60 transmisiones/segundo y obtener así la máxima resolución del mercado para la profundidad de estudio. En la presente campaña se ha escogido un conjunto de haces formando un ángulo de 120° , con una frecuencia de 400 KHz para la obtención de un registro de calidad, ya que la frecuencia de 400 KHz tiene un ángulo transversal a la navegación de 0.5° y longitudinal de 1° . Esta es la mejor configuración para un control estructural del paramento vertical.

Para medir el rumbo de la embarcación, la altura de ola y los ángulos de balanceo y cabeceo, imprescindibles para la correcta utilización del sondador multihaz, se utiliza un equipo de fibra óptica modelo F185 fabricado por Coda Octopus, como unidad de referencia del movimiento, que además proporciona la posición horizontal de la sonda. La posición de carácter subcentimétrico la aporta el rover de Geomax que recibe la corrección RTK desde la Red GNSS Activa del Principado de Asturias (dichas características se describen con mayor detalle en el apartado de Enlace Planimétrico). Además, la corrección de mareas se realizará a través de la altimetría del GPS RTK (este tema se describe con mayor detalle en el apartado de Enlace Planimétrico y Altimétrico).

La ecosonda R2Sonic 2024, se ha instalado a una banda de estribor de la embarcación, en un punto cercano al centro de gravedad de la misma. La unidad de referencia del movimiento (MRU) se fijó a la cubierta del barco, cerca tanto del transductor como de las antenas y del centro de gravedad de la embarcación. Las antenas de DGPS del CodaOctopus F185 de ayuda a la medición de la MRU, se han instalado en una estructura previamente diseñada para tal fin, con un metro de separación entre ellas y en cuyo centro se encuentra el eje del transductor. El perfilador de velocidad del sonido mini SVP ha sido instalado en el mismo transductor, para actualizar dichos valores en tiempo real, y de esta forma, poder calcular con precisión la profundidad existente.

Una vez realizada la instalación de los equipos, se procedió a medir las distancias pertinentes entre ellos (offset). Este procedimiento es de vital importancia, pues deben referirse posición, profundidad y movimientos al mismo punto de referencia.

3.1.5 Perfil de velocidad del sonido en la columna de agua.

Además, de la medición en tiempo real de la velocidad del sonido en la superficie mediante el miniSVP de Valeport, antes de comenzar la adquisición de los datos es necesario realizar un perfil de velocidad del sonido en la columna. Este perfil es empleado como apoyo al cálculo de la profundidad por parte de la ecosonda multihaz. Es importante realizar dicho perfil en la zona de máxima profundidad del área de estudio, así como en áreas donde el perfil puede variar debido a la influencia de aguas con características termohalinas diferentes.

Por ello, debido a la duración de la campaña y al tamaño del área, se ha realizado un perfil en la zona de estudio por cada día y cada zona. La metodología para la obtención del perfil de velocidad del sonido en la columna de agua es sencilla. Para ello se sumerge el perfilador, en este caso el modelo SVP de Valeport, hasta el fondo y después de izarlo se introducen los datos, cada medio metro de la velocidad del sonido en el PDS 2000, para que él interpole los datos recibidos con esta velocidad.

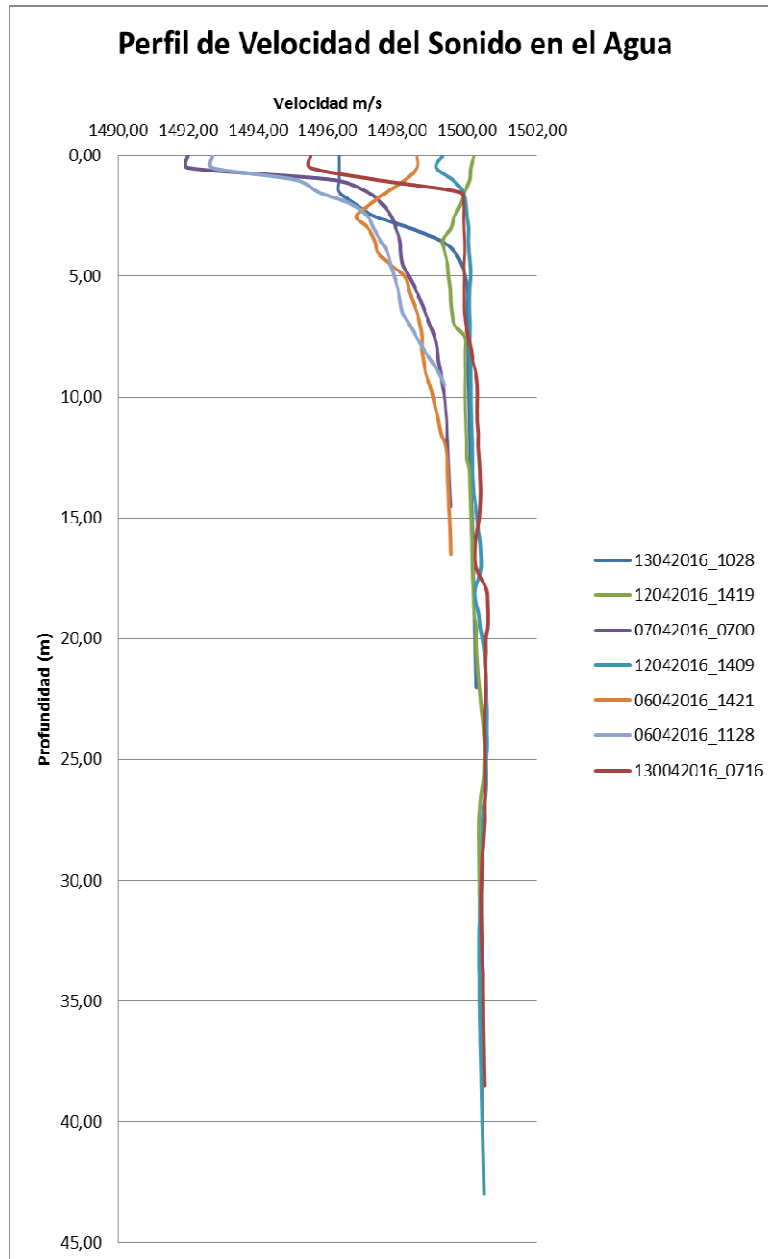


Figura 9. Perfiles de velocidad del sonido en el agua en la columna de agua tanto en el vaciadero marino como en el interior del Puerto de Avilés.

3.1.6 Calibración de la Unidad de referencia de movimiento

Previa a la adquisición de datos, también es necesaria la calibración de la unidad de referencia del movimiento (en adelante, MRU “movement reference unit”), siguiendo las rutinas e indicaciones del manual del fabricante. Este procedimiento de calibración trata de concadenar las siguientes rutinas hasta alcanzar los valores de calibración deseados (0.1º grados de error para el rumbo y 0.025 para el oleaje, aproximadamente).

- Navegación en forma de 8 en diferentes sentidos.
- Navegación en círculos en diferentes sentidos.
- Navegación en línea recta en aceleración.
- Navegación en línea recta en desaceleración.

```
Calibration settings for F180 Series.  
06/04/2016 11:40:46  
-----  
Calibration status is: Complete  
-----  
Attitude Accuracy: 0.033 degrees.  
Heading Accuracy: 0.246 degrees.  
-----  
Calibration Configuration Parameters  
-----  
X GPS Offset: 0.369 metres.  
X GPS Accuracy: 0.035 metres.  
  
Y GPS Offset: -0.311 metres.  
Y GPS Accuracy: 0.035 metres.  
  
Z GPS offset: -1.508 metres.  
Z GPS Accuracy: 0.118 metres.  
  
GPS Rotation: 177.74 degrees.  
GPS Rotation Accuracy: 0.23 degrees.  
  
GPS Elevation: 2.75 degrees.  
GPS Elevation Accuracy: 0.06 degrees.
```

Figura 10. Parámetros obtenidos tras la finalización de la calibración del F180.

3.1.7 Calibración de la ecosonda multihaz.

Antes de la adquisición de datos, se debe calibrar los ángulos de error de la posición real del transductor del sondador multihaz, con respecto a la posición a la unidad de referencia del movimiento (F180). La calibración se realiza mediante la adquisición de datos batimétricos de un modelo específico de líneas de navegación, mediante el programa de calibración PDS2000, que se describen a continuación.

- Ángulo de roll: dos líneas en sentido contrario sobre un fondo plano.
- Ángulo de pitch: dos líneas en sentido contrario sobre un fondo que contenga una variación de profundidad brusca en ambas direcciones, es decir, una poza, duna, objeto, etc.
- Ángulo de yaw: dos líneas paralelas en el mismo sentido con un solape del 50%, sobre un fondo irregular como en la medición del ángulo de roll.

Multibeam Calibration Roll Results

miércoles, 06 abril 2016, 11:46:27

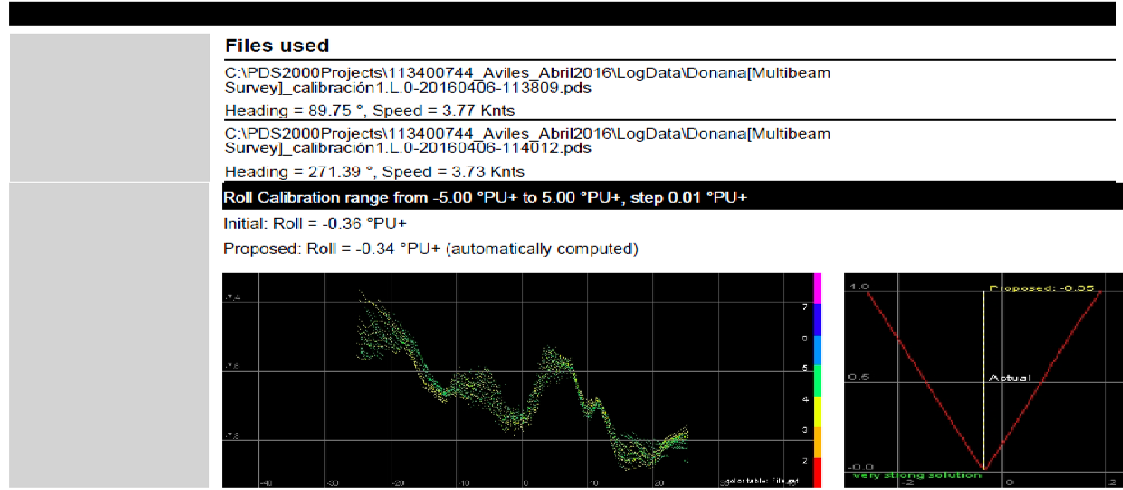


Figura 11. Resultado de la determinación del ángulo de roll.

Multibeam Calibration Pitch Results

miércoles, 06 abril 2016, 11:46:27

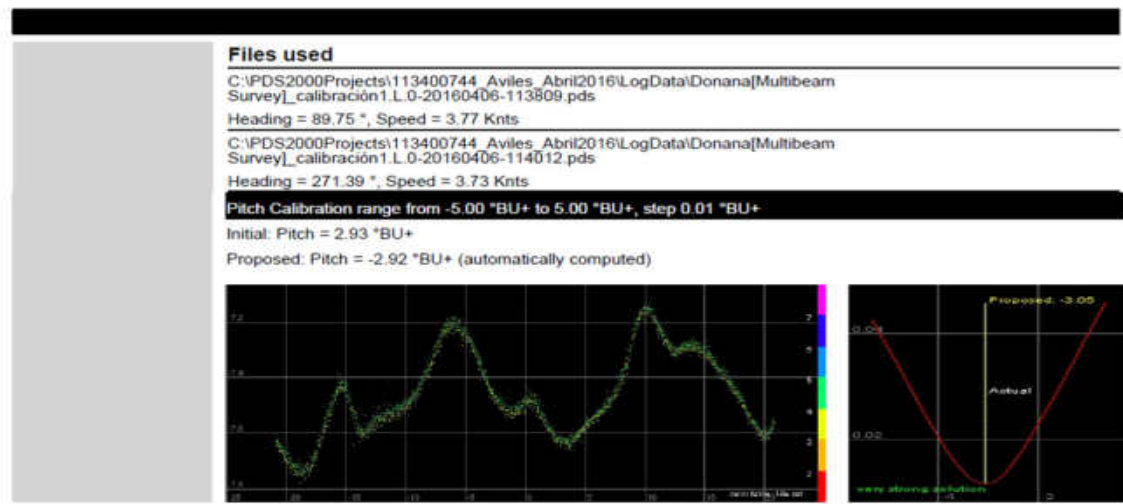


Figura 12. Resultado de la determinación del ángulo de pitch.

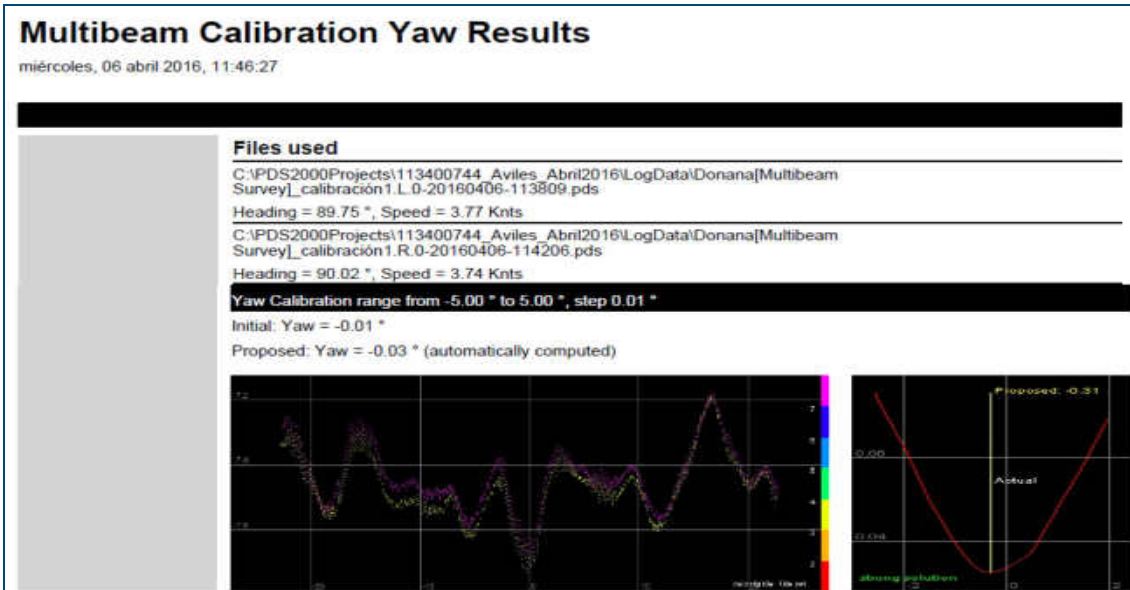


Figura 13. Resultado de la determinación del ángulo de pitch.

3.1.8 Adquisición de datos.

Durante la adquisición de datos, el patrón de la embarcación sigue la derrota de las líneas del proyecto previamente programada, gobernando por las indicaciones de la pantalla del ordenador, que le va mostrando, por medio de alarmas visuales y sonoras, cuando se separa de la derrota más de una cantidad especificada, y también cuando existe algún problema en algún periférico, como podría ser la pérdida de correcciones diferenciales.

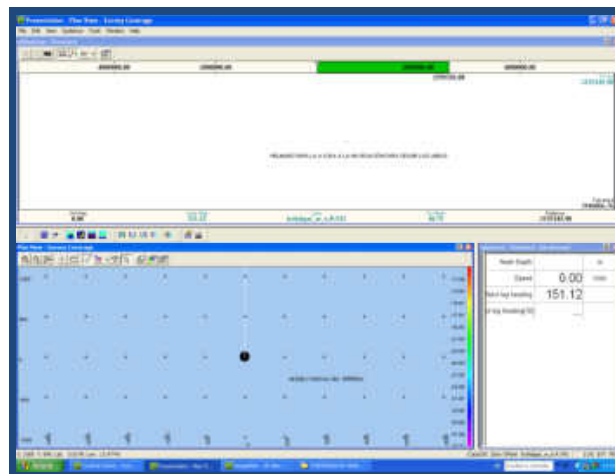


Figura 14: Módulo del PDS2000 de ayuda a la navegación del patrón.

Mientras el patrón sigue las líneas de navegación, el programa PDS2000 captura todos los datos tanto de posición que le envía el GPS RTK, como las 256 sondas que le envía el sondador multihaz por cada pulso de transmisión, así como los valores del rumbo, altura de ola y los ángulos de balance y cabezada que le envía el compensador de olas.

Durante la adquisición de los datos, se realiza la sincronización de los datos adquiridos por los equipos y periféricos. Este proceso lo lleva a cabo el PDS2000, complementado por la entrada del tiempo y del pulso por segundo (pps) proporcionados por el DGPS F185, para que todos los datos tengan concordancia en el tiempo.

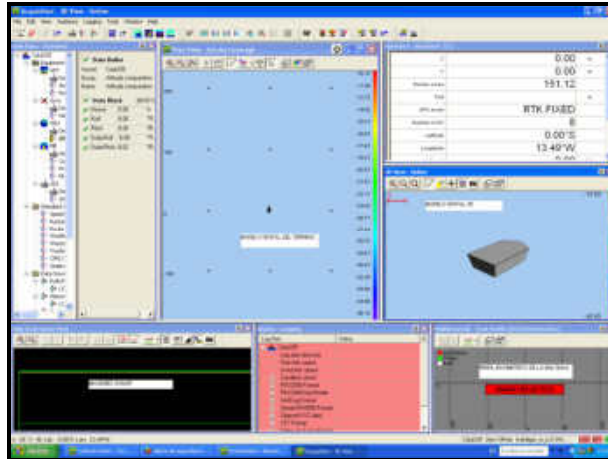


Figura 15: Módulo del PDS2000 para la adquisición de datos para el técnico. En ella, se observan los datos de GPS, oleaje, velocidad del sonido y profundidad (modelos en 2D y 3D).

3.1.9 Edición de los datos batimétricos.

Ya en la fase de procesado de los datos adquiridos, que también se realiza por el PDS2000, se editan las líneas en la pantalla con objeto de corregir manualmente el ruido que aparezca en los registros, ruido producido por múltiples factores como son, multitrayectoria en la posición, burbujas de aire, interferencias del motor del barco, cardúmenes de peces, etc. en el registro digital de sondas.

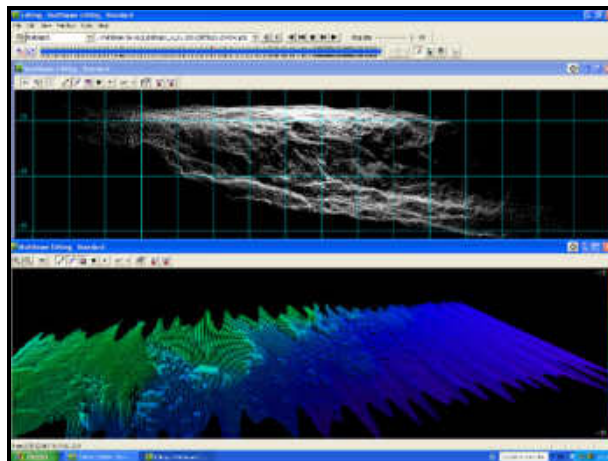


Figura 16: Pantalla de edición de los datos batimétricos registrados por la ecosonda multihaz R2Sonic 2024.

Una vez eliminados los posibles errores existentes en los registros, se realiza un modelo digital del terreno con un tamaño de celda mínimo para obtener la máxima resolución del fondo.

En el presente caso, la celda mínima es de 1x1 metro.

Con este modelo se trazan las curvas de nivel que se desean representar en el plano, y posteriormente se selecciona el tamaño de celda del modelo digital para representar las sondas en los planos. Este tamaño de celda se escoge dependiendo de la escala del plano, para evitar escribir encima de las sondas próximas.

Se pueden escoger las sondas que se representan en los planos y que corresponden a cada una de las células del modelo digital, seleccionando la menor sonda dentro de la célula, la mayor dentro de ella o el promedio de todas las sondas existentes dentro de la célula seleccionada. Se ha escogido este último método para representar las sondas de los planos que se incluyen en esta memoria.

El software de adquisición y procesado de datos hidrográficos PDS 2000, utilizado en este levantamiento hidrográfico, ha sido totalmente desarrollado por Reson.

3.2 GEODESIA

Toda cartografía batimétrica o topográfica debe tener unas características geodésicas definidas. En este apartado, se describirá tanto el enlace planimétrico como altimétrico que se ha seguido en este trabajo. En la figura siguiente se muestra el resumen.

Elipsoide	ED 50
Transformación	Universal Transverse Mercator (UTM) Huso 30
Geoide	EGM 2008
Nivel de referencia	Cero del Puerto de Avilés

Figura 17. Características geodésicas del levantamiento batimétrico

3.2.1 Enlace planimétrico del levantamiento

Mediante el REAL DECRETO 1071/2007, de 27 de julio, por el que se regula el sistema geodésico de referencia oficial en España, dispone en el capítulo 1, artículo 3:

“Sistema de referencia geodésica:

Se adopta el sistema ETRS89 (European Terrestrial Reference System 1989) como sistema de referencia geodésico oficial en España para la referenciación geográfica y cartográfica en el ámbito de la Península Ibérica y las Islas Baleares. En el caso de las Islas Canarias, se adopta el

sistema REGCAN95. Ambos sistemas tienen asociado el elipsoide GRS80 y están materializados por el marco que define la Red Geodésica Nacional por Técnicas Espaciales, REGENTE, y sus densificaciones.”

El ETRS89, sistema de referencia geodésico, toma el Elipsoide GRS 80 (Geodetic Reference System 1980). Un elipsoide es la superficie de aproximación a la forma de la Tierra empleada por los diferentes sistemas cartográficos. Se trata de la mejor forma posible de describir el geoide en términos matemáticos. Dada la complejidad de la forma de la Tierra, es imposible tratarla tal como es en realidad con matemáticas, por lo que es necesario reducir su forma principal a una forma geométrica susceptible de ser descrita con números. El elipsoide es precisamente esa figura de aproximación que permite aplicar los diferentes sistemas de proyección cartográficos. No obstante, algunas instituciones continúan con el antiguo datum que era de curso legal en España: European Datum 1950 (en adelante, ED 50) como es el presente caso.

Este Datum toma como referencia el Elipsoide Internacional, también llamado Elipsoide de Hayford (Internacional 1924) con base en Potsdam, Helmersturm (Alemania). Las características del elipsoide son las siguientes:

Achatamiento: 297 m
 Semieje mayor: 6378388,0 m
 Semieje menor: 6356911,946130 m
 Punto tangencial en Postdam: 52º 22'51.446" N 13º 03'58.741" E

Los sistemas de posicionamiento GPS se basan todos en el elipsoide WGS84 (que es en sentido práctico igual que el ETRS89). Por tanto, se hace necesaria la transformación desde las coordenadas WGS84 a ED50 a partir de los siguientes parámetros que han sido proporcionados por al APA:

Traslado X	178.38
Traslado Y	83.172
Traslado Z	221.293
Giro X	-0.5401
Giro Y	0.5319
Giro Z	0.1263
Factor de escala	-21.2
Postcorrección	
X	-0.546

Y	-0.384
Z	17.521

Figura 18. Tabla con los parámetros de transformación desde WGS 84 a Europeam Datum 1950.

No obstante, las coordenadas geográficas son difíciles de representar en un plano; es por ello que es necesario realizar una proyección del elipsoide al plano. La proyección más empleada en batimetría es la UTM (Universal Transversal Mercator). Este sistema de proyección cartográfica parte del desarrollo cilíndrico de Gauss, que se basa en la colocación de un cilindro imaginario transversal y tangente al elipsoide a lo largo del meridiano central de cada uno, por lo que este es automecoico (se dibuja como una línea recta). Así, el sistema está basado en coordenadas planas (cartesianas) que divide a la Tierra en 60 husos, cada uno con 6º de ancho y numerados del 1 al 60 con origen en 180º con respecto al meridiano de Greenwich. Sobre estos husos el origen de coordenadas está en el meridiano central del propio huso en el eje de las X, con un retranqueo de 500.000 metros, llamado el Falso Este, para no hacer cálculos con posiciones negativas; y el eje Y se encuentra en el Ecuador. Para la zona de estudio el huso correspondiente es el Huso 29, cuyos parámetros de definición son los siguientes:

Meridiano oriental: 6ºW
Meridiano central: 9ºW
Meridiano occidental: 12ºW
Falso Este: 500 000 metros
Falso Norte: 0 metros

3.2.2 Enlace altimétrico para el levantamiento

En los levantamientos hidrográficos es necesario conocer la altura de la marea mientras se realiza la adquisición de datos, puesto que las sondas obtenidas deben referirse a una referencia vertical fija. Es por ello que también mediante el REAL DECRETO 1071/2007, de 27 de julio, por el que se regula el sistema geodésico de referencia oficial en España, dispone en el capítulo 1, artículo 4:

“Sistema de Referencia Altimétrico.

- 1. Se tomará como referencia de altitudes los registros del nivel medio del mar en Alicante para la Península y las referencias mareográficas locales para cada una de las islas. Los orígenes de las referencias altimétricas serán definidos y publicados por la Dirección General del Instituto Geográfico Nacional.*
- 2. El sistema está materializado por las líneas de la Red de Nivelación de Alta Precisión.*
- 3. El datum hidrográfico al que están referidas las sondas, cero hidrográfico, será definido y publicado por el Instituto Hidrográfico de la Marina y representará la referencia altimétrica para la cartografía náutica básica.”*

Para la obtención del registro de mareas, se han empleado los datos registrados por el GPS RTK ROVER dado que su precisión en altura también es subcentimétrica y por tanto, todas las variaciones que se produzcan debido a la marea este receptor es capaz de determinarla. Previo a los trabajos, se midió correctamente la distancia entre el receptor y la lámina de agua, con el fin de que la altura proporcionada por el receptor fuera la de la lámina de agua (marea) y pudiese integrarla con los valores de oleaje, con el fin de determinar la marea exacta y poder aplicárselo a la profundidad en ese instante medida. De esta forma, se obtiene un dato de profundidad al nivel de referencia deseado y configurado en el receptor, de forma instantánea durante el levantamiento batimétrico. En principio, dicha altura está sobre el NMMA ya que es la referencia oficial de Red GNSS Activa del Principado de Asturias.

3.2.3 Corrección subcentimétrica de la posición.

Como se ha indicado anteriormente, el GPS es capaz de recibir la señal de los satélites, y calcular la posición en coordenadas geográficas pero esta posición no tiene la suficiente precisión según las especificaciones técnicas del trabajo. Estas indican que se requiere que la posición tenga un error menor al centímetro. Debido a esta razón, es necesaria la corrección diferencial de precisión subcentimétrica que puede ser recibida, básicamente, por dos medios: vía radio o vía GPRS. En este proyecto, dada la buena cobertura móvil y por ende del GPRS se ha considerado que la recepción por este medio es el más adecuado.

La corrección diferencial puede ser enviada a partir de una base en tierra colocada por Tecnoambiente o por la Red GNSS Activa del Principado de Asturias (en adelante, la RGAPA). Ambos métodos no se diferencian en precisión y por tanto, Tecnoambiente ha decidido apoyarse en la corrección de la RGAPA que será descrita a continuación.

En el Principado de Asturias, se ha creado la RGAPA con el objetivo principal solucionar el problema del posicionamiento en el territorio del principado. Esta red ha sido desarrollada por la Dirección General de Ordenación del Territorio y Urbanismo, perteneciente a la Consejería de Fomento, Ordenación del Territorio y Medio Ambiente del Principado de Asturias. La red RGAPA está constituida por 10 estaciones permanentes de seguimiento de satélites GPS homogéneamente distribuidas en el territorio. Dicha red se ha diseñado y desarrollado para conformar el marco de referencia geodésico del Principado de Asturias, en base a vértices geodésicos.

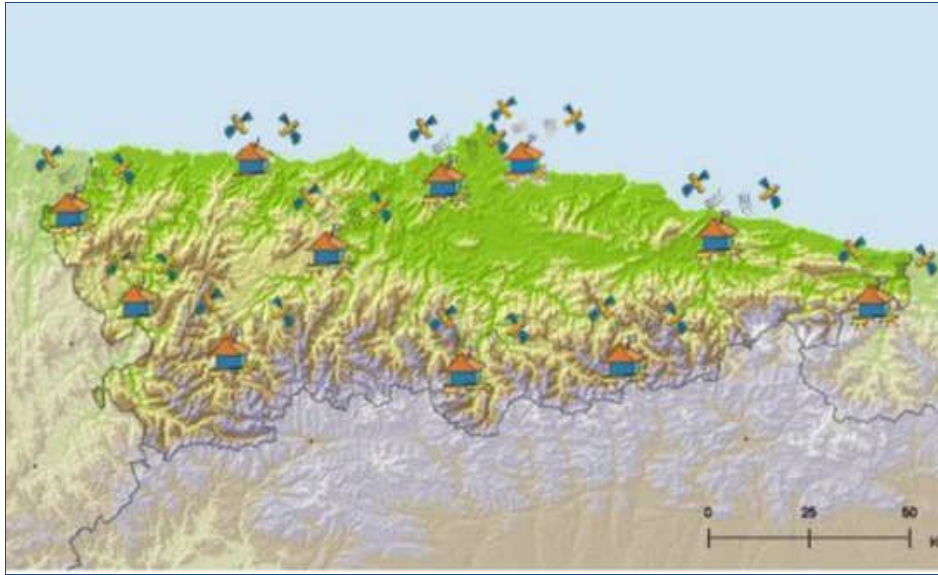


Figura 19. Distribución de los vértices emisores de señal GPRS de la red RGAPA.

Esta red emite un valor de corrección diferencial en función de la lejanía donde se esté ejecutando el trabajo. Al inicio del trabajo, el GPS Geomax a partir de su programa TCP-GPS se conecta a la RGAPA mediante el protocolo NTRIP, para indicarle la posición del móvil. Una vez conectado, la RGAPA creará un vértice geodésico virtual para una corrección diferencial propia para la zona de trabajo. Así de esta forma, se obtiene mejor precisión que recibiendo solamente la corrección diferencial de un solo vértice geodésico.

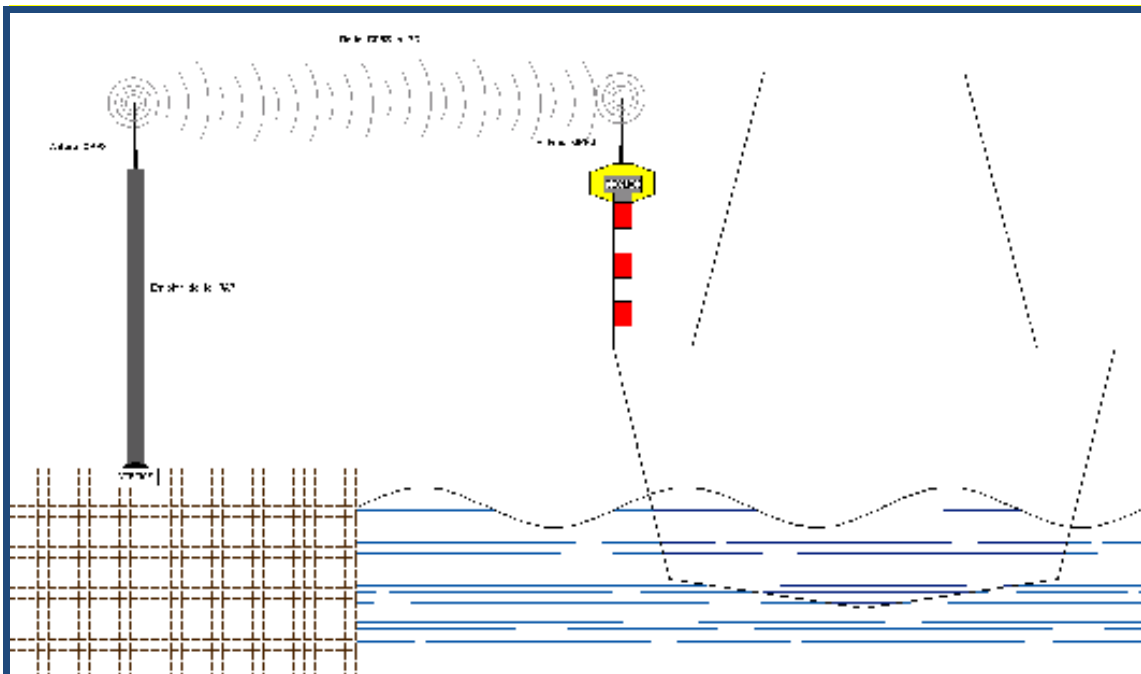


Figura 20. Esquema de transmisión de la corrección RTK vía GPRS desde la RGAPA.

4 DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

A partir de los resultados del levantamiento se ha realizado un modelo digital del terreno (en adelante, MDT) para una mejor visualización del estado del fondo. A continuación, se muestra una serie de imágenes apoyadas en el Google Earth donde se observa el fondo actual de la dársena con referencia del Cero del Puerto.

La tabla de colores elegida es la siguiente entre 0 y 17 metros bajo el Cero del Puerto de Avilés:

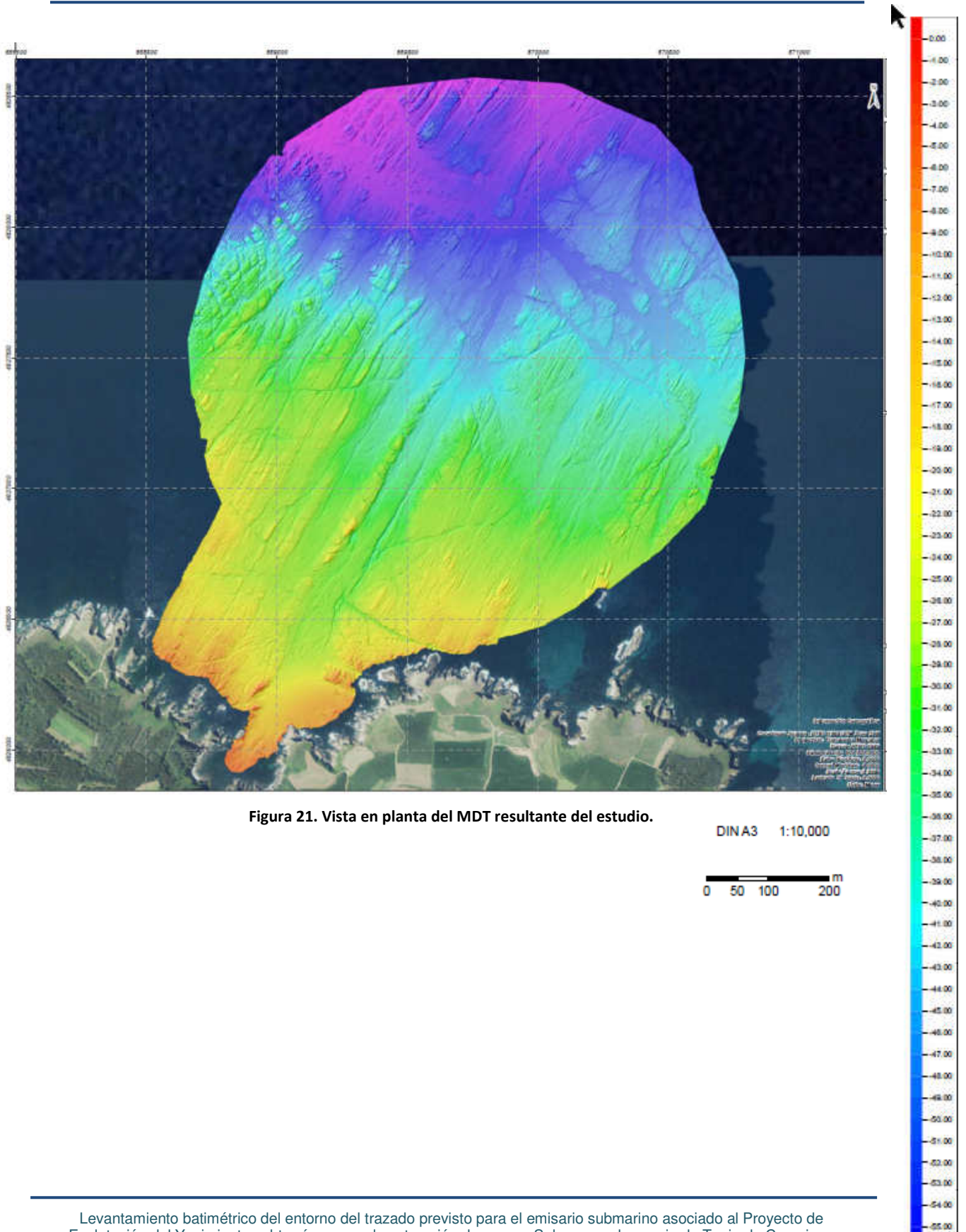
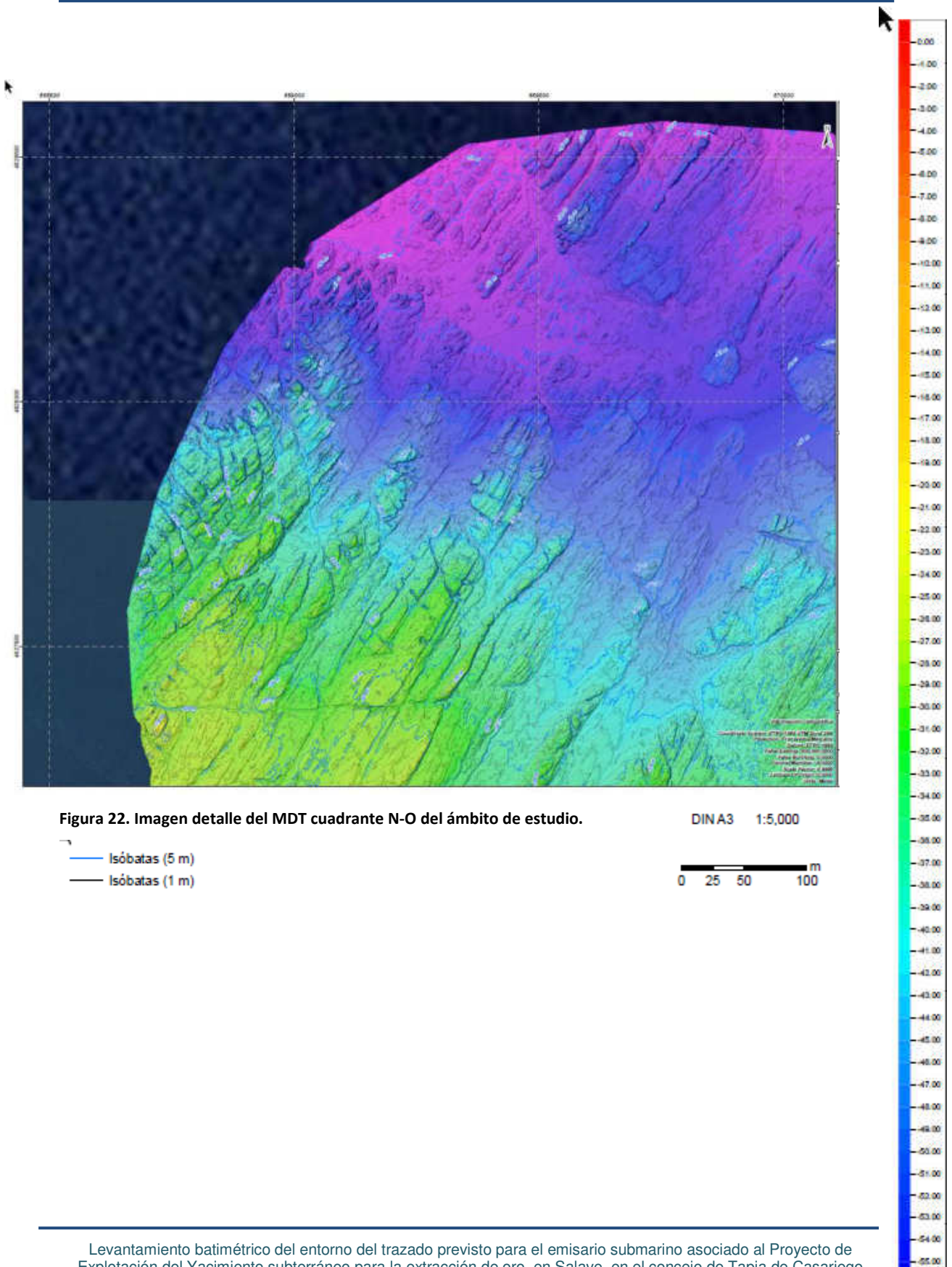


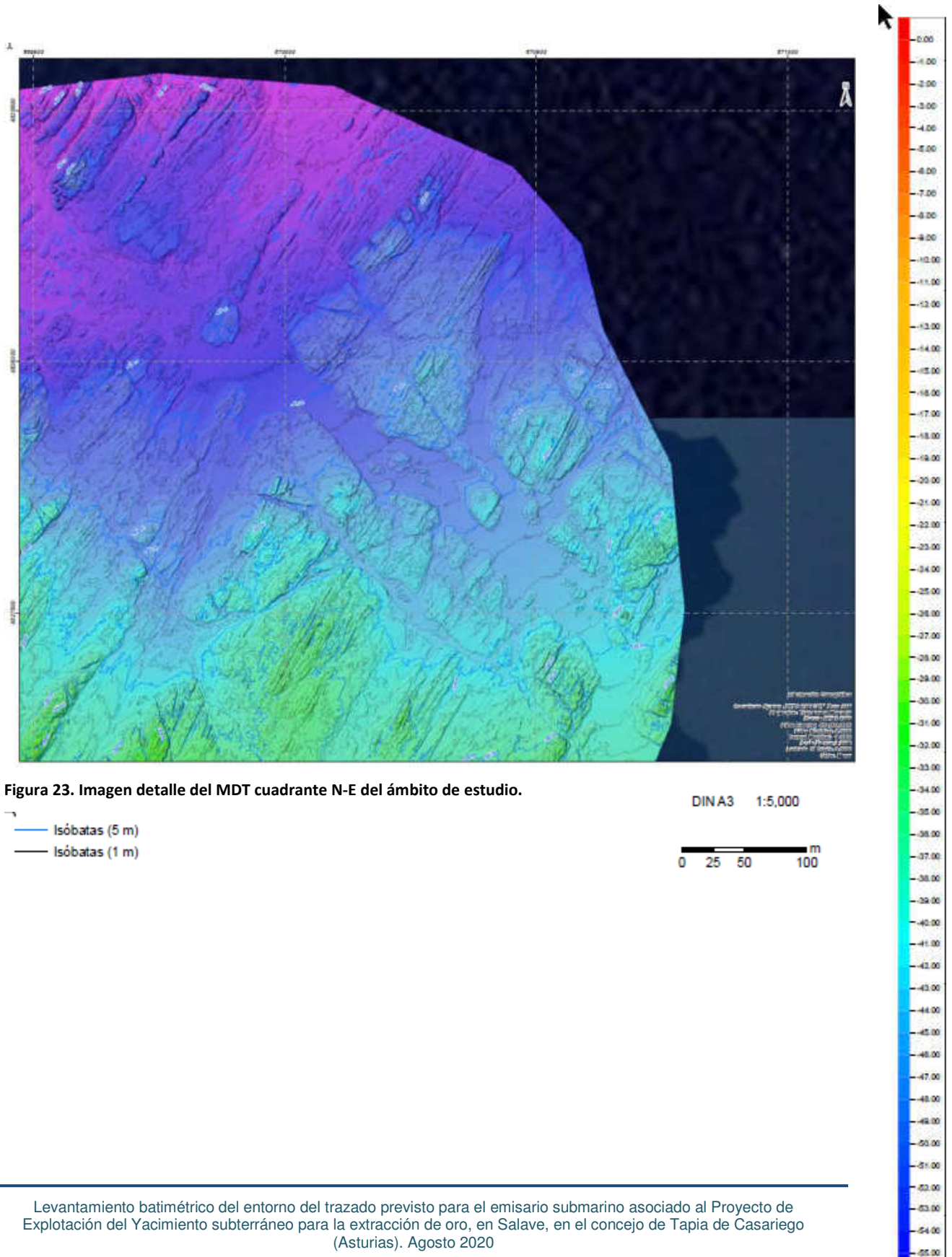
Figura 21. Vista en planta del MDT resultante del estudio.

DINA3 1:10,000

0 50 100 200 m



Levantamiento batimétrico del entorno del trazado previsto para el emisario submarino asociado al Proyecto de Explotación del Yacimiento subterráneo para la extracción de oro, en Salave, en el concejo de Tapia de Casarego (Asturias). Agosto 2020



Levantamiento batimétrico del entorno del trazado previsto para el emisario submarino asociado al Proyecto de Explotación del Yacimiento subterráneo para la extracción de oro, en Salave, en el concejo de Tapia de Casariego (Asturias). Agosto 2020

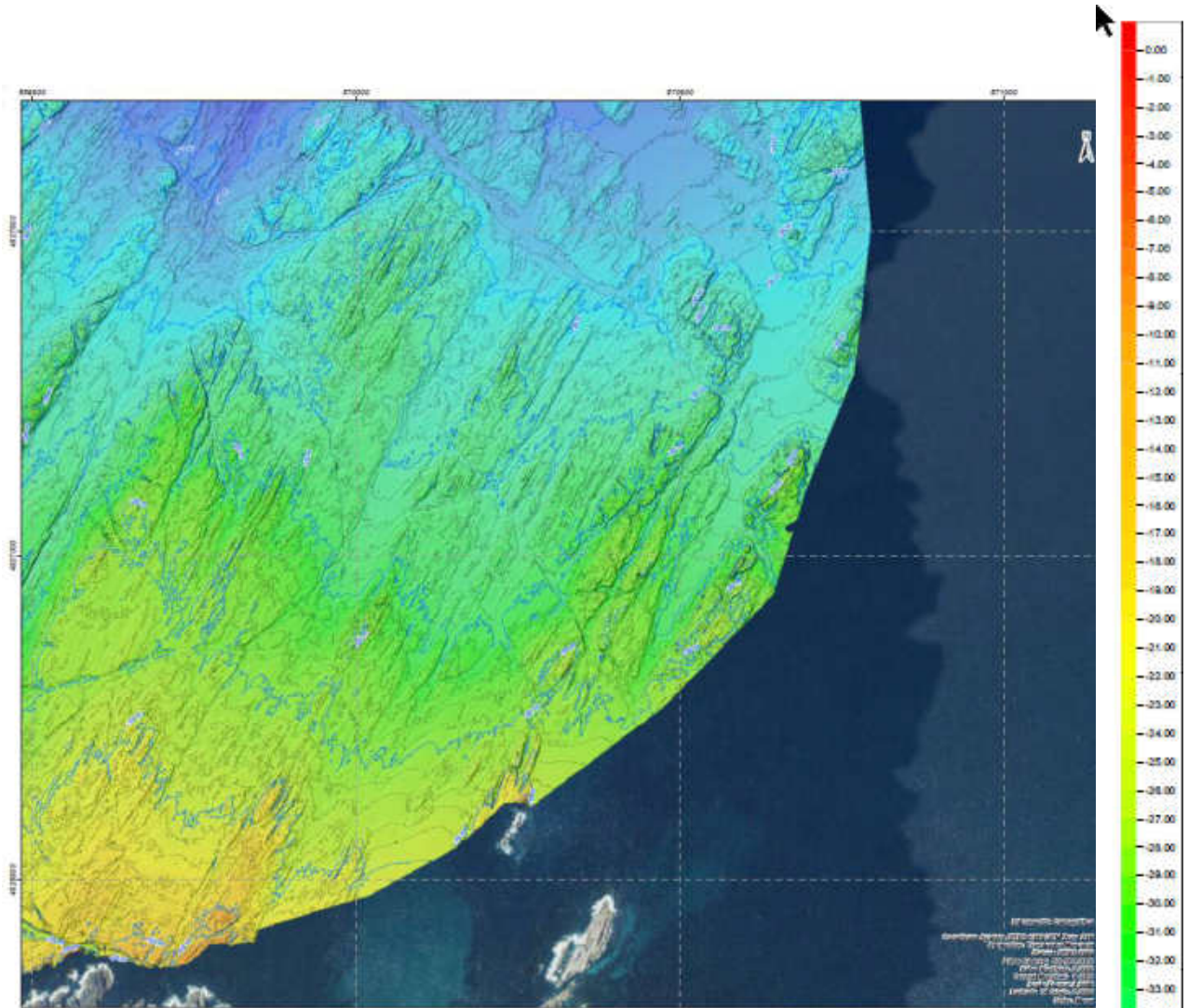
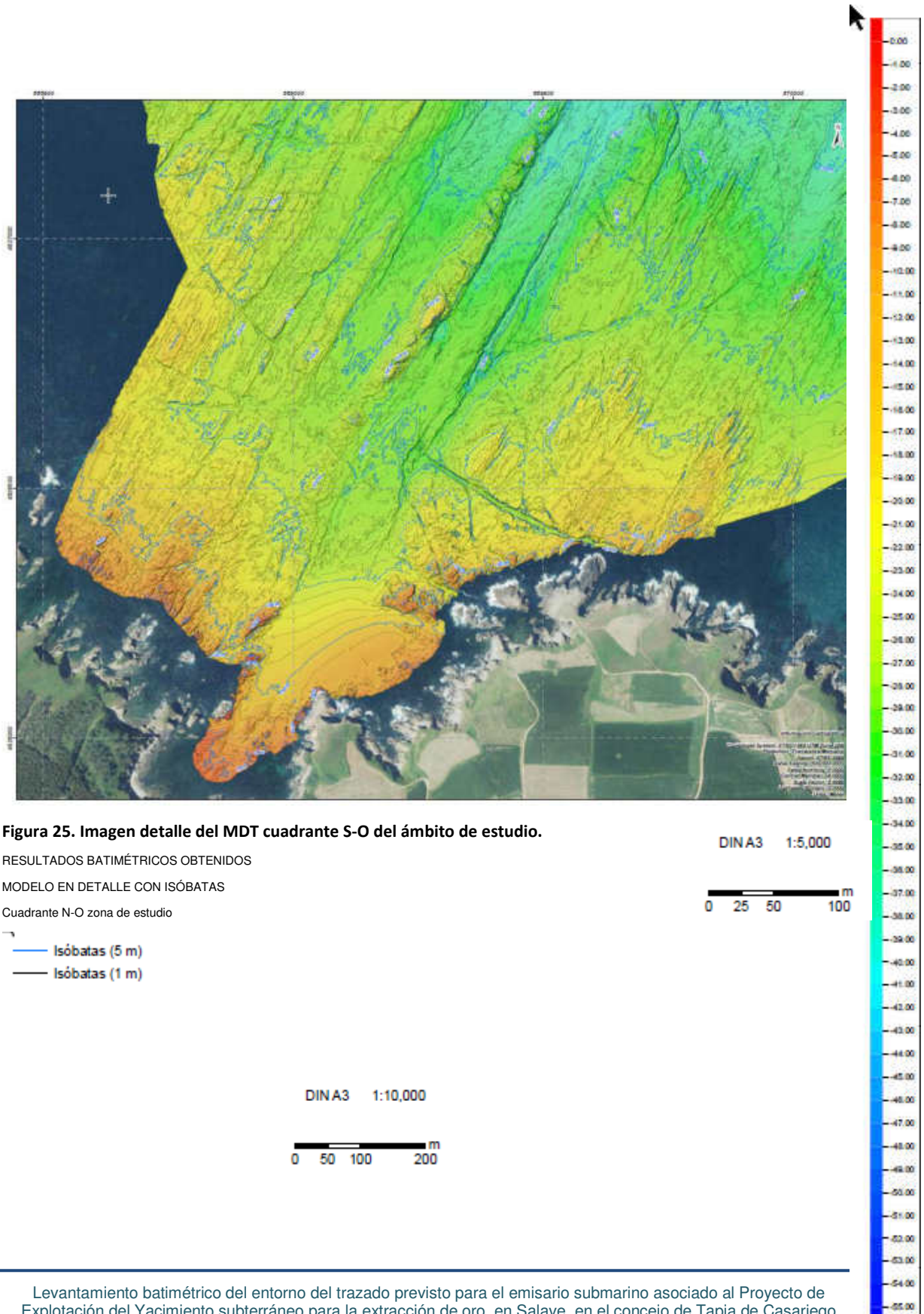


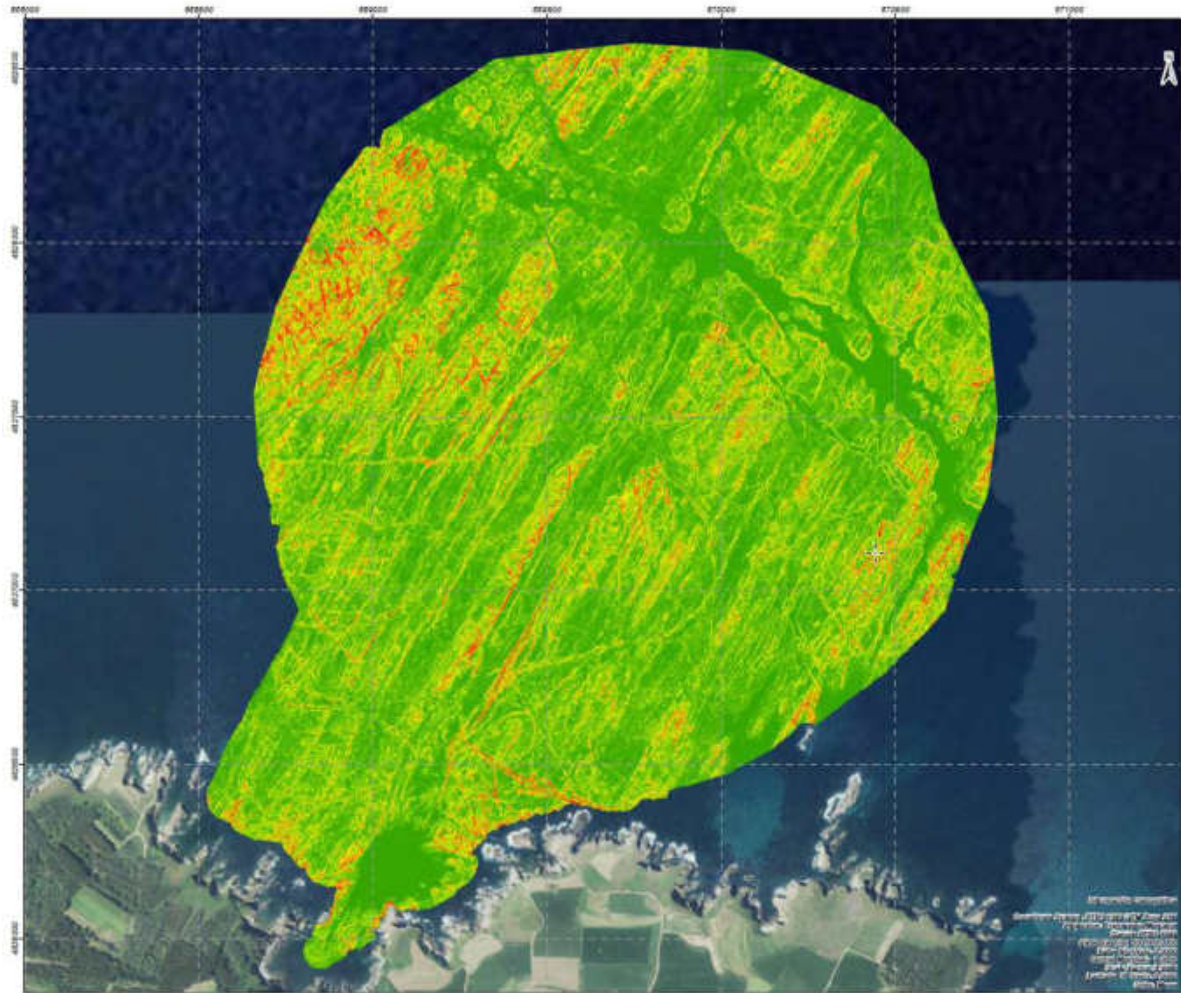
Figura 24. Imagen detalle del MDT cuadrante S-E del ámbito de estudio.

- Isóbatas (5 m)
- Isóbatas (1 m)

DINA3 1:5,000
0 25 50 100 m



Levantamiento batimétrico del entorno del trazado previsto para el emisario submarino asociado al Proyecto de Explotación del Yacimiento subterráneo para la extracción de oro, en Salave, en el concejo de Tapia de Casariego (Asturias). Agosto 2020



DINA3 1:5,000

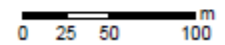
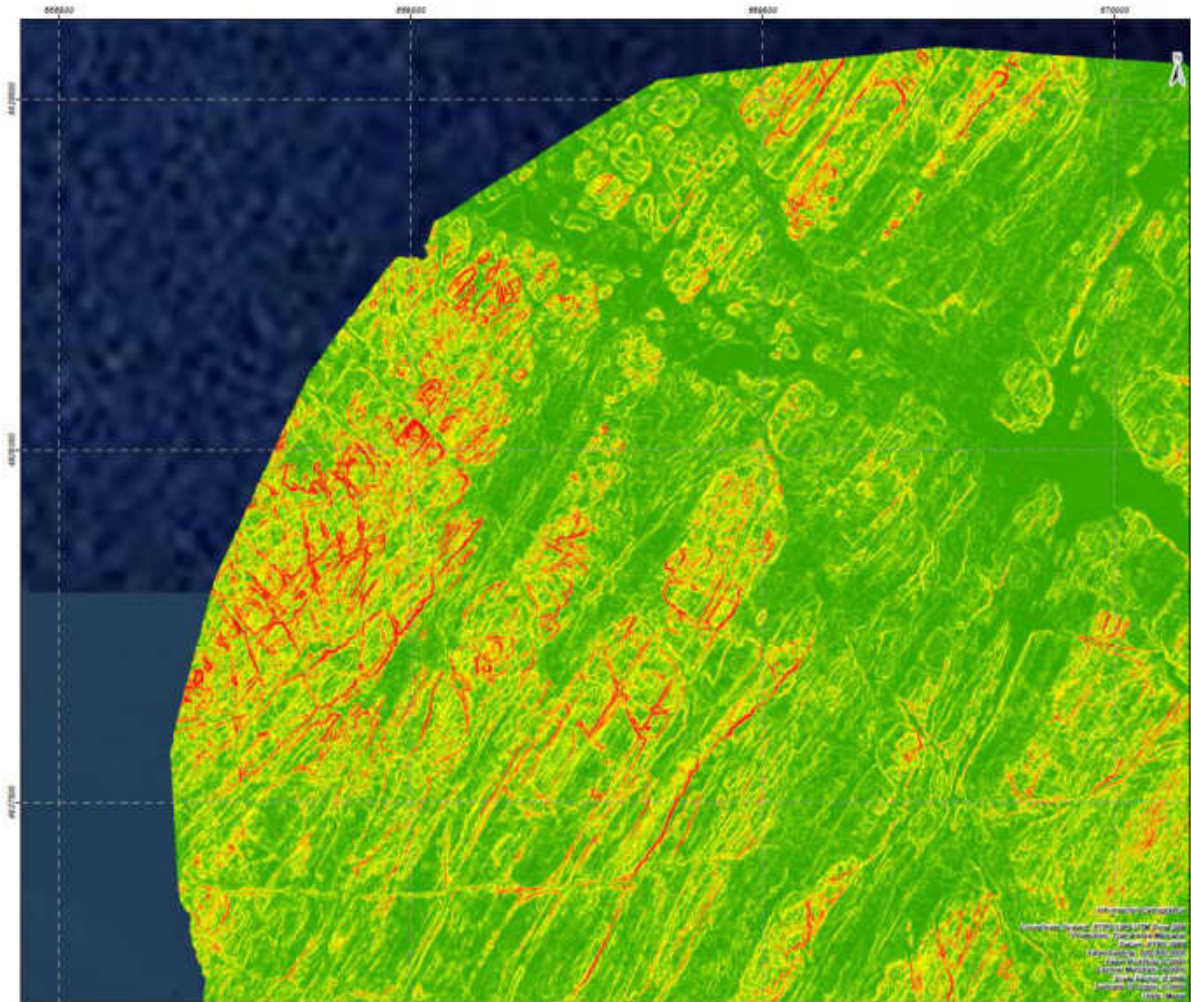


Figura 26. Modelo de pendientes general ámbito de estudio.



DINA3 1:5,000

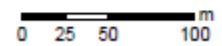
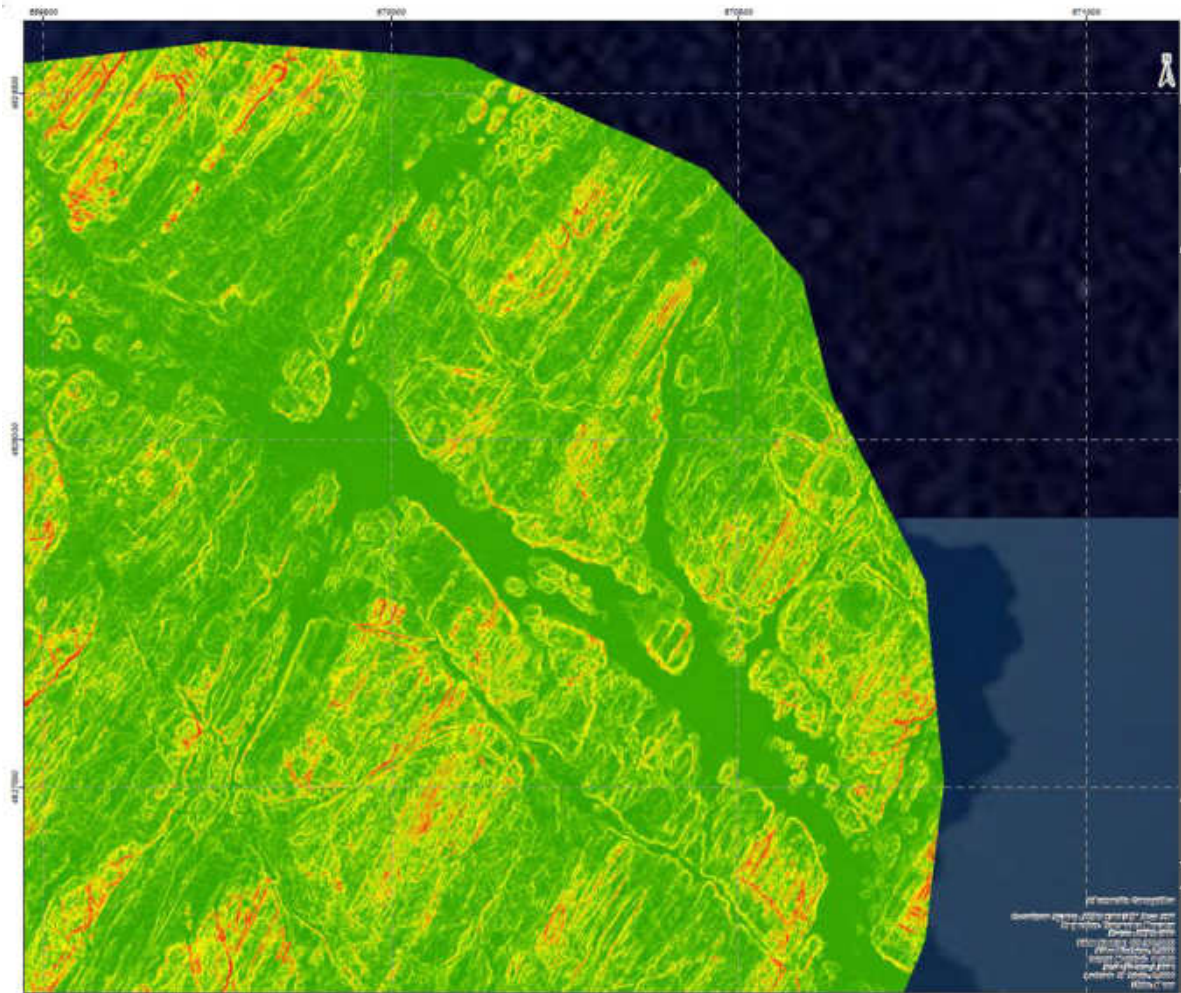
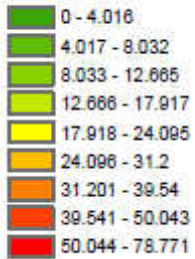


Figura 27. Modelo de pendientes en detalle cuadrante N-O del ámbito de estudio.



Modelo de pendientes (°):



DINA3 1:5,000

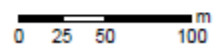
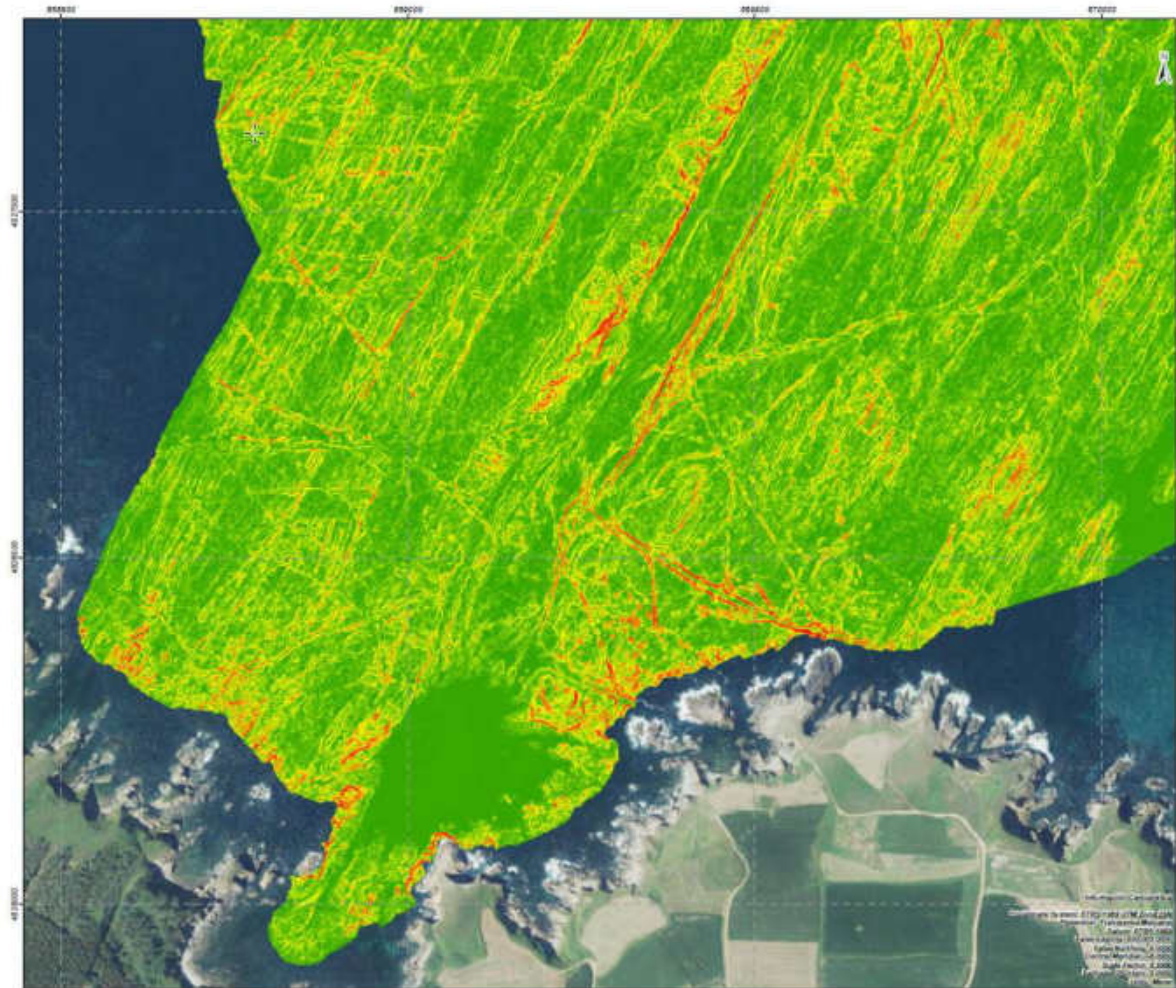


Figura 28. Modelo de pendientes en detalle cuadrante N-E del ámbito de estudio.



DINA3 1:5,000

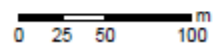
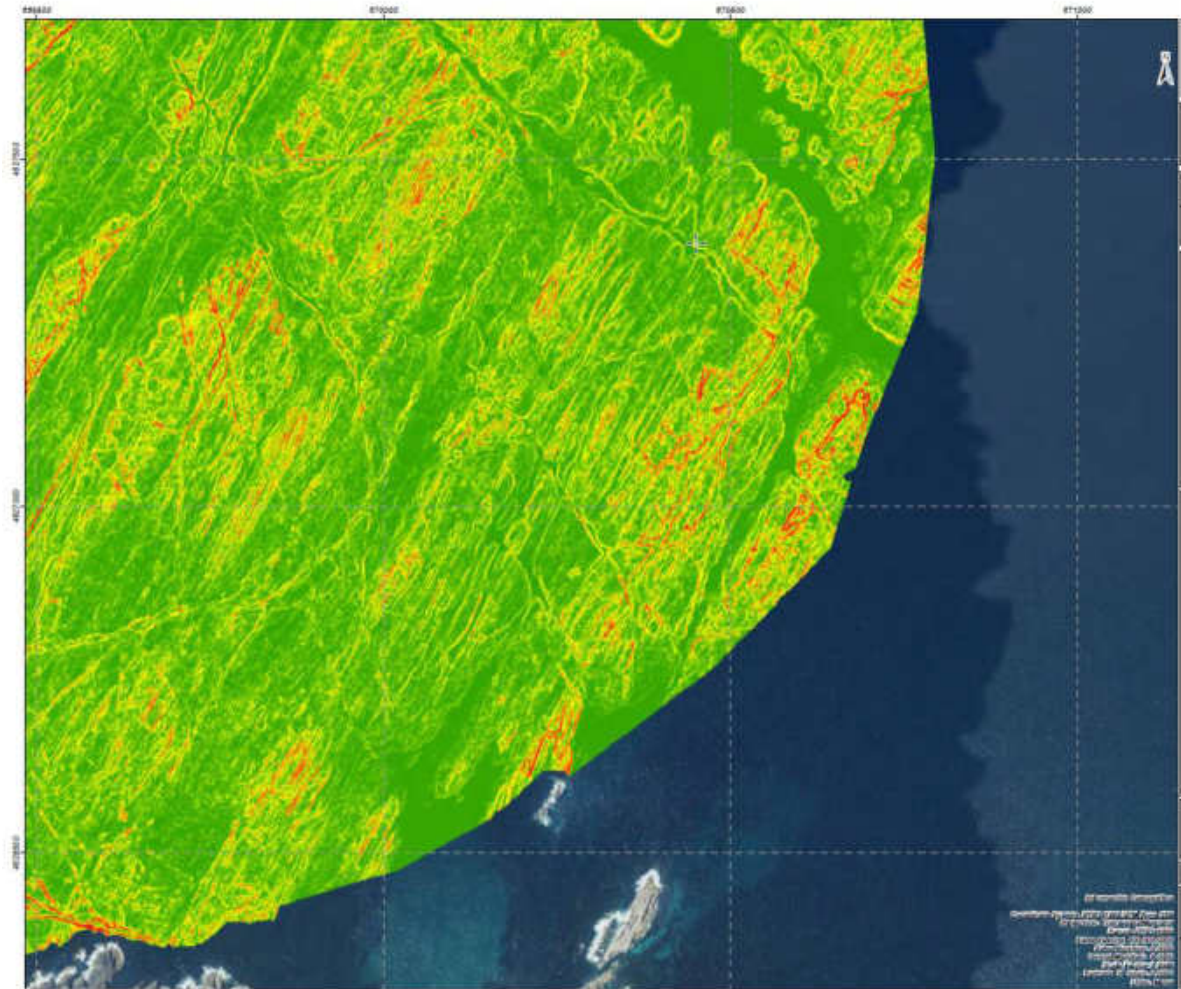


Figura 29. Modelo de pendientes en detalle cuadrante S-E del ámbito de estudio.



DINA3 1:5,000

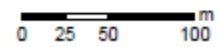


Figura 30. Modelo de pendientes en detalle cuadrante S-O del ámbito de estudio.

MODELO DIGITAL DEL TERRENO:

- MODELO GENERAL DEL ÁMBITO DE ESTUDIO (1 Plano)
- MODELO EN DETALLE CON ISÓBATAS (4 Planos)
- MODELO GENERAL DE PENDIENTES DEL ÁMBITO DE ESTUDIO (1 Plano)
- MODELO EN DETALLE DE PENDIENTES (4 Planos)

668000 668500 669000 669500 670000 670500 671000

4828500

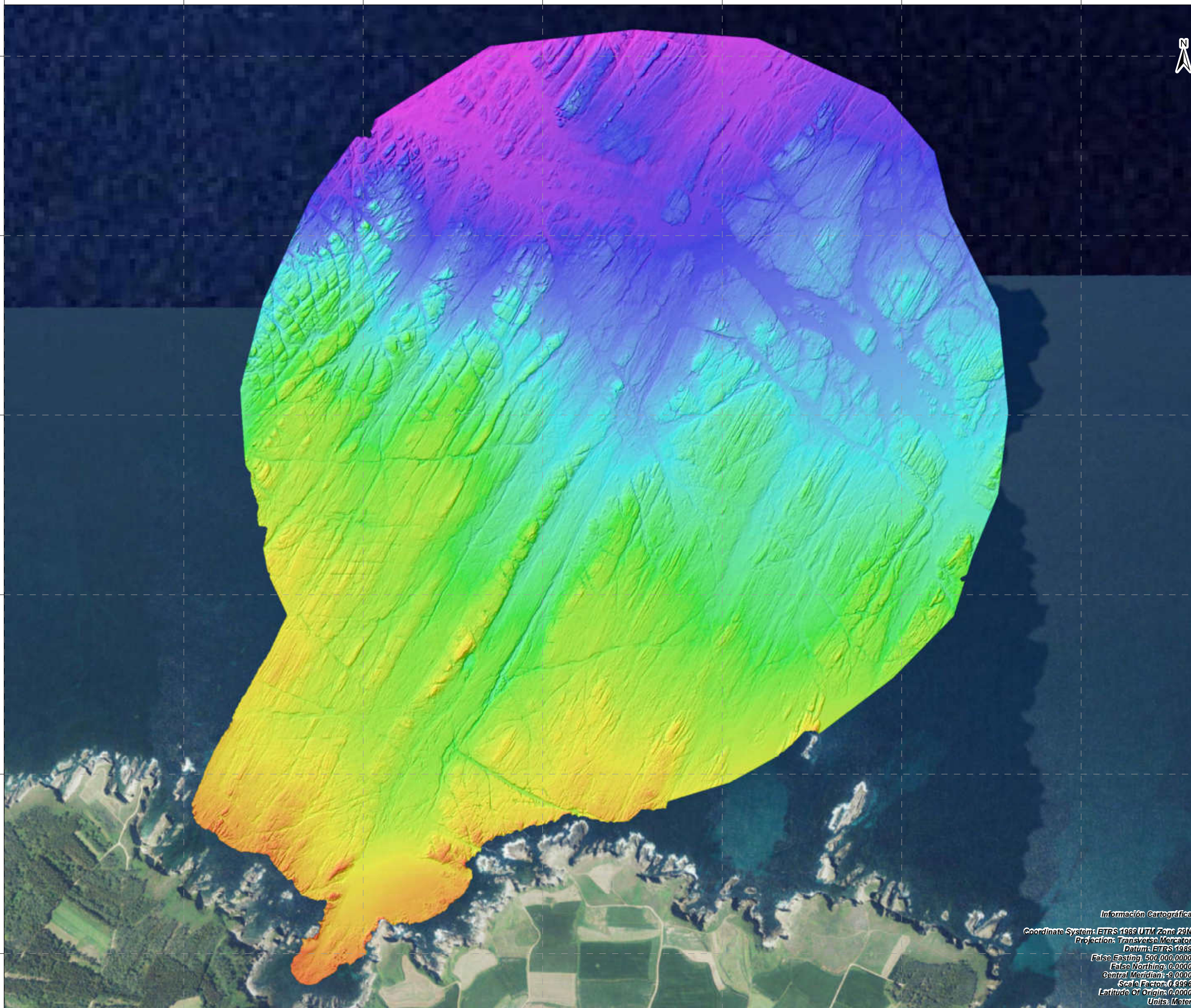
4828000

4827500

4827000

4826500

4826000



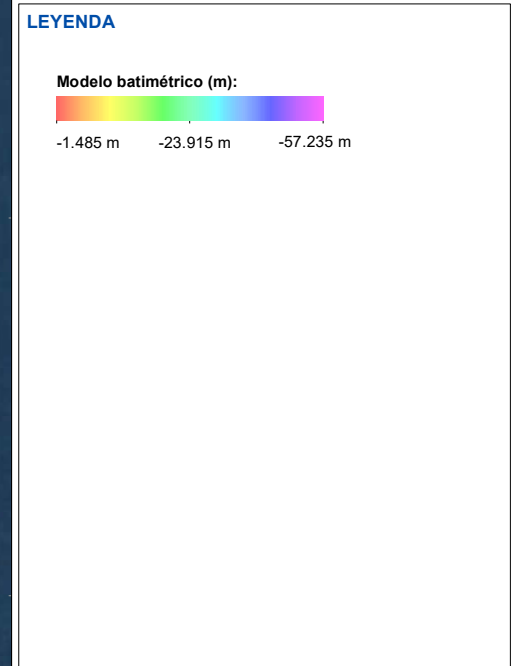
TÍTULO DEL PROYECTO

ESTUDIO DEL MEDIO MARINO ASOCIADO AL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DE LA EXPLOTACIÓN SUBTERRÁNEA DE UN YACIMIENTO EN SALAVE PARA EXTRACCIÓN DE ORO AÑO 2020

TÍTULO DEL PLANO

RESULTADOS BATIMÉTRICOS OBTENIDOS MODELO GENERAL DEL ÁMBITO DE ESTUDIO

Nº PLANO	ESCALA
1	DIN A3 1:10.000
FECHA	
JUNIO 2020	



AUTORES

Borja Martínez-Claive/Valles
Técnico GIS

Koldo Díez-Caballero Murua
Jefe de proyectos

FUENTE Elaboración propia - Tecnoambiente S.L.

Información Cartográfica

Coordinate System: ETRS 1989 UTM Zone 29M
 Projection: Transverse Mercator
 Datum: ETRS 1989
 False Easting: 500.000.0000
 False Northing: 0.0000
 Central Meridian: -9.0000
 Scale Factor: 0.9996
 Latitude Of Origin: 0.0000
 Units: Meter



668500

669000

669500

670000

4828500

4828000

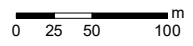
4827500

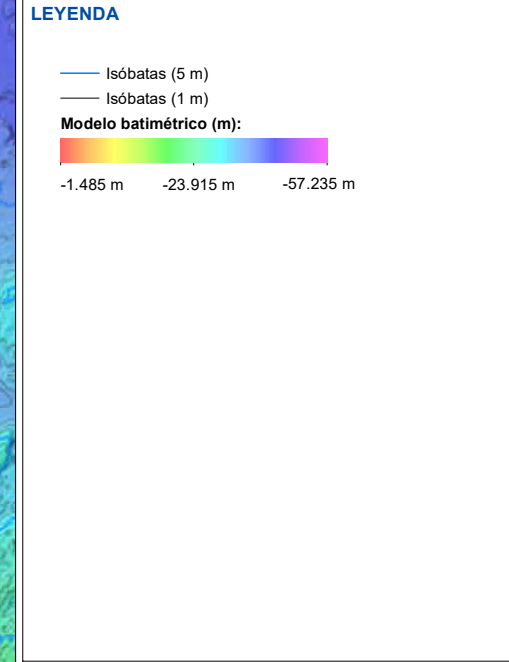
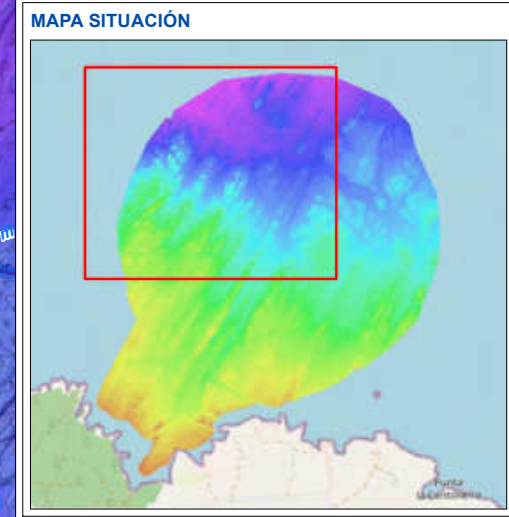
TÍTULO DEL PROYECTO

ESTUDIO DEL MEDIO MARINO ASOCIADO AL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DE LA EXPLOTACIÓN SUBTERRÁNEA DE UN YACIMIENTO EN SALAVE PARA EXTRACCIÓN DE ORO AÑO 2020

TÍTULO DEL PLANO

RESULTADOS BATIMÉTRICOS OBTENIDOS MODELO EN DETALLE CON ISÓBATAS

N° PLANO	2	ESCALA	DIN A3 1:5,000
FECHA	JUNIO 2020		

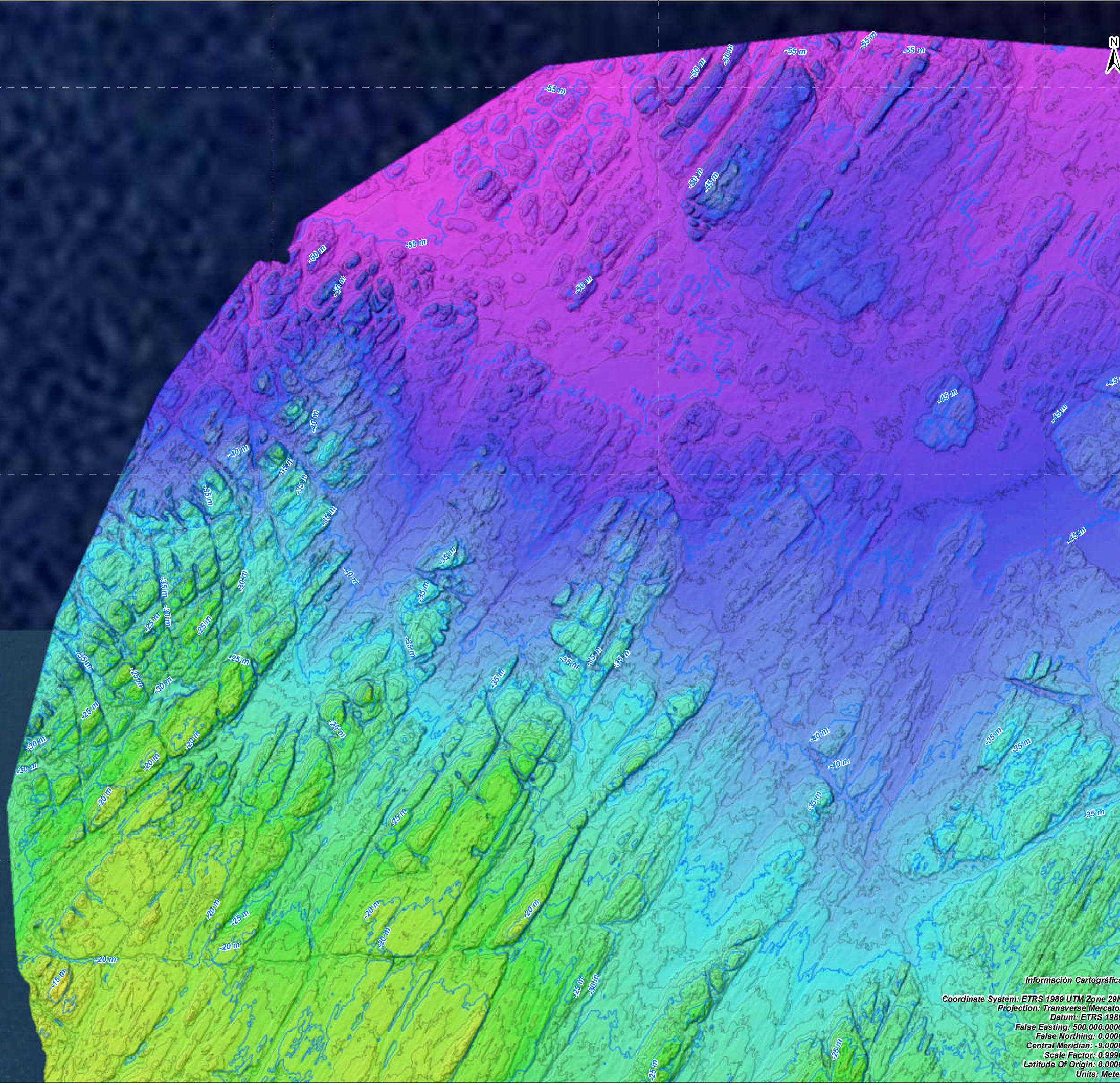
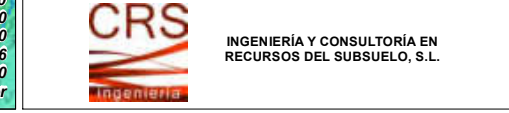


AUTORES

Borja Martínez-Clavel Valles
Técnico GIS

Koldo Díez-Caballero Murua
Jefe de proyectos

FUENTE Elaboración propia - Tecnoambiente S.L.



Información Cartográfica

Coordinate System: ETRS 1989 UTM Zone 29N
 Projection: Transverse Mercator
 Datum: ETRS 1989
 False Easting: 500,000.0000
 False Northing: 0.0000
 Central Meridian: -9.0000
 Scale Factor: 0.9996
 Latitude Of Origin: 0.0000
 Units: Meter

669500

670000

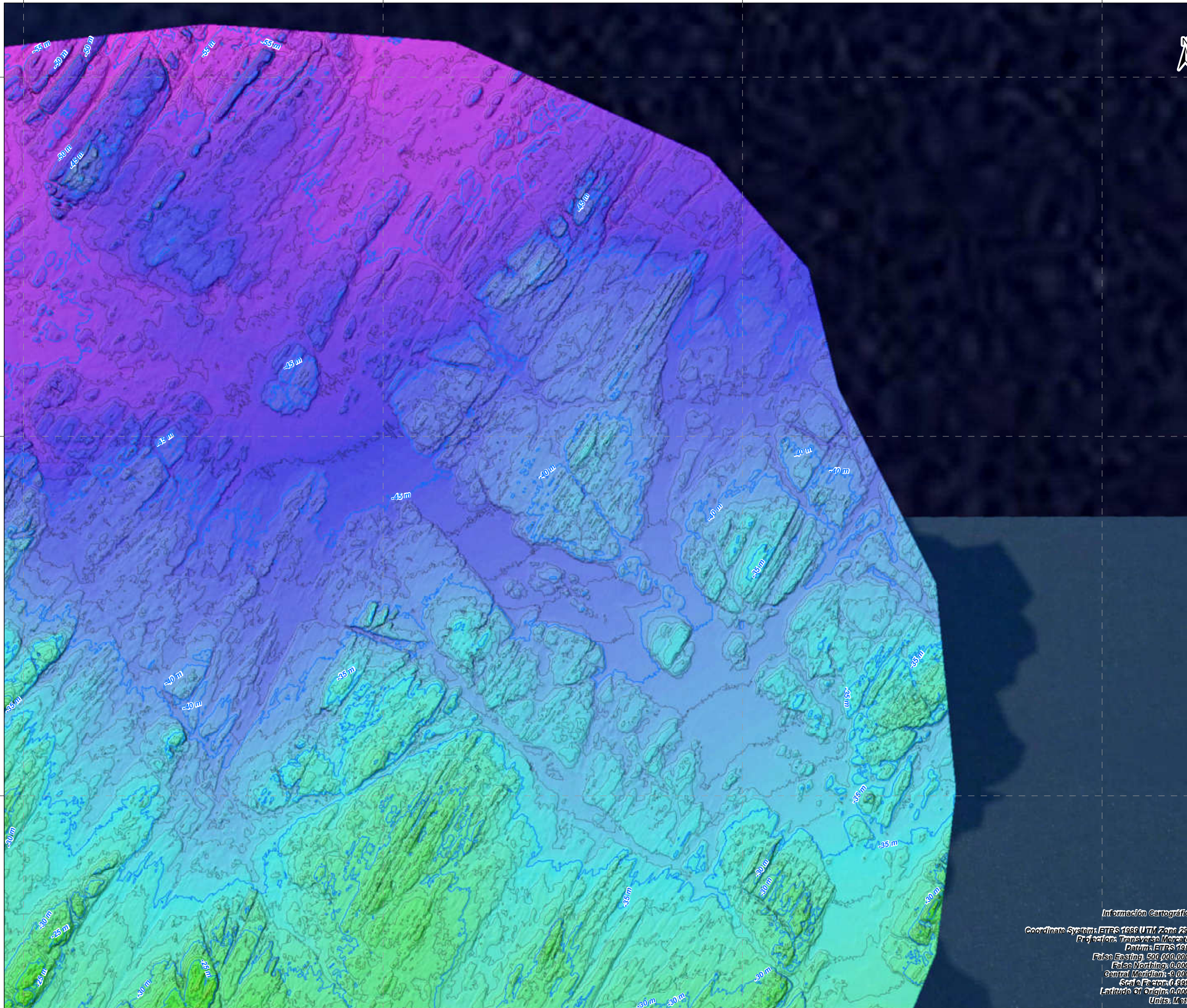
670500

671000

4828500

4828000

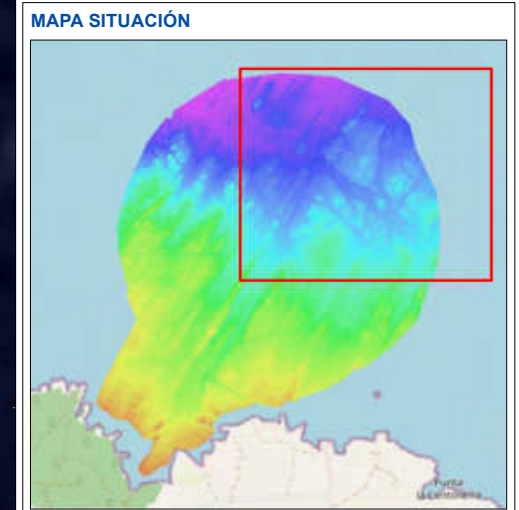
4827500



TÍTULO DEL PROYECTO
 ESTUDIO DEL MEDIO MARINO ASOCIADO AL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DE LA EXPLOTACIÓN SUBTERRÁNEA DE UN YACIMIENTO EN SALAVE PARA EXTRACCIÓN DE ORO AÑO 2020

TÍTULO DEL PLANO
 RESULTADOS BATIMÉTRICOS OBTENIDOS MODELO EN DETALLE CON ISÓBATAS

N° PLANO	ESCALA
3	DIN A3 1:5,000
FECHA	
JUNIO 2020	



LEYENDA

- Isóbatas (5 m)
- Isóbatas (1 m)

Modelo batimétrico (m):

-1.485 m -23.915 m -57.235 m

AUTORES

Borja Martínez-Claivel Vallés
Técnico GIS

Koldo Díez-Caballero Murua
Jefe de proyectos

FUENTE Elaboración propia - Tecnoambiente S.L.

Información Cartográfica
 Coordinate System: ETRS 1989 UTM, Zone 28N
 Projection: Transverse Mercator
 Datum: ETRS 1989
 False Easting: 500,000.0000
 False Northing: 0.0000
 Central Meridian: -9,0000
 Scale Factor: 0.9996
 Latitude of Origin: 0.0000
 Units: Meter



668500

669000

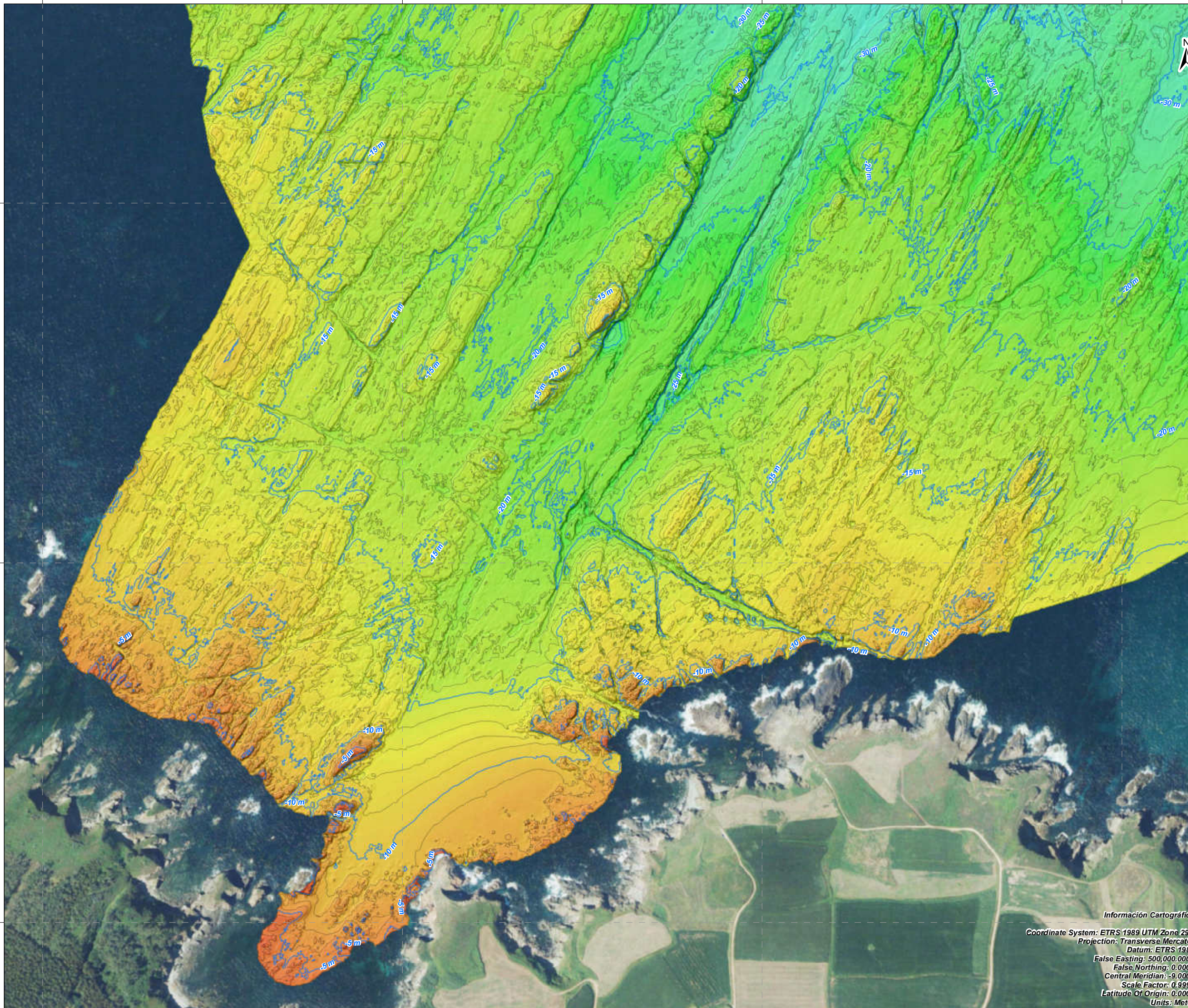
669500

670000

4827000

4826500

4826000



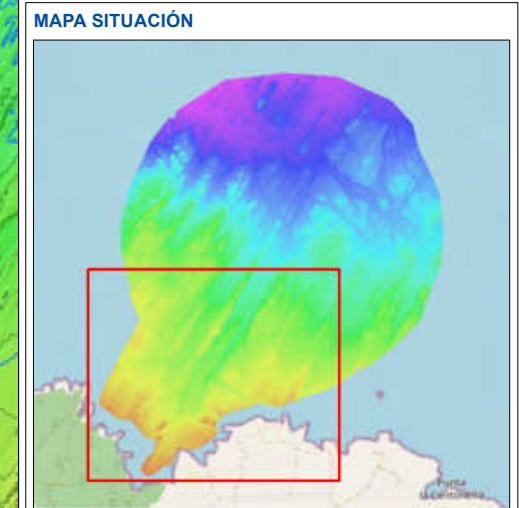
TÍTULO DEL PROYECTO

ESTUDIO DEL MEDIO MARINO ASOCIADO AL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DE LA EXPLOTACIÓN SUBTERRÁNEA DE UN YACIMIENTO EN SALAVE PARA EXTRACCIÓN DE ORO AÑO 2020

TÍTULO DEL PLANO

RESULTADOS BATIMÉTRICOS OBTENIDOS MODELO EN DETALLE CON ISÓBATAS

Nº PLANO	4	ESCALA	DIN A3 1:5,000
FECHA	JUNIO 2020		



LEYENDA

- Isóbatas (5 m)
- Isóbatas (1 m)

Modelo batimétrico (m):

-1.485 m -23.915 m -57.235 m

AUTORES

Borja Martínez-Clavel Valles
Técnico GIS

Koldo Díez-Caballero Murua
Jefe de proyectos

FUENTE Elaboración propia - Tecnoambiente S.L.

Información Cartográfica

Coordinate System: ETRS 1989 UTM Zone 29N
 Projection: Transverse Mercator
 Datum: ETRS 1989
 False Easting: 500,000.0000
 False Northing: 0.0000
 Central Meridian: -9.0000
 Scale Factor: 0.9996
 Latitude Of Origin: 0.0000
 Units: Meter

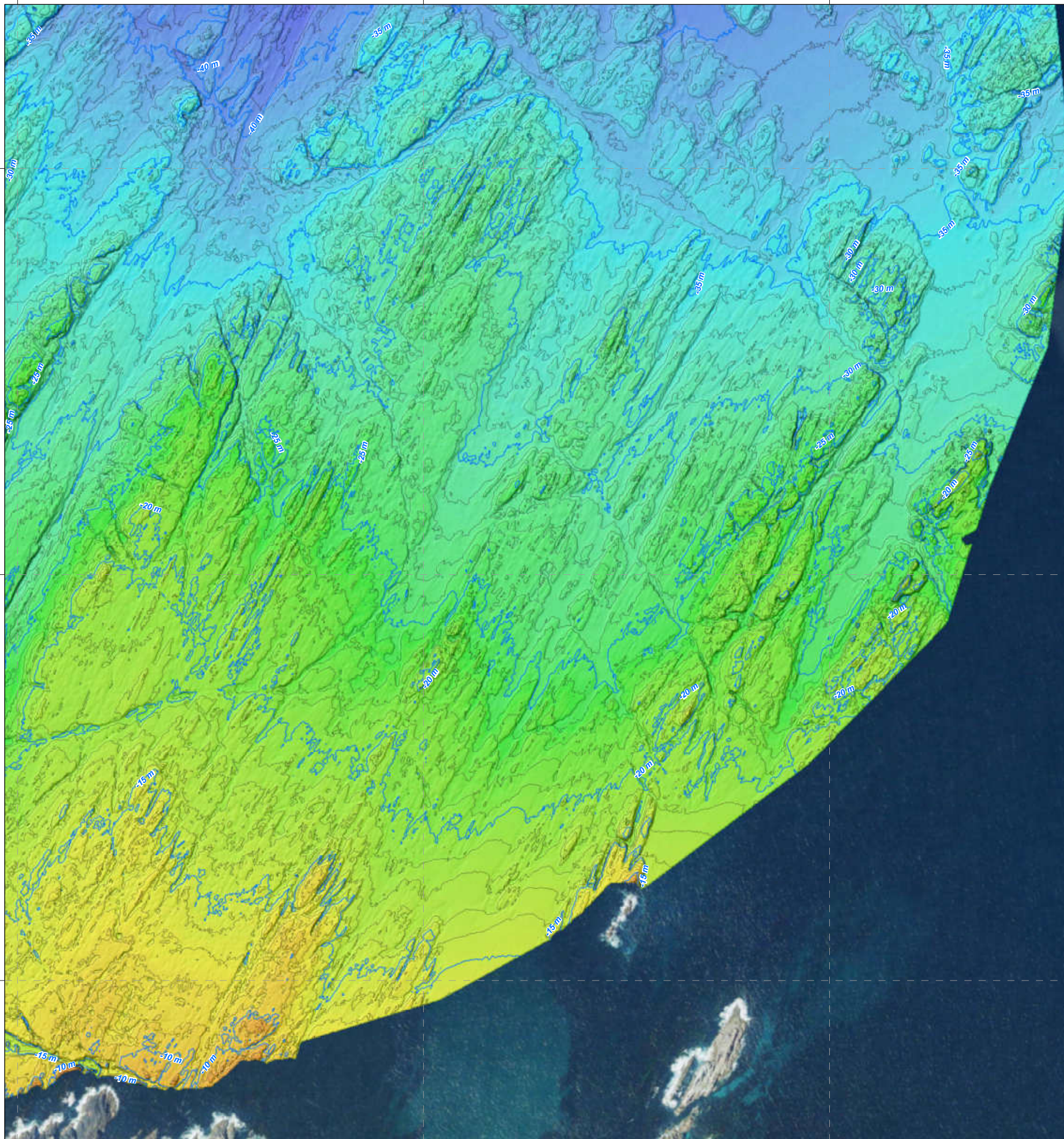


669500 670000 670500 671000

4827500

4827000

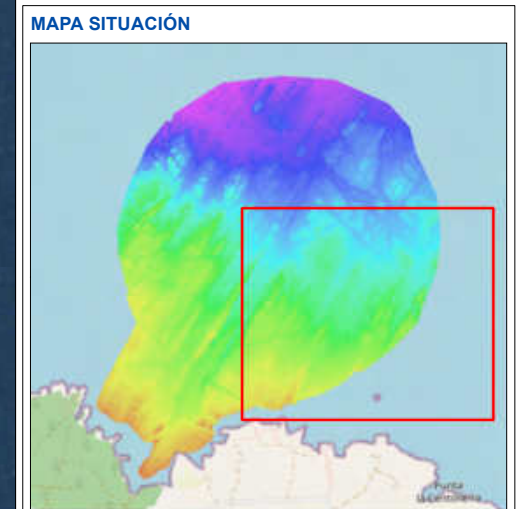
4826500



TÍTULO DEL PROYECTO
 ESTUDIO DEL MEDIO MARINO ASOCIADO AL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DE LA EXPLOTACIÓN SUBTERRÁNEA DE UN YACIMIENTO EN SALAVE PARA EXTRACCIÓN DE ORO AÑO 2020

TÍTULO DEL PLANO
 RESULTADOS BATIMÉTRICOS OBTENIDOS MODELO EN DETALLE CON ISÓBATAS

Nº PLANO 5	ESCALA DIN A3 1:5,000
FECHA JUNIO 2020	 0 25 50 100 m



LEYENDA

- Isóbatas (5 m)
- Isóbatas (1 m)

Modelo batimétrico (m):

-1.485 m -23.915 m -57.235 m

AUTORES

Borja Martínez-Clavel Valles
Técnico GIS

Koldo Díez-Caballero Murua
Jefe de proyectos

FUENTE Elaboración propia - Tecnoambiente S.L.

Información Cartográfica
 Coordinate System: ETRS 1989 UTM, Zone 28N
 Projection: Transverse Mercator
 Datum: ETRS 1989
 False Easting: 500 000.0000
 False Northing: 0.0000
 Central Meridian: 9.0000
 Scale Factor: 0.9996
 Latitude of Origin: 0.0000
 Units: Meter



668000 668500 669000 669500 670000 670500 671000

4828500

4828000

4827500

4827000

4826500

4826000



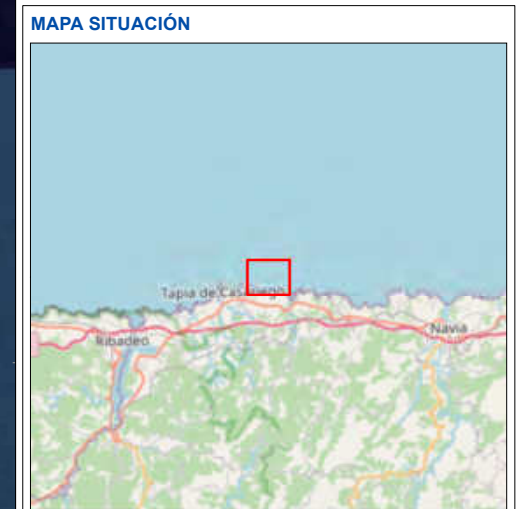
TÍTULO DEL PROYECTO

ESTUDIO DEL MEDIO MARINO ASOCIADO AL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DE LA EXPLOTACIÓN SUBTERRÁNEA DE UN YACIMIENTO EN SALAVE PARA EXTRACCIÓN DE ORO AÑO 2020

TÍTULO DEL PLANO

RESULTADOS BATIMÉTRICOS OBTENIDOS MODELO GENERAL DE PENDIENTES

Nº PLANO	ESCALA
6	DIN A3 1:10,000
FECHA	
JUNIO 2020	



LEYENDA

Modelo de pendientes (°):

- 0 - 4.016
- 4.017 - 8.032
- 8.033 - 12.665
- 12.666 - 17.917
- 17.918 - 24.095
- 24.096 - 31.2
- 31.201 - 39.54
- 39.541 - 50.043
- 50.044 - 78.771

AUTORES

Borja Martínez-Clavel Valles
Técnico GIS

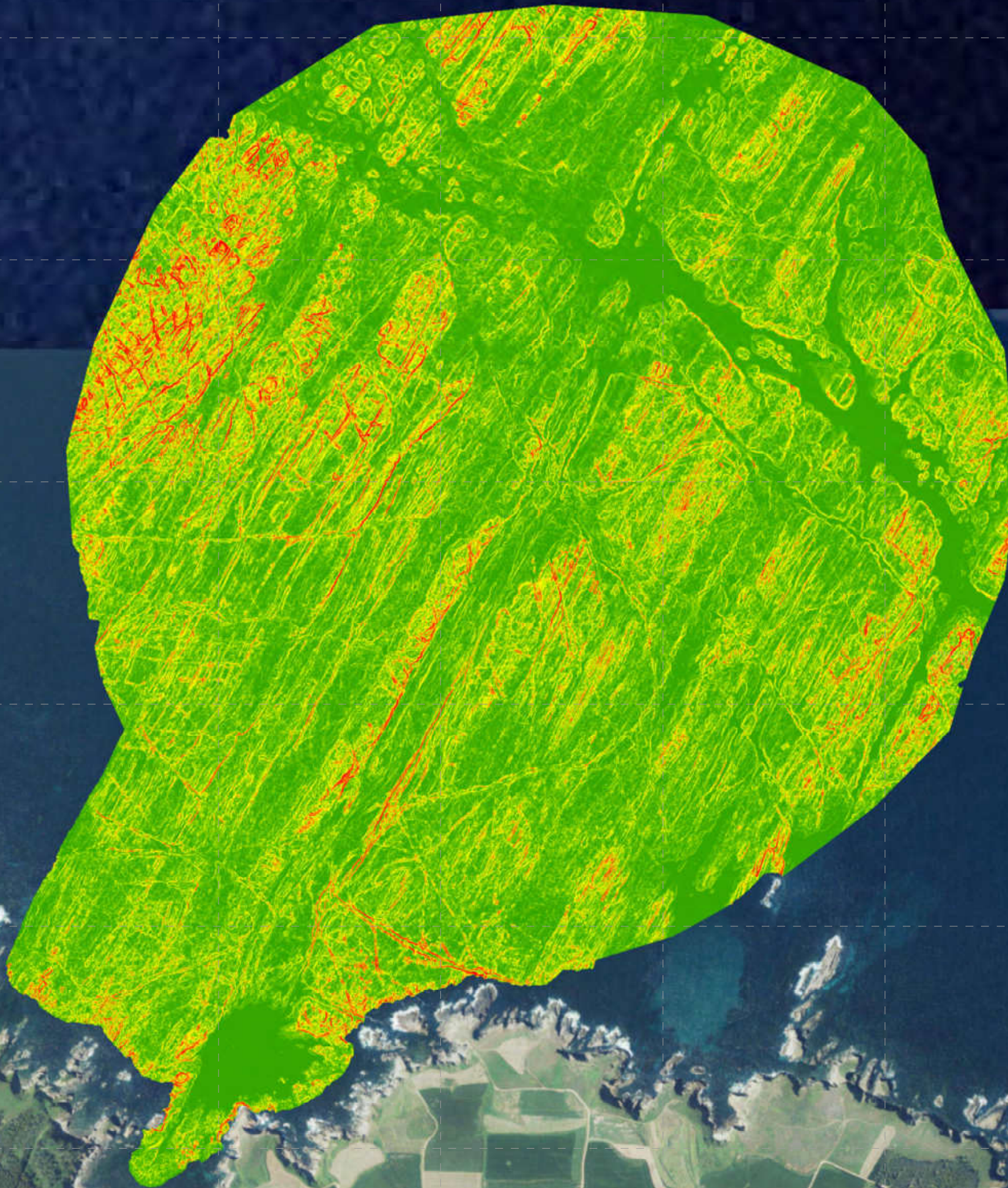
Koldo Díez-Caballero Murua
Jefe de proyectos

FUENTE Elaboración propia - Tecnoambiente S.L.



Información Cartográfica

Coordinate System: ETRS 1989 UTM Zone 29N
 Projection: Transverse Mercator
 Datum: ETRS 1989
 False Easting: 500,000.0000
 False Northing: 0.0000
 Central Meridian: -9.0000
 Scale Factor: 0.9996
 Latitude Of Origin: 0.0000
 Units: Meter



668500

669000

669500

670000

4828500

4828000

4827500



TÍTULO DEL PROYECTO

ESTUDIO DEL MEDIO MARINO ASOCIADO AL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DE LA EXPLOTACIÓN SUBTERRÁNEA DE UN YACIMIENTO EN SALAVE PARA EXTRACCIÓN DE ORO AÑO 2020

TÍTULO DEL PLANO

RESULTADOS BATIMÉTRICOS OBTENIDOS MODELO EN DETALLE

Nº PLANO	7	ESCALA	DIN A3 1:5,000
FECHA	JUNIO 2020		



LEYENDA

Modelo de pendientes (°):

- 0 - 4.016
- 4.017 - 8.032
- 8.033 - 12.665
- 12.666 - 17.917
- 17.918 - 24.095
- 24.096 - 31.2
- 31.201 - 39.54
- 39.541 - 50.043
- 50.044 - 78.771

AUTORES

Borja Martínez-Clavel Valles
Técnico GIS

Koldo Díez-Caballero Murua
Jefe de proyectos

FUENTE Elaboración propia - Tecnoambiente S.L.



Información Cartográfica

Coordinate System: ETRS 1989 UTM Zone 29N
 Projection: Transverse Mercator
 Datum: ETRS 1989
 False Easting: 500,000.0000
 False Northing: 0.0000
 Central Meridian: -9.0000
 Scale Factor: 0.9996
 Latitude Of Origin: 0.0000
 Units: Meter

669500

670000

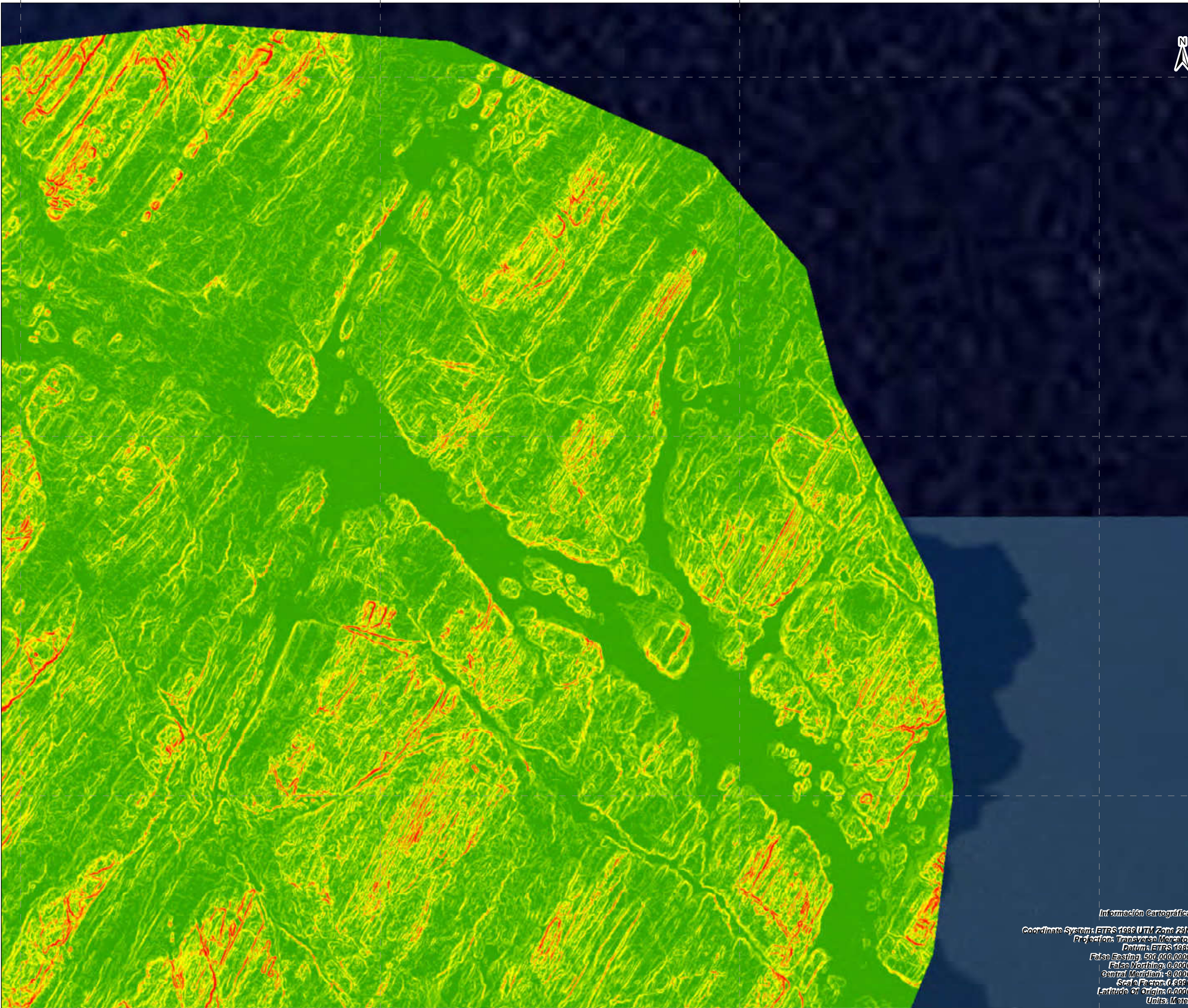
670500

671000

4828500

4828000

4827500



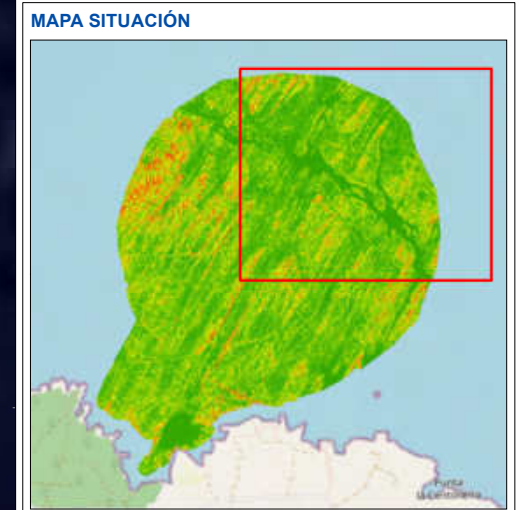
TÍTULO DEL PROYECTO

ESTUDIO DEL MEDIO MARINO ASOCIADO AL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DE LA EXPLOTACIÓN SUBTERRÁNEA DE UN YACIMIENTO EN SALAVE PARA EXTRACCIÓN DE ORO AÑO 2020

TÍTULO DEL PLANO

RESULTADOS BATIMÉTRICOS OBTENIDOS MODELO EN DETALLE

N° PLANO	8	ESCALA	DIN A3 1:5,000
FECHA	JUNIO 2020		



LEYENDA

Modelo de pendientes (°):

- 0 - 4.016
- 4.017 - 8.032
- 8.033 - 12.665
- 12.666 - 17.917
- 17.918 - 24.095
- 24.096 - 31.2
- 31.201 - 39.54
- 39.541 - 50.043
- 50.044 - 78.771

AUTORES

Borja Martínez-Clavel Valles
Técnico GIS

Koldo Díez-Caballero Murua
Jefe de proyectos

FUENTE Elaboración propia - Tecnoambiente S.L.

Información Cartográfica

Coordinate System: ETRS 1989 UTM Zone 28N
 Projection: Transverse Mercator
 Datum: ETRS 1989
 False Easting: 500,000.0000
 False Northing: 0.0000
 Central Meridian: -9.0000
 Scale Factor: 0.9996
 Latitude of Origin: 0.0000
 Units: Meter



668500

669000

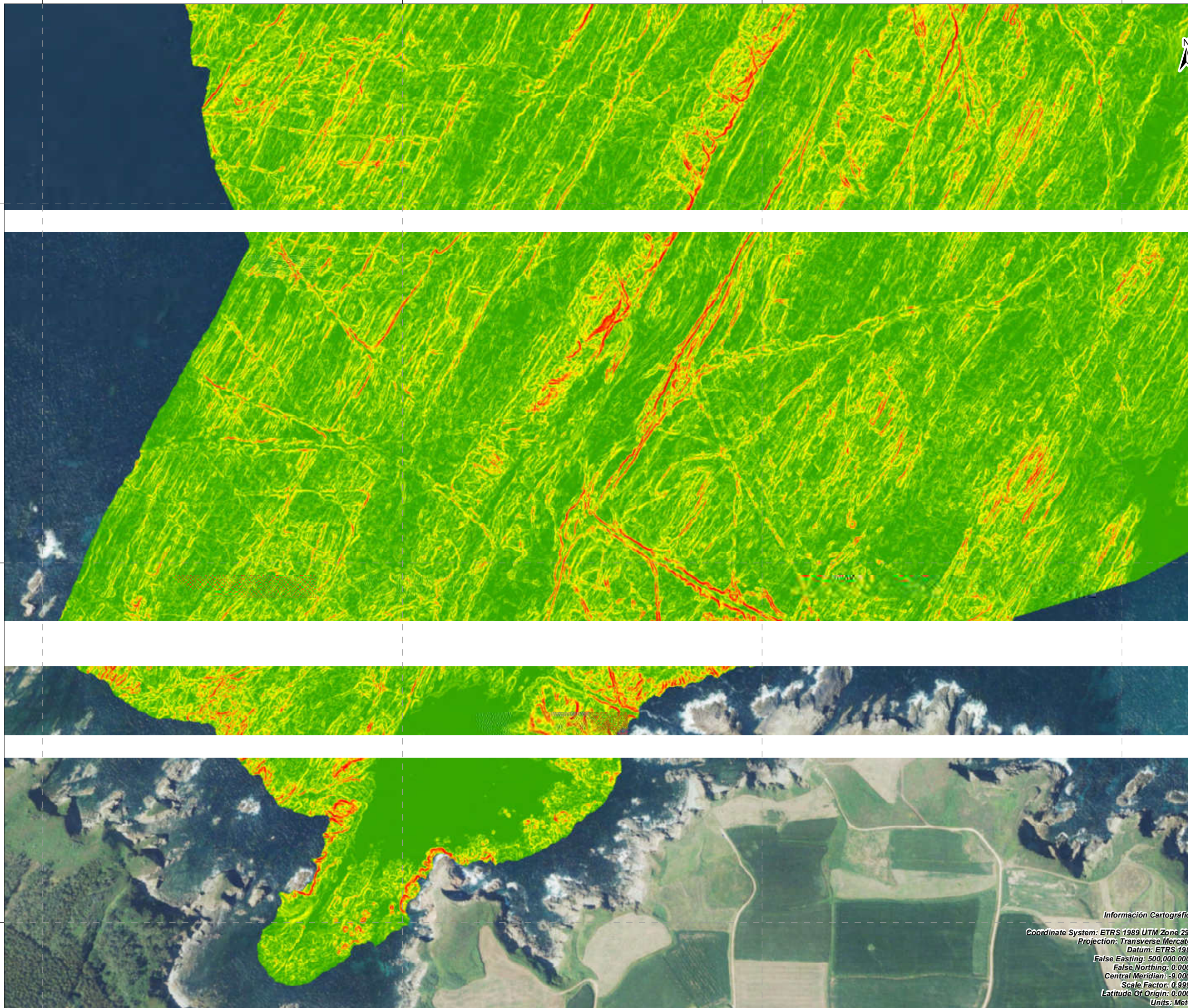
669500

670000

4827000

4826500

4826000



TÍTULO DEL PROYECTO

ESTUDIO DEL MEDIO MARINO ASOCIADO AL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DE LA EXPLOTACIÓN SUBTERRÁNEA DE UN YACIMIENTO EN SALAVE PARA EXTRACCIÓN DE ORO AÑO 2020

TÍTULO DEL PLANO

RESULTADOS BATIMÉTRICOS OBTENIDOS MODELO EN DETALLE

Nº PLANO	9	ESCALA	DIN A3 1:5,000
FECHA	JUNIO 2020		



LEYENDA

Modelo de pendientes (°):

- 0 - 4.016
- 4.017 - 8.032
- 8.033 - 12.665
- 12.666 - 17.917
- 17.918 - 24.095
- 24.096 - 31.2
- 31.201 - 39.54
- 39.541 - 50.043
- 50.044 - 78.771

AUTORES

Borja Martínez-Clavel Valles
Técnico GIS

Koldo Díez-Caballero Murua
Jefe de proyectos

FUENTE Elaboración propia - Tecnoambiente S.L.

Información Cartográfica

Coordinate System: ETRS 1989 UTM Zone 29N
 Projection: Transverse Mercator
 Datum: ETRS 1989
 False Easting: 500,000.0000
 False Northing: 0.0000
 Central Meridian: -9.0000
 Scale Factor: 0.9996
 Latitude Of Origin: 0.0000
 Units: Meter

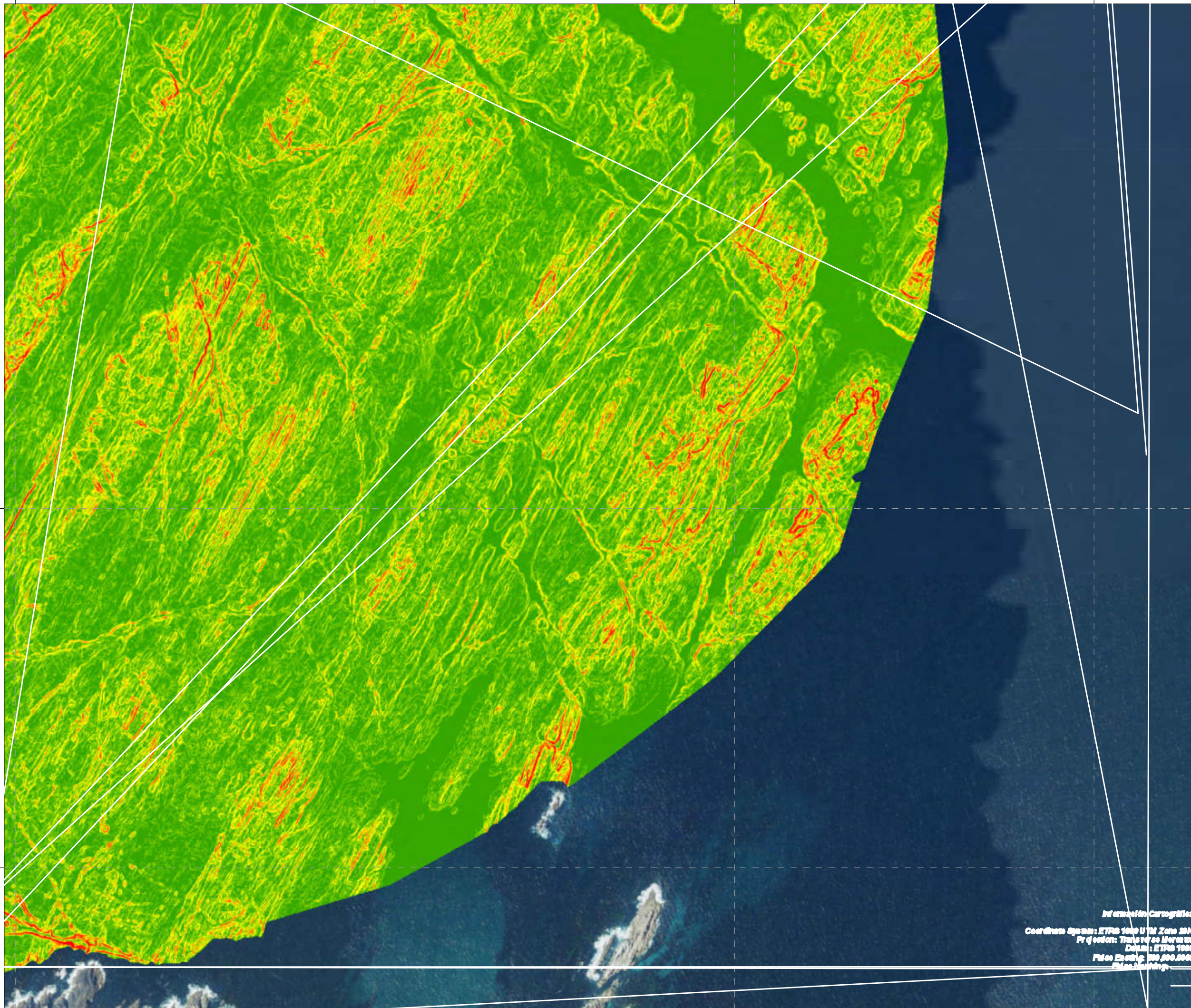


669500 670000 670500 671000

4827500

4827000

4826500



TÍTULO DEL PROYECTO

ESTUDIO DEL MEDIO MARINO ASOCIADO AL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DE LA EXPLOTACIÓN SUBTERRÁNEA DE UN YACIMIENTO EN SALAVE PARA EXTRACCIÓN DE ORO AÑO 2020

TÍTULO DEL PLANO

RESULTADOS BATIMÉTRICOS OBTENIDOS MODELO EN DETALLE

Nº PLANO	10	ESCALA
FECHA	JUNIO 2020	
		0 25 50 100 m

MAPA SITUACIÓN

LEYENDA

Modelo de pendientes (°):

- 0 - 4.016
- 4.017 - 8.032
- 8.033 - 12.665
- 12.666 - 17.917
- 17.918 - 24.095
- 24.096 - 31.2
- 31.201 - 39.54
- 39.541 - 50.043
- 50.044 - 78.771

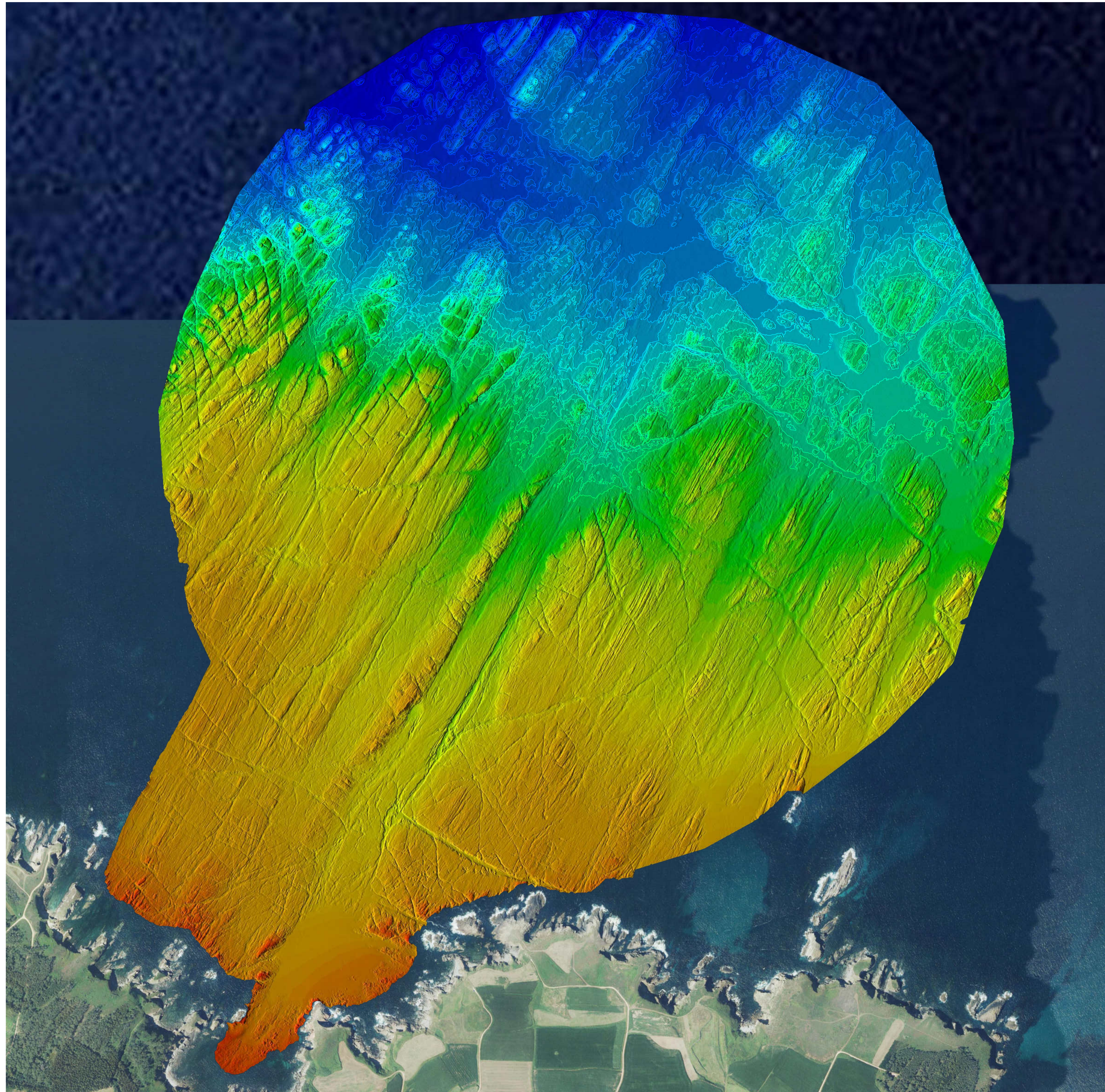
FUENTE Elaboración propia - Tecnoambiente S.L.



Información Cartográfica
 Coordenado System: ETRS 1989 UTM Zona 28N
 Proyección: Transverso Mercator
 Datum: ETRS 1989
 Píxeles Escala: 100 000.0000
 Fuente: Bing

ANEXO II

PLANO BATIMETRÍA CON ISOBATAS, PUNTOS SONDA Y GEOTIFF



ANEXO III

CARACTERIZACIÓN BIONÓMICA

CARACTERIZACIÓN BIONÓMICA

PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE UN EMISARIO SUBMARINO PARA LA EVACUACIÓN DE AGUA Y LODOS PROCEDENTES DE LA EXPLOTACIÓN SUBTERRÁNEA DEL YACIMIENTO DE SALAVE

OCTUBRE 2020



Promotor:

**EXPLORACIONES MINERAS DEL
CANTÁBRICO S.L.**

Término municipal: Tapia de Casariego

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN	4
2	OBJETIVOS.....	4
3	ÁREA DE ESTUDIO.....	4
4	METODOLOGÍA.....	6
4.1	ESTUDIOS PREVIOS	6
4.1.1	<i>Levantamiento batimétrico</i>	6
4.1.2	<i>Estudio morfológico mediante SBL</i>	6
4.2	ELABORACIÓN DE LA CARTOGRAFÍA DE COMUNIDADES BENTÓNICAS	6
4.2.1	<i>Vídeo remolcado.....</i>	7
4.2.2	<i>Inmersiones puntuales.....</i>	15
4.2.3	<i>Tratamiento de los datos obtenidos mediante video remolcado e inmersiones</i>	16
4.2.4	<i>Censo y estima cuantitativa de abundancia de especies protegidas en la zona.....</i>	17
4.2.5	<i>Valoración ecológica.....</i>	18
5	RESULTADOS	19
5.1	ESTUDIOS PREVIOS	19
5.1.1	<i>Estudio Batimétrico</i>	19
5.2	COMUNIDADES BENTÓNICAS	19
5.2.1	<i>Resultado de los muestreos en inmersión y vídeo remolcado</i>	19
5.2.2	<i>Cartografía bionómica.....</i>	26
5.3	ESTUDIO DE ESPECIES PROTEGIDAS	33
5.3.1	<i>Hábitats de interés comunitario</i>	34
5.4	VALORACIÓN ECOLÓGICA.....	35
6	CONCLUSIONES	40
6.1.1	<i>Resultado de los muestreos en inmersión y vídeo remolcado</i>	40
6.1.2	<i>Cartografía bionómica.....</i>	41
6.2	ESTUDIO DE ESPECIES PROTEGIDAS	41
6.2.1	<i>Hábitats de interés comunitario</i>	42
6.3	VALORACIÓN ECOLÓGICA.....	42
7	NOTAS Y FIRMAS FINALES	44
8	BIBLIOGRAFÍA.....	45
8.1	ANEXO I. REPORTAJE FOTOGRÁFICO.....	2

ANEXOS**ANEXO I. LEVANTAMIENTO BATIMÉTRICO****ANEXO II. CARTOGRAFÍA BIONÓMICA****ANEXO III. REPORTAJE FOTOGRÁFICO TRANSECTOS**

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Norte peninsular. Con una flecha roja se marca la zona de trabajo. Fuente Google Earth	4
Ilustración 2. Zona de estudio. Fuente Google Earth	5
Ilustración 3. Cámara de arrastre.	8
Ilustración 4. Transectos con vídeo remolcado.	9
Ilustración 5. Comunidad de arenas infralitorales (AI).	10
Ilustración 6. Comunidad de bosques de laminarias (BL).	10
Ilustración 7. Comunidad de bosques de laminarias (BL), algas fotófilas en modo calmo (AFC), y algas esciáfilas en modo calmo (AE)	11
Ilustración 8. Comunidad de arenas fangosas circalitorales (AFCl).	11
Ilustración 9. Comunidad de arenas fangosas circalitorales (AFCl).	12
Ilustración 10. Comunidad de algas esciáfilas con acumulaciones de arenas.	12
Ilustración 11. Transición entre las comunidades de algas esciáfilas y la roca circalitoral.	13
Ilustración 12. Comunidad de la roca circalitoral.	13
Ilustración 13. Comunidad de la roca circalitoral.	14
Ilustración 14. Comunidad de la roca circalitoral.	14
Ilustración 15. Comunidad de los fondos detríticos costeros (FDC)	15
Ilustración 16. Localización de las inmersiones.	16
Ilustración 17. Riqueza específica por biocenosis	24
Ilustración 18. Riqueza específica por filo (AFB+AFCl+BL)	25
Ilustración 19. Riqueza específica por filo (AE+BL)	25
Ilustración 20. Riqueza específica por filo (CTS)	26
Ilustración 21. Riqueza específica por filo (RC)	26
Ilustración 22. Comunidad AI.	2
Ilustración 23. Comunidad de bosques de laminarias (BL)/algas fotófilas en ambiente calmo(AFC).	2
Ilustración 24: Comunidad AFC.	3
Ilustración 25. Comunidad de algas esciáfilas (AE).	3
Ilustración 26. Zonas de transición entre comunidades de fondos detríticos costeros (FDC) y roca circalitoral (RE).	4
Ilustración 27. Comunidad FDC.	4
Ilustración 28. Comunidad RC.	5
Ilustración 29. Comunidad RC.	5
Ilustración 30. Comunidad BL.	6
Ilustración 31. Comunidad RC.	6
Ilustración 32. Comunidad de arenas fangosas circalitorales AFCl.	7
Ilustración 33. Comunidad de arenas fangosas circalitorales AFCl.	7
Ilustración 34. Parches de en la comunidad RC.	8
Ilustración 35. Comunidad RE con orografía muy suave y acumulaciones de arena.	8
Ilustración 36. Comunidad RC.	9
Ilustración 37. Comunidad BL+AFCl.	9
Ilustración 38. Detalle del sustrato de la comunidad FDC.	10
Ilustración 39. Comunidad RC. Equinaster sepositum.	10
Ilustración 40. Comunidad RC. Holoturia forkali.	11
Ilustración 41. Comunidad RC.	11
Ilustración 42. Comunidad RC. Arbacia lixula.	12
Ilustración 43. Comunidad AE con laminarias de bajo porte.	12
Ilustración 44. Comunidad	12
Ilustración 45. Comunidad de FDC.	13

Ilustración 46. Comunidad RE _____	13
Ilustración 47. Comunidad AE con presencia de laminarias de baja porte. _____	14
Ilustración 48. Phyllophora cripa. _____	14
Ilustración 49. Holoturia tubulosa. _____	15
Ilustración 50. Palmaria palmata. _____	15
Ilustración 51. Sacoriza polischides. _____	16

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Ubicación, rumbo y distancia recorrida en los transectos en inmersión _____	9
Tabla 2. Ubicación, profundidad y comunidades observadas en las diferentes inmersiones. _____	15
Tabla 3. Muestreo cualitativo mediante inmersión _____	20
Tabla 4. Valoración ecológica _____	38

1 INTRODUCCIÓN

En el presente informe se muestra la cartografía bionómica del entorno de un tramo de costa del concejo de Tapias-Casariegos (Asturias), formando parte de los estudios específicos llevados a cabo para la elaboración del estudio de impacto ambiental de la explotación de un yacimiento en Salave para la extracción de oro.

2 OBJETIVOS

La finalidad del presente documento es:

- ✓ Elaboración de la cartografía de comunidades bentónicas y hábitats de interés
- ✓ Censo de especies amenazadas en la zona de estudio

La presente memoria corresponde con uno de los diversos estudios específicos que nutrirán al estudio de impacto ambiental de la explotación submarina de un yacimiento en Salave para extracción de oro.

3 ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio se ubica en el mar Cantábrico, en la zona más occidental del principado de Asturias, a unos 3 km al este de la localidad de Tapias-Casariegos, entre las cotas 0 y -50 metros

En las siguientes ilustraciones se muestra el ámbito de la zona de estudio, así como la zona estudiada.

En total se han estudiado algo más de 370 Has.

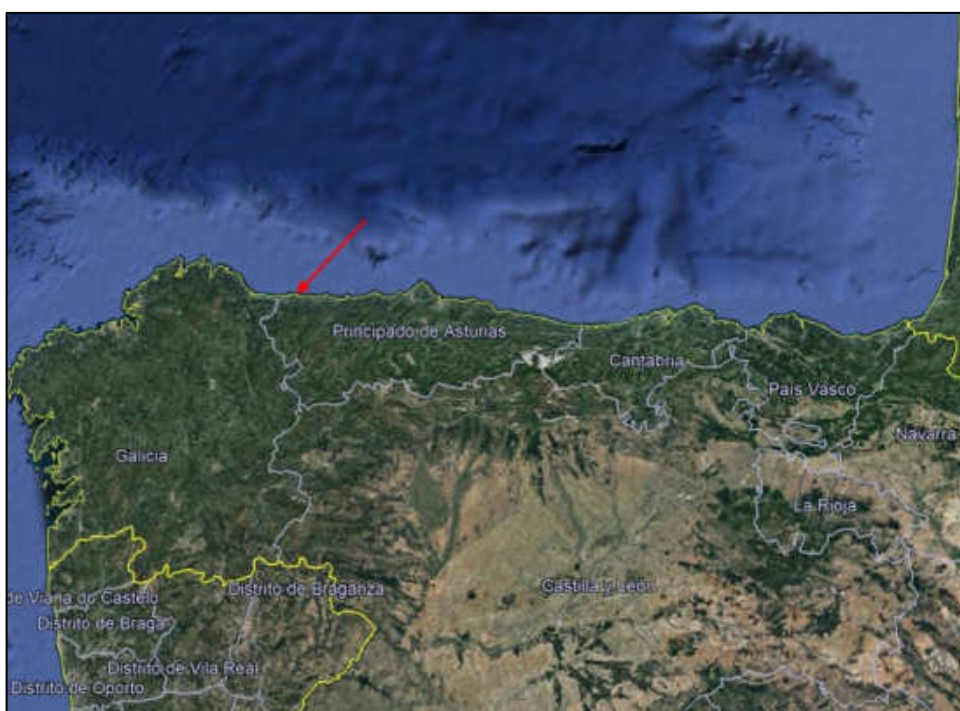


Ilustración 1. Norte peninsular. Con una flecha roja se marca la zona de trabajo. Fuente Google Earth



Ilustración 2. Zona de estudio. Fuente Google Earth

4 METODOLOGÍA

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

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

4.1 ESTUDIOS PREVIOS

4.1.1 LEVANTAMIENTO BATIMÉTRICO

Consultar anexo I.

4.1.2 ESTUDIO MORFOLÓGICO MEDIANTE SBL

El levantamiento batimétrico mediante multihaz, permite obtener una imagen de alta definición del lecho submarino. En el caso que ocupa, esta imagen a permito discriminar con una alta resolución lo que es sustrato duro de lo que es sustrato blanco, estando compuesto prácticamente la totalidad de la zona estudiada por un lecho rocoso.

Vista la finalidad que se perseguía con la realización del sonar, esta circunstancia ha llevado a la decisión de prescindir del SBL.

4.2 ELABORACIÓN DE LA CARTOGRAFÍA DE COMUNIDADES BENTÓNICAS

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

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

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

- ✓ *Realización de transectos y grabaciones en deriva mediante video remolcado.* El fin de los mismos es la identificación de las diferentes comunidades y sus transiciones (y en menor medida la identificación de las especies animales y vegetales que albergan las diferentes comunidades), así como cuantificación de especies protegidas. Además, sirve (en caso de que se lleve a cabo) para “calibrar” las señales recibidas por el sonar de barrido lateral (se identifica los diferentes tipos de señales recibidas por el sonar con las imágenes resultante de las grabaciones con video remolcado).
- ✓ *Realización de transectos en inmersión (grabaciones y toma de fotografía):* El fin de los mismos es la identificación de las especies animales y vegetales, así como la cuantificación de las especies protegidas.
- ✓ *Tratamiento de los datos obtenidos mediante video remolcado e inmersiones:* El fin es caracterizar el estado ecológico de las diferentes comunidades identificadas.
- ✓ *Toma de muestras sobre sustrato blando mediante draga Van Veen.* La finalidad es caracterizar las comunidades asentadas sobre sustrato blando mediante la identificación de su infauna. Los datos obtenidos se tratan para obtener ciertos índices estadísticos que permiten conocer el estado ecológico en que se encuentran dichas comunidades. En el caso que ocupa, y debido a la casi inexistencia de este tipo de sustrato en la zona de trabajo, no se ha llevado a cabo su caracterización por no considerarse representativos, y únicamente se tomaron muestras en tres estaciones para el análisis de parámetros físico-químicos.
- ✓ *Censo y estima cuantitativa de especies protegidas.*
- ✓ *Valoración ecológica*

4.2.1 VÍDEO REMOLCADO

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

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

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

que es remolcada desde la propia embarcación por medio de un cable de 150 m que a su vez envía la señal de vídeo a la unidad de superficie. La velocidad de arrastre es lo más constante posible y se siguen los transectos previamente determinados mediante el navegador.

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

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

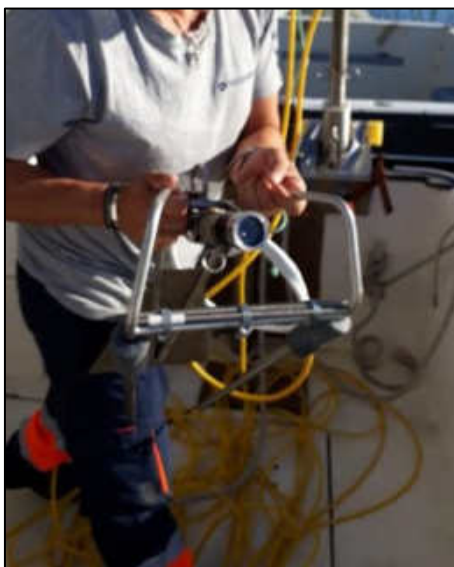
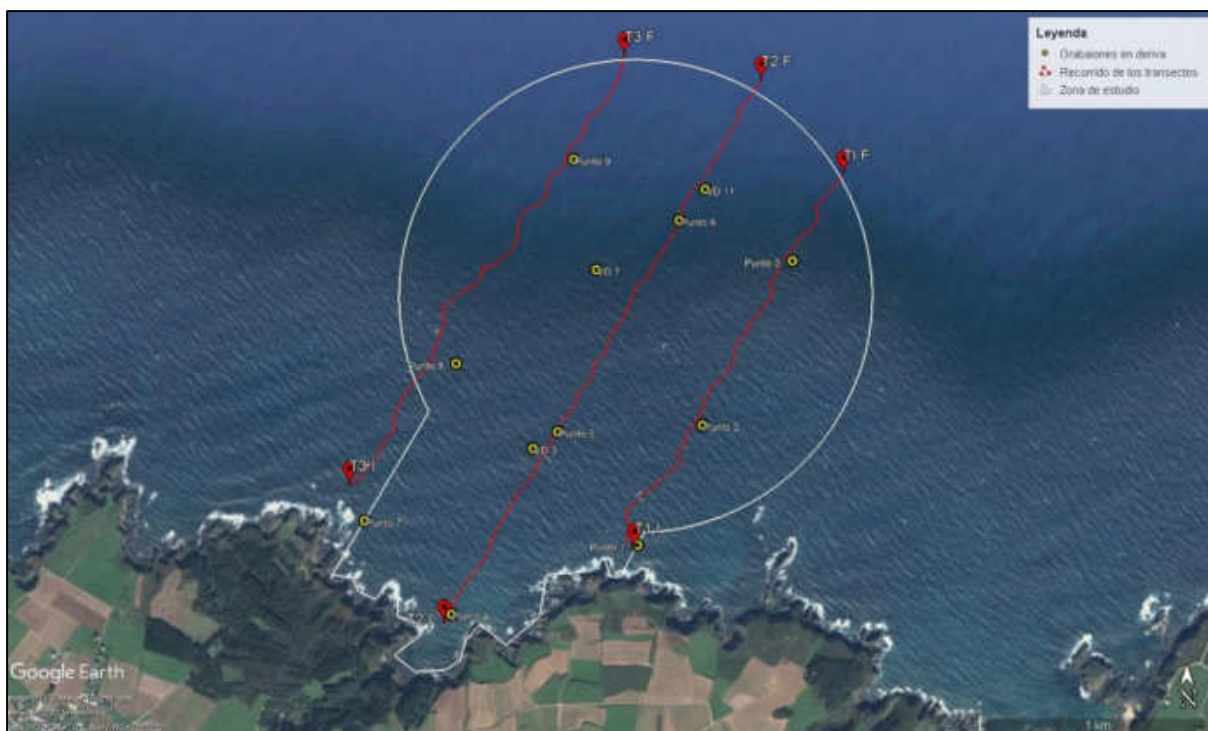


Ilustración 3. Cámara de arrastre.

Se ha realizado un total de 3 transectos perpendiculares a la costa, con una distancia comprendida entre 2,0 y 2,7 km aproximadamente. La separación entre los mismos es de 500 metros aproximadamente.

A continuación, se muestran los recorridos realizados:


Ilustración 4. Transectos con vídeo remolcado.

En la siguiente tabla (coordenadas UTM, Datum WGS84, HUSO 29) se muestran las coordenadas de inicio y finalización de los diferentes transectos realizados, así como el rumbo seguido, la distancia total recorrida y las comunidades encontradas.

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

Inmersión	Inicio		Final		Rumbo	Distancia (m)	Biocenosis ¹
	X	Y	X	Y			
Transecto 1	669719	4826423	670561	4828017	32	1988	AI, BL, AFB, AFC, AE, FDC, RC
Transecto 2	668923	4826086	670204	4828404	32	2695	AI, BL, AFB, AFC, AE, FDC, RC
Transecto 3	669624	4828492	668509	4826655	32	2322	BL, AFB, AFC, AE, CTS, AFCI, RC
Punto 1	669735	4826439	---	---	---	---	
Punto 2	669997	4826948	---	---	---	---	
Punto 3	670359	4827652	---	---	---	---	
Punto 4	668957	4826129	---	---	---	---	
Punto 5	669387	4826905	---	---	---	---	
Punto 6	669877	4827810	---	---	---	---	
Punto 7	668581	4826512	---	---	---	---	
Punto 8	668950	4827184	---	---	---	---	
Punto 9	669425	4828056	---	---	---	---	

¹BL.: Comunidad de bosques de laminarias
 AFB: Comunidad de algas fotófilas en ambiente batido
 AFC: Comunidad de algas fotófilas en ambiente calmo
 AI: Comunidad de las arenas infralitorales
 CTS: Comunidad de cuevas y túneles submarinos
 AE: Comunidad de algas esciáfilas
 FDC: Fondos detríticos costeros
 AFCI: Comunidad de las arenas fangosas infralitorales
 RC: Comunidad de la roca circalitoral

Inmersión	Inicio		Final		Rumbo	Distancia (m)	Biocenosis ¹
	X	Y	X	Y			
VD3	669284	4826832	---	---	---	---	BL, AFC, AE
VD7	669532	4827594	---	---	---	---	
VD11	669983	4827944	---	---	---	---	

A continuación, se muestran algunas imágenes capturadas de las grabaciones:



Ilustración 5. Comunidad de arenas infralitorales (AI).



Ilustración 6. Comunidad de bosques de laminarias (BL).



Ilustración 7. Comunidad de bosques de laminarias (BL), algas fotófilas en modo calmo (AFC), y algas esciáfilas en modo calmo (AE)



Ilustración 8. Comunidad de arenas fangosas circalitorales (AFCI).



Ilustración 9. Comunidad de arenas fangosas circalitorales (AFCI).



Ilustración 10. Comunidad de algas esciafilas con acumulaciones de arenas.



Ilustración 11. Transición entre las comunidades de algas esciáfilas y la roca circalitoral.



Ilustración 12. Comunidad de la roca circalitoral.



Ilustración 13. Comunidad de la roca circalitoral.



Ilustración 14. Comunidad de la roca circalitoral.



Ilustración 15. Comunidad de los fondos detríticos costeros (FDC)

4.2.2 INMERSIONES PUNTUALES

Las zonas de inmersión se han escogido teniendo en cuenta la tipología de sustrato presente. El número de inmersiones realizadas (9), ha sido el necesario para cubrir la zona de mayor valor ecológico, la zona rocosa, permitiendo el estudio de todas las unidades bionómicas existentes (dentro del margen de seguridad que permite el buceo autónomo), las especies presentes en cada una de ellas, así como el censo de las especies protegidas infralitorales existentes en la zona. Estas inspecciones exhaustivas se han realizado con el fin de lograr los objetivos propuestos.

Todas ellas se han llevado a cabo mediante escafandra autónoma

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

A continuación, en la tabla (coordenadas UTM, Datum WGS84, HUSO 29) e imagen siguiente se muestran las coordenadas de las diferentes inmersiones realizadas, así como las comunidades encontradas.

Tabla 2. Ubicación, profundidad y comunidades observadas en las diferentes inmersiones.

Inmersión	Coordenadas		Profundidad	Biocenosis ²
	X	Y		
Inm 1	669712	4826408	11	BL, AFC

² BL.: Comunidad de bosques de laminarias
 AFC: Comunidad de algas fotófilas en ambiente calmo
 AE: Comunidad de algas esciáfilas

Inmersión	Coordenadas		Profundidad	Biocenosis ²
	X	Y		
Inm 2	669850	4826702	18	BL, AFC/AE
Inm 3	670055	4827032	27	BL, AFC/AE
Inm 4	668991	4826201	12	BL, AFC
Inm 5	669215	4826571	20	BL, AFC/AE
Inm 6	669716	4827570	32	BL, AE
Inm 7	668663	4826440	10	BL, AFC
Inm 8	668812	4826802	14	BL, AFC/AE
Inm 9	669244	4827600	25	BL, AE/CTS

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

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



Ilustración 16. Localización de las inmersiones.

4.2.3 TRATAMIENTO DE LOS DATOS OBTENIDOS MEDIANTE VIDEO REMOLCADO E INMERSIONES

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

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

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

4.2.4 CENSO Y ESTIMA CUANTITATIVA DE ABUNDANCIA DE ESPECIES PROTEGIDAS EN LA ZONA

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

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

En función del hábitat en que se encuentra la zona de estudio (supralitoral, mediolitoral y submareal tanto fotófilo como esciáfilo), en la zona es posible encontrar únicamente al molusco *Charonia lampas*. El resto de especies son propias del mediterráneo

Además de las anteriores, existen otras especies de invertebrados marinos que se pueden encontrar en la zona de trabajo y que tienen un régimen de protección especial por estar incluidas en el *Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial (LESRPE)* y en el Real Decreto 139/2011, de 4 de febrero que desarrolla el mismo. Entre estas especies, por la probabilidad de aparición en la zona de estudio debido al hábitat en la que se desarrolla, se destacan las siguientes: *Aplysina ssp*, *Axinella polipoides*, *Pholas dactylus*, y *Schilderia achantidea*.

En relación a la vegetación, si bien existen varias especies de algas listadas en el LESRPE, en todos los casos hacen relación a las comunidades mediterráneas.

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

***Charonia lampas*, *Aplysina ssp.*, *Axinella polipoides*, *Pholas dactylus*, y *Schilderia achantidea*.**

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

4.2.5 VALORACIÓN ECOLÓGICA

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

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

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

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

Criterios ponderados de valoración ecológica

Los criterios que se proponen son los siguientes:

- *Importancia ecológica intrínseca de la comunidad.*
- *Estado de desarrollo de la comunidad.*
- *Amplitud relativa de la comunidad en la zona.*
- *Singularidad.*
- *Presencia de especies indicadoras de una buena calidad del medio.*
- *Presencia de especies protegidas o de especial interés.*
- *Poblamiento íctico y recursos vivos.*
- *Capacidad de recuperación.*
- *Paisaje submarino y valor testimonial.*
- *Valor científico.*

5 RESULTADOS

5.1 ESTUDIOS PREVIOS

5.1.1 ESTUDIO BATIMÉTRICO

Consultar Anexo I

5.2 COMUNIDADES BENTÓNICAS

5.2.1 RESULTADO DE LOS MUESTREOS EN INMERSIÓN Y VÍDEO REMOLCADO

Tras las inmersiones y revisión de los vídeos realizados, se ha obtenido la siguiente tabla de resultados (Tabla 3), que indican la riqueza específica de las diferentes comunidades identificadas.

Las comunidades infralitorales, han sido tratadas conjuntamente en función de las que han sido observadas en las diferentes inmersiones. De esta manera, han quedado como se expone a continuación

- Comunidades de algas fotófilas en modo calmo y batido (AFC/AFB), y comunidad de bosques de laminarias (BL)
- Comunidades algas esciáfilas (AE) y comunidad de bosques de laminarias (BL).

Por último, estarían las comunidades de AI, AFCl, FDC, CTS y RC. Sobre estas últimas no se han llevado a cabo muestreos directos, sino únicamente grabaciones con video remolcado. En cuanto a la comunidad CTS (cuevas y túneles submarinos), hay que señalar que no se encuentran bien representadas en la zona de estudio, ya que su desarrollo no es completo. No se han observado cueva ni túneles como tales, pero si pequeños cañones en la zona de relieve más abrupto (sobre todo en la zona centro-occidental) que provocan pequeñas oquedades donde pueden desarrollarse organismos propios de esta comunidad. No obstante, y debido a la falta de cuevas bien desarrolladas, la fauna asociada a estas zonas va a ser muy parecida a la de la comunidad de algas esciáfilas (AE).

Tabla 3. Muestreo cualitativo mediante inmersión

ESPECIES/COMUNIDAD	BL+AFB+AFC				BL+AE					AI	FDC	AFCI	CTS	RC
	Inm 1	Inm 4	Inm 7	Inm 8	Inm 2	Inm 3	Inm 5	Inm 6	Inm 9					
ALGAS	17	13	12	20	15	14	20	10	9	0	0	0	7	3
FEOFITAS	5	5	6	7	7	6	7	5	5	0	0	0	2	0
<i>Dictyopteris membranacea</i>	+++	++	+	+++++	+++	+++	+++	++++	+++					
<i>Dictyota spp.</i>			+++		++	+++	+++							
<i>Sacorhiza polischides</i>	++++	++++	+++++	+++++	++++	++	+++	+++	++++					
<i>Laminaria ochroleuca</i>	+	+	+	+	++	+	+	++	++					
<i>Laminaria Hyperborea</i>		+		+		+		+	+				+	
<i>Dilophus spiralis</i>			+++	++										
<i>Halopteris scoparia</i>	++				+		++						+	
<i>Cystoseira sp</i>				++	+++		++							
<i>Halidrys siliquosa</i>	++++	+++++	+++++	+++	++	++	+++	+	+					
CLOROFITAS	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Clorofita cespitosa</i>	+		++	+	++									
RODOFITAS	11	8	5	12	7	8	12	5	4	0	0	0	5	3
<i>Phyllophora crispata</i>	+	++		++	++	++	++							
<i>Asparagosis aramta</i>	++++		+	+			++						+	
<i>Corallina elongata</i>	++++	++++	++++	++++	++	+	+++	+	++					+++
<i>Polineura Hilliae</i>								++						
<i>Palmaria palmata</i>		++					++	++						
<i>Plyides rotundus</i>	+	++												
<i>Calliblepharis ciliata</i>	+													
<i>Dysea carnosa</i>	++								++					
<i>Sphaerococcus coronopifolius</i>				++	++		++							

ESPECIES/COMUNIDAD	BL+AFB+AFC				BL+AE					AI	FDC	AFCI	CTS	RC
	Inm 1	Inm 4	Inm 7	Inm 8	Inm 2	Inm 3	Inm 5	Inm 6	Inm 9					
<i>Peyssonelia atropurpurea</i>				++										
<i>Lithophyllum expansum</i>						++	++						+++	++
<i>Lithophyllum incrustans</i>	++	+++	+++	+++	+++	+++	++++	+++++	+++++				++++	+++++
<i>Gelidium sesquipedales</i>	++	+++		++	+	++++	+							
<i>Gelidium sp</i>	+			++		+	++						+	
<i>Sphaerococcus coronopifolius</i>	+	+	++	++										
<i>Plocamium cartilagineum</i>	+++	+++	++++	+++	++		++						+	
<i>Rodofitas cespitosas</i>				++	+	+	+	++						
Gigartinales				++		+	+	++	++					
FAUNA	4	4	5	17	12	12	13	14	12	0	0	0	6	15
EQUINODERMOS	2	1	2	7	5	7	7	6	6	0			3	6
<i>Arbacia lixula</i>	+		+	++		+++	++	+++	+++				+	+++
<i>Cucumaria sp</i>				+	+	++		+	+					++
<i>Holothuria forskali</i>				+++	++	++	++	++++	++				+	++++
<i>Holoturia tubulosa</i>						++								
<i>Echinus esculetus</i>				+	+	++	+	+	++				+	+
<i>Echinaster sepositum</i>				++		+	++	+	+					+++
<i>Paracentrotus lividus</i>	+	++	++		+		+							
<i>Echinus melo</i>				++			+							
<i>Sphaerechinus granularis</i>				+	++	+	+++	++	+++					+++
PORIFEROS	0	1	1	6	3	4	3	6	5	0			3	8
<i>Clonia celata</i>				++	++	+++	++	+++	++				+	+++
<i>Hemymicale sp</i>		+		+				+						++
<i>Halichondria poanicea</i>			+	+	+	++		+++	++				+	+++

ESPECIES/COMUNIDAD	BL+AFB+AFC				BL+AE					AI	FDC	AFCI	CTS	RC
	Inm 1	Inm 4	Inm 7	Inm 8	Inm 2	Inm 3	Inm 5	Inm 6	Inm 9					
<i>Ircinia sp</i>				++		+	++		+					++
<i>Pochimatisma johnstonia</i>								++						
<i>Axinella sp</i>														+
<i>Verongia sp</i>														++
<i>Crambe crambe</i>				++	+	++	++	++	++					++
<i>Hamigera hamigera</i>				++				++	+				+	++
CNIDARIOS	1	1	1	2	2	0	2	0	0	0	0	0	0	1
<i>Anemona sulcata</i>	+++	++	++	+	+		++							
<i>Aiptasiasp</i>				++	++		++							
<i>Eunicella sp</i>														+
BRIOZOOS	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
<i>Menbranipora membranacea</i>	++	+	+	+++	+++	++	++++	++	++					
ANELIDOS	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Protula intestinum</i>				++	++			++						++
Total de especies	21	17	17	37	27	26	33	24	21	0	0	0	13	18

A continuación, se hace una breve descripción de las inspecciones realizadas:

La zona infralitoral se ha inspeccionado con vídeo remolcado e inmersiones. Las inmersiones 1, 4, 7 y 8 se han llevado a cabo en el infralitoral superior (en torno a los 10-12 metros). Las comunidades que predomina en estas cotas son los bosques de laminarias y las de algas fotófilas en modo calmo. También aparecen especies propias del ambiente batido, ya que se encuentran en el límite batimétrico de las mismas.

Las inmersiones 2 y 5 se ha llevado a cabo en una cota en torno a los 20 metros. En ellas dominan las comunidades de bosques de laminarias y las de algas esciáfilas, aunque también se pueden ver algunas especies propias del fotófilo de ambiente calmo.

Por último, las inmersiones 3, 6 y 9, se ha realizado en cotas en torno a los 30 metros, donde se observa que predomina el ambiente esciáfilo, siendo las comunidades predominantes las de algas esciáfilas y las de bosques de laminarias, aunque estos segundos se encuentran menos desarrollados (menor densidad y porte de la longitud folial que a menor cota batimétrica).

En general puede observarse que la riqueza específica es parecida en todas ellas, siendo levemente más alta en las zonas donde predominan las comunidades de algas esciáfilas (las oquedades y mayor número de ambiente hace que favorezca la presencia de un mayor número de especies y por tanto la riqueza ecológica). En cualquier caso, y como ya se ha mencionado, las riquezas específicas son parecidas, atendiendo este hecho al ambiente esciáfilo que se genera bajo los bosques de laminarias.

5.2.1.1 Tratamiento de datos

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

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

Riqueza específica

Se han observado un total de 51 especies en los distintos muestreos realizados. En las siguientes ilustraciones puede observarse el número y porcentaje de especies presentes por comunidad y filos.

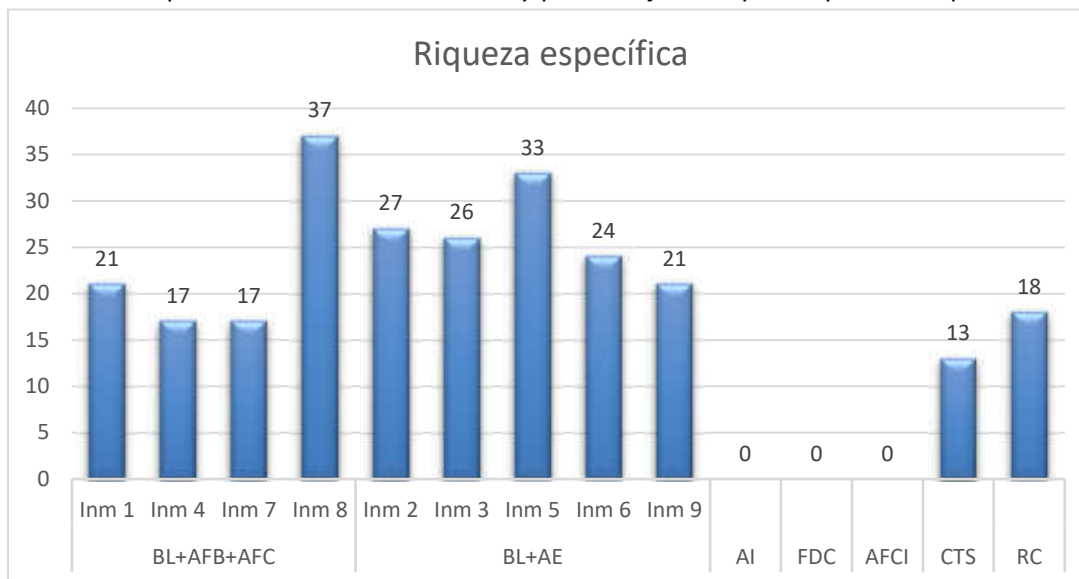


Ilustración 17. Riqueza específica por biocenosis

Puede observarse como la riqueza específica en las zonas donde se combinan las comunidades de bosques de laminarias, algas fotófilas (tanto batidas como calma) y algas esciáfilas, tienen unos valores parecidos, presentando medias de 23 y 26 especies respectivamente. En el caso de la comunidad de cuevas y túneles sumergidos, como ya se ha dicho, esta no se encuentra bien desarrollada, ya que la orografía del fondo, si bien es abrupta, no llega a formar verdaderas cuevas. Es por ello por lo que las especies que se pueden encontrar, son, en gran parte, las mismas de la comunidad de algas esciáfilas, siendo en este caso la riqueza específica menor que para dicha comunidad. Por último, la comunidad de la roca circalitoral presenta una riqueza específica intermedia entre las comunidades fotófilas, esciáfilas y de bosques de laminarias y las de suevas y túneles submarinos. En este caso la roca se encuentra en su mayoría cubierta por rodofitas calcáreas.

En cuanto a la zona sedimentaria, como ya se ha dicho, es testimonial en la zona de estudio, por lo que no se ha llevado a cabo muestreos directos sobre ella. Los tres tipos de comunidad existentes en la zona no presentan cobertura de ningún tipo, encontrándose su fauna bajo tierra (infauna), por lo que no se ha podido observar ninguna especie mediante las grabaciones con video remolcado.

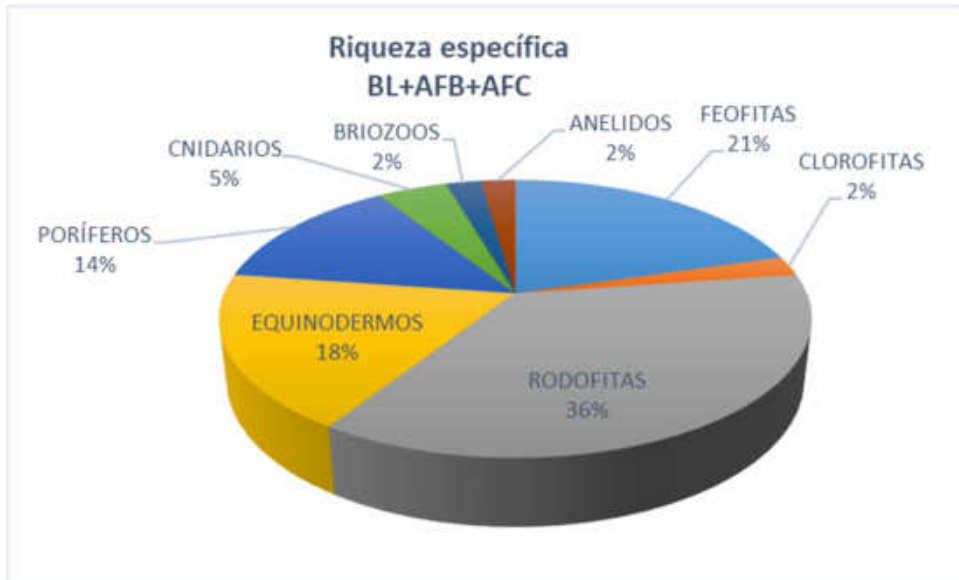


Ilustración 18. Riqueza específica por filo (AFB+AFC+BL)

En la ilustración anterior se observa como predomina la cobertura algal, siendo las rodofitas y las feofitas las que mayor porcentaje de aparición tienen. Entre la fauna destaca los equinodermos y los poríferos.



Ilustración 19. Riqueza específica por filo (AE+BL)

Para estas comunidades, puede observarse que los porcentajes son muy parecidos, existiendo ligeros cambios.



Ilustración 20. Riqueza específica por filo (CTS)

En el caso de la comunidad CTS, puede observarse como existe un dominio de las algas rodofitas sobre el resto de las especies. Además, destaca la presencia de poríferos y equinodermos

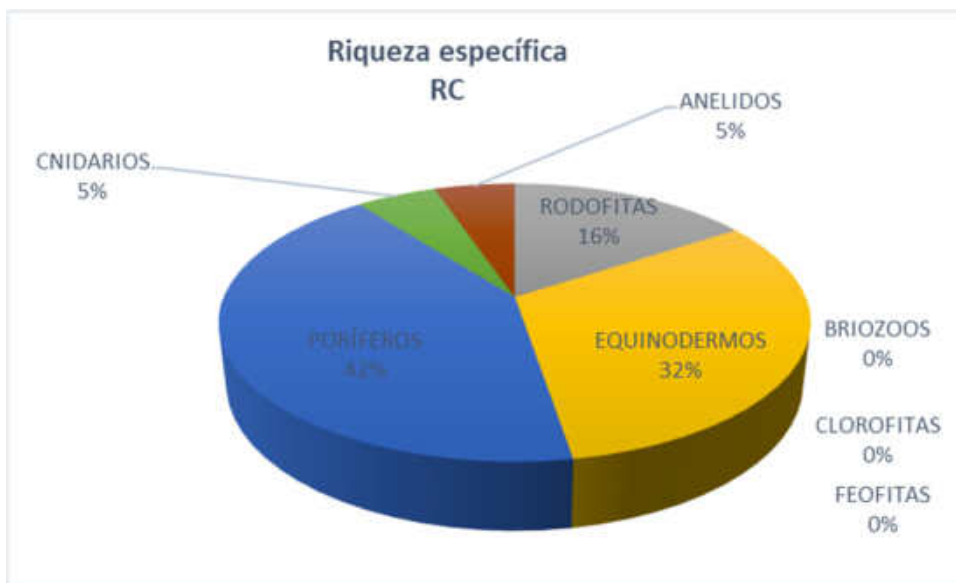


Ilustración 21. Riqueza específica por filo (RC)

Por último, en la comunidad RC, la dominancia la ejerce el grupo de los poríferos, seguido de los equinodermos y rodofitas incrustantes.

5.2.2 CARTOGRAFÍA BIONÓMICA

En la zona de estudio se han encontrado los siguientes tipos de fondos y sustratos (se representan sobre plano en el Anexo II al presente documento).

Fondos sedimentarios desprovistos de vegetación.

En la zona de estudio se pueden encontrar tres tipos distintos; unos constituidos por arenas medias con formaciones de suaves relieves ondulados (ripple marks), como resultado de la reordenación hidrodinámica del sedimento por parte de las corrientes de oleaje, otros por arenas detríticas biogénicas provenientes de la destrucción de organismos (algas calcáreas y esqueletos calcáreos de equinodermos, molusco y briozoos) además de una fracción arenosa que rellena los intersticios. Estas también forman grandes ripples. Por último, también existen unos fondos compuestos por arena fangosas. En todos los casos, estas zonas están mínimamente representadas en la zona de estudio; el primero se encuentra localizados en la zona sureste, entre las batimétricas de 9 y 15 metros. En el segundo caso, este material se encuentra formando parte de la cuenca de un paleocanal que se localiza entre los 35 y los 57 metros y que atraviesa la zona de estudio de sureste a noreste. No obstante el relleno de esta cuenca con este tipo de material es solo hasta los 48-50 metros, ya que a partir de esta profundidad y hasta los 55 metros el material de relleno pasa a ser fangoso (tercio superior izquierdo (zona noroccidental)).

Fondos rocosos

Se corresponde prácticamente con la totalidad de la zona de estudio, pudiendo observarse tanto zonas de orografía suave, como zonas de relieve más abrupto con grades veriles.

De las observaciones llevadas a cabo *in situ* y los resultados de los estudios batimétrico, se han llegado a reconocer las siguientes biocenosis del piso infralitoral.

Comunidades de sustrato rocoso:

- Comunidad de algas fotófilas en ambiente batido (AFB)
- Comunidad de algas fotófilas en ambiente calmo (AFC)
- Comunidad de bosques de laminarias (BL)
- Comunidad de algas esciáfilas (AE)
- Comunidad de las cuevas y túneles submarinos (CTS)
- Comunidad de la roca circalitoral (RC)

Comunidades se sustrato sedimentario:

- Comunidad de arenas infralitorales (AI)
- Comunidad de los fondos detríticos costeros (FDC)
- Comunidad de las arenas fangosas circalitorales (AFCl)

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

Comunidad de bosques de laminarias

En las costas atlánticas de la Península Ibérica y en las costas occidentales de Europa, el piso infralitoral rocoso se caracteriza por la presencia de grandes poblaciones de algas feofíceas laminariales, que reciben el nombre de “bosques de laminarias”. En la región atlántica española aparecen seis especies de laminarias con diferentes adaptaciones a la iluminación, temperatura e hidrodinamismo: *Laminaria hyperborea* y *L. saccharina*, que alcanzan en Galicia su límite meridional de distribución, *L. ochroleuca* y *Saccorhiza polyschides*, dos especies de aguas más templadas que llegan hasta Marruecos y el Mediterráneo occidental, y *Phyllariopsis purpurascens* y *P. brevipes*, que también se encuentran en el Mediterráneo y no forman “bosques”. Son una de las comunidades más productivas de todo el planeta, ya que pueden llegar a crecer hasta varios centímetros diarios y, por su estructura y longevidad, constituyen un sustrato idóneo para las especies epifitas.

La diversidad de fauna y flora es muy alta, y se cifra en unas 100 especies de algas de diferentes tallas (estratos arbóreo, arbustivo, herbáceo, musgoso e incrustante), y más de 500 de animales. Entre las algas, son comunes *Cystoseira tamariscifolia*, *Halidrys siliquosa*, *Desmarestia ligulata* y *Padina pavonica*, y entre la fauna epífita son comunes las esponjas *Tethya aurantium* y *Cliona celata*, gran variedad de poliquetos, gasterópodos (*Haliotis tuberculata*, *Ansates pellucida*, *Tectura virginea*, *Diodora reticulata*, *Gibbula cineraria*, *Calliostoma ziziphinum*, *Calyptrea chinensis*, *Trivia monacha*, *T. arctica*), anfípodos, isópodos y varias especies de decápodos, como *Pilumnus hirtellus* y *Porcellana platycheles*. Entre los equinodermos más frecuentes destacan los erizos *Echinus esculentus* y *Sphaerechinus granularis*, las ofiuras *Ophiocomina nigra*, el crinoideo *Antedon bifida*, y la holoturia *Holothuria forskali*, y, entre los tunicados, son habituales *Ascidia mentula*, *Phallusia mamillata*, *Ciona intestinalis* y *Dendrodoa grossularia*. Entre la fauna móvil característica de esta comunidad destacan diversas especies de interés pesquero, como la sepia (*Sepia officinalis*), el calamar (*Loligo vulgaris*), el pulpo (*Octopus vulgaris*), el erizo (*Paracentrotus lividus*), la nécora (*Necora puber*), el buey (*Cancer pagurus*), el centollo (Maja squinado), el bogavante (*Homarus gammarus*), la langosta (*Palinurus elephas*) o la quisquilla (*Palaemon serratus*).

En la zona de estudio ocupa toda la zona infralitoral compuesta por sustrato duro, y se extiende hasta los 26-29 metros aproximadamente. La densidad del bosque disminuye progresivamente al acercarse a su límite inferior, así como el tamaño de las especies de laminarias que lo componen. La especie principal es *Saccorhiza polyschides*, aunque también es posible observar otras especies de laminarias como *Laminaria Ochroleuca* y *Laminaria hyperborea*. Como se ha comentado, se observa como al ir ganando profundidad el porte de laminaria va decreciendo. Aunque como se ha dicho, esta comunidad domina en toda la zona infralitoral, es común encontrar parches donde la densidad de estas es baja, predominando otras especies como es el caso de la feofita *Halidrys siliquosa* en las zonas más someras (10-12 metros; zonas fotófilas). Otras especies algales abundantes en la zona son *Dictyopteris membranacea*, *Plocamiun cartilaginum* o *Corallina elongata*. A mayor profundidad estas algas van siendo sustituidas por otras más típicas de ambiente esciafilos, observándose en la zona inferior del límite de estos bosques el predominio de la rodofita *Lithophyllum incrustans*. Entre la fauna destaca la presencia del briozoo *Membranipora membranacea* sobre las frondes de las laminarias. A mayor profundidad de la indicada para el límite inferior (en torno a los 36 metros), se ha observado la presencia de laminarias de pequeño porte. No se ha podido identificar si se trata de juveniles de *S. polyschides* o bien de otra especie de laminaria del género *Phyllariopsis*.

Comunidad de algas fotófilas en ambiente batido

Está bañada por aguas frías, ricas en nutrientes y sometida a un alto hidrodinamismo y a una elevada intensidad lumínica, por lo que la biomasa vegetal suele ser mayor que la animal. Los sustratos rocosos infralitorales sobre los que se asienta no presentan una estructura uniforme, sino que muestran variaciones locales en las condiciones físico-químicas y variaciones estacionales, además de una estratificación vertical, por lo que esta comunidad tiene una elevada diversidad. Dependiendo del hidrodinamismo y de la profundidad pueden aparecer distintas facies dominadas por algas.

En zonas poco profundas y de fuerte hidrodinamismo es habitual la facies de *Corallina elongata*, o la de *Gelidium sesquipedale* y *Asparagopsis armata*. En zonas más resguardadas, aparece la facies de *Gigartina acicularis*. A mayor profundidad, entre los 10 y 20 m, se instala la facies de *Cystoseira baccata*. En esta comunidad son comunes otras especies de algas, como *Dictyota dichotoma*, *Gigartina acicularis*, *Jania rubens* y *Pterosiphonia complanata*, cnidarios como *Anemonia sulcata*, gasterópodos como *Patella ulyssiponensis*, *Tricolia pullus* y *Bittium reticulatum*, numerosos anélidos poliquetos, sipuncúlidos, crustáceos (como el cirrípedo *Balanus perforatus*), y equinodermos, como el erizo *Paracentrotus lividus*. Además, cada una de las facies contienen una flora y fauna asociada específica.

En la zona de estudio esta comunidad puede observarse en toda la zona infralitoral sobre sustrato duro, desde el límite superior del mismo hasta los 8-10 metros aproximadamente, allí donde los bosques de laminarias tienen una menor densidad. Las algas más comunes son *Halidrys siliquosa*, *Corallina elongata* y *Asparagopsis armata*.

Comunidad de algas fotófilas en ambiente calmo

Se instala en el piso infralitoral superior, en lugares bien iluminados, con escaso hidrodinamismo y sedimentación moderada. Predominan las algas feofíceas, como *Cystoseira tamariscifolia*, que suele estar acompañada de *C. foeniculacea* y *C. humilis*, *Codium spp.* y *Ulva lactuca*. La fauna es bastante diversa, y abundan los pequeños animales sésiles que se fijan a las algas (esponjas, briozoos, ascidias coloniales), y los móviles, que deambulan entre ellas (poliquetos, moluscos, picnogónidos, anfípodos, isópodos, ofiuras, etc.). Entre la macrofauna, pueden encontrarse los gasterópodos *Bolma rugosa* y *Aplysia punctata*, y el pez *Coris julis*.

Esta comunidad, en el área de estudio, ocupa desde el límite superior de la comunidad descrita anteriormente, allí donde la densidad de laminarias es baja, hasta aproximadamente los 20 metros de profundidad. Las especies algales que dominan son las feofita *Halidrys siliquosa* y *Dictyopteris membranacea*, así como las rodofita *Corallina elongata*, *Plocamium cartilagineum* y *Gelidium sesquipedales*.

Comunidad de algas esciáfilas

Aparece en zonas infralitorales con escasa iluminación y a profundidad variable, dependiendo de la transparencia del agua. Las algas más abundantes son las esciáfilas, adaptadas a ambientes umbríos. Pueden distinguirse dos facies, la de *Halopteris filicina* (acompañada de *Phyllophora crispa* y *Peyssonnelia rubra*), presente entre 25 y 50 m en las costas del País Vasco, y la facies de *Calliblepharis ciliata*, presente en las costas atlánticas españolas, por debajo de la comunidad de laminarias. También pueden incluirse dentro de esta comunidad los organismos que habitan bajo las piedras estables de aguas más someras en condiciones esciáfilas. Estos organismos, como las algas calcáreas incrustantes

y la fauna sésil fija a la cara inferior de las piedras, forman lo que suele denominarse comunidad o enclave infalapidícola.

Entre la fauna sésil destacan diversas esponjas (*Halichondria panicea*, *Hymeniacidon sp.*, *Cliona viridis*), anémonas (*Anemonia sulcata*), poliquetos (*Serpula vermicularis*, *Pomatoceros triqueter*), briozoos (*Electra pilosa*) y ascidias coloniales (*Didemnum sp.*, *Botryllus schlosseri* y *B. leachi*). Los animales móviles más comunes son poliquetos errantes de varias familias, polioplacóforos (*Lepidochitona cinerea*, *Acanthochitona crinita*), gasterópodos (*Haliotis tuberculata*, *Diodora graeca*, *Trivia spp.* y numerosos opistobranquios), crustáceos decápodos (*Porcellana platycheles*, *P. longicornis*, *Necora puber*), isópodos (*Gnathia maxilaris*, *Sphaeroma sp.*), asteroideos (*Asterina gibbosa*, *Marthasterias glacialis*, *Asterias rubens*), ofiuroides (*Ophiothrix fragilis*, *Ophiocoma nigra*), equinoideos (*Psammechinus miliaris*, *Paracentrotus lividus*) y el pez *Lepadogaster lepadogaster*.

Esta comunidad, en el área de estudio, ocupa las zonas de sustrato rocoso infralitoral por debajo de los 20 metros y hasta el comienzo de la zona circalitoral (35 metros aproximadamente). También puede encontrarse conjuntamente con los bosques de laminarias más densos a menos profundidad, aprovechando los ambientes umbríos que se forman bajos sus frondes, o en aquellas zonas de relieve más escarpado que permite que se formen este tipo de ambiente. Las especies algales más características son *Lithophyllum Incrustans*, ejemplares de laminarias de pequeño porte y muy dispersas, *Dictyopteris membranacea* y *Dictyota sp.* Entre su fauna destaca la presencia del porífero *Cliona celta* y *Halichondria panicea*, y los equinodermos *Holoturia forskali*, *Sphaerchinus granularis* y *arbacia lixula*. También se han observado varios ejemplares del poliqueto *protula intestinales*.

Comunidad de las cuevas y los túneles submarinos

Las cuevas son más frecuentes en las zonas kársticas o volcánicas (tubos) que en sustratos más duros como los graníticos, por lo que son raras en el norte de España. Pueden encontrarse cuevas a cualquier profundidad, pero las sumergidas permanentemente (infralitorales y circalitorales) poseen unas condiciones muy similares entre sí, con una disminución gradual de la luz en la entrada y una oscuridad total en el interior, parecidas a las condiciones de las comunidades circalitorales. El resto de los factores (corrientes, oxígeno disuelto y alimento), depende de la forma y disposición de la cueva, ya que el suministro de oxígeno y alimento, la eliminación de los desechos y la dispersión de las larvas dependen del movimiento del agua. En las zonas kársticas puede haber un aporte de agua dulce, lo que empobrece el poblamiento de la cueva.

En la entrada de las cuevas infralitorales, donde existe alguna iluminación, suelen instalarse algas como *Plocamium cartilagineum*, *Kallymenia reniformis* y *Phyllophora crispa*; en algunos casos también aparecen laminarias, junto con algas coralináceas. En el interior de las cuevas hay una ausencia total de vegetales, por lo que no existen herbívoros y los depredadores son escasos. Abundan los animales filtradores, especialmente cuando las corrientes transportan alimento (plancton y detritos) al interior de la cueva, y los detritívoros son comunes. Predominan las esponjas (*Clathrina coriacea*, *Leucosolenia botryoides*, *Halichondria panicea*, *Acanthella acuta*), hidrozooos (*Nemertesia antennina*), anémonas (*Sagartia elegans* y *Metridium senile*), otros antozoos en el golfo de Cádiz (*Parazoanthus axinellae*, *Epizoanthus arenaceus* y *Gerardia savaglia*), algunos poliquetos espirórbidos, el cirrípedo *Balanus crenatus*, briozoos (*Pentapora fascialis* en el golfo de Cádiz), el crinoideo *Antedon bifida*, y ascidias (*Polyclinum aurantium*, *Dendrodoa grossularia*, *Clavelina lepadiformis* y otras de la familia

Didemnidae). Entre los animales móviles, destacan el bogavante (*Homarus gammarus*), *Scyllarides latus* y *Scyllarus arctus*, y diversas especies de peces, como la brótola de fango (*Phycis blennioides*).

En la zona de estudio, si bien no existe túneles ni cuevas bien desarrolladas, existen varios corredores submarinos a modo de pequeños cañones. Éstos, debido a la pequeña anchura que presentan, provocan ambiente parecidos a los que se dan en las cuevas submarinas (paredes verticales y con muy poca luz). Se localizan sobre todo en la zona centro-occidental de la zona de estudio. La componente algal es casi nula, estando representado principalmente por rodofitas incrustantes, y el recubrimiento presente lo ofrecen principalmente esponjas, briozoos y cnidarios.).

Comunidad de la roca circalitoral.

Suele encontrarse entre 20 y 50 m de profundidad, pero puede aparecer en zonas más someras cuando la turbidez del agua impide que la luz penetre hasta dicha profundidad. En muchos casos, esta comunidad se asienta sobre bloques rocosos, aislados o en grupos, sobre fondos detríticos o fangosos, de forma similar a la comunidad circalitoral de plataforma del Mediterráneo. Debido a la escasez de luz, predominan los animales, aunque en los niveles superiores también aparecen algas esciáfilas; la fauna varía dependiendo del hidrodinamismo, la turbidez y la topografía del fondo. Es una comunidad compleja de clasificar, ya que las facies que la componen no están dominadas por una sola especie, y muchas de las especies son comunes en las distintas facies.

En los lugares con fuertes corrientes suelen predominar los invertebrados sésiles filtradores. Entre ellos destacan los alcionarios (*Alcyonium spp.*), las gorgonias (*Eunicella verrucosa*, *Lophogorgia sarmentosa* y *Paramuricea clavata*), esponjas, briozoos y ascidias de los géneros *Polycarpa*, *Molgula* o *Microcosmus*. En ocasiones, el poliqueto *Sabellaria spinulosa* puede llegar a formar arrecifes de sabeláridos. En los fondos protegidos del hidrodinamismo suelen sedimentarse limos y, si las condiciones lo permiten, aparecen algas incrustantes e invertebrados raspadores que se alimentan de ellas, braquiópodos (*Neocrania anomala*, *Megerlia truncata* y *Terebratulina retusa*), ascidias solitarias (*Ascidia spp.*, *Ascidella spp.*, *Ciona intestinalis*), algunas esponjas (de los géneros *Geodia* y *Pachastrella*), hidrozoos (*Nemertesia spp.*), ofiuras (*Ophiothrix fragilis*, *Ophiocomina nigra*, *Ophiopholis aculeata* y *Ophiura albida*) y antipatarios (*Antipathes sp.*). Frente a las costas de Cádiz, entre 20 y 70 m de profundidad y sobre bloques rocosos rodeados de sedimento, aparece una facies del coral *Dendrophyllia ramea*, sustituido por *D. cornigera* a mayor profundidad. Algunas de las especies móviles típicas de esta comunidad son la langosta (*Palinurus elephas*), el bogavante (*Homarus gammarus*) y el erizo *Centrostephanus longispinus* (en el golfo de Cádiz).

En la zona de estudio, se desarrolla sobre el sustrato rocoso a partir de los 35-38 metros. Presenta un relieve suave, con acumulaciones de sustrato sedimentario allí donde la configuración lo permite (cubetas submarinas). La vegetación erecta es nula, estando la roca cubierta en su mayoría por rodofitas incrustantes (principalmente *Lithophyllum incrustans*). Entre la fauna destaca el porífero *Ciona celata* y los equinodermos *Holoturia forskali* y *Arbacia lixula*.

Comunidad de las arenas infralitorales.

Las arenas infralitorales se encuentran en zonas someras de ambiente calmado o batido. La granulometría del sedimento y, por tanto, la fauna asociada a éste, dependen del hidrodinamismo de la zona. La ausencia de macrofitos es generalizada. En la parte superior del piso infralitoral, en ambiente calmo y en sedimentos de arenas medias o finas con poca materia orgánica y buena oxigenación, aparece una facies muy característica del litoral atlántico español denominada “comunidad boreal-lusitana de Tellina”, donde dominan los bivalvos *Tellina tenuis* y *Cerastoderma edule* y el poliqueto *Nephtys cirrosa*. La fauna acompañante la forman los poliquetos *Scolaricia tipica*, *Spio martinensis* o *S. decoratus*, y anfípodos de los géneros *Urothoe* y *Bathyporeia*.

En las zonas más profundas la fauna puede ser más variable, destacando por su abundancia y diversidad el grupo de los bivalvos, entre los que se encuentran varias especies de interés comercial, como el berberecho (*Cerastoderma edule*), la coquina (*Donax trunculus*), las navajas (*Ensis spp.* y *Solen marginatus*), el almejón (*Callista chione*) y las almejas (*Venerupis pullastra*, *Tapes rhomboides* y *T. decussatus*). Otros bivalvos frecuentes son *Acanthocardia aculeata*, *Spisula solida*, *Mactra corallina*, *Tellina tenuis* y *T. crassa*. Otras especies a destacar son los gasterópodos *Gibbula magus* y *Euspira catena*, los poliquetos *Lanice conchilega*, *Nephtys hombergii* y *Lumbrinereis impatiens*, los crustáceos *Carcinus maenas*, *Atelecyclus undecimdentatus*, *Portumnus latipes* y *Diogenes pugilator*, la estrella *Astropecten irregularis* y el erizo irregular *Echinocardium cordatum*.

Esta comunidad está mínimamente representada en la zona de estudio, encontrándose localizada en la zona sureste, entre las batimétricas de 9 y 15 metros.

Comunidad de los fondos detríticos costeros

Ocupa una gran parte de la plataforma continental (desde unos 30 a 100 m de profundidad) y se asienta sobre gravas biógenas procedentes de la destrucción de organismos (algas calcáreas y esqueletos calcáreos de equinodermos, moluscos y briozoos), además de una fracción arenoso-fangosa que rellena los intersticios. Si la deposición de sedimentos finos es elevada, los fondos detríticos costeros desaparecen y son reemplazados por los fondos de fangos detríticos o los fondos de fangos terrígenos de la plataforma. Esta comunidad posee una alta diversidad y abundancia de organismos, y en ella pueden aparecer numerosas facies.

Además de las especies que forman estas facies, la comunidad de los fondos detríticos costeros tiene una composición específica característica donde dominan las algas y los equinodermos. Entre las algas se encuentran, además de las especies citadas, *Cryptonemia tunaeformis* y *Lithothamnion fruticosum*. Hay una gran diversidad de animales, como esponjas (*Cliona viridis*, *Hemimycale columella*, *Spongia agaricina*), hidrozoo (*Aglaophenia acacia*), ceriantarios (*Cerianthus membranaceus*), gorgonias (*Lophogorgia spp.*, *Paramuricea clavata*, *Eunicella spp.*, entre otras), gasterópodos (*Bolma rugosa*, *Turritella turbona*, *Charonia lampas*), bivalvos (*Pinna nobilis*, *Chlamys varia*, *Tapes decussatus*, *Venus spp.*), poliquetos (*Hyalinoecia tubicola* y *Sabella spallanzanii*), decápodos (*Calappa granulata*, *Dardanus calidus*, *Paguristes oculatus*, *Maja spp.*), briozoos (*Pentapora fascialis*, *Caberea boryi*, *Rynchozoon neapolitanum*, entre otros), foronídeos (*Phoronis australis*) y ascidias (*Phallusia fumigata*, *Aplidium spp.*, *Pseudodistoma spp.*, *Diazona violacea*, *Microcosmus sabatieri*). Entre los equinodermos, se hallan diversas estrellas de mar (*Anseropoda placenta*, *Astropecten spp.*, *Chaetaster longipes*, *Marthasterias glacialis*, *Echinaster sepositus*), ofiuras

(*Ophioderma longicaudum*, *Ophiopsila spp.* y *Astrospartus mediterraneus*), erizos irregulares (*Spatangus purpureus* y *Brissus unicolor*), crinoideos (*Antedon bifida*) y holoturias (*Holothuria spp.*).

Si bien como se ha expuesto, esta comunidad presenta un gran diversidad y riqueza, el desarrollo en la zona de estudio es escaso. Ello se debe a que el sustrato está compuesto de detritos de pequeño tamaño (no más de 2-3 mm) y la ausencia de bolos o guijarros que permitan el asentamiento de otro tipo de organismos (algas calcáreas, etc...). Dentro de la zona de estudio se localiza en el paleocanal que atraviesa desde el sureste al noroeste, entre la batimétricas de -35 y -50 metros aproximadamente.

Comunidad de las arenas fangosas Circalitorales

Aparece en lugares semirresguardados o protegidos, prácticamente sin corrientes, a profundidades de 10 a 50 m. Las especies más comunes son los poliquetos *Nephtys sp.* y *Spiophanes bombyx*, el bivalvo *Abra alba*, el gasterópodo *Charonia lampas*, ofiuras (*Amphiura spp.*, *Ophiura spp.*), y el erizo irregular *Echinocardium cordatum*. Se distinguen diferentes facies, como la de *Abra alba* y *Corbula gibba*, sobre sedimentos arenoso-fangosos o mixtos, la de *Amphiura filiformis* y *Echinocardium cordatum*, en arena limpia o ligeramente fangosa y la de *Virgularia mirabilis*, *Ophiura albida* y *O. ophiura*, que tiene una diversidad alta, sobre todo si hay sedimento grueso donde puedan establecerse epibiontes.

En la zona de estudio, esta comunidad se localiza entre las batimétricas de -50 y -55 metros, en la zona noroccidental, formando parte del paleocanal descrito anteriormente.

5.3 ESTUDIO DE ESPECIES PROTEGIDAS

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

Debido al área de distribución y al hábitat que ocupan estas especies, en la zona de estudio solo es posible encontrar 1 de las 5 especies catalogadas como amenazadas; *Charonia lampas*, no habiéndose observado ningún ejemplar de la misma.

Al igual que en el caso anterior, existen 4 especies de invertebrados marinos (*Aplysina ssp.*, *Axinella polipoides*, *Pholas dactylus*, y *Schilderia achantidea*) que tienen un régimen de protección especial por estar incluidos en el *Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial* y en el *Real Decreto 139/2011, de 4 de febrero* que desarrolla el mismo (LESRPE). Estos, por su área de distribución, así como por su hábitat, podrían encontrarse en la zona de estudio. Tras los muestreos llevados a cabo, no se ha observado ninguna de estas especies.

5.3.1 HÁBITATS DE INTERÉS COMUNITARIO

En la actualidad cinco tipos de hábitats marinos figuran en el Anexo I de la Directiva Hábitats (92/43/CEE) como tipos de hábitats naturales de interés comunitario cuya conservación requiere la designación de Zonas Especiales de Conservación (ZEC): Aguas marinas y medios de marea:

- 1110: Bancos de arena cubiertos permanentemente por agua marina, poco profunda
- 1120*: Praderas de Posidonia (*Posidonium oceanicae*)
- 1170: Arrecifes
- 1180: Estructuras submarinas causadas por emisiones de gases
- 8330: Cuevas marinas sumergidas o semisumergidas

En las distintas zonas de estudio se ha constatado, mediante los muestreos realizados, la ausencia de bancos de arenas, fanerógamas marinas, o estructuras submarinas causadas por la emisión de gases, por lo que los hábitats que podrían estar presentes son el 1170 y 8330.

Respecto a los HIC 1170 y 8330 se asociarían al sustrato rocoso.

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

"1. PRESENTACIÓN GENERAL

1.1 Código y nombre

1170 Arrecifes

1.2 Definición

Los arrecifes son todos aquellos sustratos duros compactos que afloran sobre fondos marinos en la zona sublitoral (sumergida) o litoral (intermareal), ya sean de origen biogénico o geológico. Los arrecifes pueden presentar toda una zonación batimétrica de comunidades bentónicas, entre las que se incluyen concreciones de origen biogénico. **Clarificaciones:** ■ **Se consideran bajo la denominación de arrecifes todos aquellos sustratos duros compactos de origen biológico o geológico (se excluyen los arrecifes artificiales, espigones, etc.), cualquiera que sea su topografía o distribución batimétrica.** ■ Los sustratos duros compactos son rocas (incluyendo rocas blandas, como calizas y arcillas), bloques y cantos (generalmente mayores de 64 mm de diámetro). ■ Las concreciones biogénicas se definen como cualquier tipo de concreción originada por animales vivos o muertos (algas calcáreas, cirrípedos, gasterópodos verméticos, bancos de bivalvos, poliquetos serpúlidos, bancos de corales, etc.) y que proporcionan un hábitat para especies tanto epibiontes como endobiontes. ■ De origen geológico significa que los arrecifes están formados por un sustrato de origen no biológico."

Por todo lo visto, la casi totalidad de la zona estudiada (todo el sustrato rocoso) es considerado HIC 1170. El sustrato rocoso natural de la zona de estudio, presenta zonas con veriles acusados localizados la mayoría de ellos en la zona más occidental, presentando pendientes en ocasiones que superan los 70 °, lo que hace que en esas zonas, pueda localizarse el HIC 8330.

5.4 VALORACIÓN ECOLÓGICA

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

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

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

Criterios ponderados de valoración ecológica

- *Importancia ecológica intrínseca de la comunidad.* Para valorar este criterio se ha tenido en cuenta la importancia reconocida *a priori* a cada biocenosis, según su grado de complejidad y estructuración trófica. El peso relativo de una determinada comunidad, en un compartimento específico dentro de un sistema biológico, es variable. Por consiguiente, se asigna el máximo valor a comunidades altamente diversas, complejas y productivas, situando en el extremo superior de la valoración a las praderas de fanerógamas marinas, biocenosis clímax de coralígeno o precoralígeno, etc., y en el extremo inferior a biocenosis desnudas de arenas fangosas contaminadas de baja o nula diversidad. El *factor de ponderación* aplicado es 1.
- *Estado de desarrollo de la comunidad.* Se valora el estado actual de conservación y desarrollo en que se encuentra la biocenosis. En la asignación de un determinado valor, como criterio se han tenido en cuenta la riqueza específica, la diversidad biológica y la complejidad, en relación con su potencial máximo. Se aplica un *factor de ponderación* de 1,5.
- *Amplitud relativa de la comunidad en la zona.* Estima la importancia de su extensión con relación al total de la zona estudiada. *Coficiente de ponderación* de 0,5.
- *Singularidad.* Con este parámetro se valora la escasez de la comunidad concreta en un entorno geográfico cercano y de características similares. Se pondera con un *coeficiente* de 0,5.
- *Presencia de especies indicadoras de una buena calidad del medio.* Se ha asignado especial importancia a la presencia o ausencia de determinados bioindicadores, referidos en las publicaciones especializadas. En este caso se ha empleado para el sustrato rocoso la GUÍA DE

VIGILANCIA AMBIENTAL DE LOS FONDOS ROCOSOS DE LAS ÁREAS MARINAS PROTEGIDAS Y ZONAS ALEDAÑAS EN EL MEDITERRÁNEO - *Guía de identificación y seguimiento de especies-objeto sésiles y bentónicas (fondos rocosos), sensibles a perturbaciones, orientada a buceadores científicos, profesionales y deportivos, universitarios vinculados a la temática, empresas especializadas y administraciones públicas relacionadas con el medio ambiente y, en general, a todos aquéllos comprometidos con la gestión, estudios de impacto, vigilancia y conservación del medio litoral.* – (2015, José Carlos García-Gómez Laboratorio de Biología Marina (Departamento de Zoología) Facultad de Biología, Universidad de Sevilla Área de Investigación Biológica I+D+i del Acuario de Sevilla). Se aplica un *factor de ponderación* de 1.

- *Presencia de especies protegidas o de especial interés.* Se asigna el valor máximo a la presencia de una especie amenazada incluida en el “Catálogo nacional de especies amenazadas (en adelante CNEA)”, protegida incluida en el “Listado de especies silvestres en régimen de protección especial (en adelante LESRPE) o, al menos, considerada de especial interés o de recomendada conservación por parte de la comunidad científica (Libro rojo). Las comunidades estructuradas a partir de praderas de fanerógamas reciben de por sí distintos grados de protección a distintos niveles administrativos, por lo que estarían más valoradas en este punto. Debido a su importancia, el *factor corrector a aplicar* es de 2.
- *Poblamiento íctico y recursos vivos.* Se valora de la presencia de especies de interés comercial y potencialmente explotables, lo sean de hecho o no. Los censos realizados, han servido para adjudicar un valor a este apartado. El *factor de ponderación* aplicado es 1.
- *Capacidad de recuperación.* Este criterio es el más directamente implicado en la estimación del grado de fragilidad. Aquí se valora el tiempo estimado para la regeneración de la comunidad, en caso de verse afectada por posibles alteraciones. Este valor temporal puede estimarse en más de 75 años para el caso de praderas de *Posidonia oceanica*, en torno a los 25 para precoralígeno y coralígeno clímax y en unos pocos años para los fondos blandos desnudos. Por tanto, este criterio se aplica de forma inversa. Este es el segundo punto en el que se aplicará un *coeficiente de ponderación* de 1,5.
- *Paisaje submarino y valor testimonial.* Este criterio, ciertamente subjetivo, es secundario, aunque válido a la hora de fijar cierto grado de singularidad a una determinada biocenosis. Califica la belleza del paisaje submarino, entendiendo ésta como una cualidad perceptual que aporta al medio un valor añadido, desde el punto de vista de su uso como lugar de esparcimiento y ocio. *Factor de ponderación* de 0,5.

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

Aplicación de los criterios para la valoración ecológica

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

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

Tabla 4. Valoración ecológica

Comunidad	FP	AI	Valor	AFCI	Valor	FDC	Valor	AFB+AFC+BL	Valor	AE+BL	Valor	CTS	Valor	RC	Valor
Importancia ecológica	1	Sin cobertura vegetal Sin cobertura animal Sedimentos libres	2	Sin cobertura vegetal Sin cobertura animal Sedimentos más estables	3	Sin cobertura vegetal Sin cobertura animal Sedimentos libres	2	Con cobertura vegetal y animal	4	Con cobertura vegetal y animal	4	Con cobertura vegetal baja Cobertura animal media-baja	2	Con cobertura vegetal Cobertura animal media-baja	3
Estado de desarrollo	1,5	Valores muy bajos	1,5	Valores bajos	3	Valores bajos	3	Valores altos	6	Valores altos	6	Valores medios	4,5	Valores medios	4,5
Amplitud relativa	0,5	Amplitud muy baja (1,2 % del total)	0,5	Amplitud baja (0,9 % del total)	0,5	Amplitud baja (3,8 % del total)	1	Amplitud muy alta (49 % del total)	2,5	Amplitud alta (24,3 % del total)	2	Amplitud muy baja (0,4 % del total)	0,5	Amplitud alta (20,1 % del total)	2
Singularidad	0,5	poco singular	1	Medianamente singular	1,5	Medianamente singular	1,5	Muy poco singular	0,5	Muy poco singular	0,5	Muy poco singular	0,5	Muy poco singular	0,5
Especies indicadoras de calidad	1	No	1	No	1	No	1	<i>Lithophyllum expnasum</i> <i>Laminaria ochroleuca</i> <i>Saccorhiza polischides</i> <i>Cystoseira sp</i> <i>Sphaerococcus coronopifolius</i>	4	<i>Lithophyllum expnasum</i> <i>Laminaria ochroleuca</i> <i>Saccorhiza polischidesp</i> <i>Sphaerococcus coronopifolius</i>	3	<i>Lithophyllum expnasum</i>	2	<i>Lithophyllum expnasum</i> <i>Axinella sp</i>	2
Presencia de especies protegidas	2	No	2	No	2	No	2	No	2	No	2	No	2	No	2
Poblamiento íctico y recursos vivos	1	No	1	No	1	No	1	Erizos Ortiguilla	3	Erizos Ortiguilla	3	Erizos	1	Erizos	2
Capacidad de recuperación	1,5	1 año	3	1 año	3	1 año	3	>1año	4,5	>1año	4,5	>1año	4,5	>1año	4,5
Paisaje submarino y valor testimonial	0,5	Muy bajo	0,5	Muy bajo s	0,5	Muy bajo s	0,5	Cobertura vegetal diversa	1,5	Cobertura vegetal diversa y orografía escarpada	2	orografía escarpada y fauna esciáfila	2	Cobertura de rodofitas calcáreas, y bajo relieve	1
Valor científico	0,5	No vegetada No existe sustrato rocoso ni cobertura animal	0,5	No vegetada No existe sustrato rocoso ni cobertura animal	0,5	No vegetada No existe sustrato rocoso ni cobertura animal	0,5	Vegetada Cobertura animal	1,5	Vegetada Cobertura animal	1,5	Rodofitas calcáreas y cobertura animal	1	Rodofitas calcáreas y cobertura animal	1
Valoración (media)			1,3		1,6		1,55		2,95,		2,85		2,0		2,25

- Según la escala de valoración aplicada 3 comunidades, AI, AFCI y FDC, presentarían una fragilidad ecológica Baja-Muy baja:

Ambas están constituidas por arenas sin vegetar. La primera de ellas, se ve sometida a la influencia del oleaje, que le confiere un grado de desarrollo intrínseco bajo o muy bajo. Además, el bajo poblamiento íctico, la alta capacidad de recuperación, y la ausencia de especies indicadores de buena calidad, así como de especies protegidas, indican su escaso grado de desarrollo.

- Según la escala de valoración aplicada la comunidad CTS presentarían una fragilidad ecológica Baja:

Como ya se ha comentado, esta comunidad tiene un escaso grado de desarrollo, ya que la orografía de la zona no hace que las condiciones sean idóneas para que se desarrolle. Puede observarse como las especies presentes en él son muy parecidas a las de la comunidad AE, pero con menor riqueza específica, por lo que su fragilidad ecológica será algo menor a la de dicha comunidad. Su extensión en la zona es testimonial y además la ausencia de especies protegidas o indicadoras de calidad, así como el bajo poblamiento íctico y recursos vivos presentes, limitan su fragilidad ecológica.

- Según la escala de valoración aplicada la comunidad, RC presentarían una fragilidad ecológica Media-Baja:

A pesar de su extensión y el grado de desarrollo medio que presentan, la ausencia de especies protegidas o indicadoras de calidad, la baja singularidad, así como el bajo poblamiento íctico y recursos vivos presentes, limitan su fragilidad ecológica.

- Según la escala de valoración aplicada la combinación de las comunidades AFB+AFC+BL, y AE+BL presentaría una fragilidad ecológica Media:

A pesar de su extensión y el grado de desarrollo medio que presenta la ausencia de especies protegidas, especies ictiológicas y su baja singularidad en la zona, limitan su fragilidad ecológica.

6 CONCLUSIONES

6.1.1 RESULTADO DE LOS MUESTREOS EN INMERSIÓN Y VÍDEO REMOLCADO

La zona infralitoral se ha inspeccionado con vídeo remolcado e inmersiones. Mientras que las grabaciones mediante video remolcado han cubierto una zona comprendida entre los 9 y los 51 metros de profundidad, las inmersiones mediante escafandra autónoma, por sus limitaciones propias, no se han realizado más allá de los 35 metros

Se han llevado a cabo un total de 3 transectos mediante video remolcado (además de 12 grabaciones puntuales en deriva) y 9 inmersiones. Las primeras han cubierto toda el área de estudio, realizándose perpendicularmente a costa y separadas entre ellas aproximadamente 500 metros. En el caso de las inmersiones, se han realizado 3 sobre cada uno de los transectos descritos anteriormente, aproximadamente a las cotas de 10, 20 y 30 metros. En todos los casos se han llevado a cabo sobre bosques de laminarias (BL), en ocasiones con mayor o menor densidad en laminariales, lo que ha determinado que según la profundidad aparezcan combinadas con otras comunidades como son las de algas fotófilas en ambientes batidos (AFB), algas fotófilas en ambientes calmo (AFC) y algas esciáfilas (AE).

Además de las comunidades citadas, y mediante el visionado de las grabaciones con video remolcado, se ha podido identificar otros tipos de biocenosis sobre sustrato duro como son la de la roca circalitoral (RC), que aparece a partir de los 35-40 y metros y se extiende hasta el límite de la zona de estudio, y la de cuevas y túneles submarinos (CTS). Esta última tiene un bajo desarrollo ya que no llegan a formarse cuevas bien desarrolladas en la zona, pero si pequeños y estrechos cañones con pendientes de hasta 70º que crean ambientes donde se pueden instales especies propias de esa comunidad, sobre todo en la zona centro-occidental.

Por último, y también a través de las imágenes proporcionadas por el video remolcado, aunque con una superficie mínima con respecto a la totalidad del área estudiada, se han identificado tres tipos de comunidades asentadas sobre sustrato blando; la comunidad de arenas infralitorales (AI), la comunidad de arenas fangosas circalitorales (AFCI) y la comunidad de fondos detríticos cotereros (FDC). Mientras que la primera de ellas se encuentra localizada en la zona sureste, entre las batimétricas de 9 y 15 metros, la segunda se localiza entre los 35 y los 50 metros formando parte del relleno de un paleocanal que cruza de sureste a noroeste la zona de estudio. Por último la comunidad FDC, localizándose también el paleocanal, ocupa las zona mas profunda del mismo (entre 50 y 55 metros)

En cuanto a la cobertura vegetal encontrada, en la zona fotófila destacan las feofitas, representadas principalmente por laminariales (principalmente *saccorhiza polyschides*), y las especies *Halidrys siliquosa* y *Dictyopteris membranacea*. entre las rodofitas destacan *Gelidium sesquipedales*, *Plocamium cartilagineum*, *Corallina elongata* y *Lithophyllum incrustans*. A medida que se va ganado profundidad hay determinadas especies como *Halidrys siliquosa* que van desapareciendo dando paso a otras especies como gelidiales y ceramiales. Ya en la zona circalitoral desaparecen por completo las algas erectas, dando paso a un recubrimiento de la piedra formado por rodofitas incrustantes.

En lo referente a la fauna, destaca la presencia del anélido *protula intestinalis*, los poríferos *Cliona celta* y *halichondria panicea*, los equinodermos *Paracentrotis lividus*, *arbacia lixula*, *Sphaerechinus*

granularis y *holoturia forskali*, y el briozoo *Menbranipora membranacea*, este último sobre las frondes de las laminarias.

La fauna ictiológica observada ha sido prácticamente nula, salvo alguna especie de labridos y algunos blénidos.

La mayor riqueza específica se ha encontrado allí donde se encuentran las combinaciones de las comunidades fotófilas y esciafilas, es decir, allí donde se combinan las comunidades de bosques de laminarias con las de algas fotófilas o algas esciafilas (BL+AEB+AEC y BL+AE), llegándose a valores de riqueza específica de 37

Las zonas sedimentarias presentan menor riqueza específica, al estar desprovistas de vegetación y estar constituidas por un sustrato más homogéneo.

6.1.2 CARTOGRAFÍA BIONÓMICA

Comunidades de sustrato rocoso:

- Biocenosis de algas fotófilas en ambiente batido (AFB)
- Biocenosis de algas fotófilas en ambiente calmo (AFC)
- Biocenosis de bosques de laminarias (BL)
- Biocenosis de algas esciafilas (AE)
- Biocenosis de cuevas y túneles submarinos (CTS)
- Biocenosis de la roca circalitoral (RC)

Comunidades se sustrato sedimentario:

- Comunidad de arenas infralitorales (AI)
- Comunidad de las arenas fangosas circalitorales (AFCl)
- Comunidad de los fondos detríticos enfangados (FDC)

6.2 ESTUDIO DE ESPECIES PROTEGIDAS

Tras los muestreos llevados a cabo, de las 5 especies amenazadas o protegidas que es posible encontrar en la zona, *Charonia lampas*, *Aplysina ssp*, *Axinella polipoides*, *Pholas dactylus*, y *Schilderia achantidea*, no se ha observado la presencia de ninguna de ellas.

En relación a la vegetación, si bien existen varias especies de algas listadas en el LESRPE, en todos los casos hacen relación a las comunidades mediterráneas.

6.2.1 HÁBITATS DE INTERÉS COMUNITARIO

En la actualidad cinco tipos de hábitats marinos figuran en el Anexo I de la Directiva Hábitats (92/43/CEE) como tipos de hábitats naturales de interés comunitario cuya conservación requiere la designación de Zonas Especiales de Conservación (ZEC): Aguas marinas y medios de marea:

- 1110: Bancos de arena cubiertos permanentemente por agua marina, poco profunda
- 1120*: Praderas de Posidonia (*Posidonium oceanicae*)
- 1170: Arrecifes
- 1180: Estructuras submarinas causadas por emisiones de gases
- 8330: Cuevas marinas sumergidas o semisumergidas

En las distintas zonas de estudio se ha constatado, mediante los muestreos realizados, la ausencia de bancos de arenas, fanerógamas marinas, o estructuras submarinas causadas por la emisión de gases, por lo que los hábitats que podrían estar presentes son el 1170 y 8330.

Respecto a los HIC 1170 y 8330 se asociarían al sustrato rocoso no artificial

Por todo lo visto, la casi totalidad de la zona estudiada (todo el sustrato rocoso) es considerado HIC 1170. El sustrato rocoso natural de la zona de estudio, presenta zonas con veriles acusados localizados la mayoría de ellos en la zona más occidental, presentando pendientes en ocasiones que superan los 70 º, lo que hace que, en esas zonas, pueda localizarse el HIC 8330.

6.3 VALORACIÓN ECOLÓGICA

- Según la escala de valoración aplicada 3 comunidades, AI, AFCl y FDC, presentarían una fragilidad ecológica Baja-Muy baja:

Ambas están constituidas por arenas sin vegetar. La primera de ellas, se ve sometida a la influencia del oleaje, que le confiere un grado de desarrollo intrínseco bajo o muy bajo. Además, el bajo poblamiento íctico, la alta capacidad de recuperación, y la ausencia de especies indicadores de buena calidad, así como de especies protegidas, indican su escaso grado de desarrollo.

- Según la escala de valoración aplicada la comunidad CTS presentarían una fragilidad ecológica Baja:

Como ya se ha comentado, esta comunidad tiene un escaso grado de desarrollo, ya que la orografía de la zona no hace que las condiciones sean idóneas para que se desarrolle. Puede observarse como las especies presentes en él son muy parecidas a las de la comunidad AE, pero con menor riqueza específica, por lo que su fragilidad ecológica será algo menor a la de dicha comunidad. Su extensión en la zona es testimonial y además la ausencia de especies protegidas o indicadoras de calidad, así como el bajo poblamiento íctico y recursos vivos presentes, limitan su fragilidad ecológica.

- Según la escala de valoración aplicada la comunidad, RC presentarían una fragilidad ecológica Media-Baja:

A pesar de su extensión y el grado de desarrollo medio que presentan, la ausencia de especies protegidas o indicadoras de calidad, la baja singularidad, así como el bajo poblamiento íctico y recursos vivos presentes, limitan su fragilidad ecológica.

- Según la escala de valoración aplicada la combinación de las comunidades AFB+AFC+BL, y AE+BL presentaría una fragilidad ecológica Media:

A pesar de su extensión y el grado de desarrollo medio que presenta la ausencia de especies protegidas, especies ictiológicas y su baja singularidad en la zona, limitan su fragilidad ecológica.

7 NOTAS Y FIRMAS FINALES

El presente documento ha sido realizado en la Delegación Andalucía de TECNOAMBIENTE, sita en Jerez de la Frontera, Cádiz. Los autores de dicho documento ambiental han sido:

Autor	Titulación	DNI
Mario Barrientos Márquez	Lcdo. Ciencias del Mar Buceador profesional	31.259.824 H

Jerez de la Frontera, a 11 de noviembre de 2020



Mario Barrientos Márquez

Departamento de Consultoría y Estudios

8 BIBLIOGRAFÍA

AUGIER, H. 1981. Étude et cartographi e des peuplements benthiques de l'île de Porquerolles (Méditerranée, France). II. L'anse de Port-Fay et la calanque de la Grotte. *Travaux de la Station de Biologie Marine de Porquerolles*, 7: 103-117.

BORJA et AL., 2000. A Marine Biotic Index to Establish the Ecological Quality of Soft-Bottom Benthos Within European Estuarine and Coastal Environments *Marine Pollution Bulletin* 40(12):1100-1114

GOMEZ-GESTEIRA et al., 2003. Taxonomic sufficiency: An overview of its use in the monitoring of sublittoral benthic communities after oil spills. *Marine Pollution Bulletin* 46(5):552-5

GRAY, W. D. (2000). The nature and processing of errors in interactive behavior. *Cognitive Science*, 24(2), 205-248.

HILL, M, 1973. Diversity and Evenness: A Unifying Notation and Its Consequences. *Ecology* 54(2):427-432

KREBS, C. 1985. *Ecología: Estudios de la distribución y abundancia*. Harla. México. 753 p.

KRUSKAL J.B. 1964. Nonmetric multidimensional scaling: a numerical method. *Psychometrika* 29: 115-129.

MEINESZ, A., CUVELIER, M. & LAURENT, R. 1981. Méthodes récentes de cartographie et de surveillance des herbiers de Phanérogames marines. *Vie Milieu*, 31 (1): 27-34.

RAMOS, A.A. 1985. Contribución al conocimiento de las biocenosis bentónicas litorales de la Isla Plana o Nueva Tabarca (Alicante). In: *La reserva marina de Isla Plana o Nueva Tabarca (Alicante)*. (RAMOS, A.A., ed.): 111 - 147. Ayuntamiento de Alicante- Universidad de Alicante.

ZABALA, M., OUVELLA, I., GIU, J.M. & ROS, J.O. 1982. Un intento de tipificación metodológica en el estudio del bentos marino accesible en escafandra autónoma. *Actas I Simp. Ibér. Est. Bentos Marino*, II: 961 - 982.

ANEXOS

ANEXO I. LEVANTAMIENTO BATIMÉTRICO

ANEXO II. CARTOGRAFÍA BIONÓMICA

ANEXO III. REPORTAJE FOTOGRÁFICO TRANSECTOS DE VIDEO

LEVANTAMIENTO BATIMÉTRICO

CARTOGRAFÍA BIONÓMICA

REPORTAJE FOTOGRÁFICO TRANSECTOS DE VIDEO

8.1 ANEXO I. REPORTAJE FOTOGRÁFICO



Ilustración 22. Comunidad AI.



Ilustración 23. Comunidad de bosques de laminarias (BL)/algas fotófilas en ambiente calmo(AFC).



Ilustración 24: Comunidad AFC.



Ilustración 25. Comunidad de algas esciáfilas (AE).



Ilustración 26. Zonas de transición entre comunidades de fondos detríticos costeros (FDC) y roca circalitoral (RE).



Ilustración 27. Comunidad FDC.



Ilustración 28. Comunidad RC.



Ilustración 29. Comunidad RC.



Ilustración 30. Comunidad BL.



Ilustración 31. Comunidad RC.



Ilustración 32. Comunidad de arenas fangosas circalitorales AFCI.



Ilustración 33. Comunidad de arenas fangosas circalitorales AFCI.



Ilustración 34. Parches de en la comunidad RC.



Ilustración 35. Comunidad RE con orografía muy suave y acumulaciones de arena.



Ilustración 36. Comunidad RC.



Ilustración 37. Comunidad BL+AFC.



Ilustración 38. Detalle del sustrato de la comunidad FDC.

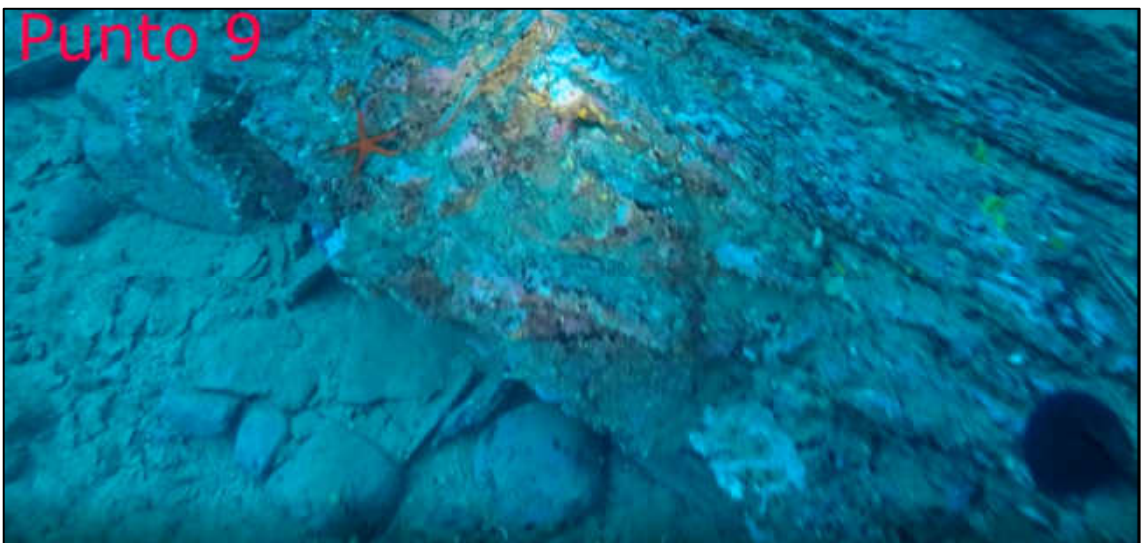


Ilustración 39. Comunidad RC. *Equinaster sepositum*.



Ilustración 40. Comunidad RC. *Holoturia forkali*.

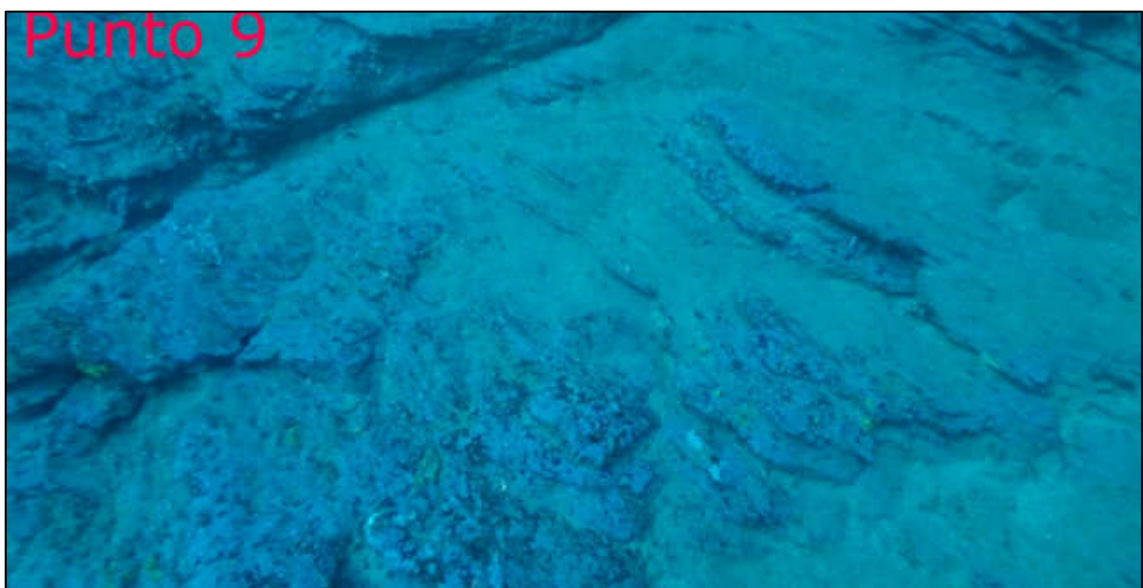


Ilustración 41. Comunidad RC.



Ilustración 42. Comunidad RC. *Arbacia lixula*.

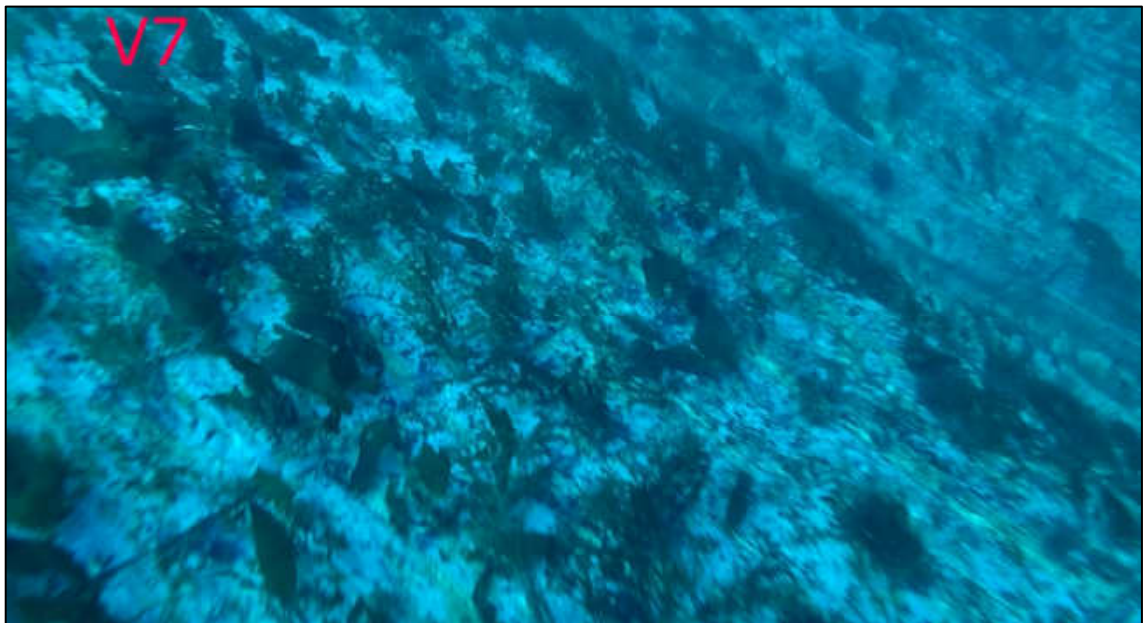


Ilustración 43. Comunidad AE con laminarias de bajo porte.

Ilustración 44. Comunidad



Ilustración 45. Comunidad de FDC.

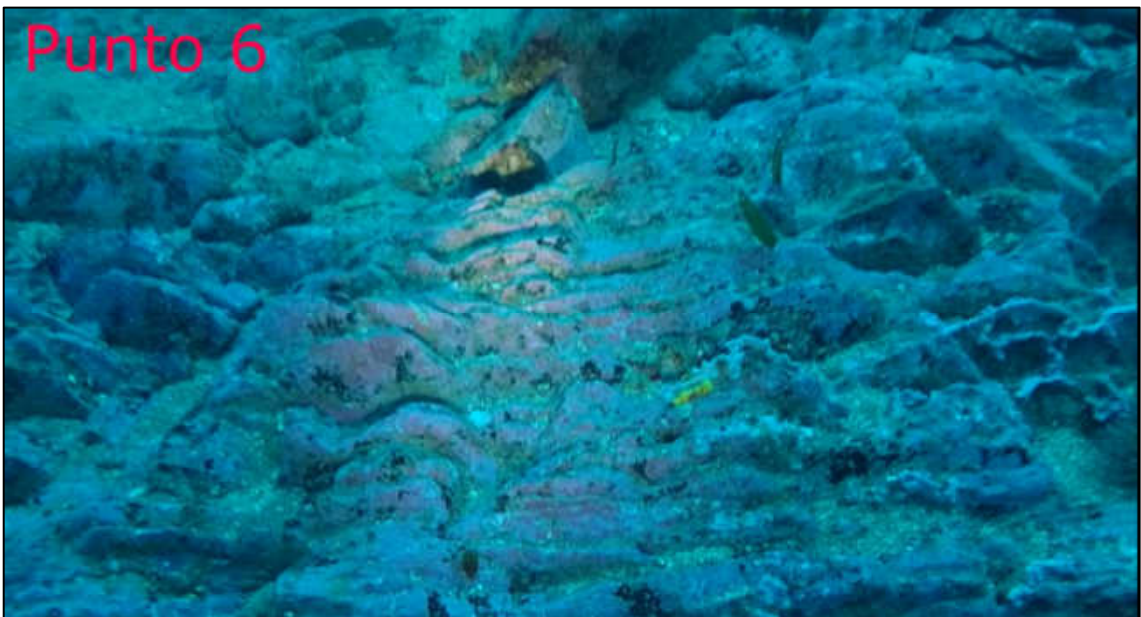


Ilustración 46. Comunidad RE

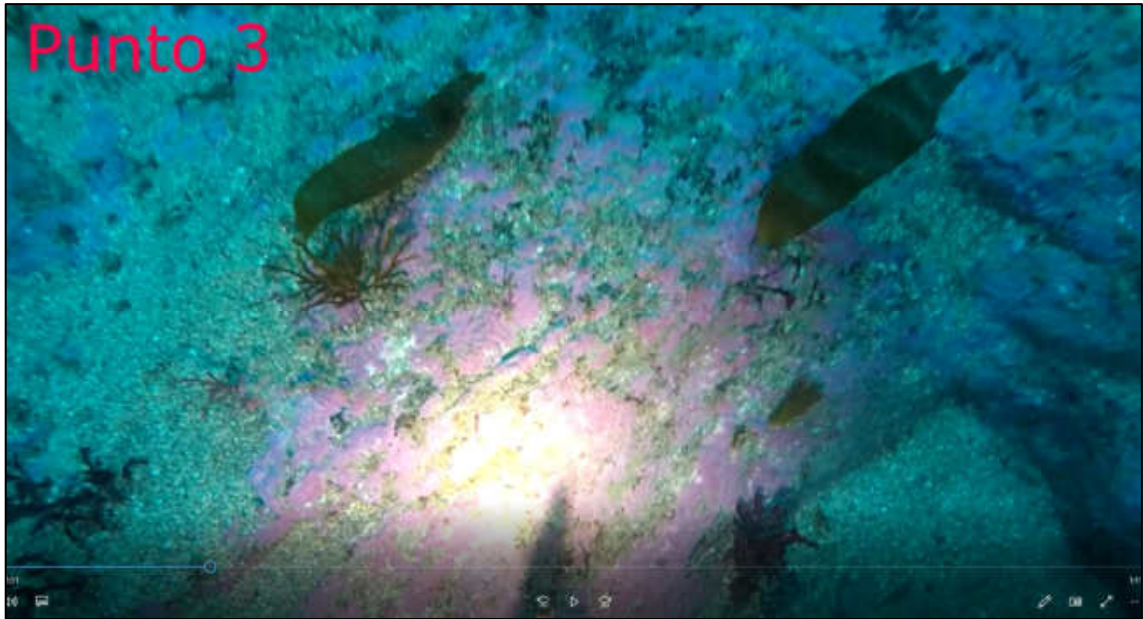


Ilustración 47. Comunidad AE con presencia de laminarias de baja porte.



Ilustración 48. *Phyllophora cripsa*.



Ilustración 49. *Holoturia tubulosa*.

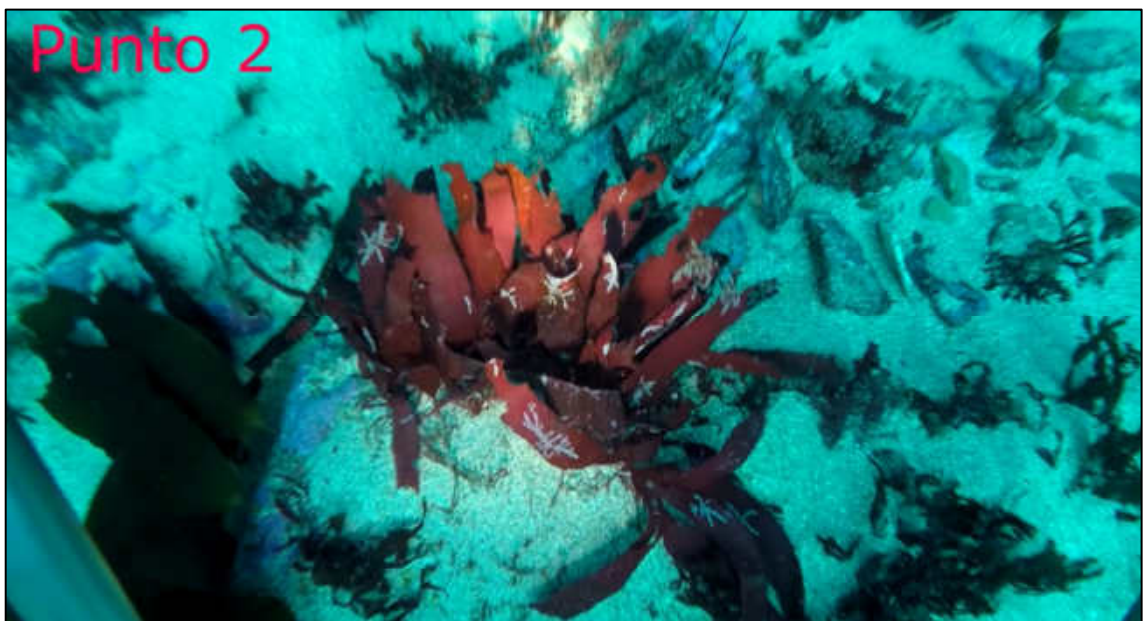


Ilustración 50. *Palmaria palmata*.



Ilustración 51. *Sacorriza polischides*.

ANEXO IV

ESTUDIO DE LA CALIDAD SEDIMENTOLOGICA E HIDROLOGICA DE LA COLUMNA DE AGUA

ESTUDIO DE LA CALIDAD SEDIMENTOLÓGICA E HIDROLÓGICA DE LA COLUMNA DE AGUA

PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE UN EMISARIO SUBMARINO PARA LA EVACUACIÓN DE AGUA Y LODOS PROCEDENTES DE LA EXPLOTACIÓN SUBTERRÁNEA DEL YACIMIENTO DE SALAVE

NOVIEMBRE 2020



Promotor:

**EXPLORACIONES MINERAS DEL
CANTÁBRICO S.L.**

Término municipal: Tapia de Casariego



Índice

1.	CARACTERIZACIÓN DE LA COLUMNA DE AGUA.....	3
1.1.	MARCO NORMATIVO	3
1.2.	ESTADO DE LA MASA DE AGUA	5
1.3.	EVALUACIÓN DEL ESTADO DE LAS MASAS DE AGUA SUPERFICIALES.....	7
2.	CAMPAÑA DE CONTROL DE LA CALIDAD DE LA COLUMNA DE AGUA	12
2.1.	METODOLOGÍA.....	12
2.2.	PARÁMETROS INDICADORES	13
2.3.	DATOS DEL MUESTREO	16
2.4.	RESULTADOS.....	18
2.4.1.	CALIDAD BIOLÓGICA.....	18
2.4.2.	CALIDAD FÍSICO-QUÍMICA COLUMNA DE AGUA	18
2.4.3.	CALIDAD FÍSICO-QUÍMICA – NUTRIENTES.....	30
2.4.4.	SUSTANCIAS PRIORITARIAS (ANEXO IV RD 817/2015).....	30
2.4.5.	CONTAMINANTES MICROBIOLÓGICOS	31
2.5.	INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	31
3.	CAMPAÑA DE CONTROL DE LA CALIDAD DE LOS SEDIMENTOS.....	35
3.1.	ALCANCE DE MUESTREO.....	35
3.2.	METODOLOGÍA.....	36
3.3.	DATOS DEL MUESTREO	37
3.4.	RESULTADOS.....	38
3.4.1.	CARACTERIZACIÓN GRANULOMÉTRICA	38
3.4.2.	CARACTERIZACIÓN QUÍMICA.....	39

1. CARACTERIZACIÓN DE LA COLUMNA DE AGUA

1.1. MARCO NORMATIVO

Está basado en la Directiva Marco del Agua (DMA; *Directiva 2000/60/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas*), incorporada al ordenamiento jurídico español mediante el Texto Refundido de la Ley de Aguas (TRLA; Real Decreto Legislativo 1/2001 y sucesivas modificaciones) y el Reglamento de Planificación Hidrológica (RPH; Real Decreto 907/2007). A grandes rasgos determina que los Estados miembros de la Unión Europea deberán establecer las medidas necesarias para alcanzar el buen estado de las aguas superficiales y subterráneas a más tardar a los 15 años después de la entrada en vigor de la Directiva.

En el TRLA se establece que la planificación hidrológica tendrá como objetivos generales **conseguir el buen estado y la adecuada protección del dominio público hidráulico y de las aguas**, la satisfacción de las demandas de agua, el equilibrio y armonización del desarrollo regional y sectorial, incrementando las disponibilidades del recurso, protegiendo su calidad, economizando su empleo y racionalizando sus usos en armonía con el medio ambiente y los demás recursos naturales. En este sentido, se establece que la planificación hidrológica deberá realizarse mediante los planes hidrológicos de cuenca y el Plan Hidrológico Nacional, este último aprobado por la Ley 10/2001, de 5 de julio, del Plan Hidrológico Nacional.

La zona de estudio se encuentra la Demarcación Hidrográfica del Cantábrico Occidental (PH-DHCO), cuyo plan fue aprobado mediante el *Real Decreto 399/2013, de 7 de junio*. La última actualización del Plan se ha realizado mediante el *Real Decreto 1/2016, de 8 de enero, por el que se aprueba la revisión de los Planes Hidrológicos de las demarcaciones hidrográficas del Cantábrico Occidental, Guadalquivir, Ceuta, Melilla, Segura y Júcar, y de la parte española de las demarcaciones hidrográficas del Cantábrico Oriental, Miño-Sil, Duero, Tajo, Guadiana y Ebro*. En el artículo 1 de este RD se procede a la aprobación de los planes hidrológicos del segundo ciclo de planificación de las cuencas intercomunitarias para el período comprendido entre 2015 y 2021, dentro del cual nos encontramos actualmente.

Uno de los objetivos de la planificación hidrológica es conseguir el buen estado de las aguas superficiales y subterráneas en el año 2015. Una vez definidas las masas de agua de la demarcación se procede a establecer los objetivos ambientales que corresponden a cada una de ellas y a las zonas protegidas.

La Instrucción de Planificación Hidrológica (IPH; Orden ARM/2656/2008) es la herramienta que detalla los contenidos generales de los planes y define las diferentes metodologías para su aplicación y consecución de objetivos.

Los criterios para el seguimiento y la evaluación del estado de las aguas superficiales y las Normas de Calidad Ambiental (NCA), se establecen en el *Real Decreto 817/2015, de 11 de septiembre*.

Para conseguir una adecuada protección de las aguas superficiales, el artículo 35 del RPH establece los siguientes objetivos medioambientales:

- ✓ Prevenir el deterioro del estado de las masas de agua superficiales.
- ✓ Proteger, mejorar y regenerar todas las masas de agua superficial con el objeto de alcanzar un buen estado de las mismas.
- ✓ Reducir progresivamente la contaminación procedente de sustancias prioritarias y eliminar o suprimir gradualmente los vertidos, las emisiones y las pérdidas de sustancias peligrosas prioritarias.

Además, para las zonas protegidas, el RPH exige cumplir las normas de protección que resulten aplicables en las mismas y alcanzar los objetivos ambientales particulares que en ellas se determinen.

1.2. ESTADO DE LA MASA DE AGUA

Según lo establecido en el Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica del Cantábrico Occidental, los objetivos de calidad deberán alcanzarse antes de 31 de diciembre de 2015, con excepción del objetivo de prevención del deterioro del estado de las masas de agua superficial, que es exigible desde el 1 de enero de 2004. De acuerdo a lo indicado en la Tabla 1 mostrada a continuación, en la que se muestran los objetivos medioambientales de las masas de agua costeras naturales de la DHC Occidental, las masas de agua que podrían verse afectadas por el vertido producido en Tapia de Casariego, serían **“Costa Oeste Asturias” (Código: ES000MAC000020)** y **“Eo costa” (Código: ES000MAC000021)**.

CATEGORÍA MASA	CÓDIGO MASA	NOMBRE MASA	HORIZONTE DE CUMPLIMIENTO		EXCEPCIÓN ART. DMA
			ECOLÓGICO	QUÍMICO	
		Ercina			
	ES087MAL000060	Pozón de la Dolores	2027	2027	4.4
Transición	ES244MAT000020	Estuario del Eo	2015	2015	
	ES200MAT000040	Estuario del Esva	2021	2015	4.4
	ES194MAT000050	Estuario del Nalón	2015	2015	
	ES145MAT000070	Estuario de Villaviciosa	2021	2015	4.4
	ES144MAT000080	Estuario de Ribadesella	2021	2015	4.4
	ES132MAT000090	Estuario de Tina Mayor	2015	2015	
	ES118MAT000100	Estuario de Tina Menor	2015	2015	
	ES113MAT000110	Marismas de San Vicente de la Barquera	2015	2015	
	ES113MAT000120	Ría de Oyambre	2015	2015	
	ES112MAT000130	Ría de San Martín de la Arena	2021	2021	4.4
	ES092MAT000140	Ría de Mogro	2015	2015	
	ES085MAT000180	Ría de Ajo	2015	2015	
	ES085MAT000190	Marismas de Joyel	2015	2015	
	ES085MAT000200	Marismas Victoria	2015	2015	
	ES085MAT000210	Marismas de Santoña	2015	2015	
ES076MAT000230	Ría de Oriñón	2015	2015		
Costera	ES000MAC000050	Avilés costa	2015	2015	
	ES000MAC000030	Navia costa	2015	2015	
	ES000MAC000020	Costa Oeste Asturias	2015	2015	
	ES000MAC000021	Eo costa	2015	2015	
	ES000MAC000070	Costa Este Asturias	2015	2015	
	ES000MAC000071	Ribadesella Costa	2021	2015	4.4
	ES000MAC000040	Nalón costa	2015	2015	
	ES000MAC000080	Oyambre costa	2015	2015	
	ES000MAC000090	Suances costa	2015	2015	
	ES000MAC000100	Virgen del Mar costa	2015	2015	
	ES000MAC000120	Noja costa	2015	2015	
	ES000MAC000140	Castro costa	2015	2015	
	ES000MAC000110	Santander costa	2015	2015	
	ES000MAC000130	Santoña costa	2015	2015	

Tabla 1. Objetivos medioambientales de las masas de agua de transición y costeras naturales de la Demarcación Hidrográfica del Cantábrico Occidental, según el apéndice 6.1 del RD 1/2016

Ambas masas de agua, de tipología **AC-T14 “Aguas costeras atlánticas del cantábrico oriental expuestas con afloramiento bajo”**, deberían cumplir los objetivos medioambientales para el estado ecológico y el químico en 2015. Cabe mencionar que no hay masas de agua superficiales muy modificadas en el entorno de afección del vertido.



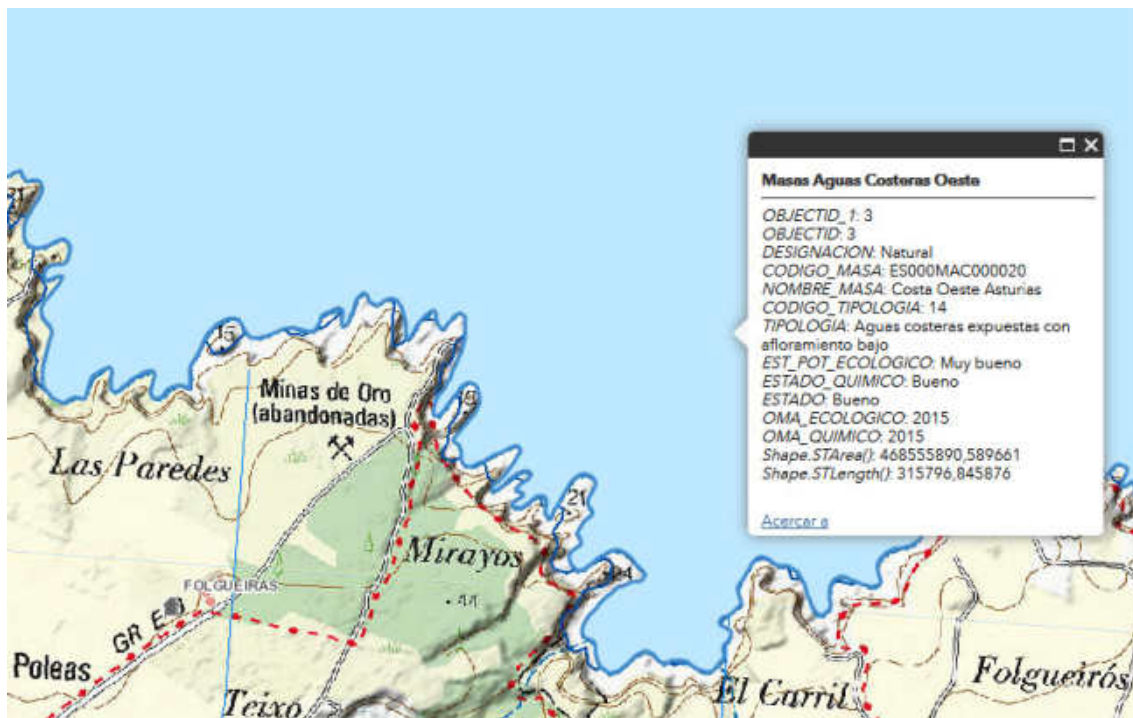


Figura 1.- Ubicación masa de agua costera asociada a la zona de vertido. (Fuente: visor CMATV Xunta de Galicia)

1.3. EVALUACIÓN DEL ESTADO DE LAS MASAS DE AGUA SUPERFICIALES

En la clasificación del estado de las aguas superficiales se establecen los siguientes criterios:

- El **estado de las masas de agua** superficiales quedará determinado por el peor valor de su estado ecológico y químico.
- El **estado ecológico** de las aguas superficiales se clasificará como muy bueno, bueno, moderado, deficiente o malo. Para clasificar el estado ecológico de las masas de agua superficial se aplicarán los **indicadores de los elementos de calidad establecidos en los artículos del RD 817/2015**, los valores de su anexo II y las NCA calculadas para los contaminantes específicos o en su caso, las NCA del anexo V para las sustancias preferentes.
- El **potencial ecológico** de las aguas muy modificadas y artificiales se clasificará como bueno o superior, moderado, deficiente o malo. Para clasificar el potencial ecológico se aplicarán, al menos, los indicadores y valores de los elementos de calidad establecidos

en el anexo II C y F. Cuando la masa de agua a evaluar no esté contemplada en dichos apartados, se aplicarán, en la medida de lo posible, los indicadores de los elementos de calidad establecidos en los artículos siguientes, los valores del anexo II y las NCA calculadas para los contaminantes específicos o en su caso, las NCA del anexo V para las sustancias preferentes, correspondientes a la categoría o tipo de aguas superficiales naturales a las que más se parezca la masa de agua artificial o muy modificada de que se trate. En este caso, el potencial ecológico resultante se justificará en un análisis caso por caso en el plan hidrológico de cuenca.

- El **estado químico** de las aguas superficiales se clasificará como bueno o «no alcanza el buen estado». Para clasificar el estado químico de las masas de agua superficial se aplicarán las NCA de las sustancias incluidas en el anexo IV.

5. La clasificación del estado de las masas de agua llevará asociado un nivel de confianza que se calculará conforme a los criterios especificados en el anexo III B.

6. La evaluación del estado ecológico de las masas de agua costeras se realizará conforme a lo establecido en el artículo 30 del *Real Decreto 907/2007, de 6 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de la Planificación Hidrológica (RPH)*.

En el artículo 13 del RD se definen los elementos de calidad para la clasificación del estado o potencial ecológico de las masas de agua costeras:

1. Elementos de calidad biológicos:

- a) Composición, abundancia y biomasa del **fitoplancton**.
- b) Composición y abundancia de otro tipo de **flora acuática**.
- c) Composición y abundancia de la **fauna bentónica de invertebrados**.

2. Elementos de calidad químicos y fisicoquímicos de soporte a los elementos de calidad biológicos:

- a) Generales: transparencia, condiciones térmicas y de oxigenación, salinidad y nutrientes.

b) Contaminantes específicos vertidos en cantidades significativas.

3. Elementos de calidad hidromorfológicos de soporte a los elementos de calidad biológicos:

a) **Condiciones morfológicas:** variación de la profundidad; estructura y sustrato del lecho costero y estructura de la zona ribereña intermareal.

b) **Régimen de mareas:** dirección de las corrientes dominantes y exposición al oleaje.

4. Los indicadores correspondientes a los elementos de calidad biológicos, químicos y fisicoquímicos e hidromorfológicos de soporte aplicables a cada tipo de masa de agua se definen en el anexo II. Los contaminantes específicos quedan definidos en los anexos V y VI.

El procedimiento iterativo para valorar el estado ecológico de las aguas viene reflejado en el siguiente esquema:

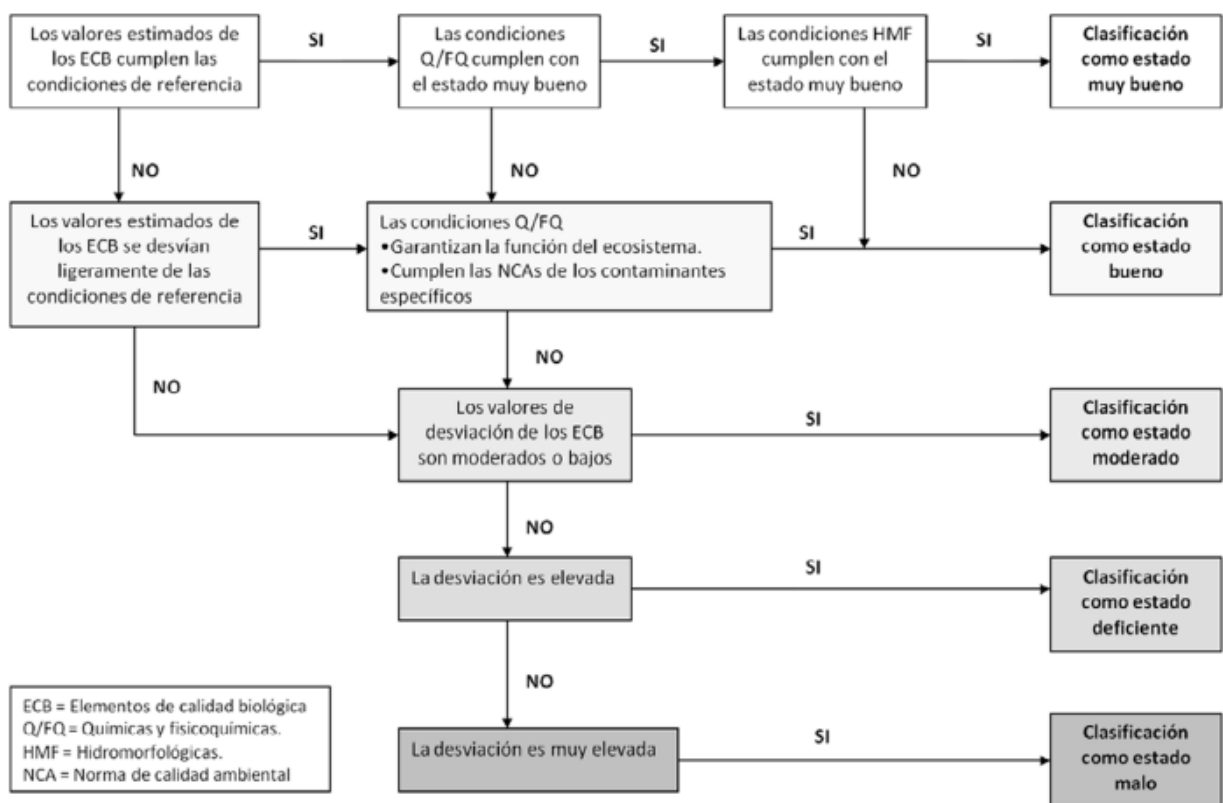


Tabla 2. Procedimiento iterativo para valorar el estado ecológico de las aguas (RD 817/2015)

Consultando el estado de la masa de agua Costa Oeste Asturias en el Plan Hidrológico del Cantábrico Occidental, obtenemos los siguientes valores:

- Estado ecológico: **Muy Bueno**
- Estado químico: **Bueno**
- Estado global de la masa de agua:
 - Estado potencial ecológico: **Muy Bueno**
 - Estado químico: **Bueno**
 - Estado total: **Bueno**

A modo aclaratorio, para determinar el estado ecológico de las masas de agua superficial se emplean elementos de calidad biológicos, hidromorfológicos y fisicoquímicos establecidos en la aplicación de la normativa vigente.

La masa de agua presenta el siguiente estado respecto a los objetivos medioambientales de la Directiva Marco del Agua (DMA):

TIPOS AGUAS COSTERAS	INDICADOR	UNIDADES	VALOR ABSOLUTO Condición de referencia/ Condición específica del tipo	Indicadores biológicos e hidromorfológicos: RCE Indicadores químicos y biológicos (ChIA): CONCENTRACIÓN			
				Limite muy bueno/ bueno	Limite bueno/ moderado	Limite moderado/ deficiente	Limite deficiente/ malo
AC-T14	Chl-a	µg/L	2,50	3,00	6,00		
AC-T14	Blooms	%	25	30	49		
AC-T14	CFR		Intermareal plano: %Cob_CAR: 90%; %Fra_OPO: 5%; Riq_CAR: 10; Intermareal escarpado: %Cob_CAR: 70%; %Fra_OPO:5%; Riq_CAR:7	0,81	0,60	0,40	0,20
AC-T14	RICQI		Similaridad del estado ecológico: >0,5; % Algas morfológicamente complejas: >50; especies algales:>45; especies de macroinvertebrados: >30; ratio cobertura fauna/cobertura total: >30	0,82	0,60		
AC-T14	RSL		-	0,75	0,48		
AC-T14	M-AMBI		R= 42; H'= 4; AMBI = 1	0,77	0,53		

Tabla 3. Umbrales para los indicadores biológicos masa de agua costera AC-T14

Elemento de Calidad		Indicador	Condición de Referencia		Valores del Límite	
					Muy Bueno-Bueno	Bueno-Moderado
FÍSICO - QUÍMICOS	Nutrientes	NO ₃ (μmol/l)	45-1.1429Sal		CR/0.83	CR/0.67
		NH ₄ (μmol/l)	4.5-0.0771Sal	1.8 ⁽²⁾	CR/0.83	CR/0.67
		PO ₄ (μmol/l)	0.7-0.0086Sal	0.4 ⁽²⁾	CR/0.83	CR/0.67
	Oxigenación	Saturación de O ₂ (%)	88		73	59
	Transparencia	Turbidez (NTU) ⁽¹⁾	4-8		5-10	6-12

(1) CR obtenidas en Asturias (izquierda) y Cantabria (derecha), con base en los valores del P90 registrados en estaciones no alteradas de dichas zonas costeras.

(2) CR para una salinidad media de 35‰. Puede aplicarse en aquellos casos en los que se considere que no existen razones suficientes para tener que corregir la concentración de nutrientes en función de la salinidad.

Tabla 4. Umbrales para los indicadores fisicoquímicos. A falta de indicadores establecidos para las masas de agua costeras de tipología AC-T14 en el RD 817/2015, se muestran los indicadores establecidos en la revisión 2015-2021 del PH de la DHC Occidental.

2. CAMPAÑA DE CONTROL DE LA CALIDAD DE LA COLUMNA DE AGUA

Se han tomado un total de nueve (9) muestras, repartidas en grupos de tres a lo largo de otros tantos transectos verticales a la costa, coincidentes uno de ellos con el trazado del emisario, y los otros dos a ambos lados del mismo a una separación de unos 500 metros, en los cuales se ha realizado grabación de los fondos mediante video remolcado.

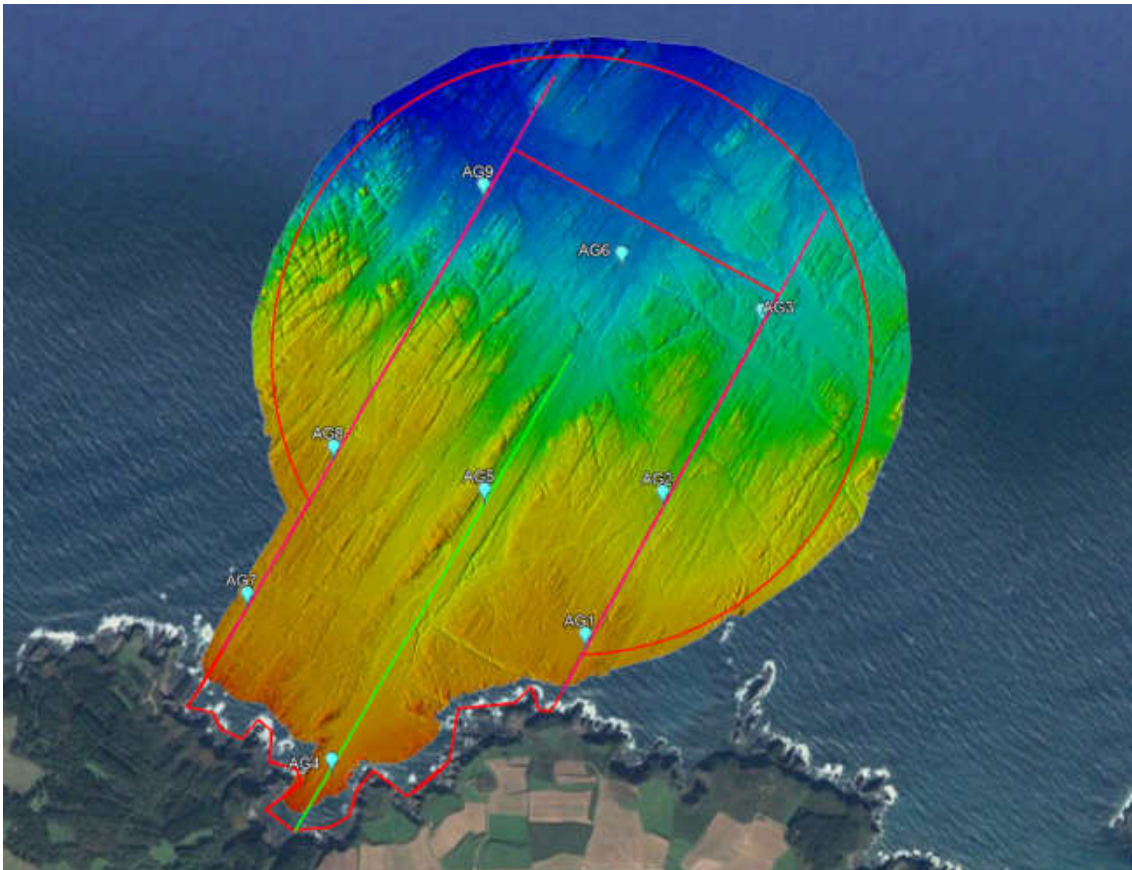


Figura 2.- Ubicación puntos de muestreo campaña control de la calidad de la masa de agua costera asociada a la zona de vertido.

2.1. METODOLOGÍA

Las operaciones de muestreo se han desarrollado conforme a procedimientos normalizados del departamento de Calidad de Aguas de TECNOAMBIENTE, que a su vez se basan en los establecidos en el capítulo "Collection and preservation of samples" de los "Standard Methods

for the Examination of Water and Wastewater" publicado por la American Public Health Association (APHA), la American Water Works Association (AWWA) y la Water Pollution Control Federation (WPCF), así como en las normas estatales, comunitarias e internacionales que se citan a continuación y que son las que generalmente se aplicación en la realización de este tipo de trabajos:

- *UNE-EN 25667-1:1995. Calidad del agua. Muestreo. Parte 1: Guía para el diseño de los programas de muestreo (ISO 5667-1:1980).*
- *UNE-EN 25667-2:1995. Calidad del agua. Muestreo. Parte 2: Guía para las técnicas de muestreo (ISO 5667-2:1991).*
- *UNE-EN 25667-3:1996. Calidad del agua. Muestreo. Parte 3: Guía para la conservación y manipulación de muestras (ISO 5667-3:1994).*
- *ISO 5667-9:1992. Water quality. Sampling. Part 9. Guidance on sampling from marine waters.*
- *ISO 5667-15:2009. Water quality -- Sampling -- Part 15: Guidance on the preservation and handling of sludge and sediment samples*

Se ha utilizado una botella hidrográfica tipo Niskin de 2,5 L de capacidad.

Las muestras de agua para los ensayos de nutrientes se han tomado a tres niveles de profundidad (superficie, profundidad media y fondo), siendo integradas finalmente en una única muestra representativa del estado de la columna de agua.

2.2. PARÁMETROS INDICADORES

Se han seleccionado los siguientes parámetros indicadores en base a los objetivos de calidad del agua establecidos en la siguiente legislación:

- *Real Decreto 345/1993, de 5 de marzo, por el que se establecen las normas de calidad de las aguas y de la producción de moluscos y otros invertebrados marinos vivos.*
- *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, se establecen los siguientes indicadores de calidad para las aguas objeto de estudio, que se clasifican como Costeras Naturales de Tipo 16 (AC-T16 Aguas costeras atlánticas semi-expuestas o protegidas con afloramiento intenso).*





ELEMENTO DE CALIDAD	INDICADOR	METODOLOGÍA
CALIDAD BIOLÓGICA: Fitoplancton	CLOROFILA A	Sonda Multiparamétrica (Perfilado)
CALIDAD FISICOQUÍMICA: Transparencia	TURBIDEZ	Nefelometría
CALIDAD FISICOQUÍMICA: Oxigenación	SATURACIÓN DE O ₂ (%) OXÍGENO DISUELTO (mgO ₂ /l)	Sonda Multiparamétrica
CALIDAD FISICOQUÍMICA:	Tª DEL AGUA (°C)	
	CONDUCTIVIDAD (µS/cm)	
	SALINIDAD (NTU)	
	pH (Uds. Sørensen)	
	SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN (mg/l)	
CALIDAD FISICOQUÍMICA: Nutrientes	EN AGUA: (Muestreo a tres profundidades (superficie, medio y fondo) y posterior integración en una (1) muestra)	
	NITRATOS	FIAS + Espectrometría UV-VIS
	NITRITOS	FIAS + Espectrometría UV-VIS
	NITRÓGENO TOTAL	FIAS + Espectrometría UV-VIS
	FOSFATOS	FIAS + Espectrometría UV-VIS
Contaminantes microbiológicos (R.D. 1341/2007, Calidad aguas de baño)	ESCHERICHIA COLI	Filtración en membrana
	ENTEROCOCOS INTESTINALES	Filtración en membrana
Sustancias prioritarias (Anexo IV RD 817/2015)	ARSÉNICO	ICP-MS
	CADMIO	ICP-MS
	COBRE	ICP-MS
	CROMO	ICP-MS
	NÍQUEL	
	PLOMO	ICP-MS
	ZINC	ICP-MS
	MERCURIO	ICP-MS






DETERMINACIÓN	TÉCNICA ANALÍTICA	PNT	UNIDADES	NORMA
Sólidos en suspensión	Gravimetría. Filtración por membrana y determinación	PNT LAB-01	mg/l	UNE-EN-872
Nitrógeno total	Volumetría	PNT LAB-19	mg/l	UNE-EN 5663
Fosfato	Espectrofotometría	PNT LAB-16	mg/l	NF T 90-023
COT	Combustión/IR	PNT LAB-RES 20	mg/l	UNE-EN 1484
Cadmio	ICP-MS	PNT LAB-07	mg/l	UNE-EN 11885
Cobre	A.A. horno de grafito	PNT LAB-32	mg/l	S.M. 17 ed.
Mercurio	A.A. vapor frío	PNT LAB RES-26	mg/l	S.M. 17 ed.
Plomo	A.A. horno de grafito	PNT LAB-45	mg/l	S.M. 17 ed.
Zinc	A.A. llama	PNT LAB RES-29	mg/l	S.M. 17 ed.
Níquel	ICP-MS	PNT LAB-07	mg/l	UNE-EN 11885
Arsénico	ICP-MS	PNT LAB-07	mg/l	UNE-EN 11885
Cromo	ICP-MS	PNT LAB-07	mg/l	UNE-EN 11885

Para la medición de los parámetros “in situ” y correspondiente perfilado de la masa de agua, se ha utilizado una Sonda Multiparamétrica HYDROLAB DATASONDE DS5X. Las especificaciones de los sensores requeridos se muestran en la siguiente tabla:

ESPECIFICACIONES DE LOS SENSORES			
PARÁMETRO	RANGO	EXACTITUD	RESOLUCIÓN
Temperatura	-5º a 50°C	±0.10°C	0.01°C
Conductividad	0 a 100 mS/cm	±1% de lectura ± 0.001 mS/cm	4 dígitos
pH	0 a 14 unidades	±0.2 unidades	0.01 unidades
Oxígeno disuelto	0 a 50 mg/L	±0.2mg/L	0.01mg/L
Salinidad	0 a 70 ppt	±0.2 ppt	0.01 ppt
Clorofila a	0.02ug/l a 150 ug/l	---	0.01µg/l
Profundidad /0-25m	0 a 25m	±0.08m	0.01m
Profundidad /0-100m	0 a 100m	±0.3m	0.1m
Profundidad /0-200m	0 a 200m	±0.6m	0.1m

2.3. DATOS DEL MUESTREO

DATOS DE LOS PUNTOS DE MUESTREO			
DENOMINACIÓN	PROFUNDIDAD	COORDENADAS UTM (Datum ETRS89, Huso 29)	FOTOGRAFÍAS
AG1	12,5	X: 669.769 Y: 4.826.507	
AG2	26,9	X: 670.016 Y: 4.826.986	
AG3	37,2	X: 670.332 Y: 4.827.597	
AG4	10,0	X: 668.934 Y: 4.826.068	

AG5	26,7	X: 669.421 Y: 4.826.979	
AG6	43,0	X: 669.859 Y: 4.827.775	
AG7	10,1	X: 668.638 Y: 4.826.613	
AG8	15,2	X: 668.914 Y: 4.827.109	
AG9	47,0	X: 669.392 Y: 4.827.991	

DATOS DEL MUESTREO

PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE UN EMISARIO SUBMARINO PARA LA EVACUACIÓN DE AGUA Y LODOS PROCEDENTES DE LA EXPLOTACIÓN SUBTERRÁNEA DEL YACIMIENTO DE SALAVE

NOVIEMBRE 2020

FECHA:	13/08/2020	
PROCEDIMIENTO DE MUESTREO:	PE-TM-17	
EQUIPO DE MUESTREO:	Botella NISKIN y Sonda MULTIPARAMÉTRICA	
TIPO DE MUESTRA:	Agua Superficial y Columna para perfilado y nutrientes	
DESCRIPCIÓN DE LAS MUESTRAS		
Estación de muestreo	Código de muestras (*)	Descripción visual
AG1	036-0820	Aguas costera sin turbidez apreciable. Transparente, ausencia de color, olor e iridiscencias
AG2	037-0820	
AG3	038-0820	
AG4	039-0820	
AG5	040-0820	
AG6	041-0820	
AG7	042-0820	
AG8	043-0820	
AG9	044-0820	

2.4. RESULTADOS

Se presentan a continuación los resultados obtenidos, clasificados por elemento de calidad.

Los boletines de ensayos se encuentran recogidos en el Anexo II al presente documento.

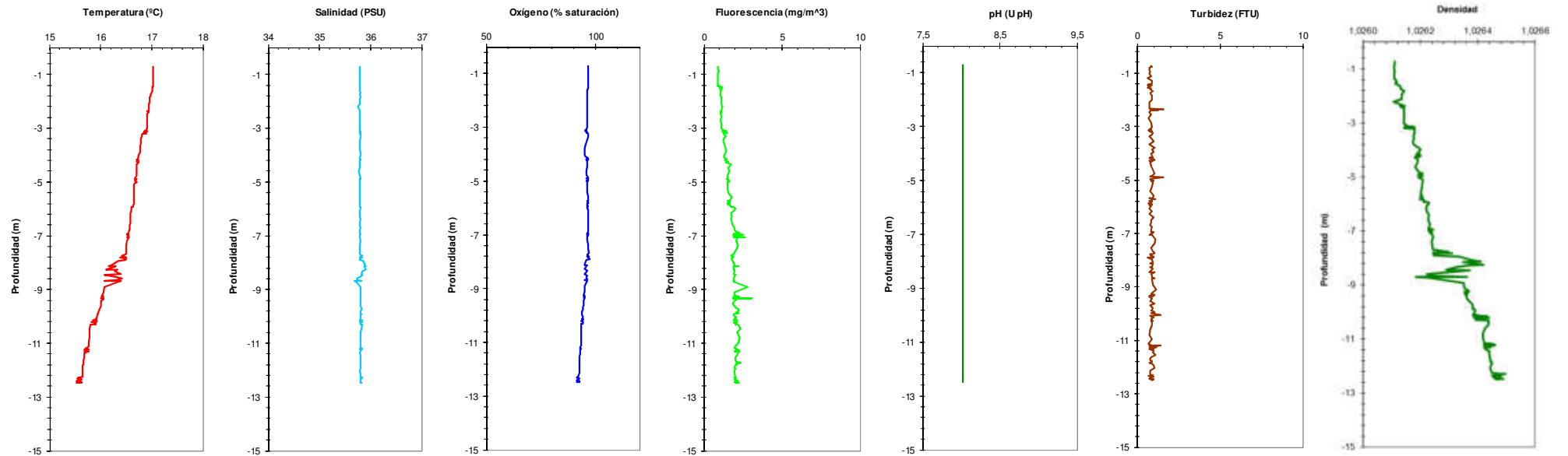
2.4.1. CALIDAD BIOLÓGICA

ESTACIÓN	COLOROFLA A (Fluorescencia) (mg/m ³)
AG1	1,7
AG2	2,4
AG3	1,4
AG4	4,0
AG5	2,0
AG6	5,0
AG7	3,0
AG8	2,0
AG9	5,5
VALOR MEDIO	3,0

2.4.2. CALIDAD FÍSICO-QUÍMICA COLUMNA DE AGUA

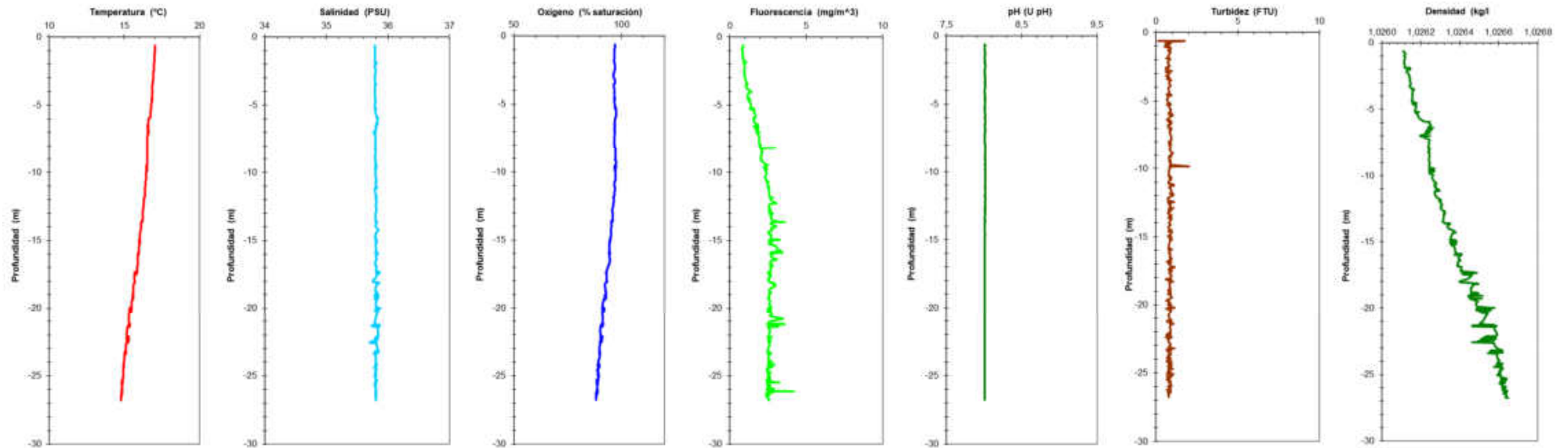
Se presentan los perfiles a lo largo de la columna de agua para cada estación de muestreo:

AG1



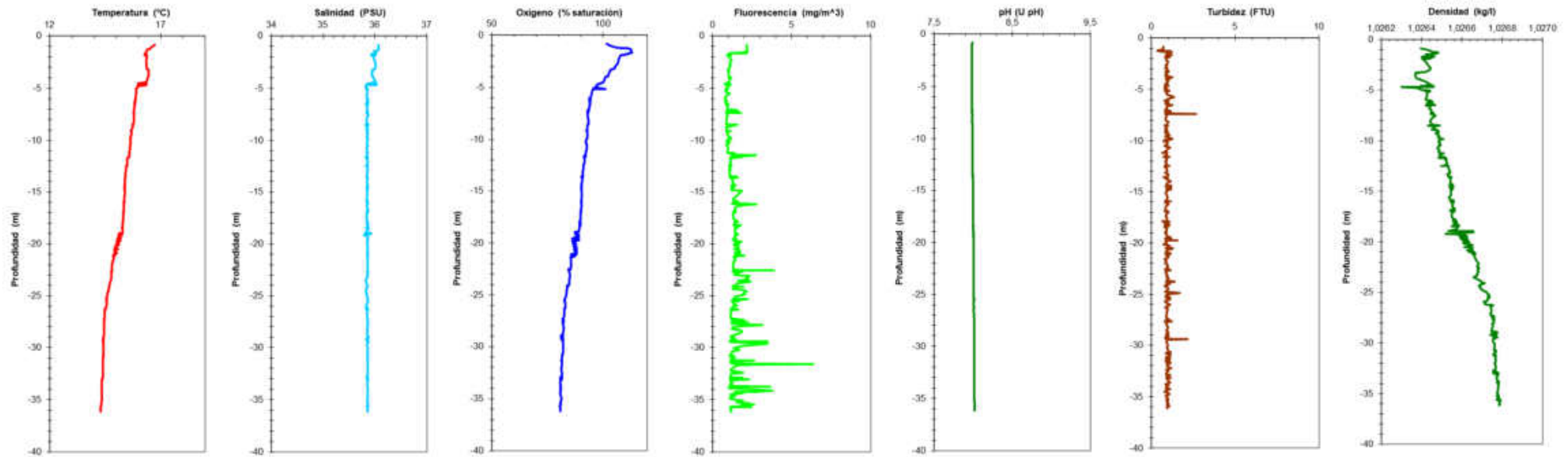
AG1	Prof. (m)	Tª (°C)	Sal. (PSU)	pH (U pH)	O2 (% satur.)	Turb. (FTU)	Fluor. (mg/m ³)
MEDIA	6,76	16,41	35,80	8,02	95,24	0,88	1,70
MÁXIMO	12,49	17,03	35,91	8,02	97,16	1,59	3,07
MÍNIMO	0,72	15,52	35,69	8,02	91,17	0,61	0,88

AG2



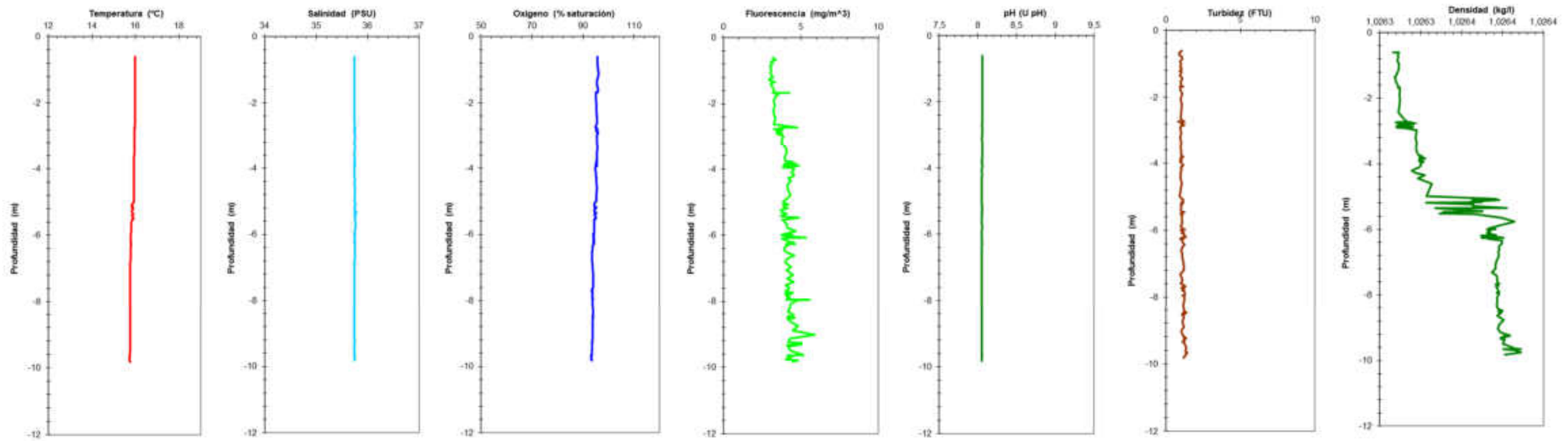
AG2	Prof. (m)	Tª (°C)	Sal. (PSU)	pH (U pH)	O2 (% satur.)	Turb. (FTU)	Fluor. (mg/m³)
MEDIA	17,56	15,67	35,81	8,01	92,73	0,85	2,47
MÁXIMO	26,77	16,86	35,88	8,01	97,55	2,02	4,17
MÍNIMO	3,73	14,78	35,70	8,01	88,08	0,61	1,08

AG3



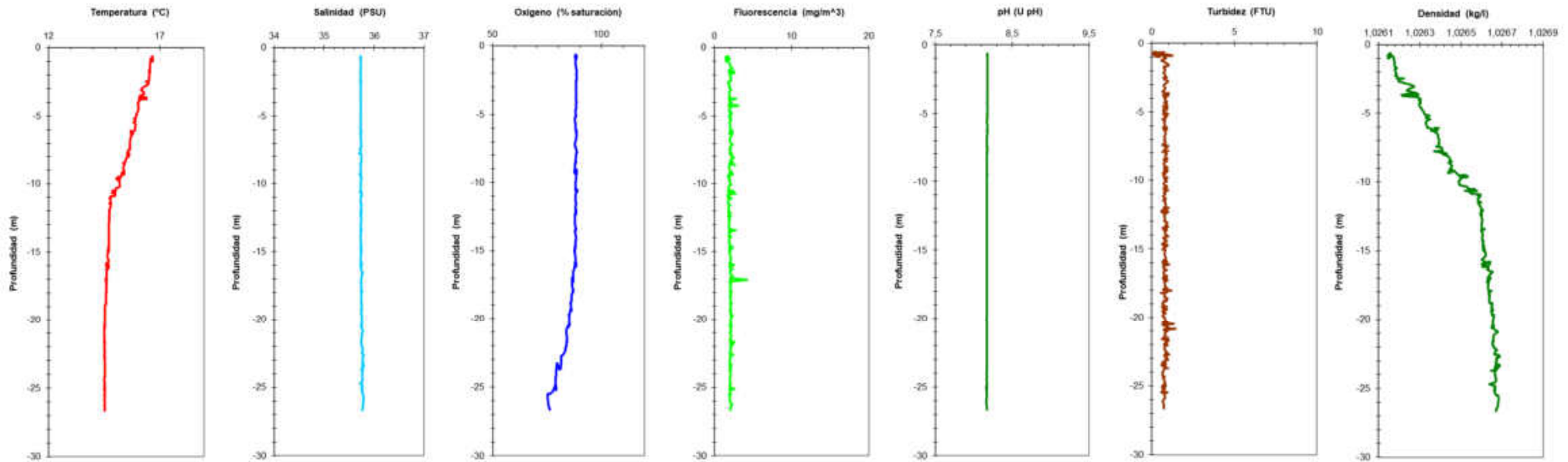
AG3	Prof. (m)	Tª (°C)	Sal. (PSU)	pH (U pH)	O2 (% satur.)	Turb. (FTU)	Fluor. (mg/m³)
MEDIA	18,02	15,20	35,87	8,00	89,72	0,94	1,35
MÁXIMO	36,15	16,73	36,07	8,02	113,02	2,67	6,36
MÍNIMO	0,84	14,30	35,78	7,98	80,55	0,34	0,79

AG4



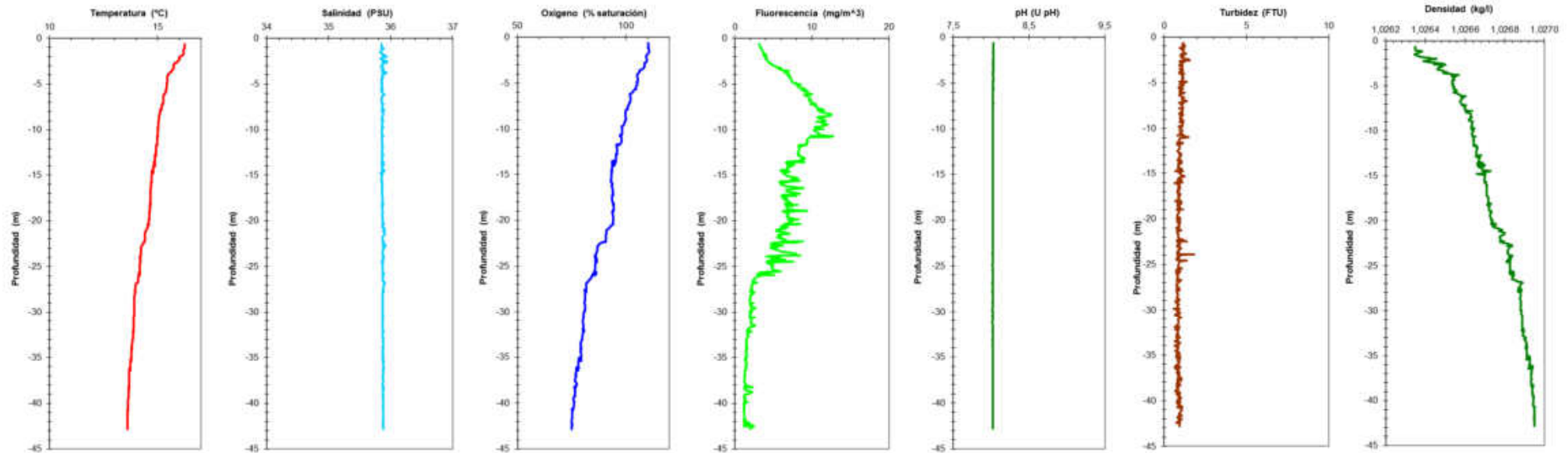
AG4	Prof. (m)	Tª (°C)	Sal. (PSU)	pH (U pH)	O2 (% satur.)	Turb. (FTU)	Fluor. (mg/m³)
MEDIA	5,25	15,86	35,75	8,05	94,62	1,09	4,01
MÁXIMO	9,83	15,97	35,78	8,06	96,05	1,41	5,90
MÍNIMO	0,61	15,72	35,74	8,05	93,22	0,80	2,92

AG5



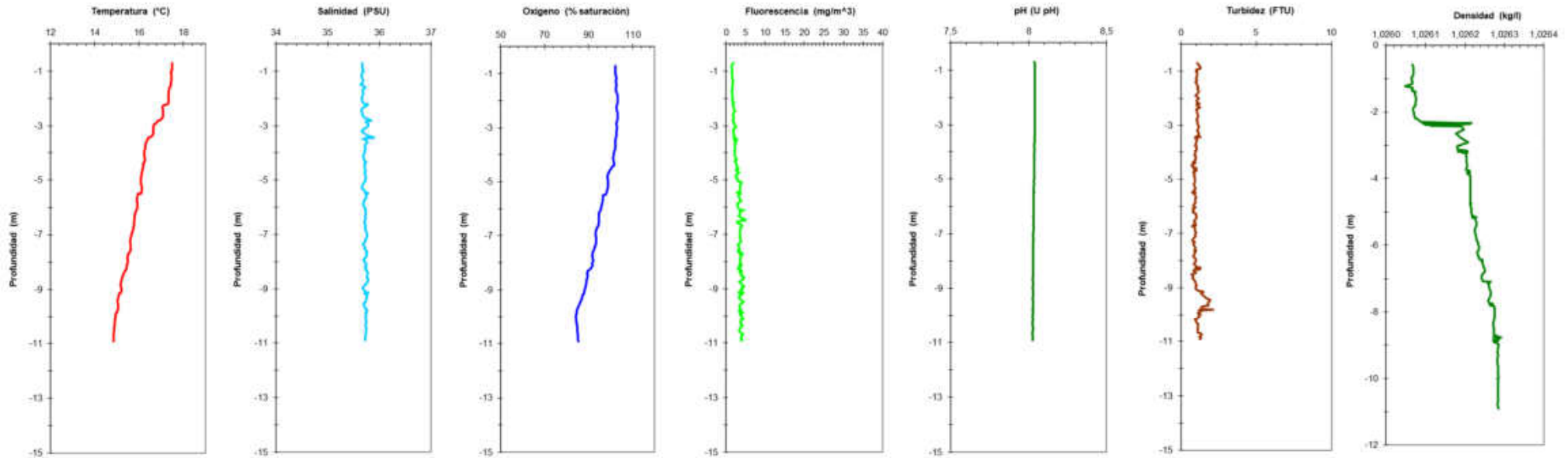
AG5	Prof. (m)	Tª (°C)	Sal. (PSU)	pH (U pH)	O2 (% satur.)	Turb. (FTU)	Fluor. (mg/m ³)
MEDIA	13,16	13,92	35,74	8,17	86,43	0,79	5,63
MÁXIMO	26,65	14,20	35,79	8,18	88,96	1,45	19,10
MÍNIMO	0,63	13,14	35,70	8,16	75,25	0,00	1,12

AG6



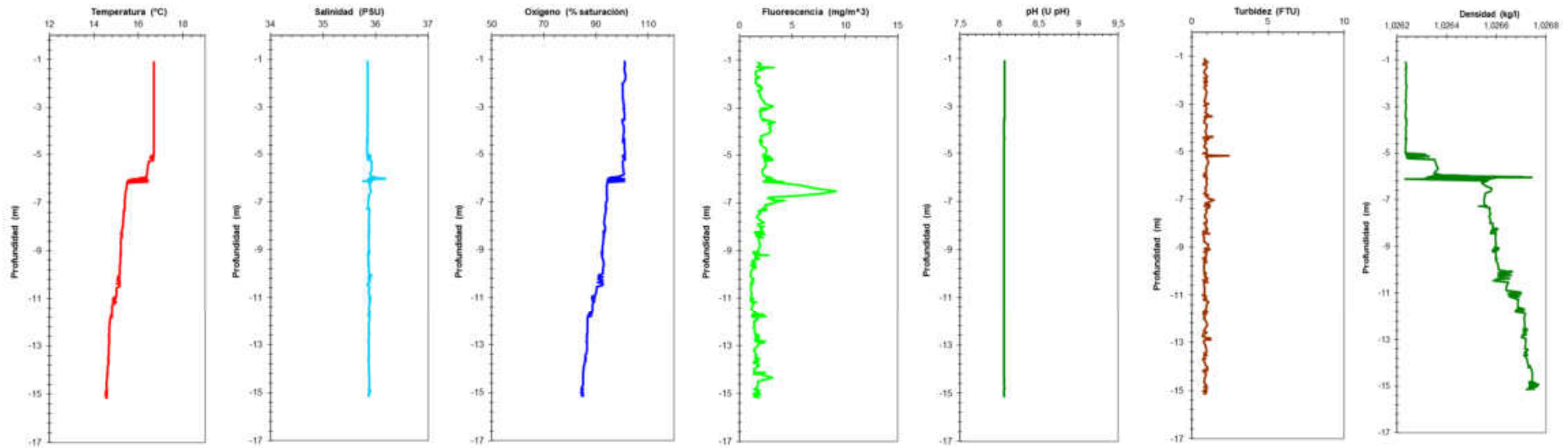
AG6	Prof. (m)	Tª (°C)	Sal. (PSU)	pH (U pH)	O2 (% satur.)	Turb. (FTU)	Fluor. (mg/m ³)
MEDIA	22,06	14,46	35,87	8,02	89,37	0,93	5,01
MÁXIMO	42,82	16,25	35,94	8,03	110,69	1,83	12,71
MÍNIMO	0,64	13,60	35,83	8,02	74,86	0,57	1,16

AG7



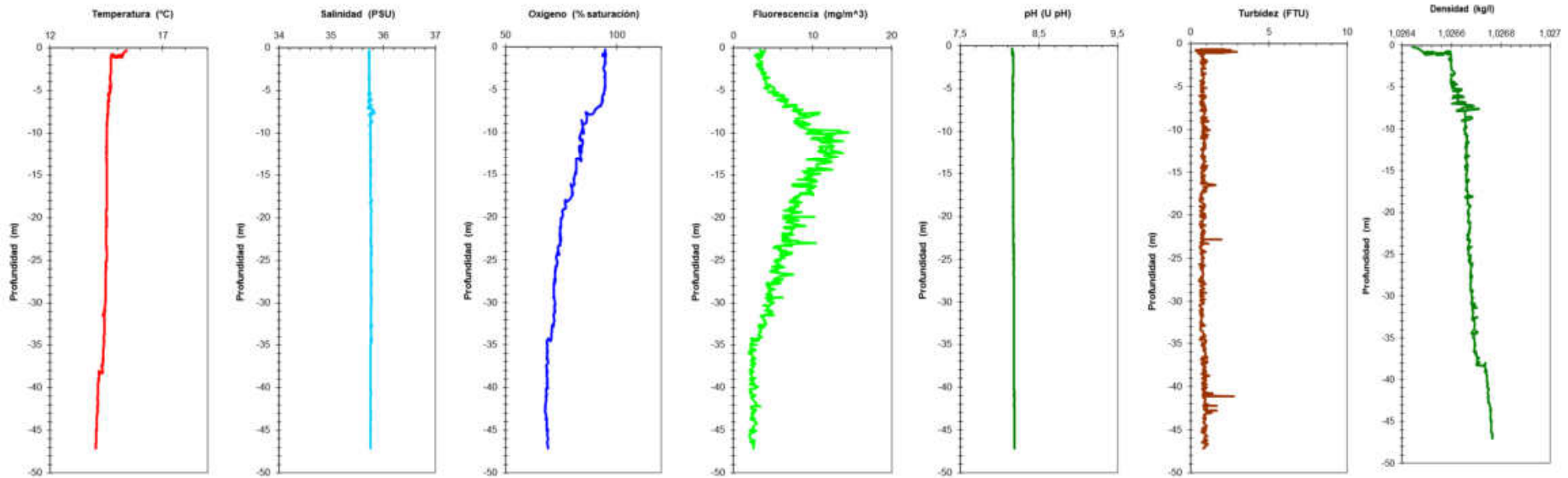
AG7	Prof. (m)	T ^a (°C)	Sal. (PSU)	pH (U pH)	O2 (% satur.)	Turb. (FTU)	Fluor. (mg/m ³)
MEDIA	5,76	16,03	35,72	8,03	95,65	1,04	2,99
MÁXIMO	10,92	17,50	35,89	8,04	103,29	2,14	5,15
MÍNIMO	0,71	14,84	35,63	8,03	84,23	0,69	1,42

AG8



AG8	Prof. (m)	Tª (°C)	Sal. (PSU)	pH (U pH)	O2 (% satur.)	Turb. (FTU)	Fluor. (mg/m ³)
MEDIA	7,94	15,60	35,87	8,06	93,95	0,92	1,99
MÁXIMO	15,14	16,70	36,18	8,07	101,39	2,44	9,16
MÍNIMO	0,54	14,51	35,75	8,06	84,34	0,69	1,03

AG9



AG9	Prof. (m)	Tª (°C)	Sal. (PSU)	pH (U pH)	O2 (% satur.)	Turb. (FTU)	Fluor. (mg/m ³)
MEDIA	21,68	14,48	35,75	8,17	78,53	0,82	5,57
MÁXIMO	47,14	15,39	35,83	8,19	95,07	2,94	14,57
MÍNIMO	0,27	14,01	35,70	8,16	67,64	0,08	1,93

ESTACIÓN	VALOR	Profundidad	Tª	Salinidad	pH	Saturación O2	Turbidez	Fluorescencia
		Metros	°C	NTU	Uds. pH	%	FTU	mg/m3
AG1	MEDIO	6,76	16,41	35,80	8,02	95,24	0,88	1,70
	MAX	12,49	17,03	35,91	8,02	97,16	1,59	3,07
	MIN	0,72	15,52	35,69	8,02	91,17	0,61	0,88
AG2	MEDIO	17,56	15,67	35,81	8,01	92,73	0,85	2,47
	MAX	26,77	16,86	35,88	8,01	97,55	2,02	4,17
	MIN	3,73	14,78	35,70	8,01	88,08	0,61	1,08
AG3	MEDIO	18,02	15,20	35,87	8,00	89,72	0,94	1,35
	MAX	36,15	16,73	36,07	8,02	113,02	2,67	6,36
	MIN	0,84	14,30	35,78	7,98	80,55	0,34	0,79
AG4	MEDIO	5,25	15,86	35,75	8,05	94,62	1,09	4,01
	MAX	9,83	15,97	35,78	8,06	96,05	1,41	5,90
	MIN	0,61	15,72	35,74	8,05	93,22	0,80	2,92
AG5	MEDIO	13,16	15,13	35,74	8,17	86,43	0,79	2,01
	MAX	26,65	16,70	35,79	8,18	88,96	1,45	4,17
	MIN	0,63	14,51	35,70	8,16	75,25	0,00	1,47
AG6	MEDIO	22,06	14,46	35,87	8,02	89,37	0,93	5,01
	MAX	42,82	16,25	35,94	8,03	110,69	1,83	12,71
	MIN	0,64	13,60	35,83	8,02	74,86	0,57	1,16
AG7	MEDIO	5,76	16,03	35,72	8,03	95,65	1,04	2,99
	MAX	10,92	17,50	35,89	8,04	103,29	2,14	5,15
	MIN	0,71	14,84	35,63	8,03	84,23	0,69	1,42
AG8	MEDIO	7,94	15,60	35,87	8,06	93,95	0,92	1,99
	MAX	15,14	16,70	36,18	8,07	101,39	2,44	9,16
	MIN	0,54	14,51	35,75	8,06	84,34	0,69	1,03
AG9	MEDIO	21,68	14,48	35,75	8,17	78,53	0,82	5,57
	MAX	47,14	15,39	35,83	8,19	95,07	2,94	14,57
	MIN	0,27	14,01	35,70	8,16	67,64	0,08	1,93

Por su ubicación y rango de profundidad somero, la zona caracterizada mediante perfiles verticales corresponde a una única masa de aguas superficiales, mostrando la influencia de la zona de mezcla en los 10 primeros metros de la columna de agua.

Se aprecia una ligera termoclina escasamente marcada en profundidades de entre 5 y 10 m, propio de la época de muestreo (agosto), pero que no genera una clara estratificación de la columna. Los valores de temperatura oscilan entre 14°C en fondo y 17°C en superficie. Los valores de salinidad son muy constantes en la columna de agua, alrededor de 35,8 PSU. La densidad observada es asimismo bastante homogénea, en un rango de 1,0263-1,0270 kg/L, sin apreciarse picnoclina indicativa de estratificación de la masa de agua.

La turbidez, alrededor de 1FTU, es indicativa del buen estado de la transparencia de las aguas, que permiten una buena penetración de la luz.

Los valores de clorofila oscilan entre 1-3,5 mg/m³ (µg/L), y en las estaciones AG03-AG04 y AG06 a AG09 se observa un máximo de clorofila significativo (valores de 5-15 mg/m³) en profundidades de entre 5 y 15 m. Se trata de la zona de máxima concentración de clorofila en la columna de agua, cuya profundidad oscila a lo largo del día en función de la disponibilidad de energía lumínica para los organismos fitoplanctónicos. Dichos valores corresponderían a un pico de producción primaria estival, si bien considerando la elevada saturación de oxígeno, indicativa del buen estado ecológico, se descarta la existencia de una proliferación masiva plantónica (bloom fitoplanctónico).

2.4.3. CALIDAD FÍSICO-QUÍMICA – NUTRIENTES

ESTACIÓN	Nitratos	Nitritos	Nitrógeno Total	Fosfatos
	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
AG1	< 0,5	0,011	< 5,00	< 0,01
AG2	< 0,5	< 0,01	< 5,00	< 0,01
AG3	< 0,5	< 0,01	< 5,00	< 0,01
AG4	< 0,5	< 0,01	< 5,00	< 0,01
AG5	< 0,5	< 0,01	< 5,00	< 0,01
AG6	< 0,5	< 0,01	< 5,00	< 0,01
AG7	< 0,5	< 0,01	< 5,00	< 0,01
AG8	< 0,5	< 0,01	< 5,00	< 0,01
AG9	< 0,5	< 0,01	< 5,00	< 0,01

2.4.4. SUSTANCIAS PRIORITARIAS (ANEXO IV RD 817/2015)

ESTACIÓN	Arsénico	Cadmio	Cobre	Cromo	Mecurio
	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
AG1	< 5,0	< 1,0	< 5,0	< 3,0	< 1,0
AG2	< 5,0	< 1,0	< 5,0	< 3,0	< 1,0
AG3	< 5,0	< 1,0	< 5,0	< 3,0	< 1,0
AG4	< 5,0	< 1,0	< 5,0	< 3,0	< 1,0
AG5	< 5,0	< 1,0	< 5,0	< 3,0	< 1,0
AG6	< 5,0	< 1,0	< 5,0	< 3,0	< 1,0
AG7	< 5,0	< 1,0	< 5,0	< 3,0	< 1,0
AG8	< 5,0	< 1,0	< 5,0	< 3,0	< 1,0
AG9	< 5,0	< 1,0	< 5,0	< 3,0	< 1,0

ESTACIÓN	Niquel	Plomo	Zinc	COD
	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
AG1	< 5,0	< 5,0	15,5	10,4
AG2	< 5,0	< 5,0	8,05	23,6
AG3	< 5,0	< 5,0	6,95	7,96
AG4	< 5,0	< 5,0	6,80	< 5,0
AG5	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0

ESTACIÓN	Niquel	Plomo	Zinc	COD
	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
AG6	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0
AG7	< 5,0	< 5,0	11,1	< 5,0
AG8	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0
AG9	< 5,0	< 5,0	5,90	< 5,0

2.4.5. CONTAMINANTES MICROBIOLÓGICOS

ESTACIÓN	ESCHERICHIA COLI	ENTEROCOCOS INTESTINALES
	UFC/100 ml	UFC/100 ml
AG1	30	90
AG2	20	40
AG3	20	50
AG4	50	110
AG5	20	40
AG6	30	80
AG7	10	30
AG8	20	60
AG9	30	90

2.5. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

En las aguas costeras los indicadores de los elementos de Calidad biológicos son los siguientes:

TIPOS AGUAS COSTERAS	INDICADOR	UNIDADES	VALOR ABSOLUTO Condición de referencia/ Condición específica del tipo	Indicadores biológicos e hidromorfológicos: RCE Indicadores químicos y biológicos (ChIA): CONCENTRACIÓN			
				Límite muy bueno/ bueno	Límite bueno/ moderado	Límite moderado/ deficiente	Límite deficiente/ malo
AC-T14	Chl-a	µg/L	2,50	3,00	6,00		
AC-T14	Blooms	%	25	30	49		
AC-T14	CFR		Intermareal plano: %Cob_CAR: 90%; %Fra_OPO: 5%; Riq_CAR: 10; Intermareal escarpado: %Cob_CAR: 70%; %Fra_OPO: 5%; Riq_CAR: 7	0,81	0,60	0,40	0,20
AC-T14	RICQI		Similaridad del estado ecológico: >0,5; % Algas morfológicamente complejas: >50; especies algales: >45; especies de macroinvertebrados: >30; ratio cobertura fauna/cobertura total: >30	0,82	0,60		
AC-T14	RSL		-	0,75	0,48		
AC-T14	M-AMBI		R= 42; H= 4; AMBI = 1	0,77	0,53		

Según se observa en la tabla, las condiciones de referencia y límites entre clases para la concentración de Clorofila a en las masas costeras son:

Tabla 5. Límites de referencia y límites entre clases para la concentración de Clorofila a

Estado	Fitoplancton. Indicador de biomasa: Clorofila a	
	Tipo 14 (IPH)	
	CFR	Límite entre clases (µg/l)
Muy bueno/Bueno	0,81	3
Bueno/Moderado	0,60	6

Comparando los resultados obtenidos, tenemos la siguiente evaluación de la masa de agua:

EVALUACIÓN INDICADORES BIOLÓGICOS		
	RESULTADO (µg/l)	Límite entre clases (µg/l)
CLOROFILA A (Fluorescencia) (mg/m3)	3,0	Estado Muy Bueno/Bueno

Los indicadores de los elementos de calidad fisicoquímicos en las aguas costeras son los siguientes:

Elemento de Calidad	Indicador	Condición de Referencia	Valores del Límite			
			Muy Bueno-Bueno	Bueno-Moderado		
FÍSICO - QUÍMICOS	Nutrientes	NO ₃ (µmol/l)	45-1.1429Sal			
		NH ₄ (µmol/l)	4.5-0.0771Sal	1.8 ⁽²⁾	CR/0.83	CR/0.67
		PO ₄ (µmol/l)	0.7-0.0086Sal	0.4 ⁽²⁾	CR/0.83	CR/0.67
	Oxigenación	Saturación de O ₂ (%)	88	73	59	
	Transparencia	Turbidez (NTU) ⁽¹⁾	4-8	5-10	6-12	

(1) CR obtenidas en Asturias (izquierda) y Cantabria (derecha), con base en los valores del P90 registrados en estaciones no alteradas de dichas zonas costeras.

(2) CR para una salinidad media de 35‰. Puede aplicarse en aquellos casos en los que se considere que no existen razones suficientes para tener que corregir la concentración de nutrientes en función de la salinidad.

Tabla 3. Umbrales para los indicadores fisicoquímicos. A falta de indicadores establecidos para las masas de agua costeras de tipología AC-T14 en el RD 817/2015, se muestran los indicadores establecidos en la revisión 2015-2021 del PH de la DHC Occidental.

Comparando los resultados obtenidos, tenemos la siguiente evaluación de la masa de agua:

EVALUACIÓN INDICADORES BIOLÓGICOS		
	RESULTADO (mg/l)	Límite entre clases (mg/l)
Saturación O2 (%)	90,7	CR (88,0)
Turbidez (NTU)	0,92	CR (4,00)
NO3 (mg/l)	< 0,3	CR (0,31)
NH4 (mg/l)	< 0,1	Muy bueno/bueno (0,1)
PO4 (mg/l)	< 0,01	Muy bueno/bueno (0,1)

3. CAMPAÑA DE CONTROL DE LA CALIDAD DE LOS SEDIMENTOS

3.1. ALCANCE DE MUESTREO

La morfología de la mayor parte de la zona de estudio se compone de roca, encontrándose sedimento a unos 500 metros mar adentro de la parte final del emisario, a lo largo de un paleocanal transversal al trazado del emisario. Las muestras de sedimento se recogieron en puntos situados longitudinalmente a lo largo del citado paleocanal, equidistantes entre si. En total se muestreó sedimento en tres (3) puntos, que se muestran representados en la siguiente figura:

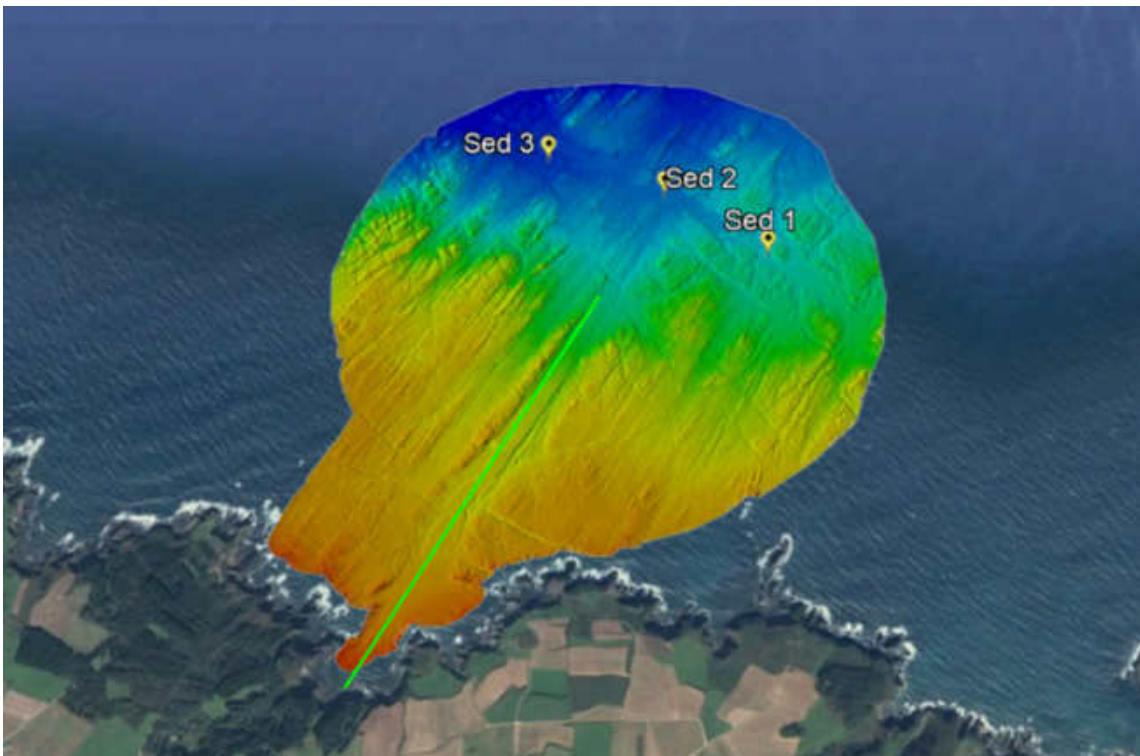


Figura 3.- Ubicación puntos de muestreo campaña control de la calidad del sedimento.

El control de calidad de los sedimentos se ha llevado a cabo el día **13 de agosto de 2020**, coincidente con el control de la calidad de la columna de agua, tras haber comprobado que las condiciones del mar eran aptas para el desarrollo de los trabajos.

3.2. METODOLOGÍA

El muestreo se ha llevado a cabo desde embarcación, mediante draga tipo Van Veen con una abertura de 20x20 cm, capaz de penetrar 15 cm en sustratos limosos arcillosos y entre 5 y 10 cm en los arenosos

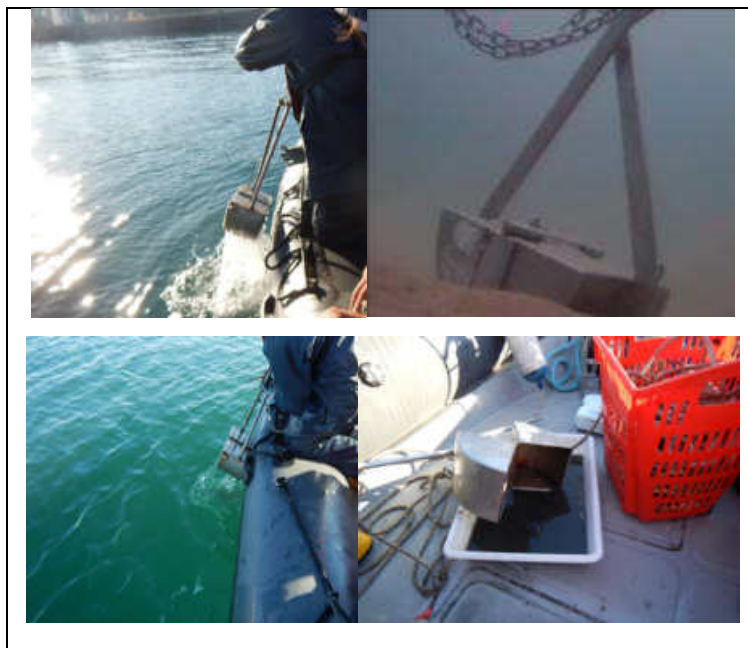





Figura 4.- *Draga Van Veen antes, durante y después de la toma de muestra*

Sobre cada una de las muestras recogidas, se llevó a cabo un análisis granulométrico y se determinó el contenido en COT, Metales (Mercurio, Cadmio, Plomo, Cobre, Zinc, Cromo y Níquel), Arsénico, PCBs y HAPs.

Los métodos analíticos son los siguientes:

DETERMINACIÓN	TÉCNICA ANALÍTICA	PNT	UNIDADES	NORMA
COT	Combustión/IR	PNT LAB-RES 20	mg/Kg	UNE-EN 1484
Cadmio	ICP-MS	PNT LAB-07	mg/Kg	UNE-EN 11885
Cobre	A.A. horno de grafito	PNT LAB-32	mg/Kg	S.M. 17 ed.
Mercurio	A.A. vapor frío	PNT LAB RES-26	mg/Kg	S.M. 17 ed.
Plomo	A.A. horno de grafito	PNT LAB-45	mg/Kg	S.M. 17 ed.
Zinc	A.A. llama	PNT LAB RES-29	mg/Kg	S.M. 17 ed.
Níquel	ICP-MS	PNT LAB-07	mg/Kg	UNE-EN 11885
Arsénico	ICP-MS	PNT LAB-07	mg/Kg	UNE-EN 11885
Cromo	ICP-MS	PNT LAB-07	mg/Kg	UNE-EN 11885
PCB,s	GC/MS Cromatógrafo de gases	PNT LAB-13	mg/Kg	UNE-EN 10382
HAP,s	GC/MS Cromatógrafo de gases	PNT LAB-17	mg/Kg	EPA 8310

3.3. DATOS DEL MUESTREO

DATOS DE LOS PUNTOS DE MUESTREO			
DENOMINACIÓN	PROFUNDIDAD	COORDENADAS UTM (Datum ETRS89, Huso 29)	FOTOGRAFÍAS
SD1	37,2	X: 670.379 Y: 4.827.731	
SD2	45,2	X: 669.995 Y: 4.828.029	
SD3	51,0	X: 669.480 Y: 4.798.479	

A continuación, se detallan los datos del muestreo:

DATOS DEL MUESTREO SEDIMENTOS		
FECHA:	13.08.2020	
HORA:	09:49 (SED1); 10:15 (SED2); 11:12 (SED3)	
EQUIPO DE MUESTREO:	Draga Van-Veen	
TIPO DE MUESTRA:	Sedimento	
RESPONSABLE DE MUESTREO:	Emilio Conchado. Técnico Cualificado de TECNO AMBIENTE	
CÓDIGO MUESTRAS:	Muestreo	Hora
	045-0820 (SED1)	09:49
	046-0820 (SED2)	10:15
	047-0820 (SED3)	11:12

En campo se ha cubierto la “Hoja de muestreo”. Los recipientes con las muestras recogidas se han transportado en neveras portátiles con acumuladores de hielo hasta su llegada al laboratorio de TECNO AMBIENTE. A su llegada al laboratorio, se les ha asignado el código de muestra para su identificación inequívoca y análisis posteriores.

Las muestras se han enviado al laboratorio con seguimiento de la cadena de frío.

3.4. RESULTADOS

3.4.1. CARACTERIZACIÓN GRANULOMÉTRICA

En la siguiente tabla se presentan las características granulométricas del conjunto de muestras recogidas. El sumatorio del porcentaje de las distintas fracciones puede no ser exactamente del 100% debido a que el límite de cuantificación validado y acreditado por ENAC (ISO 17025) para cada tamiz es del 0,5%. En caso de no detectarse partículas, por limitación del método, se adscribe a dicha fracción un valor <0,5%.

Tamiz	Ud	SED1	SED2	SED3
Granulometría tamiz 2,00 mm	%	5,2	75,0	32,3
Granulometría tamiz 1,00 mm	%	14,2	22,0	49,7
Granulometría tamiz 0,50 mm	%	47,7	1,9	14,3
Granulometría tamiz 0,25 mm	%	21,8	< 0,5	1,4
Granulometría tamiz 0,12 mm	%	2,4	< 0,5	< 0,5
Granulometría tamiz 0,063 mm	%	5,9	< 0,5	< 0,5
Finos	%	2,7	0,6	1,9
Porcentaje de Gruesos (PG) (> 2 mm)	%	5,20	75,00	32,30
Porcentaje de Finos (PF) (< 0,063 mm)	%	2,7	0,6	1,9
Porcentaje de Arenas (PA) (0,063-2 mm)	%	92,0	24,4	65,8
Granulometría moda		AG	G	AMG
Granulometría D50	mm	0,68	> 2	1,6
CONCENTRACIÓN DE SÓLIDOS		1,7	1,8	1,7

3.4.2. CARACTERIZACIÓN QUÍMICA

Punto muestreo		SED1	SED2	SED3	
CARACTERIZACIÓN QUÍMICA	METALES				
	Arsénico	mg/Kg	6,83	8,22	5,96
	Cadmio	mg/Kg	< 0,120	< 0,120	< 0,120
	Cobre	mg/Kg	< 2,50	< 2,50	< 2,50
	Cromo	mg/Kg	3,78	2,79	< 2,50
	Mercurio	mg/Kg	< 0,250	< 0,250	< 0,250
	Níquel	mg/Kg	< 2,50	< 2,50	< 2,50
	Plomo	mg/Kg	3,97	7,10	4,6
	Zinc	mg/Kg	9,9	14,8	8,6
	POLICLOROBIFENILOS (PCBs)				
	PCB (28)	mg/Kg	< 0,0015	< 0,0015	< 0,0015
	PCB (52)	mg/Kg	< 0,0015	< 0,0015	< 0,0015
	PCB (101)	mg/Kg	< 0,0015	< 0,0015	< 0,0015
	PCB (118)	mg/Kg	< 0,0015	< 0,0015	< 0,0015
	PCB (138)	mg/Kg	< 0,0015	< 0,0015	0,00182
	PCB (153)	mg/Kg	< 0,0015	< 0,0015	< 0,0015
	PCB (180)	mg/Kg	< 0,0015	< 0,0015	< 0,0015
	Σ 7 PCBs	mg/Kg	< 0,011	< 0,011	< 0,011
	HIDROCARBUROS POLICÍCLICOS AROMÁTICOS (HAP's)				
	Naftaleno	mg/Kg	< 0,015	< 0,015	< 0,015
	Acenaftileno	mg/Kg	< 0,015	< 0,015	< 0,015

PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE UN EMISARIO SUBMARINO PARA LA EVACUACIÓN DE AGUA Y LODOS PROCEDENTES DE LA EXPLOTACIÓN SUBTERRÁNEA DEL YACIMIENTO DE SALAVE

Acenaftaleno	mg/Kg	< 0,015	< 0,015	< 0,015
Fluoreno	mg/Kg	< 0,015	< 0,015	< 0,015
Fenantreno	mg/Kg	< 0,015	< 0,015	< 0,015
Antraceno	mg/Kg	< 0,015	< 0,015	< 0,015
Fluoranteno	mg/Kg	< 0,015	< 0,015	< 0,015
Pireno	mg/Kg	< 0,015	< 0,015	< 0,015
Benzo (a) antraceno	mg/Kg	< 0,015	< 0,015	< 0,015
Criseno	mg/Kg	< 0,015	< 0,015	< 0,015
Benzo (b) + (k) fluoranteno	mg/Kg	< 0,030	< 0,030	< 0,030
Benzo (a) pireno	mg/Kg	< 0,015	< 0,015	< 0,015
Indeno (1,2,3,cd) pireno	mg/Kg	< 0,015	< 0,015	< 0,015
Dibenzo (a,h) antraceno	mg/Kg	< 0,015	< 0,015	< 0,015
Benzo (g,h,i) perileno	mg/Kg	< 0,015	< 0,015	< 0,015
Σ 15 HAPs	mg/Kg	< 0,240	< 0,240	< 0,240
COT	%	< 1,50	< 1,50	< 1,50

Como se puede comprobar, los resultados muestran una muy baja carga contaminante, estando la mayor parte de ellos por debajo del Límite de cuantificación del Laboratorio. A modo de guía, se muestran a continuación los valores de referencia para actuaciones de dragado, en el que se confirma que todos los resultados muestran niveles inferiores al Nivel de Acción menos contaminante, el A:

Tabla 1. NIVELES DE ACCIÓN			
PARÁMETRO	N.A.A (Nivel de Acción A)	N.A.B (Nivel de Acción B)	N.A.C (Nivel de Acción C)
Hg (mg/kg)	0,35	0,71	2,84
Cd (mg/kg)	1,20	2,40	9,60
Pb (mg/kg)	80	218	600
Cu (mg/kg)	70	168	675
Zn (mg/kg)	205	410	1640
Cr (mg/kg)	140	340	1000
Ni (mg/kg)	30	63	234
As (mg/kg)	35	70	280
Σ 7 PCBs (mg/kg) ⁽¹⁾	0,05	0,18	0,54
Σ 9 HAPs (mg/kg) ⁽²⁾	1,88	3,76	18,80
TBT ⁽³⁾ (mg Sn/kg)	0,05-0,10	0,10-0,20	0,20-1,0

(1) Suma de los congéneres IUPAC números 28, 52, 101, 118, 138, 153 y 180.
(2) Suma de los nueve recomendados por OSPAR (Antraceno, Benzo(a)antraceno, Benzo(ghi)perileno, Benzo(a)pireno, Criseno, Fluoranteno, Indeno(1,2,3-cd)pireno, Pireno y Fenantreno)
(3) TBT y sus productos de degradación (DBT y MBT)

ANEXO I

BOLETINES DE ENSAYO: CALIDAD DE LAS AGUAS_ ENSAYOS FÍSICO-QUÍMICOS

Informe analítico solicitado por:
Dirección:

LABORATORIO GALICIA
GALILEO GALILEI 44, 2º
15008 A CORUÑA
At.

Referencia informe: 225034647-001870

Página 1/ 2

CARACTERÍSTICAS DE LA(S) MUESTRA(S): Toma de muestras (*)

realizada por personal técnico de TECNOAMBIENTE, S.L., recibida en nuestro laboratorio el día 18 de agosto de 2020 y referenciada como se indica a continuación:

Referencia del cliente: 036-0820; La muestra llega refrigerada en 1 bote de plástico de 250ml. 1 bote de plástico de 100ml. 3 botes de plástico de 50ml. Tipo de muestra: Agua de mar

Referencia del laboratorio: 20080258

Fecha inicio análisis: 18 de agosto de 2020

Fecha finalización análisis: 18 de septiembre de 2020

RESULTADO DEL INFORME ANALÍTICO:

<i>Determinación</i>	<i>Unidades</i>	<i>Resultado</i>	<i>Metodología</i>
Arsénico disuelto en aguas	µg/l	< 5.00	PNT LAB 07
Cadmio disuelto en aguas	µg/l	< 1.00	PNT LAB 07
Cobre disuelto en aguas	µg/l	< 5.00	PNT LAB 07
Cromo disuelto en aguas	µg/l	< 3.00	PNT LAB 07
Fosfatos en aguas	mg/l	< 0.0200	PNT LAB 40
Mercurio disuelto en aguas	µg/l	< 1.00	PNT LAB 07
Níquel disuelto en aguas	µg/l	< 5.00	PNT LAB 07
Nitratos en aguas	mg/l	0.88	PNT LAB 40
Nitritos en aguas	mg/l	< 0.0100	PNT LAB 40
Nitrogeno total Kjeldhal en aguas(*)	mg/l	< 5.00	PNT LAB 19
Carbono orgánico no purgable en aguas	mg/l	< 5.00	PNT LAB 31
Plomo disuelto en aguas	µg/l	< 5.00	PNT LAB 07
Zinc disuelto en aguas	µg/l	11.1	PNT LAB 07

Barcelona, 18 de septiembre de
2020



Director Técnico Laboratorio
Joan Parés Gómez



(*) LAS ACTIVIDADES MARCADAS NO ESTÁN AMPARADAS POR LA ACREDITACIÓN DE ENAC
Laboratorio Acreditado por ENAC según la norma UNE-EN-ISO/IEC 17025:2005 (documento de acreditación 479/LE1035); Certificado según las normas UNE-EN-ISO 9001:2015 y UNE-EN-ISO 14001:2015. Habilitado por la Oficina d'Acreditació d'Entitats Col·laboradores OAC, acreditado por la Agència de Residus de Catalunya y por el el Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca i Alimentació, departamentos y agencias de la Generalitat de Catalunya. Entidad Colaboradora de la Administración Hidráulica del Ministerio de Medio Ambiente (Grupo 3).
Este informe no debe reproducirse, excepto en su totalidad, sin la autorización escrita de Tecnoambiente, S.L. y del cliente

Informe analítico solicitado por:
Dirección:

LABORATORIO GALICIA
GALILEO GALILEI 44, 2º
15008 A CORUÑA
At.

Referencia informe: 225034647-001870

Página 2/ 2

RESULTADO DEL INFORME ANALÍTICO:

<i>Determinación</i>	<i>Unidades</i>	<i>Resultado</i>	<i>Metodología</i>

Observaciones:

Disponibles las incertidumbres asociadas a los métodos acreditados. Los resultados hacen referencia a la muestra recibida y ensayada.
AM FM 13/8

Barcelona, 18 de septiembre de 2020



Director Técnico Laboratorio
Joan Parés Gómez

Informe analítico solicitado por:
Dirección:

LABORATORIO GALICIA
GALILEO GALILEI 44, 2º
15008 A CORUÑA
At.

Referencia informe: 225034647-001880

Página 1/ 2

CARACTERÍSTICAS DE LA(S) MUESTRA(S): Toma de muestras (*)

realizada por personal técnico de TECNOAMBIENTE, S.L., recibida en nuestro laboratorio el día 18 de agosto de 2020 y referenciada como se indica a continuación:

Referencia del cliente: 037-0820; La muestra llega refrigerada en 1 bote de plástico de 250ml. 1 bote de plástico de 100ml. 3 botes de plástico de 50ml. Tipo de muestra: Agua de mar

Referencia del laboratorio: 20080259

Fecha inicio análisis: 18 de agosto de 2020

Fecha finalización análisis: 18 de septiembre de 2020

RESULTADO DEL INFORME ANALÍTICO:

<i>Determinación</i>	<i>Unidades</i>	<i>Resultado</i>	<i>Metodología</i>
Arsénico disuelto en aguas	µg/l	< 5.00	PNT LAB 07
Cadmio disuelto en aguas	µg/l	< 1.00	PNT LAB 07
Cobre disuelto en aguas	µg/l	< 5.00	PNT LAB 07
Cromo disuelto en aguas	µg/l	< 3.00	PNT LAB 07
Fosfatos en aguas	mg/l	< 0.0200	PNT LAB 40
Mercurio disuelto en aguas	µg/l	< 1.00	PNT LAB 07
Níquel disuelto en aguas	µg/l	< 5.00	PNT LAB 07
Nitratos en aguas	mg/l	0.88	PNT LAB 40
Nitritos en aguas	mg/l	< 0.0100	PNT LAB 40
Nitrogeno total Kjeldhal en aguas(*)	mg/l	< 5.00	PNT LAB 19
Carbono orgánico no purgable en aguas	mg/l	< 5.00	PNT LAB 31
Plomo disuelto en aguas	µg/l	< 5.00	PNT LAB 07
Zinc disuelto en aguas	µg/l	6.80	PNT LAB 07

Barcelona, 18 de septiembre de
2020



Director Técnico Laboratorio
Joan Parés Gómez



(*) LAS ACTIVIDADES MARCADAS NO ESTÁN AMPARADAS POR LA ACREDITACIÓN DE ENAC
Laboratorio Acreditado por ENAC según la norma UNE-EN-ISO/IEC 17025:2005 (documento de acreditación 479/LE1035); Certificado según las normas UNE-EN-ISO 9001:2015 y UNE-EN-ISO 14001:2015. Habilitado por la Oficina d'Acreditació d'Entitats Col·laboradores OAC, acreditado por la Agència de Residus de Catalunya y por el el Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca i Alimentació, departamentos y agencias de la Generalitat de Catalunya. Entidad Colaboradora de la Administración Hidráulica del Ministerio de Medio Ambiente (Grupo 3).
Este informe no debe reproducirse, excepto en su totalidad, sin la autorización escrita de Tecnoambiente, S.L. y del cliente

Informe analítico solicitado por:
Dirección:

LABORATORIO GALICIA
GALILEO GALILEI 44, 2º
15008 A CORUÑA
At.

Referencia informe: 225034647-001880

Página 2/ 2

RESULTADO DEL INFORME ANALÍTICO:

<i>Determinación</i>	<i>Unidades</i>	<i>Resultado</i>	<i>Metodología</i>

Observaciones:

Disponibles las incertidumbres asociadas a los métodos acreditados. Los resultados hacen referencia a la muestra recibida y ensayada.
AM FM 13/8

Barcelona, 18 de septiembre de 2020



Director Técnico Laboratorio
Joan Parés Gómez

Informe analítico solicitado por:
Dirección:

LABORATORIO GALICIA
GALILEO GALILEI 44, 2º
15008 A CORUÑA
At.

Referencia informe: 225034647-001890

Página 1/ 2

CARACTERÍSTICAS DE LA(S) MUESTRA(S): Toma de muestras (*)

realizada por personal técnico de TECNOAMBIENTE, S.L., recibida en nuestro laboratorio el día 18 de agosto de 2020 y referenciada como se indica a continuación:

Referencia del cliente: 038-0820; La muestra llega refrigerada en 1 bote de plástico de 250ml. 1 bote de plástico de 100ml. 3 botes de plástico de 50ml. Tipo de muestra: Agua de mar

Referencia del laboratorio: 20080260

Fecha inicio análisis: 18 de agosto de 2020

Fecha finalización análisis: 18 de septiembre de 2020

RESULTADO DEL INFORME ANALÍTICO:

<i>Determinación</i>	<i>Unidades</i>	<i>Resultado</i>	<i>Metodología</i>
Arsénico disuelto en aguas	µg/l	< 5.00	PNT LAB 07
Cadmio disuelto en aguas	µg/l	< 1.00	PNT LAB 07
Cobre disuelto en aguas	µg/l	< 5.00	PNT LAB 07
Cromo disuelto en aguas	µg/l	< 3.00	PNT LAB 07
Fosfatos en aguas	mg/l	< 0.0200	PNT LAB 40
Mercurio disuelto en aguas	µg/l	< 1.00	PNT LAB 07
Níquel disuelto en aguas	µg/l	< 5.00	PNT LAB 07
Nitratos en aguas	mg/l	0.88	PNT LAB 40
Nitritos en aguas	mg/l	0.0105	PNT LAB 40
Nitrogeno total Kjeldhal en aguas(*)	mg/l	< 5.00	PNT LAB 19
Carbono orgánico no purgable en aguas	mg/l	< 5.00	PNT LAB 31
Plomo disuelto en aguas	µg/l	< 5.00	PNT LAB 07
Zinc disuelto en aguas	µg/l	15.5	PNT LAB 07

Barcelona, 18 de septiembre de
2020



Director Técnico Laboratorio
Joan Parés Gómez



(*) LAS ACTIVIDADES MARCADAS NO ESTÁN AMPARADAS POR LA ACREDITACIÓN DE ENAC
Laboratorio Acreditado por ENAC según la norma UNE-EN-ISO/IEC 17025:2005 (documento de acreditación 479/LE1035); Certificado según las normas UNE-EN-ISO 9001:2015 y UNE-EN-ISO 14001:2015. Habilitado por la Oficina d'Accreditació d'Entitats Col·laboradores OAC, acreditado por la Agència de Residus de Catalunya y por el el Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca i Alimentació, departamentos y agencias de la Generalitat de Catalunya. Entidad Colaboradora de la Administración Hidráulica del Ministerio de Medio Ambiente (Grupo 3).
Este informe no debe reproducirse, excepto en su totalidad, sin la autorización escrita de Tecnoambiente, S.L. y del cliente

Informe analítico solicitado por:
Dirección:

LABORATORIO GALICIA
GALILEO GALILEI 44, 2º
15008 A CORUÑA
At.

Referencia informe: 225034647-001890

Página 2/ 2

RESULTADO DEL INFORME ANALÍTICO:

<i>Determinación</i>	<i>Unidades</i>	<i>Resultado</i>	<i>Metodología</i>

Observaciones:

Disponibles las incertidumbres asociadas a los métodos acreditados. Los resultados hacen referencia a la muestra recibida y ensayada.
AM FM 13/8

Barcelona, 18 de septiembre de 2020



Director Técnico Laboratorio
Joan Parés Gómez

Informe analítico solicitado por:
Dirección:

LABORATORIO GALICIA
GALILEO GALILEI 44, 2º
15008 A CORUÑA
At.

Referencia informe: 225034647-001900

Página 1/ 2

CARACTERÍSTICAS DE LA(S) MUESTRA(S): Toma de muestras (*)

realizada por personal técnico de TECNOAMBIENTE, S.L., recibida en nuestro laboratorio el día 18 de agosto de 2020 y referenciada como se indica a continuación:

Referencia del cliente: 039-0820; La muestra llega refrigerada en 1 bote de plástico de 250ml. 1 bote de plástico de 100ml. 3 botes de plástico de 50ml. Tipo de muestra: Agua de mar

Referencia del laboratorio: 20080261

Fecha inicio análisis: 18 de agosto de 2020

Fecha finalización análisis: 18 de septiembre de 2020

RESULTADO DEL INFORME ANALÍTICO:

<i>Determinación</i>	<i>Unidades</i>	<i>Resultado</i>	<i>Metodología</i>
Arsénico disuelto en aguas	µg/l	< 5.00	PNT LAB 07
Cadmio disuelto en aguas	µg/l	< 1.00	PNT LAB 07
Cobre disuelto en aguas	µg/l	< 5.00	PNT LAB 07
Cromo disuelto en aguas	µg/l	< 3.00	PNT LAB 07
Fosfatos en aguas	mg/l	< 0.0200	PNT LAB 40
Mercurio disuelto en aguas	µg/l	< 1.00	PNT LAB 07
Níquel disuelto en aguas	µg/l	< 5.00	PNT LAB 07
Nitratos en aguas	mg/l	0.88	PNT LAB 40
Nitritos en aguas	mg/l	< 0.0100	PNT LAB 40
Nitrogeno total Kjeldhal en aguas(*)	mg/l	< 5.00	PNT LAB 19
Carbono orgánico no purgable en aguas	mg/l	< 5.00	PNT LAB 31
Plomo disuelto en aguas	µg/l	< 5.00	PNT LAB 07
Zinc disuelto en aguas	µg/l	8.05	PNT LAB 07

Barcelona, 18 de septiembre de
2020



Director Técnico Laboratorio
Joan Parés Gómez



(*) LAS ACTIVIDADES MARCADAS NO ESTÁN AMPARADAS POR LA ACREDITACIÓN DE ENAC
Laboratorio Acreditado por ENAC según la norma UNE-EN-ISO/IEC 17025:2005 (documento de acreditación 479/LE1035); Certificado según las normas UNE-EN-ISO 9001:2015 y UNE-EN-ISO 14001:2015. Habilitado por la Oficina d'Acreditació d'Entitats Col·laboradores OAC, acreditado por la Agència de Residus de Catalunya y por el el Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca i Alimentació, departamentos y agencias de la Generalitat de Catalunya. Entidad Colaboradora de la Administración Hidráulica del Ministerio de Medio Ambiente (Grupo 3).
Este informe no debe reproducirse, excepto en su totalidad, sin la autorización escrita de Tecnoambiente, S.L. y del cliente

Informe analítico solicitado por:
Dirección:

LABORATORIO GALICIA
GALILEO GALILEI 44, 2º
15008 A CORUÑA
At.

Referencia informe: 225034647-001900

Página 2/ 2

RESULTADO DEL INFORME ANALÍTICO:

<i>Determinación</i>	<i>Unidades</i>	<i>Resultado</i>	<i>Metodología</i>

Observaciones:

Disponibles las incertidumbres asociadas a los métodos acreditados. Los resultados hacen referencia a la muestra recibida y ensayada.
AM FM 13/8

Barcelona, 18 de septiembre de 2020



Director Técnico Laboratorio
Joan Parés Gómez

Informe analítico solicitado por:
Dirección:

LABORATORIO GALICIA
GALILEO GALILEI 44, 2º
15008 A CORUÑA
At.

Referencia informe: 225034647-001910

Página 1/ 2

CARACTERÍSTICAS DE LA(S) MUESTRA(S): Toma de muestras (*)

realizada por personal técnico de TECNOAMBIENTE, S.L., recibida en nuestro laboratorio el día 18 de agosto de 2020 y referenciada como se indica a continuación:

Referencia del cliente: 040-0820; La muestra llega refrigerada en 1 bote de plástico de 250ml. 1 bote de plástico de 100ml. 3 botes de plástico de 50ml. Tipo de muestra: Agua de mar

Referencia del laboratorio: 20080262

Fecha inicio análisis: 18 de agosto de 2020

Fecha finalización análisis: 18 de septiembre de 2020

RESULTADO DEL INFORME ANALÍTICO:

<i>Determinación</i>	<i>Unidades</i>	<i>Resultado</i>	<i>Metodología</i>
Arsénico disuelto en aguas	µg/l	< 5.00	PNT LAB 07
Cadmio disuelto en aguas	µg/l	< 1.00	PNT LAB 07
Cobre disuelto en aguas	µg/l	< 5.00	PNT LAB 07
Cromo disuelto en aguas	µg/l	< 3.00	PNT LAB 07
Fosfatos en aguas	mg/l	< 0.0200	PNT LAB 40
Mercurio disuelto en aguas	µg/l	< 1.00	PNT LAB 07
Níquel disuelto en aguas	µg/l	< 5.00	PNT LAB 07
Nitratos en aguas	mg/l	0.88	PNT LAB 40
Nitritos en aguas	mg/l	< 0.0100	PNT LAB 40
Nitrogeno total Kjeldhal en aguas(*)	mg/l	< 5.00	PNT LAB 19
Carbono orgánico no purgable en aguas	mg/l	< 5.00	PNT LAB 31
Plomo disuelto en aguas	µg/l	< 5.00	PNT LAB 07
Zinc disuelto en aguas	µg/l	6.95	PNT LAB 07

Barcelona, 18 de septiembre de
2020



Director Técnico Laboratorio
Joan Parés Gómez



(*) LAS ACTIVIDADES MARCADAS NO ESTÁN AMPARADAS POR LA ACREDITACIÓN DE ENAC
Laboratorio Acreditado por ENAC según la norma UNE-EN-ISO/IEC 17025:2005 (documento de acreditación 479/LE1035); Certificado según las normas UNE-EN-ISO 9001:2015 y UNE-EN-ISO 14001:2015. Habilitado por la Oficina d'Acreditació d'Entitats Col·laboradores OAC, acreditado por la Agència de Residus de Catalunya y por el el Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca i Alimentació, departamentos y agencias de la Generalitat de Catalunya. Entidad Colaboradora de la Administración Hidráulica del Ministerio de Medio Ambiente (Grupo 3).
Este informe no debe reproducirse, excepto en su totalidad, sin la autorización escrita de Tecnoambiente, S.L. y del cliente

Informe analítico solicitado por:
Dirección:

LABORATORIO GALICIA
GALILEO GALILEI 44, 2º
15008 A CORUÑA
At.

Referencia informe: 225034647-001910

Página 2/ 2

RESULTADO DEL INFORME ANALÍTICO:

<i>Determinación</i>	<i>Unidades</i>	<i>Resultado</i>	<i>Metodología</i>

Observaciones:

Disponibles las incertidumbres asociadas a los métodos acreditados. Los resultados hacen referencia a la muestra recibida y ensayada.
AM FM 13/8

Barcelona, 18 de septiembre de 2020



Director Técnico Laboratorio
Joan Parés Gómez

Informe analítico solicitado por:
Dirección:

LABORATORIO GALICIA
GALILEO GALILEI 44, 2º
15008 A CORUÑA
At.

Referencia informe: 225034647-001920

Página 1/ 2

CARACTERÍSTICAS DE LA(S) MUESTRA(S): Toma de muestras (*)

realizada por personal técnico de TECNOAMBIENTE, S.L., recibida en nuestro laboratorio el día 18 de agosto de 2020 y referenciada como se indica a continuación:

Referencia del cliente: 041-0820; La muestra llega refrigerada en 1 bote de plástico de 250ml. 1 bote de plástico de 100ml. 3 botes de plástico de 50ml. Tipo de muestra: Agua de mar

Referencia del laboratorio: 20080263

Fecha inicio análisis: 18 de agosto de 2020

Fecha finalización análisis: 18 de septiembre de 2020

RESULTADO DEL INFORME ANALÍTICO:

<i>Determinación</i>	<i>Unidades</i>	<i>Resultado</i>	<i>Metodología</i>
Arsénico disuelto en aguas	µg/l	< 5.00	PNT LAB 07
Cadmio disuelto en aguas	µg/l	< 1.00	PNT LAB 07
Cobre disuelto en aguas	µg/l	< 5.00	PNT LAB 07
Cromo disuelto en aguas	µg/l	< 3.00	PNT LAB 07
Fosfatos en aguas	mg/l	< 0.0200	PNT LAB 40
Mercurio disuelto en aguas	µg/l	< 1.00	PNT LAB 07
Níquel disuelto en aguas	µg/l	< 5.00	PNT LAB 07
Nitratos en aguas	mg/l	0.88	PNT LAB 40
Nitritos en aguas	mg/l	< 0.0100	PNT LAB 40
Nitrogeno total Kjeldhal en aguas(*)	mg/l	< 5.00	PNT LAB 19
Carbono orgánico no purgable en aguas	mg/l	< 5.00	PNT LAB 31
Plomo disuelto en aguas	µg/l	< 5.00	PNT LAB 07
Zinc disuelto en aguas	µg/l	< 5.00	PNT LAB 07

Barcelona, 18 de septiembre de
2020



Director Técnico Laboratorio
Joan Parés Gómez



(*) LAS ACTIVIDADES MARCADAS NO ESTÁN AMPARADAS POR LA ACREDITACIÓN DE ENAC
Laboratorio Acreditado por ENAC según la norma UNE-EN-ISO/IEC 17025:2005 (documento de acreditación 479/LE1035); Certificado según las normas UNE-EN-ISO 9001:2015 y UNE-EN-ISO 14001:2015. Habilitado por la Oficina d'Accreditació d'Entitats Col·laboradores OAC, acreditado por la Agència de Residus de Catalunya y por el el Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca i Alimentació, departamentos y agencias de la Generalitat de Catalunya. Entidad Colaboradora de la Administración Hidráulica del Ministerio de Medio Ambiente (Grupo 3).
Este informe no debe reproducirse, excepto en su totalidad, sin la autorización escrita de Tecnoambiente, S.L. y del cliente

Informe analítico solicitado por:
Dirección:

LABORATORIO GALICIA
GALILEO GALILEI 44, 2º
15008 A CORUÑA
At.

Referencia informe: 225034647-001920

Página 2/ 2

RESULTADO DEL INFORME ANALÍTICO:

<i>Determinación</i>	<i>Unidades</i>	<i>Resultado</i>	<i>Metodología</i>

Observaciones:

Disponibles las incertidumbres asociadas a los métodos acreditados. Los resultados hacen referencia a la muestra recibida y ensayada.
AM FM 13/8

Barcelona, 18 de septiembre de 2020



Director Técnico Laboratorio
Joan Parés Gómez

Informe analítico solicitado por:
Dirección:

LABORATORIO GALICIA
GALILEO GALILEI 44, 2º
15008 A CORUÑA
At.

Referencia informe: 225034647-001930

Página 1/ 2

CARACTERÍSTICAS DE LA(S) MUESTRA(S): Toma de muestras (*)

realizada por personal técnico de TECNOAMBIENTE, S.L., recibida en nuestro laboratorio el día 18 de agosto de 2020 y referenciada como se indica a continuación:

Referencia del cliente: 042-0820; La muestra llega refrigerada en 1 bote de plástico de 250ml. 1 bote de plástico de 100ml. 3 botes de plástico de 50ml. Tipo de muestra: Agua de mar

Referencia del laboratorio: 20080264

Fecha inicio análisis: 18 de agosto de 2020

Fecha finalización análisis: 18 de septiembre de 2020

RESULTADO DEL INFORME ANALÍTICO:

<i>Determinación</i>	<i>Unidades</i>	<i>Resultado</i>	<i>Metodología</i>
Arsénico disuelto en aguas	µg/l	< 5.00	PNT LAB 07
Cadmio disuelto en aguas	µg/l	< 1.00	PNT LAB 07
Cobre disuelto en aguas	µg/l	< 5.00	PNT LAB 07
Cromo disuelto en aguas	µg/l	< 3.00	PNT LAB 07
Fosfatos en aguas	mg/l	< 0.0200	PNT LAB 40
Mercurio disuelto en aguas	µg/l	< 1.00	PNT LAB 07
Níquel disuelto en aguas	µg/l	< 5.00	PNT LAB 07
Nitratos en aguas	mg/l	0.88	PNT LAB 40
Nitritos en aguas	mg/l	< 0.0100	PNT LAB 40
Nitrogeno total Kjeldhal en aguas(*)	mg/l	< 5.00	PNT LAB 19
Carbono orgánico no purgable en aguas	mg/l	< 5.00	PNT LAB 31
Plomo disuelto en aguas	µg/l	< 5.00	PNT LAB 07
Zinc disuelto en aguas	µg/l	5.90	PNT LAB 07

Barcelona, 18 de septiembre de
2020


Director Técnico Laboratorio
Joan Parés Gómez



(*) LAS ACTIVIDADES MARCADAS NO ESTÁN AMPARADAS POR LA ACREDITACIÓN DE ENAC
Laboratorio Acreditado por ENAC según la norma UNE-EN-ISO/IEC 17025:2005 (documento de acreditación 479/LE1035); Certificado según las normas UNE-EN-ISO 9001:2015 y UNE-EN-ISO 14001:2015. Habilitado por la Oficina d'Accreditació d'Entitats Col·laboradores OAC, acreditado por la Agència de Residus de Catalunya y por el el Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca i Alimentació, departamentos y agencias de la Generalitat de Catalunya. Entidad Colaboradora de la Administración Hidráulica del Ministerio de Medio Ambiente (Grupo 3).
Este informe no debe reproducirse, excepto en su totalidad, sin la autorización escrita de Tecnoambiente, S.L. y del cliente

Informe analítico solicitado por:
Dirección:

LABORATORIO GALICIA
GALILEO GALILEI 44, 2º
15008 A CORUÑA
At.

Referencia informe: 225034647-001930

Página 2/ 2

RESULTADO DEL INFORME ANALÍTICO:

<i>Determinación</i>	<i>Unidades</i>	<i>Resultado</i>	<i>Metodología</i>

Observaciones:

Disponibles las incertidumbres asociadas a los métodos acreditados. Los resultados hacen referencia a la muestra recibida y ensayada.
AM FM 13/8

Barcelona, 18 de septiembre de 2020



Director Técnico Laboratorio
Joan Parés Gómez

Informe analítico solicitado por:
Dirección:

LABORATORIO GALICIA
GALILEO GALILEI 44, 2º
15008 A CORUÑA
At.

Referencia informe: 225034647-001940

Página 1/ 2

CARACTERÍSTICAS DE LA(S) MUESTRA(S): Toma de muestras (*)

realizada por personal técnico de TECNOAMBIENTE, S.L., recibida en nuestro laboratorio el día 18 de agosto de 2020 y referenciada como se indica a continuación:

Referencia del cliente: 043-0820; La muestra llega refrigerada en 1 bote de plástico de 250ml. 1 bote de plástico de 100ml. 3 botes de plástico de 50ml. Tipo de muestra: Agua de mar

Referencia del laboratorio: 20080265

Fecha inicio análisis: 18 de agosto de 2020

Fecha finalización análisis: 18 de septiembre de 2020

RESULTADO DEL INFORME ANALÍTICO:

<i>Determinación</i>	<i>Unidades</i>	<i>Resultado</i>	<i>Metodología</i>
Arsénico disuelto en aguas	µg/l	< 5.00	PNT LAB 07
Cadmio disuelto en aguas	µg/l	< 1.00	PNT LAB 07
Cobre disuelto en aguas	µg/l	< 5.00	PNT LAB 07
Cromo disuelto en aguas	µg/l	< 3.00	PNT LAB 07
Fosfatos en aguas	mg/l	< 0.0200	PNT LAB 40
Mercurio disuelto en aguas	µg/l	< 1.00	PNT LAB 07
Níquel disuelto en aguas	µg/l	< 5.00	PNT LAB 07
Nitratos en aguas	mg/l	0.88	PNT LAB 40
Nitritos en aguas	mg/l	< 0.0100	PNT LAB 40
Nitrogeno total Kjeldhal en aguas(*)	mg/l	< 5.00	PNT LAB 19
Carbono orgánico no purgable en aguas	mg/l	< 5.00	PNT LAB 31
Plomo disuelto en aguas	µg/l	< 5.00	PNT LAB 07
Zinc disuelto en aguas	µg/l	< 5.00	PNT LAB 07

Barcelona, 18 de septiembre de
2020



Director Técnico Laboratorio
Joan Parés Gómez



(*) LAS ACTIVIDADES MARCADAS NO ESTÁN AMPARADAS POR LA ACREDITACIÓN DE ENAC
Laboratorio Acreditado por ENAC según la norma UNE-EN-ISO/IEC 17025:2005 (documento de acreditación 479/LE1035); Certificado según las normas UNE-EN-ISO 9001:2015 y UNE-EN-ISO 14001:2015. Habilitado por la Oficina d'Accreditació d'Entitats Col·laboradores OAC, acreditado por la Agència de Residus de Catalunya y por el el Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca i Alimentació, departamentos y agencias de la Generalitat de Catalunya. Entidad Colaboradora de la Administración Hidráulica del Ministerio de Medio Ambiente (Grupo 3).
Este informe no debe reproducirse, excepto en su totalidad, sin la autorización escrita de Tecnoambiente, S.L. y del cliente

Informe analítico solicitado por:
Dirección:

LABORATORIO GALICIA
GALILEO GALILEI 44, 2º
15008 A CORUÑA
At.

Referencia informe: 225034647-001940

Página 2/ 2

RESULTADO DEL INFORME ANALÍTICO:

<i>Determinación</i>	<i>Unidades</i>	<i>Resultado</i>	<i>Metodología</i>

Observaciones:

Disponibles las incertidumbres asociadas a los métodos acreditados. Los resultados hacen referencia a la muestra recibida y ensayada.
AM FM 13/8

Barcelona, 18 de septiembre de 2020



Director Técnico Laboratorio
Joan Parés Gómez

Informe analítico solicitado por:
Dirección:

LABORATORIO GALICIA
GALILEO GALILEI 44, 2º
15008 A CORUÑA
At.

Referencia informe: 225034647-001950

Página 1/ 2

CARACTERÍSTICAS DE LA(S) MUESTRA(S): Toma de muestras (*)

realizada por personal técnico de TECNOAMBIENTE, S.L., recibida en nuestro laboratorio el día 18 de agosto de 2020 y referenciada como se indica a continuación:

Referencia del cliente: 044-0820; La muestra llega refrigerada en 1 bote de plástico de 250ml. 1 bote de plástico de 100ml. 3 botes de plástico de 50ml. Tipo de muestra: Agua de mar

Referencia del laboratorio: 20080266

Fecha inicio análisis: 18 de agosto de 2020

Fecha finalización análisis: 18 de septiembre de 2020

RESULTADO DEL INFORME ANALÍTICO:

<i>Determinación</i>	<i>Unidades</i>	<i>Resultado</i>	<i>Metodología</i>
Arsénico disuelto en aguas	µg/l	< 5.00	PNT LAB 07
Cadmio disuelto en aguas	µg/l	< 1.00	PNT LAB 07
Cobre disuelto en aguas	µg/l	< 5.00	PNT LAB 07
Cromo disuelto en aguas	µg/l	< 3.00	PNT LAB 07
Fosfatos en aguas	mg/l	< 0.0200	PNT LAB 40
Mercurio disuelto en aguas	µg/l	< 1.00	PNT LAB 07
Níquel disuelto en aguas	µg/l	< 5.00	PNT LAB 07
Nitratos en aguas	mg/l	0.88	PNT LAB 40
Nitritos en aguas	mg/l	< 0.0100	PNT LAB 40
Nitrogeno total Kjeldhal en aguas(*)	mg/l	< 5.00	PNT LAB 19
Carbono orgánico no purgable en aguas	mg/l	< 5.00	PNT LAB 31
Plomo disuelto en aguas	µg/l	< 5.00	PNT LAB 07
Zinc disuelto en aguas	µg/l	< 5.00	PNT LAB 07

Barcelona, 18 de septiembre de
2020



Director Técnico Laboratorio
Joan Parés Gómez



(*) LAS ACTIVIDADES MARCADAS NO ESTÁN AMPARADAS POR LA ACREDITACIÓN DE ENAC
Laboratorio Acreditado por ENAC según la norma UNE-EN-ISO/IEC 17025:2005 (documento de acreditación 479/LE1035); Certificado según las normas UNE-EN-ISO 9001:2015 y UNE-EN-ISO 14001:2015. Habilitado por la Oficina d'Accreditació d'Entitats Col·laboradores OAC, acreditado por la Agència de Residus de Catalunya y por el el Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca i Alimentació, departamentos y agencias de la Generalitat de Catalunya. Entidad Colaboradora de la Administración Hidráulica del Ministerio de Medio Ambiente (Grupo 3).
Este informe no debe reproducirse, excepto en su totalidad, sin la autorización escrita de Tecnoambiente, S.L. y del cliente

Informe analítico solicitado por:
Dirección:

LABORATORIO GALICIA
GALILEO GALILEI 44, 2º
15008 A CORUÑA
At.

Referencia informe: 225034647-001950

Página 2/ 2

RESULTADO DEL INFORME ANALÍTICO:

<i>Determinación</i>	<i>Unidades</i>	<i>Resultado</i>	<i>Metodología</i>

Observaciones:

Disponibles las incertidumbres asociadas a los métodos acreditados. Los resultados hacen referencia a la muestra recibida y ensayada.
AM FM 13/8

Barcelona, 18 de septiembre de 2020



Director Técnico Laboratorio
Joan Parés Gómez

ANEXO II

BOLETINES DE ENSAYO: CALIDAD DE LAS AGUAS_ENSAYOS MICROBIOLOGÍA

Informe analítico solicitado por:
Dirección:

LABORATORIO GALICIA
GALILEO GALILEI 44, 2º
15008 A CORUÑA
At.

Referencia informe: 225034648-000010

Página 1/ 3

CARACTERÍSTICAS DE LA(S) MUESTRA(S): Toma de muestras (*)

realizada por personal técnico de TECNOAMBIENTE, S.L., recibida en nuestro laboratorio el día 1 de octubre de 2020 y referenciada como se indica a continuación:

Referencia del cliente: 045-0820; La muestra llega refrigerada en 2 bote de plástico de 1L. Tipo de muestra: Sedimento

Referencia del laboratorio: 20080267

Fecha inicio análisis: 1 de octubre de 2020

Fecha finalización análisis: 5 de octubre de 2020

RESULTADO DEL INFORME ANALÍTICO:

<i>Determinación</i>	<i>Unidades</i>	<i>Resultado</i>	<i>Metodología</i>
Arsénico extraíble en agua regia	mg/Kg	6.83	PNT LAB 07
Cadmio extraíble en agua regia	mg/Kg	< 0.120	PNT LAB 07
Cobre extraíble en agua regia	mg/Kg	< 2.50	PNT LAB 07
Cromo extraíble en agua regia	mg/Kg	3.78	PNT LAB 07
Mercurio extraíble en agua regia	mg/Kg	< 0.250	PNT LAB 07
Níquel extraíble en agua regia	mg/Kg	< 2.50	PNT LAB 07
Plomo extraíble en agua regia	mg/Kg	3.97	PNT LAB 07
Zinc extraíble en agua regia	mg/Kg	9.90	PNT LAB 07
COT por oxidación química	%	< 1.50	PNT LAB 50
Naftaleno	µg/Kg	< 15.0	PNT LAB 46
Acenaftileno	µg/Kg	< 15.0	PNT LAB 46
Acenafteno	µg/Kg	< 15.0	PNT LAB 46
Fluoreno	µg/Kg	< 15.0	PNT LAB 46
Fenantreno	µg/Kg	< 15.0	PNT LAB 46
Antraceno	µg/Kg	< 15.0	PNT LAB 46

Barcelona, 5 de octubre de 2020



Director Técnico Laboratorio
Joan Parés Gómez

Informe analítico solicitado por:
Dirección:

 LABORATORIO GALICIA
 GALILEO GALILEI 44, 2º
 15008 A CORUÑA
 At.

Referencia informe: 225034648-000010

Página 2/ 3
RESULTADO DEL INFORME ANALÍTICO:

<i>Determinación</i>	<i>Unidades</i>	<i>Resultado</i>	<i>Metodología</i>
Fluoranteno	µg/Kg	< 15.0	PNT LAB 46
Pireno	µg/Kg	< 15.0	PNT LAB 46
Benzo (a) antraceno	µg/Kg	< 15.0	PNT LAB 46
Criseno	µg/Kg	< 15.0	PNT LAB 46
Benzo (b)+ (k) fluoranteno	µg/Kg	< 30.0	PNT LAB 46
Benzo (a) pireno	µg/Kg	< 15.0	PNT LAB 46
Indeno(1,2,3,cd)pireno (*)	µg/Kg	< 15.0	GC/MS
Dibenzo (a,h) antraceno	µg/Kg	< 15.0	PNT LAB 46
Benzo (g,h,i) perileno	µg/Kg	< 15.0	PNT LAB 46
Suma PAH's	µg/Kg	< 240	PNT LAB 46
PCB congéneres (BZ-28)	µg/Kg	< 1.50	PNT LAB 46
PCB congéneres (BZ-52)	µg/Kg	< 1.50	PNT LAB 46
PCB congéneres (BZ-101)	µg/Kg	< 1.50	PNT LAB 46
PCB congéneres (BZ-118)	µg/Kg	< 1.50	PNT LAB 46
PCB congéneres (BZ-138)	µg/Kg	< 1.50	PNT LAB 46
PCB congéneres (BZ-153)	µg/Kg	< 1.50	PNT LAB 46
PCB congéneres (BZ-180)	µg/Kg	< 1.50	PNT LAB 46
Granulometría tamiz 2,00 mm	%	5.2	PNT LAB 84
Granulometría tamiz 1,00 mm	%	14.2	PNT LAB 84
Granulometría tamiz 0,50 mm	%	47.7	PNT LAB 84
Granulometría tamiz 0,25 mm	%	21.8	PNT LAB 84
Granulometría tamiz 0,12 mm	%	2.4	PNT LAB 84
Granulometría tamiz 0,063 mm	%	5.9	PNT LAB 84
Finos	%	2.7	PNT LAB 84
Granulometría moda	Adimensional	AG	PNT LAB 84
Granulometría D50	mm	0.68	PNT LAB 84

Barcelona, 5 de octubre de 2020


Director Técnico Laboratorio
 Joan Parés Gómez

Informe analítico solicitado por:
Dirección:

LABORATORIO GALICIA
GALILEO GALILEI 44, 2º
15008 A CORUÑA
At.

Referencia informe: 225034648-000010

Página 3/ 3

RESULTADO DEL INFORME ANALÍTICO:

<i>Determinación</i>	<i>Unidades</i>	<i>Resultado</i>	<i>Metodología</i>

Observaciones:

Disponibles las incertidumbres asociadas a los métodos acreditados. Los resultados hacen referencia a la muestra recibida y ensayada.
SED

Barcelona, 5 de octubre de 2020



Director Técnico Laboratorio
Joan Parés Gómez

Informe analítico solicitado por:
Dirección:

LABORATORIO GALICIA
GALILEO GALILEI 44, 2º
15008 A CORUÑA
At.

Referencia informe: 225034648-000020

Página 1/ 3

CARACTERÍSTICAS DE LA(S) MUESTRA(S): Toma de muestras (*)

realizada por personal técnico de TECNOAMBIENTE, S.L., recibida en nuestro laboratorio el día 1 de octubre de 2020 y referenciada como se indica a continuación:

Referencia del cliente: 046-0820; La muestra llega refrigerada en 2 bote de plástico de 1L. Tipo de muestra: Sedimento

Referencia del laboratorio: 20080268

Fecha inicio análisis: 1 de octubre de 2020

Fecha finalización análisis: 5 de octubre de 2020

RESULTADO DEL INFORME ANALÍTICO:

<i>Determinación</i>	<i>Unidades</i>	<i>Resultado</i>	<i>Metodología</i>
Arsénico extraíble en agua regia	mg/Kg	8.22	PNT LAB 07
Cadmio extraíble en agua regia	mg/Kg	< 0.120	PNT LAB 07
Cobre extraíble en agua regia	mg/Kg	< 2.50	PNT LAB 07
Cromo extraíble en agua regia	mg/Kg	2.79	PNT LAB 07
Mercurio extraíble en agua regia	mg/Kg	< 0.250	PNT LAB 07
Níquel extraíble en agua regia	mg/Kg	< 2.50	PNT LAB 07
Plomo extraíble en agua regia	mg/Kg	7.10	PNT LAB 07
Zinc extraíble en agua regia	mg/Kg	14.8	PNT LAB 07
COT por oxidación química	%	< 1.50	PNT LAB 50
Naftaleno	µg/Kg	< 15.0	PNT LAB 46
Acenaftileno	µg/Kg	< 15.0	PNT LAB 46
Acenafteno	µg/Kg	< 15.0	PNT LAB 46
Fluoreno	µg/Kg	< 15.0	PNT LAB 46
Fenantreno	µg/Kg	< 15.0	PNT LAB 46
Antraceno	µg/Kg	< 15.0	PNT LAB 46

Barcelona, 5 de octubre de 2020



Director Técnico Laboratorio
Joan Parés Gómez

Informe analítico solicitado por:
Dirección:

 LABORATORIO GALICIA
 GALILEO GALILEI 44, 2º
 15008 A CORUÑA
 At.

Referencia informe: 225034648-000020

Página 2/ 3
RESULTADO DEL INFORME ANALÍTICO:

<i>Determinación</i>	<i>Unidades</i>	<i>Resultado</i>	<i>Metodología</i>
Fluoranteno	µg/Kg	< 15.0	PNT LAB 46
Pireno	µg/Kg	< 15.0	PNT LAB 46
Benzo (a) antraceno	µg/Kg	< 15.0	PNT LAB 46
Criseno	µg/Kg	< 15.0	PNT LAB 46
Benzo (b)+ (k) fluoranteno	µg/Kg	< 30.0	PNT LAB 46
Benzo (a) pireno	µg/Kg	< 15.0	PNT LAB 46
Indeno(1,2,3,cd)pireno (*)	µg/Kg	< 15.0	GC/MS
Dibenzo (a,h) antraceno	µg/Kg	< 15.0	PNT LAB 46
Benzo (g,h,i) perileno	µg/Kg	< 15.0	PNT LAB 46
Suma PAH's	µg/Kg	< 240	PNT LAB 46
PCB congéneres (BZ-28)	µg/Kg	< 1.50	PNT LAB 46
PCB congéneres (BZ-52)	µg/Kg	< 1.50	PNT LAB 46
PCB congéneres (BZ-101)	µg/Kg	< 1.50	PNT LAB 46
PCB congéneres (BZ-118)	µg/Kg	< 1.50	PNT LAB 46
PCB congéneres (BZ-138)	µg/Kg	< 1.50	PNT LAB 46
PCB congéneres (BZ-153)	µg/Kg	< 1.50	PNT LAB 46
PCB congéneres (BZ-180)	µg/Kg	< 1.50	PNT LAB 46
Granulometría tamiz 2,00 mm	%	75.0	PNT LAB 84
Granulometría tamiz 1,00 mm	%	22.0	PNT LAB 84
Granulometría tamiz 0,50 mm	%	1.9	PNT LAB 84
Granulometría tamiz 0,25 mm	%	< 0.5	PNT LAB 84
Granulometría tamiz 0,12 mm	%	< 0.5	PNT LAB 84
Granulometría tamiz 0,063 mm	%	< 0.5	PNT LAB 84
Finos	%	0.60	PNT LAB 84
Granulometría moda	Adimensional	G	PNT LAB 84
Granulometría D50	mm	> 2	PNT LAB 84

Barcelona, 5 de octubre de 2020


Director Técnico Laboratorio
 Joan Parés Gómez

Informe analítico solicitado por:
Dirección:

LABORATORIO GALICIA
GALILEO GALILEI 44, 2º
15008 A CORUÑA
At.

Referencia informe: 225034648-000020

Página 3/ 3

RESULTADO DEL INFORME ANALÍTICO:

<i>Determinación</i>	<i>Unidades</i>	<i>Resultado</i>	<i>Metodología</i>

Observaciones:

Disponibles las incertidumbres asociadas a los métodos acreditados. Los resultados hacen referencia a la muestra recibida y ensayada.
SED

Barcelona, 5 de octubre de 2020



Director Técnico Laboratorio
Joan Parés Gómez

Informe analítico solicitado por:
Dirección:LABORATORIO GALICIA
GALILEO GALILEI 44, 2º
15008 A CORUÑA
At.**Referencia informe:** 225034648-000030**Página 1/ 3****CARACTERÍSTICAS DE LA(S) MUESTRA(S):** Toma de muestras (*)

realizada por personal técnico de TECNOAMBIENTE, S.L., recibida en nuestro laboratorio el día 1 de octubre de 2020 y referenciada como se indica a continuación:

Referencia del cliente: 047-0820; La muestra llega refrigerada en 2 bote de plástico de 1L. Tipo de muestra: Sedimento**Referencia del laboratorio:** 20080269**Fecha inicio análisis:** 1 de octubre de 2020**Fecha finalización análisis:** 5 de octubre de 2020**RESULTADO DEL INFORME ANALÍTICO:**

<i>Determinación</i>	<i>Unidades</i>	<i>Resultado</i>	<i>Metodología</i>
Arsénico extraíble en agua regia	mg/Kg	5.96	PNT LAB 07
Cadmio extraíble en agua regia	mg/Kg	< 0.120	PNT LAB 07
Cobre extraíble en agua regia	mg/Kg	< 2.50	PNT LAB 07
Cromo extraíble en agua regia	mg/Kg	< 2.50	PNT LAB 07
Mercurio extraíble en agua regia	mg/Kg	< 0.250	PNT LAB 07
Níquel extraíble en agua regia	mg/Kg	< 2.50	PNT LAB 07
Plomo extraíble en agua regia	mg/Kg	4.58	PNT LAB 07
Zinc extraíble en agua regia	mg/Kg	8.56	PNT LAB 07
COT por oxidación química	%	< 1.50	PNT LAB 50
Naftaleno	µg/Kg	< 15.0	PNT LAB 46
Acenaftileno	µg/Kg	< 15.0	PNT LAB 46
Acenafteno	µg/Kg	< 15.0	PNT LAB 46
Fluoreno	µg/Kg	< 15.0	PNT LAB 46
Fenantreno	µg/Kg	< 15.0	PNT LAB 46
Antraceno	µg/Kg	< 15.0	PNT LAB 46

Barcelona, 5 de octubre de 2020


Director Técnico Laboratorio
Joan Parés Gómez

Informe analítico solicitado por:
Dirección:

 LABORATORIO GALICIA
 GALILEO GALILEI 44, 2º
 15008 A CORUÑA
 At.

Referencia informe: 225034648-000030

Página 2/ 3
RESULTADO DEL INFORME ANALÍTICO:

<i>Determinación</i>	<i>Unidades</i>	<i>Resultado</i>	<i>Metodología</i>
Fluoranteno	µg/Kg	< 15.0	PNT LAB 46
Pireno	µg/Kg	< 15.0	PNT LAB 46
Benzo (a) antraceno	µg/Kg	< 15.0	PNT LAB 46
Criseno	µg/Kg	< 15.0	PNT LAB 46
Benzo (b)+ (k) fluoranteno	µg/Kg	< 30.0	PNT LAB 46
Benzo (a) pireno	µg/Kg	< 15.0	PNT LAB 46
Indeno(1,2,3,cd)pireno (*)	µg/Kg	< 15.0	GC/MS
Dibenzo (a,h) antraceno	µg/Kg	< 15.0	PNT LAB 46
Benzo (g,h,i) perileno	µg/Kg	< 15.0	PNT LAB 46
Suma PAH's	µg/Kg	< 240	PNT LAB 46
PCB congéneres (BZ-28)	µg/Kg	< 1.50	PNT LAB 46
PCB congéneres (BZ-52)	µg/Kg	< 1.50	PNT LAB 46
PCB congéneres (BZ-101)	µg/Kg	< 1.50	PNT LAB 46
PCB congéneres (BZ-118)	µg/Kg	< 1.50	PNT LAB 46
PCB congéneres (BZ-138)	µg/Kg	< 1.50	PNT LAB 46
PCB congéneres (BZ-153)	µg/Kg	< 1.50	PNT LAB 46
PCB congéneres (BZ-180)	µg/Kg	< 1.50	PNT LAB 46
Granulometría tamiz 2,00 mm	%	32.3	PNT LAB 84
Granulometría tamiz 1,00 mm	%	49.7	PNT LAB 84
Granulometría tamiz 0,50 mm	%	14.3	PNT LAB 84
Granulometría tamiz 0,25 mm	%	1.4	PNT LAB 84
Granulometría tamiz 0,12 mm	%	< 0.5	PNT LAB 84
Granulometría tamiz 0,063 mm	%	< 0.5	PNT LAB 84
Finos	%	1.9	PNT LAB 84
Granulometría moda	Adimensional	AMG	PNT LAB 84
Granulometría D50	mm	1.6	PNT LAB 84

Barcelona, 5 de octubre de 2020


Director Técnico Laboratorio
 Joan Parés Gómez

Informe analítico solicitado por:
Dirección:

LABORATORIO GALICIA
GALILEO GALILEI 44, 2º
15008 A CORUÑA
At.

Referencia informe: 225034648-000030

Página 3/ 3

RESULTADO DEL INFORME ANALÍTICO:

<i>Determinación</i>	<i>Unidades</i>	<i>Resultado</i>	<i>Metodología</i>

Observaciones:

Disponibles las incertidumbres asociadas a los métodos acreditados. Los resultados hacen referencia a la muestra recibida y ensayada.
SED

Barcelona, 5 de octubre de 2020



Director Técnico Laboratorio
Joan Parés Gómez

ANEXO III

BOLETINES DE ENSAYO: CALIDAD DEL SEDIMENTO

Nº MUESTRA: 171831
MUESTREO POR: Cliente
FECHA MUESTRA: 14.08.20
HORA MUESTRA:
FECHA RECEPCIÓN: 14.08.20
INICIO ANÁLISIS: 14.08.20
FIN ANÁLISIS: 16.08.20
NATURALEZA: AGUA MARINA REF.036-0820
LEGISLACIÓN DE REFERENCIA: La legislación no recoge normas microbiológicas.

476 A/A:
TECNO AMBIENTE, S.L.
Galileo Galilei, 36, 2ª Pta.
LA CORUÑA
LA CORUÑA 15008
mjose.fernandez@tecnoambiente.com

ENSAYO	MÉTODO	RESOLUCIÓN	NORMATIVA	RESULTADO
Bacterias coliformes (ufc/100ml)	PNT-MIC-18			
Coliformes totales (ufc/100ml)	PNT-MIC-27			
<i>Escherichia coli</i> (ufc/100ml)	PNT-MIC-19	10		10
Coliformes fecales (ufc/100ml)	PNT-MIC-28			
Streptococos fecales (ufc/100ml)	PNT-MIC-21			
Enterococos intestinales (ufc/100ml)	PNT-MIC-22	10		30
<i>Clostridium perfringens</i> (incluidas las esporas) (ufc/100ml)	Filtración			
Microorganismos aerobios cultivables a 37°C (ufc/ml)	PNT-MIC-16			
Microorganismos aerobios cultivables a 22°C (ufc/ml)	PNT-MIC-17			
Mohos y levaduras (ufc/100ml)	PNT-MIC-20			
<i>Salmonella</i> spp. (Investigación)	PNT-MIC-24.01	Presencia / Ausencia	Ausencia en 100ml ⁽¹⁾	
<i>Salmonella</i> spp. (Investigación)	PNT-MIC-24.02	Presencia / Ausencia	Ausencia en 10ml ⁽¹⁾	

NOTAS

(1) Límites definidos en normativa exclusivamente orientativos para el control de calidad interno de la empresa agroalimentaria.

Nº MUESTRA: 171832
MUESTREO POR: Cliente
FECHA MUESTRA: 14.08.20
HORA MUESTRA:
FECHA RECEPCIÓN: 14.08.20
INICIO ANÁLISIS: 14.08.20
FIN ANÁLISIS: 16.08.20
NATURALEZA: AGUA MARINA REF.037-0820
LEGISLACIÓN DE REFERENCIA: La legislación no recoge normas microbiológicas.

476 A/A:
TECNO AMBIENTE, S.L.
Galileo Galilei, 36, 2ª Pta.
LA CORUÑA
LA CORUÑA 15008
mjose.fernandez@tecnoambiente.com

ENSAYO	MÉTODO	RESOLUCIÓN	NORMATIVA	RESULTADO
Bacterias coliformes (ufc/100ml)	PNT-MIC-18			
Coliformes totales (ufc/100ml)	PNT-MIC-27			
<i>Escherichia coli</i> (ufc/100ml)	PNT-MIC-19	10		50
Coliformes fecales (ufc/100ml)	PNT-MIC-28			
Estreptococos fecales (ufc/100ml)	PNT-MIC-21			
Enterococos intestinales (ufc/100ml)	PNT-MIC-22	10		110
<i>Clostridium perfringens</i> (incluidas las esporas) (ufc/100ml)	Filtración			
Microorganismos aerobios cultivables a 37°C (ufc/ml)	PNT-MIC-16			
Microorganismos aerobios cultivables a 22°C (ufc/ml)	PNT-MIC-17			
Mohos y levaduras (ufc/100ml)	PNT-MIC-20			
<i>Salmonella</i> spp. (Investigación)	PNT-MIC-24.01	Presencia / Ausencia	Ausencia en 100ml ⁽¹⁾	
<i>Salmonella</i> spp. (Investigación)	PNT-MIC-24.02	Presencia / Ausencia	Ausencia en 10ml ⁽¹⁾	

NOTAS

(1) Límites definidos en normativa exclusivamente orientativos para el control de calidad interno de la empresa agroalimentaria.

Nº MUESTRA: 171833
MUESTREO POR: Cliente
FECHA MUESTRA: 14.08.20
HORA MUESTRA:
FECHA RECEPCIÓN: 14.08.20
INICIO ANÁLISIS: 14.08.20
FIN ANÁLISIS: 16.08.20
NATURALEZA: AGUA MARINA REF.038-0820
LEGISLACIÓN DE REFERENCIA: La legislación no recoge normas microbiológicas.

476 A/A:
TECNO AMBIENTE, S.L.
Galileo Galilei, 36, 2ª Pta.
LA CORUÑA
LA CORUÑA 15008
mjose.fernandez@tecnoambiente.com

ENSAYO	MÉTODO	RESOLUCIÓN	NORMATIVA	RESULTADO
Bacterias coliformes (ufc/100ml)	PNT-MIC-18			
Coliformes totales (ufc/100ml)	PNT-MIC-27			
<i>Escherichia coli</i> (ufc/100ml)	PNT-MIC-19	10		30
Coliformes fecales (ufc/100ml)	PNT-MIC-28			
Estreptococos fecales (ufc/100ml)	PNT-MIC-21			
Enterococos intestinales (ufc/100ml)	PNT-MIC-22	10		90
<i>Clostridium perfringens</i> (incluidas las esporas) (ufc/100ml)	Filtración			
Microorganismos aerobios cultivables a 37°C (ufc/ml)	PNT-MIC-16			
Microorganismos aerobios cultivables a 22°C (ufc/ml)	PNT-MIC-17			
Mohos y levaduras (ufc/100ml)	PNT-MIC-20			
<i>Salmonella</i> spp. (Investigación)	PNT-MIC-24.01	Presencia / Ausencia	Ausencia en 100ml ⁽¹⁾	
<i>Salmonella</i> spp. (Investigación)	PNT-MIC-24.02	Presencia / Ausencia	Ausencia en 10ml ⁽¹⁾	

NOTAS

(1) Límites definidos en normativa exclusivamente orientativos para el control de calidad interno de la empresa agroalimentaria.

Nº MUESTRA: 171834
MUESTREO POR: Cliente
FECHA MUESTRA: 14.08.20
HORA MUESTRA:
FECHA RECEPCIÓN: 14.08.20
INICIO ANÁLISIS: 14.08.20
FIN ANÁLISIS: 16.08.20
NATURALEZA: AGUA MARINA REF.039-0820
LEGISLACIÓN DE REFERENCIA: La legislación no recoge normas microbiológicas.

476 A/A:
TECNO AMBIENTE, S.L.
Galileo Galilei, 36, 2ª Pta.
LA CORUÑA
LA CORUÑA 15008
mjose.fernandez@tecnoambiente.com

ENSAYO	MÉTODO	RESOLUCIÓN	NORMATIVA	RESULTADO
Bacterias coliformes (ufc/100ml)	PNT-MIC-18			
Coliformes totales (ufc/100ml)	PNT-MIC-27			
<i>Escherichia coli</i> (ufc/100ml)	PNT-MIC-19	10		20
Coliformes fecales (ufc/100ml)	PNT-MIC-28			
Estreptococos fecales (ufc/100ml)	PNT-MIC-21			
Enterococos intestinales (ufc/100ml)	PNT-MIC-22	10		40
<i>Clostridium perfringens</i> (incluidas las esporas) (ufc/100ml)	Filtración			
Microorganismos aerobios cultivables a 37°C (ufc/ml)	PNT-MIC-16			
Microorganismos aerobios cultivables a 22°C (ufc/ml)	PNT-MIC-17			
Mohos y levaduras (ufc/100ml)	PNT-MIC-20			
<i>Salmonella</i> spp. (Investigación)	PNT-MIC-24.01	Presencia / Ausencia	Ausencia en 100ml ⁽¹⁾	
<i>Salmonella</i> spp. (Investigación)	PNT-MIC-24.02	Presencia / Ausencia	Ausencia en 10ml ⁽¹⁾	

NOTAS

(1) Límites definidos en normativa exclusivamente orientativos para el control de calidad interno de la empresa agroalimentaria.

Nº MUESTRA: 171835
MUESTREO POR: Cliente
FECHA MUESTRA: 14.08.20
HORA MUESTRA:
FECHA RECEPCIÓN: 14.08.20
INICIO ANÁLISIS: 14.08.20
FIN ANÁLISIS: 16.08.20
NATURALEZA: AGUA MARINA REF.040-0820
LEGISLACIÓN DE REFERENCIA: La legislación no recoge normas microbiológicas.

476 A/A:
TECNO AMBIENTE, S.L.
 Galileo Galilei, 36, 2ª Pta.
 LA CORUÑA
 LA CORUÑA 15008
 mjose.fernandez@tecnoambiente.com

ENSAYO	MÉTODO	RESOLUCIÓN	NORMATIVA	RESULTADO
Bacterias coliformes (ufc/100ml)	PNT-MIC-18			
Coliformes totales (ufc/100ml)	PNT-MIC-27			
<i>Escherichia coli</i> (ufc/100ml)	PNT-MIC-19	10		20
Coliformes fecales (ufc/100ml)	PNT-MIC-28			
Estreptococos fecales (ufc/100ml)	PNT-MIC-21			
Enterococos intestinales (ufc/100ml)	PNT-MIC-22	10		50
<i>Clostridium perfringens</i> (incluidas las esporas) (ufc/100ml)	Filtración			
Microorganismos aerobios cultivables a 37°C (ufc/ml)	PNT-MIC-16			
Microorganismos aerobios cultivables a 22°C (ufc/ml)	PNT-MIC-17			
Mohos y levaduras (ufc/100ml)	PNT-MIC-20			
<i>Salmonella</i> spp. (Investigación)	PNT-MIC-24.01	Presencia / Ausencia	Ausencia en 100ml ⁽¹⁾	
<i>Salmonella</i> spp. (Investigación)	PNT-MIC-24.02	Presencia / Ausencia	Ausencia en 10ml ⁽¹⁾	

NOTAS

(1) Límites definidos en normativa exclusivamente orientativos para el control de calidad interno de la empresa agroalimentaria.

Nº MUESTRA: 171836
MUESTREO POR: Cliente
FECHA MUESTRA: 14.08.20
HORA MUESTRA:
FECHA RECEPCIÓN: 14.08.20
INICIO ANÁLISIS: 14.08.20
FIN ANÁLISIS: 16.08.20
NATURALEZA: AGUA MARINA REF.041-0820
LEGISLACIÓN DE REFERENCIA: La legislación no recoge normas microbiológicas.

476 A/A:
TECNO AMBIENTE, S.L.
Galileo Galilei, 36, 2ª Pta.
LA CORUÑA
LA CORUÑA 15008
mjose.fernandez@tecnoambiente.com

ENSAYO	MÉTODO	RESOLUCIÓN	NORMATIVA	RESULTADO
Bacterias coliformes (ufc/100ml)	PNT-MIC-18			
Coliformes totales (ufc/100ml)	PNT-MIC-27			
<i>Escherichia coli</i> (ufc/100ml)	PNT-MIC-19	10		30
Coliformes fecales (ufc/100ml)	PNT-MIC-28			
Estreptococos fecales (ufc/100ml)	PNT-MIC-21			
Enterococos intestinales (ufc/100ml)	PNT-MIC-22	10		80
<i>Clostridium perfringens</i> (incluidas las esporas) (ufc/100ml)	Filtración			
Microorganismos aerobios cultivables a 37°C (ufc/ml)	PNT-MIC-16			
Microorganismos aerobios cultivables a 22°C (ufc/ml)	PNT-MIC-17			
Mohos y levaduras (ufc/100ml)	PNT-MIC-20			
<i>Salmonella</i> spp. (Investigación)	PNT-MIC-24.01	Presencia / Ausencia	Ausencia en 100ml ⁽¹⁾	
<i>Salmonella</i> spp. (Investigación)	PNT-MIC-24.02	Presencia / Ausencia	Ausencia en 10ml ⁽¹⁾	

NOTAS

(1) Límites definidos en normativa exclusivamente orientativos para el control de calidad interno de la empresa agroalimentaria.

Nº MUESTRA: 171838
MUESTREO POR: Cliente
FECHA MUESTRA: 14.08.20
HORA MUESTRA:
FECHA RECEPCIÓN: 14.08.20
INICIO ANÁLISIS: 14.08.20
FIN ANÁLISIS: 16.08.20
NATURALEZA: AGUA MARINA REF.043-0820
LEGISLACIÓN DE REFERENCIA: La legislación no recoge normas microbiológicas.

476 A/A:
TECNO AMBIENTE, S.L.
Galileo Galilei, 36, 2ª Pta.
LA CORUÑA
LA CORUÑA 15008
mjose.fernandez@tecnoambiente.com

ENSAYO	MÉTODO	RESOLUCIÓN	NORMATIVA	RESULTADO
Bacterias coliformes (ufc/100ml)	PNT-MIC-18			
Coliformes totales (ufc/100ml)	PNT-MIC-27			
<i>Escherichia coli</i> (ufc/100ml)	PNT-MIC-19	10		20
Coliformes fecales (ufc/100ml)	PNT-MIC-28			
Estreptococos fecales (ufc/100ml)	PNT-MIC-21			
Enterococos intestinales (ufc/100ml)	PNT-MIC-22	10		40
<i>Clostridium perfringens</i> (incluidas las esporas) (ufc/100ml)	Filtración			
Microorganismos aerobios cultivables a 37°C (ufc/ml)	PNT-MIC-16			
Microorganismos aerobios cultivables a 22°C (ufc/ml)	PNT-MIC-17			
Mohos y levaduras (ufc/100ml)	PNT-MIC-20			
<i>Salmonella</i> spp. (Investigación)	PNT-MIC-24.01	Presencia / Ausencia	Ausencia en 100ml ⁽¹⁾	
<i>Salmonella</i> spp. (Investigación)	PNT-MIC-24.02	Presencia / Ausencia	Ausencia en 10ml ⁽¹⁾	

NOTAS

(1) Límites definidos en normativa exclusivamente orientativos para el control de calidad interno de la empresa agroalimentaria.

Nº MUESTRA: 171837
MUESTREO POR: Cliente
FECHA MUESTRA: 14.08.20
HORA MUESTRA:
FECHA RECEPCIÓN: 14.08.20
INICIO ANÁLISIS: 14.08.20
FIN ANÁLISIS: 16.08.20
NATURALEZA: AGUA MARINA REF.042-0820
LEGISLACIÓN DE REFERENCIA: La legislación no recoge normas microbiológicas.

476 A/A:
TECNO AMBIENTE, S.L.
Galileo Galilei, 36, 2ª Pta.
LA CORUÑA
LA CORUÑA 15008
mjose.fernandez@tecnoambiente.com

ENSAYO	MÉTODO	RESOLUCIÓN	NORMATIVA	RESULTADO
Bacterias coliformes (ufc/100ml)	PNT-MIC-18			
Coliformes totales (ufc/100ml)	PNT-MIC-27			
<i>Escherichia coli</i> (ufc/100ml)	PNT-MIC-19	10		30
Coliformes fecales (ufc/100ml)	PNT-MIC-28			
Estreptococos fecales (ufc/100ml)	PNT-MIC-21			
Enterococos intestinales (ufc/100ml)	PNT-MIC-22	10		90
<i>Clostridium perfringens</i> (incluidas las esporas) (ufc/100ml)	Filtración			
Microorganismos aerobios cultivables a 37°C (ufc/ml)	PNT-MIC-16			
Microorganismos aerobios cultivables a 22°C (ufc/ml)	PNT-MIC-17			
Mohos y levaduras (ufc/100ml)	PNT-MIC-20			
<i>Salmonella</i> spp. (Investigación)	PNT-MIC-24.01	Presencia / Ausencia	Ausencia en 100ml ⁽¹⁾	
<i>Salmonella</i> spp. (Investigación)	PNT-MIC-24.02	Presencia / Ausencia	Ausencia en 10ml ⁽¹⁾	

NOTAS

(1) Límites definidos en normativa exclusivamente orientativos para el control de calidad interno de la empresa agroalimentaria.

Nº MUESTRA: 171839
MUESTREO POR: Cliente
FECHA MUESTRA: 14.08.20
HORA MUESTRA:
FECHA RECEPCIÓN: 14.08.20
INICIO ANÁLISIS: 14.08.20
FIN ANÁLISIS: 16.08.20
NATURALEZA: AGUA MARINA REF.044-0820
LEGISLACIÓN DE REFERENCIA: La legislación no recoge normas microbiológicas.

476 A/A:
TECNO AMBIENTE, S.L.
Galileo Galilei, 36, 2ª Pta.
LA CORUÑA
LA CORUÑA 15008
mjose.fernandez@tecnoambiente.com

ENSAYO	MÉTODO	RESOLUCIÓN	NORMATIVA	RESULTADO
Bacterias coliformes (ufc/100ml)	PNT-MIC-18			
Coliformes totales (ufc/100ml)	PNT-MIC-27			
<i>Escherichia coli</i> (ufc/100ml)	PNT-MIC-19	10		20
Coliformes fecales (ufc/100ml)	PNT-MIC-28			
Streptococos fecales (ufc/100ml)	PNT-MIC-21			
Enterococos intestinales (ufc/100ml)	PNT-MIC-22	10		60
<i>Clostridium perfringens</i> (incluidas las esporas) (ufc/100ml)	Filtración			
Microorganismos aerobios cultivables a 37°C (ufc/ml)	PNT-MIC-16			
Microorganismos aerobios cultivables a 22°C (ufc/ml)	PNT-MIC-17			
Mohos y levaduras (ufc/100ml)	PNT-MIC-20			
<i>Salmonella</i> spp. (Investigación)	PNT-MIC-24.01	Presencia / Ausencia	Ausencia en 100ml ⁽¹⁾	
<i>Salmonella</i> spp. (Investigación)	PNT-MIC-24.02	Presencia / Ausencia	Ausencia en 10ml ⁽¹⁾	

NOTAS

(1) Límites definidos en normativa exclusivamente orientativos para el control de calidad interno de la empresa agroalimentaria.

ANEXO V

ESTUDIO DESCRIPTIVO DEL PLANCTON EN LA COLUMNA DE AGUA

ESTUDIO DESCRIPTIVO DEL PLANCTON EN LA COLUMNA DE AGUA

PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE UN EMISARIO SUBMARINO PARA LA EVACUACIÓN DE AGUA Y LODOS PROCEDENTES DE LA EXPLOTACIÓN SUBTERRÁNEA DEL YACIMIENTO DE SALAVE

DICIEMBRE 2020



Promotor:

**EXPLORACIONES MINERAS DEL
CANTÁBRICO S.L.**

Término municipal: Tapia de Casariego

Índice

1. INTRODUCCIÓN	3
2. ALCANCE CAMPAÑA DE MUESTREO	8
3. METODOLOGÍA	9
3.1. FITOPLANCTON	9
3.2. ZOOPLANCTON	10
4. RESULTADOS	13
4.1. CAMPAÑA AGOSTO 2020	13
4.2. CAMPAÑA OCTUBRE 2020_FITOPLANCTON	24
4.3. CAMPAÑA NOVIEMBRE 2020_FITOPLANCTON	36
5. CONCLUSIONES	49

ANEXO I_ INFORMES DE RESULTADOS CAMPAÑAS FITOPLANCTON

ANEXO II_ INFORMES DE RESULTADOS CAMPAÑAS ZOOPLANCTON

ANEXO III_ RECIENTOS Y CAPTURAS FOTOGRÁFICAS TAXONOMÍA FITOPLANCTON

1. INTRODUCCIÓN

El plancton son organismos en su mayor parte microscópicos, que viven en suspensión en la zona pelágica de mares y océanos (también en ríos y lagos), que, si bien disponen de movilidad propia, no tienen capacidad de nadar contracorriente, por lo que son arrastrados a la deriva por mareas y corrientes.

La biomasa y abundancia de plancton es una métrica de gran relevancia para la gestión del medio marino, debido al papel clave que los organismos planctónicos desempeñan en el funcionamiento y dinámica del ecosistema, tanto a nivel de hábitats pelágicos como demersales-bentónicos, en aspectos relativos a producción, ciclos biogeoquímicos y redes tróficas.

El plancton se divide en dos tipos: fitoplancton y zooplancton, en función de la forma en que disponen de la energía necesaria para sobrevivir.

El fitoplancton está formado por organismos fotosintéticos capaces de producir la energía que necesitan a partir de la luz del sol y los nutrientes del agua, para lo cual deben estar cerca de la superficie. Son por tanto el primer eslabón de la cadena alimenticia de los sistemas acuáticos. En condiciones adecuadas, son capaces de multiplicarse exponencialmente aumentando su abundancia de manera 'explosiva', fenómeno que recibe el nombre de floración o bloom. Estas floraciones se producen naturalmente y de forma cíclica, pero puede llegar a tener efectos negativos en el medio acuático si el número crece considerablemente, al provocar situaciones de anoxia, o bien por la producción de toxinas capaces de matar moluscos, crustáceos, y de causar problemas intestinales y neurológicos al ser humano. Por ello es un buen indicador de la eutrofización de las aguas.

El zooplancton está constituido por organismos acuáticos de un tamaño microscópico o macroscópico, que viven suspendidos en la columna de agua y que está formado tanto por individuos jóvenes microscópicos como adultos, así como por pequeñas larvas y huevos. Son heterótrofos, y obtienen su energía ingiriendo otros organismos o detritos. El zooplancton constituye un componente importante que conecta los productores primarios con niveles tróficos superiores jugando un papel clave en la transferencia de energía.

Las condiciones meteorológicas a escala local (relacionadas a su vez con la variabilidad a larga escala) y las climáticas a escala regional (ámbito de una Demarcación), constituyen los principales agentes forzadores de la dinámica del plancton. Las presiones climáticas relevantes, que inducen cambios de temperatura, pH, condiciones atmosféricas (p.ej. régimen de vientos en relación con procesos de afloramiento), salinidad, circulación o aportes continentales (por escorrentía o asociados a descargas de ríos), promueven cambios en las comunidades de plancton y sus atributos, que pueden asociarse con indicadores de diferentes aspectos del ecosistema.

La zona de estudio se circunscribe al Golfo de Vizcaya en términos biogeográficos, un área de transición entre los regímenes subtropical y boreal (Valdés y Lavín, 2002), que conforman un complejo sistema oceanográfico donde diversos procesos físicos (p.ej. eventos de surgencia), químicos y biológicos interactúan a distintas escalas espaciales y temporales (Koustsikopoulos y Le Cann, 1996; Valdés y Lavín, 2002).

La variedad de procesos oceanográficos que concurren en la zona influye en distintos aspectos del funcionamiento del ecosistema, tales como la distribución de nutrientes (Botas et al., 1988), la composición del seston (Bode, 1990), la composición, distribución y producción de fitoplancton (Fernández et al., 1991; Bode et al., 2002) y zooplancton (Fernández et al., 1993; Poulet et al., 1996), o el reclutamiento de especies pelágicas (Cabanas y Porteiro, 1998), demersales (Sánchez y Gil, 2000) y bentónicas de importante valor comercial.

Indicador Biológico

En el ámbito de aplicación de la **Directiva Marco del Agua 2000/60/CE** del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2000, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas (en adelante DMA), el **indicador biológico fitoplancton** es utilizado para la clasificación del **estado ecológico de las masas de agua de transición y costeras**.

Las formas inorgánicas disueltas de sílice, nitrógeno y fósforo controlan el crecimiento del fitoplancton en la capa superficial del mar. En consecuencia, **uno de los efectos directos de la**

contaminación por nutrientes puede ser el aumento de la biomasa de fitoplancton. Además, y puesto que los productores primarios están en la base de las redes tróficas, los cambios en la abundancia de fitoplancton pueden transmitirse por vía de las interacciones tróficas a otras comunidades pelágicas y bentónicas, afectando finalmente a la estructura de todo el ecosistema (efectos indirectos).

Aunque está aún en fase de estudio, uno de los cambios más comunes en la estructura de la comunidad que sigue al enriquecimiento en nutrientes, es el incremento en la abundancia de algunos géneros de diatomeas en detrimento de otros grupos de flagelados que tienden a dominar la comunidad bajo condiciones de limitación de nutrientes.

El enriquecimiento en nutrientes combinado con condiciones hidrológicas adecuadas puede favorecer el crecimiento de algas productoras de toxinas (mareas rojas) o bien el crecimiento explosivo (blooms) de microalgas (sean o no productoras de toxinas). Las toxinas producidas pueden afectar a peces y otros organismos. Indirectamente, un bloom del fitoplancton puede tener también efectos perjudiciales sobre las comunidades bentónicas dado que da lugar a la acumulación de gran cantidad de materia orgánica en el fondo de la columna de agua lo que puede provocar déficit de oxígeno. No obstante, en la actualidad, los mecanismos que desencadenan los episodios de mareas rojas o blooms de microalgas no se conocen con precisión por lo que no se dispone de evidencias sólidas que demuestren que hay una conexión directa entre aumento de la frecuencia de episodios de mareas rojas y eutrofización.

Planificación Hidrológica

Según el **Reglamento de Planificación Hidrológica** (REAL DECRETO 907/2007, de 6 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de la Planificación Hidrológica), los elementos de calidad biológicos para la clasificación del estado ecológico de las aguas costeras son la **composición, abundancia y biomasa del fitoplancton** y la composición y abundancia de otro tipo de flora acuática y de la fauna bentónica de invertebrados.

Tabla 11. Definición del estado ecológico muy bueno, bueno y moderado de las aguas costeras según los elementos de calidad biológicos

Elemento	Muy buen estado	Buen estado	Estado moderado
Fitoplancton	<p>La composición y abundancia de taxones de fitoplancton corresponden a las de condiciones inalteradas.</p> <p>Las concentraciones promedio de biomasa de fitoplancton corresponden a las condiciones fisicoquímicas específicas del tipo y no llegan a alterar de manera significativa las condiciones de transparencia específicas del tipo.</p> <p>Las floraciones fitoplanctónicas se producen con una frecuencia e intensidad coherentes con las condiciones fisicoquímicas específicas del tipo.</p>	<p>La composición y abundancia de los taxones de fitoplancton muestran leves signos de perturbación.</p> <p>Se observan leves cambios en la biomasa en comparación con las condiciones específicas del tipo. Dichos cambios no indican ningún crecimiento acelerado de algas que produzca perturbaciones indeseables en el equilibrio de los organismos presentes en la masa de agua o en la calidad fisicoquímica del agua.</p> <p>Se puede producir un ligero incremento de la frecuencia e intensidad de las floraciones fitoplanctónicas específicas del tipo.</p>	<p>La composición y abundancia de los taxones de plancton muestran signos moderados de perturbación.</p> <p>La biomasa de algas se encuentra significativamente fuera de los márgenes correspondientes a las condiciones específicas del tipo, y es tal que repercute en otros elementos de calidad biológicos.</p> <p>Puede producirse un moderado incremento en la frecuencia e intensidad de las floraciones planctónicas. Durante los meses de verano se pueden producir floraciones persistentes.</p>

En lo que se refiere al Zooplancton, cambios en la biomasa a largo plazo, composición de especies y estructura de tamaños de las comunidades zooplanctónicas se pueden usar como indicadores de cambios medioambientales en el sistema pelágico (Beaugrand et al. 2005, Beaugrand et al. 2010), así como posibles impactos antropogénicos como la entrada de nutrientes y los vertidos accidentales (HELCOM 2012).

Si bien un indicador zooplanctónico no es muy específico, ya que puede responder a múltiples presiones, **los grupos del zooplancton tienen tasas elevadas de renovación y por lo tanto responden muy rápidamente a cambios ambientales y presiones antropogénicas.**

Factores

La composición y abundancia del fitoplancton depende de los siguientes factores:

- ✓ Condiciones físicas e hidrológicas: luz, temperatura, turbulencia/estabilidad del agua y tasa de sedimentación del plancton
- ✓ Composición química del agua: nutrientes y materia orgánica, mineralización (compuestos de proporcionalidad constante) y pH, oligoelementos, etc
- ✓ Factores biológicos:

En el marco de la aplicación de la DMA, el fitoplancton es adecuado para la detección y seguimiento de las presiones fisicoquímicas relacionadas con:

- ✓ contaminación térmica.
- ✓ cambios en la mineralización del agua (y en la composición de los iones mayoritarios disueltos)
- ✓ eutrofización (concentraciones de nitrógeno y fósforo, y en ocasiones de sílice y otros cationes como el hierro)
- ✓ contaminación orgánica (soluble y particulada)

Los cambios cualitativos y cuantitativos de la población fitoplanctónica se producen como consecuencia de una compleja interacción entre distintos factores ambientales como son la temperatura, concentración de nutrientes, condiciones lumínicas, herbivorismo y ratios de sedimentación.

Las diatomeas suelen dominar la población cuando la disponibilidad de silicatos es mayor, situación que se da normalmente cerca de la costa. Los dinoflagelados suelen dominar cuando la concentración de nutrientes baja, situación que se produce en zonas más alejadas de aportes de nutrientes naturales o antropogénicos, y también durante el final de la época estival, cuando las diatomeas han consumido los silicatos disponibles.

Variables distribución plancton

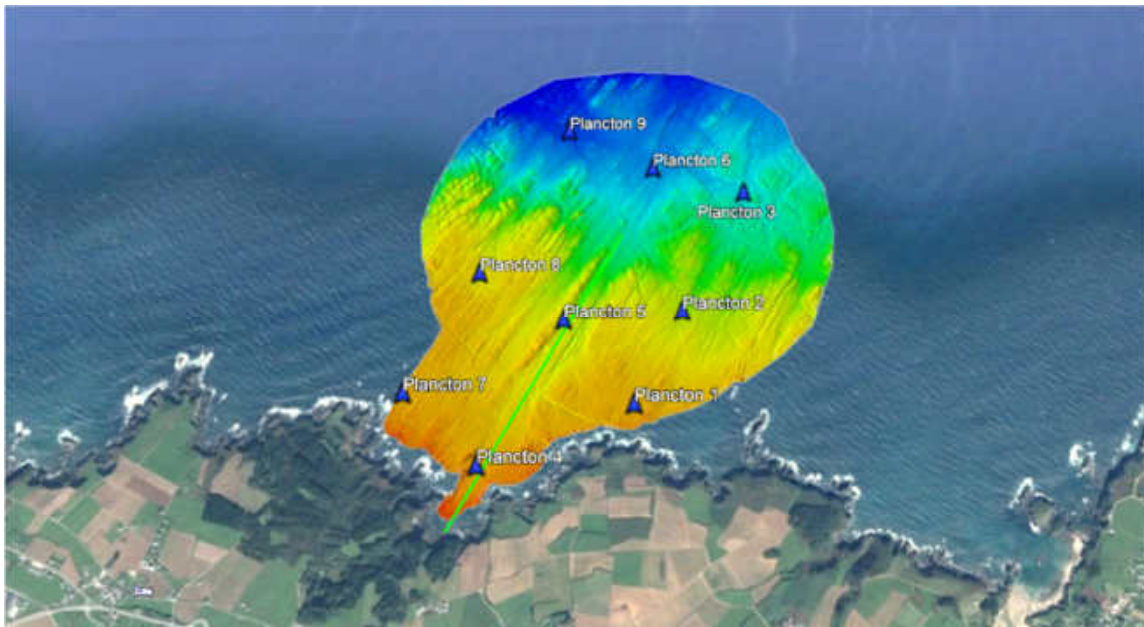
Para el Fitoplancton, se han considerado como variables (indicadores) para inferir los patrones de distribución: biomasa total (concentración de clorofila in situ a partir de medidas de fluorescencia y derivadas de satélite), abundancia total, abundancia por taxón (diatomeas, dinoflagelados y géneros representativos de cada uno de estos grupos funcionales) y abundancia de especies seleccionadas, utilizando como criterios de selección los rankings de recurrencia y abundancia).

Para el Zooplancton, las variables utilizadas para definir los patrones de distribución son similares: biomasa total (peso seco), abundancia total, abundancia por taxon (grupos funcionales), y abundancia de especies seleccionadas en base a los rankings de recurrencia y abundancia.

2. ALCANCE CAMPAÑA DE MUESTREO

Se ha planteado la realización de **tres (3) campañas de muestreo en época estival y otoñal**. En concreto se han llevado a cabo en los meses de agosto, octubre y noviembre.

Se han establecido 9 estaciones de muestreo repartidas en el área de estudio, definida en base al establecimiento de un radio de acción de la potencial afección del emisario submarino, alcanzando desde la cota batimétrica -10 a la -36 m.



(Fuente: IGN; PNOA 19)

3. METODOLOGÍA

3.1. FITOPLANCTON

Toma de las muestras:

La obtención de las muestras se llevó a cabo mediante botella Niskin, a dos profundidades, superficie y fondo.

El agua de mar obtenida se introdujo en frascos de vidrio opaco de 250 ml de capacidad, y las muestras se fijaron con formol (4% concentración final) inmediatamente después de su obtención.

Las muestras se custodiaron en el Laboratorio de A Coruña de TECNOAMBIENTE, hasta su envío y posterior ensayo en el Laboratorio de Maximino Delgado Morán, del Instituto de Ciencias del Mar de Barcelona. El informe de resultados e interpretación de los mismos fue realizado por OceanSnell.

Preparación de las muestras:

Las muestras se dejaron estabilizar térmicamente antes de ser sedimentadas. Se homogenizaron por agitación manual suave (20 vueltas a las botellas) y se colocaron en cubetas de sedimentación de metacrilato de 100 mL de capacidad dotadas de base removible. El tiempo de sedimentación fue de 24 horas.

Identificación y recuento de las muestras:

El análisis de las muestras se realizó siguiendo el método de Utermöhl (1958) empleando un microscopio invertido XSB-1A dotado de objetivos de óptica plana de 4, 10, 25 y 40 aumentos, y oculares de 10 aumentos, con lente interna de 1,25x.

La base entera se recorrió a 125 aumentos para cuantificar los organismos menos abundantes y de mayor tamaño del micro- fitoplancton (<20um) y transectos a 312 aumentos (para cuantificar los organismos más abundantes y el nanoplancton).

La identificación de los organismos se ha realizado al taxón más preciso posible (especie o género) en dinoflagelados, diatomeas y cocolitoforales y se han incluido diferentes apartados para otros organismos como diatomeas bentónicas (cuyo hábitat natural es el sedimento y se hallan en las muestras de plancton al ser resuspendidas por diferentes mecanismos) y nanoflageladas (pertenecientes a diferentes grupos de fitoplancton).

Los resultados del fitoplancton se expresan en número de células llenas por litro, a excepción de hongos, cianobacterias y algas filamentosas (expresados en nº filamentos/litro).

3.2. ZOOPLANCTON

Para el estudio del zooplancton se han realizado arrastres verticales en cada una de las localizaciones (las mismas que para fitoplancton), mediante red de plancton de 50 μm , desde el fondo hasta superficie. El material recogido se ha fijado con formol al 4%, neutralizado con agua de mar, y se etiquetó adecuadamente para su traslado al laboratorio para su procesado.

Antes del análisis taxonómico, y dada la elevada abundancia de individuos, se hizo necesario la separación de alícuotas de cada una de las muestras. La separación de alícuotas se ha realizado mediante un submuestreador de plancton Motoda.

Para las identificaciones y recuentos se ha utilizado un estereoscopio (Olympus SZ61) y un microscopio óptico (Olympus BX41).



Figura 1.- Microscopio estereoscopio Olympus SZ61 y Microscopio Olympus BX41

Todos los análisis han sido realizados por taxónomos especializados en zooplancton marino. Los grupos taxonómicos se han identificado a nivel de especie, siempre que ha sido posible.

En la tabla siguiente se indica el nivel de identificación que generalmente se alcanza en los diferentes grupos zooplanctónicos:

Tabla 1: Nivel de identificación según grupos taxonómicos.

Grupo taxonómico	Nivel de identificación
Foraminíferos	Foraminíferos
Acantarios	Acantarios
Radiolarios	Radiolarios
Sifonóforos	Sifonóforos
Ctenóforos	Ctenóforos
Quetognatos	Quetognatos
Doliólidos	Doliólidos
Sálpidos	Sálpidos
Larváceos	Larváceos
Cladóceros	Especie
Ostrácodos	Ostrácodos
Copépodos	Especie
Larvas de Copépodos	Nauplius y copepoditos
Moluscos Pterópodos	Género
Larvas de Crustáceos	(Nauplius de cirrípedo, zoea, megalopa, etc...)
Larvas de Poliquetos	Larvas de Poliquetos
Larvas de Moluscos	Larva trocófora y larva veliger
Larvas de Equinodermos	Ophiopluteus, equinopluteus, auricularia, braquiolaria, etc.
Larva renacuajo (larva de urocordados)	Larva renacuajo (larva de urocordados)
Otras formas larvarias	Larva pildium, larva Müller, larva de teleósteos, huevo de teleósteos, etc

El tratamiento y procesado de las muestras se ha realizado siguiendo las metodologías estandarizadas del *ICES Zooplankton Methodology Manual (2000)*.

El paquete estadístico PRIMER 6.0 (Plymouth In Multivariate Ecological Research) se ha utilizado para calcular los estadísticos descriptivos y realizar el análisis comparativo entre muestras. Para llevar a cabo el análisis comparativo, los datos de abundancia han sido previamente

transformados a Log (x+1) y se ha utilizado el índice de Bray Curtis para los análisis de Clúster con SIMPROF test y MDS (Multidimensional Scaling).

4. RESULTADOS

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en cada una de las campañas realizadas.

En el Anexo al presente informe se presentan los informes con los resultados obtenidos detallados de cada una de las campañas. En el Anexo II se presentan fotografías de los organismos detectados en cada una de las campañas.

4.1. CAMPAÑA AGOSTO 2020

❖ FITOPLANCTON

Los resultados de las identificaciones y recuentos muestran la presencia de 119 taxones distintos en la zona de estudio. La mayoría de las especies presentes pertenecen al grupo de los dinoflagelados, seguido del grupo de las diatomeas. No obstante, **es el grupo de los nanoflagelados el que presenta la mayor abundancia celular** seguido de las diatomeas en todas las muestras analizadas.

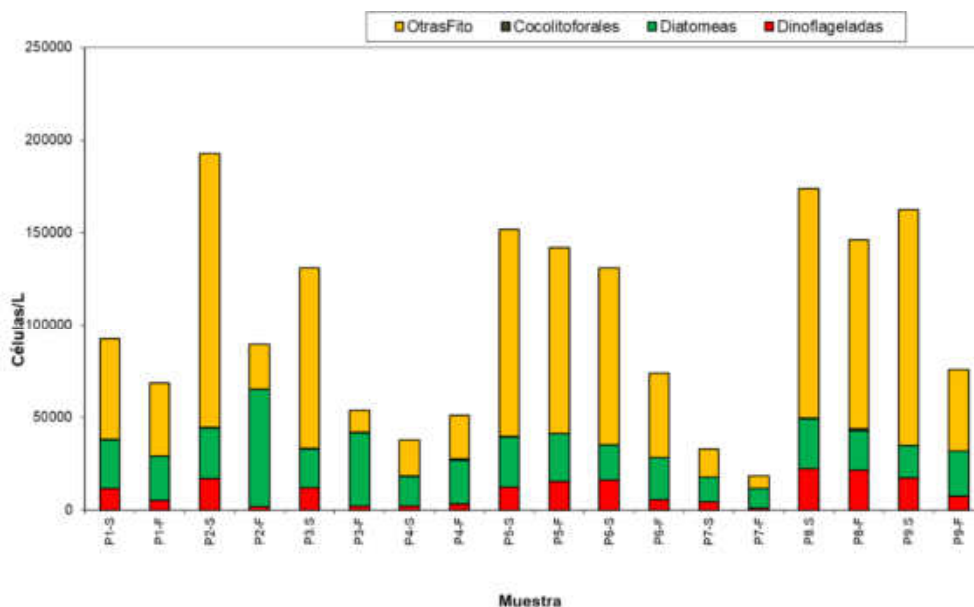


Figura 2.- Gráfica Abundancias según grupos taxonómicos Fitoplancton agosto 2020

Señalar que en general la abundancia total oscila entre valores normales para la época del año, no habiendo alcanzado en ningún punto de muestreo una concentración celular lo suficientemente elevada como para producir una proliferación algal nociva o “marea roja”. Al predominar los nanoflagelados, la biomasa fitoplanctónica, es baja debido a su reducido tamaño. En general, las muestras superficiales presentan una concentración celular ligeramente superior a las muestras de fondo, probablemente debido a la estratificación de la masa de agua.

Se ha detectado algunas especies con antecedentes por producir espumas o cambios en la coloración del agua cuando proliferan, como *Cylindrotheca closterium* (like), *Leptocylindrus danicus* y *Dictyocha fibula*), no obstante, ninguna de ellas ha alcanzado concentraciones celulares lo suficientemente elevadas como para que se presenten sus efectos negativos sobre el medio marino. También se han detectado distintas especies tóxicas pertenecientes a los géneros *Pseudo-nitzschia* (diatomeas) y *Dinophysis* (dinoflagelados). Algunas especies del género *Pseudo-nitzschia* son potencialmente productoras de ácido domoico, una toxina que puede producir intoxicación amnésica por marisco (ASP). En cuanto a las especies tóxicas del género *Dinophysis*, estas pueden producir una toxina causante de la intoxicación diarreica por consumo de marisco (DSP). Señalar que en ninguna muestra se alcanzan concentraciones celulares lo suficientemente elevadas como para que se muestren sus efectos tóxicos.

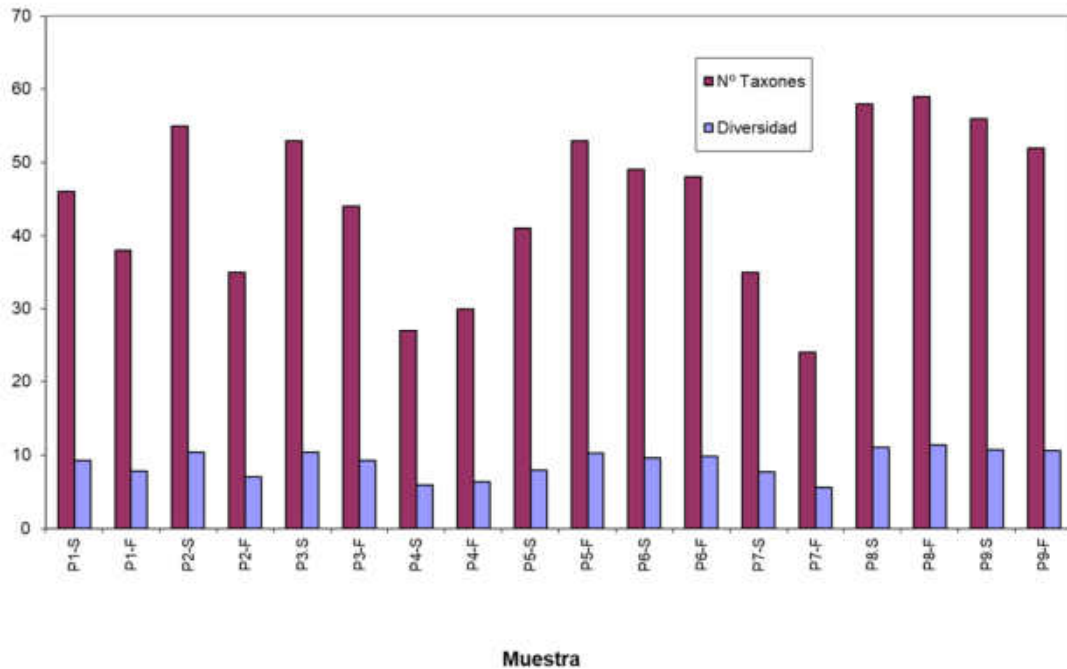


Figura 3.- Gráfica de Resultados de riqueza específica (nº de taxones y diversidad) Fitoplancton agosto 2020

Análisis comparativo

Para el análisis comparativo de las muestras, se ha realizado un análisis Clúster y MDS a partir de los datos de abundancia obtenidos en las distintas muestras analizadas, previa transformación de los mismos. A continuación, se detalla gráficamente los resultados obtenidos.

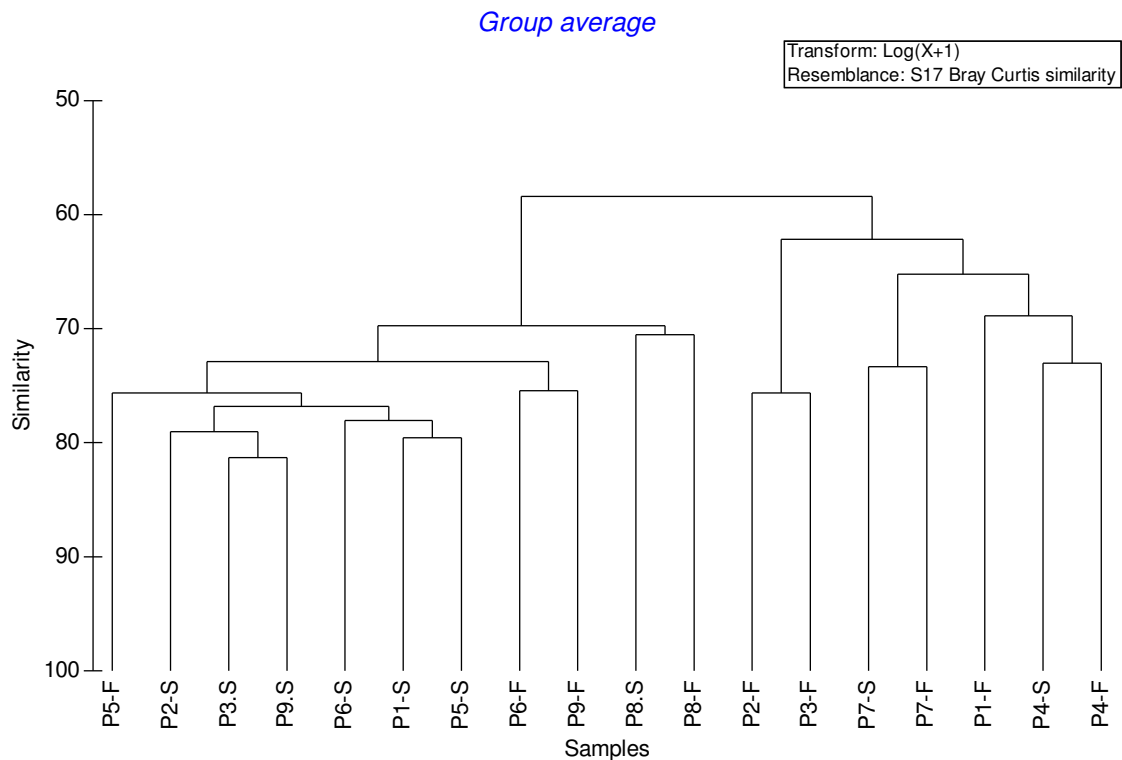


Figura 4.- Gráfica de Análisis comparativo Fitoplancton agosto 2020

En general todas las muestras son bastante similares entre sí, desde el punto de vista de su composición taxonómica.

A partir de los resultados de los análisis fitoplanctónicos se puede concluir lo siguiente:

- La abundancia es normal en todas las muestras para la época del año muestreada.
- Ausencia de proliferación algal o “marea roja”.
- En todas las muestras domina el grupo de otras formas fitoplanctónicas (principalmente debido a los nanoflagelados), que, debido a su pequeño tamaño, aporta una menor biomasa fitoplanctónica a la columna de agua.
- Desde el punto de vista taxonómico todas las muestras se consideran similares entre sí

- Se han detectado especies potencialmente causantes de descoloración de la masa de agua, así como especies potencialmente productoras de biotoxinas. La presencia de estas especies es normal. Ninguna de estas especies ha alcanzado concentraciones celulares lo suficientemente elevadas como para que exista riesgo sobre el medioambiente marino y/o la salud humana.

❖ **ZOOPLANCTON**

Los análisis taxonómicos y recuento de organismos zooplanctónicos han permitido caracterizar cuantitativamente los diferentes grupos taxonómicos, así como las especies presentes en la zona de estudio.

A continuación, se detalla el porcentaje relativo de abundancia de los diferentes grupos taxonómicos.

Tabla 2. Porcentajes relativos de abundancia de los diferentes grupos taxonómicos.

Grupo taxonómico	P7	P4	P1	P2	P3	P6	P9	P5	P8
Ref. Muestra	048-0820	049-0820	050-0820	051-0820	052-0820	053-0820	054-0820	055-0820	056-0820
Profundidad	10	11	11	18	27	36	26	20	12
Arachnida	0%	0%	0%	1%	0%	1%	0%	0%	0%
Chaetognatha	0%	0%	2%	2%	3%	3%	3%	3%	2%
Cladocera	0%	0%	0%	0%	2%	2%	1%	2%	0%
Cnidaria	2%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%
Copepoda	28%	35%	22%	11%	7%	12%	8%	8%	7%
Isopoda	2%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Larvacea	3%	1%	5%	3%	3%	3%	2%	4%	7%
Larvas de cirrípedos	5%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	0%	0%
Larvas de copépodos	46%	40%	66%	77%	77%	75%	79%	79%	79%
Larvas de decápodos	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Larvas de equinodermos	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Larvas de moluscos	8%	6%	3%	4%	6%	4%	4%	3%	3%
Larvas de poliquetos	2%	14%	1%	0%	1%	1%	1%	1%	1%
Ostracoda	2%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Otras formas larvarias	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

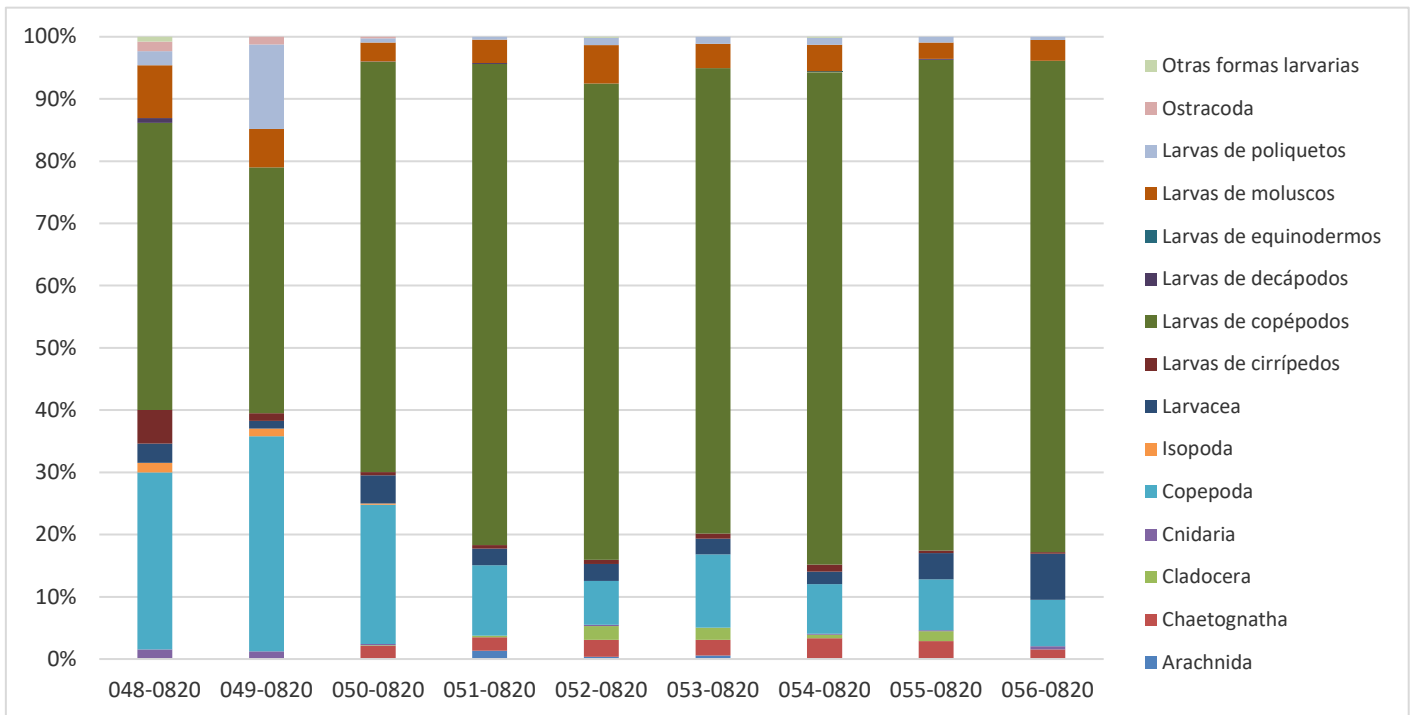


Figura 5.- Gráfica de Porcentajes relativos de abundancia de los diferentes grupos taxonómicos Zooplankton agosto 2020

Como se observa, las larvas de copépodos (nauplius de copépodos y copepoditos), seguidas por los copépodos adultos (subclase Copepoda) dominan la composición de la comunidad zooplactonica. No obstante, el porcentaje relativo de abundancia, en cada una de las muestras, de las larvas de copépodos, supera ampliamente el porcentaje relativo de abundancia de los copépodos adultos.

Tras el análisis taxonómico, se incluyen en pequeños copépodos a los nauplius de copépodos y los copepoditos; los adultos de géneros ciclopoideos como *Oithona* y *Oncaea* y harpacticoides planctónicos del género *Microsetella*, además de los harpacticoides indeterminados. Según Turner (2004) cuando se utilizan mallas de 100 μm o menos, los copépodos pequeños sobrepasan en abundancia a los copépodos de un mayor tamaño.

Las muestras para la identificación y recuento del zooplankton marino, se han tomado con una malla de 50 μm . Por tanto, los resultados coinciden con los registros obtenidos por Turner (2004).

Por otro lado, al tratarse de una zona catalogada como banco marisquero, sería interesante destacar los bajos porcentajes relativos de abundancia de las larvas de cirrípedos que, excepto en la estación P7 (048-0820) (5 %), son inferiores al porcentaje relativo de abundancia del 3,3%, registrado en verano, en la región sur del golfo de Vizcaya por Poule *et al.* (1996). Este hecho podría deberse a los afloramientos de aguas profundas que tienen lugar en la plataforma cantábrica central, aguas ricas en nutrientes que potencian la productividad primaria en la zona.

Los principales estadísticos descriptivos que caracterizan la comunidad zooplanctónica en la zona de estudio se detallan en la tabla y figuras siguientes:

Tabla 3. Principales estadísticos descriptivos.

Estación	Ref. Muestra	Abundancia (Ind/m ³)	Riqueza (S)	Equitatividad (J')	Diversidad (Log ₂)
P7	048-0820	382	18	0,80	3,34
P4	049-0820	265	14	0,81	3,08
P1	050-0820	3836	24	0,56	2,59
P2	051-0820	6463	18	0,54	2,23
P3	052-0820	12114	20	0,55	2,38
P6	053-0820	5600	19	0,58	2,48
P9	054-0820	11698	19	0,53	2,26
P5	055-0820	10698	19	0,52	2,22
P8	056-0820	18353	15	0,53	2,09

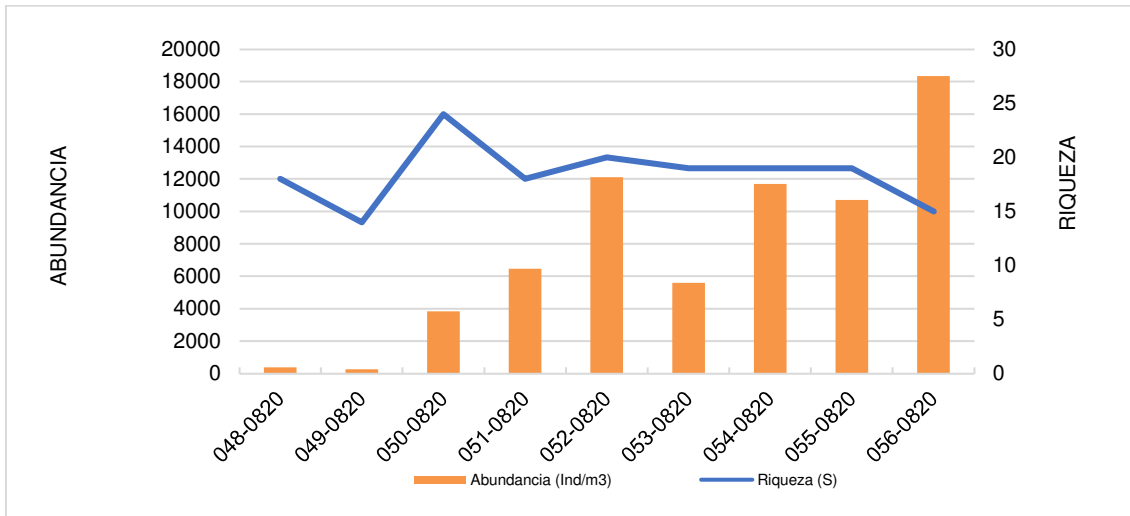


Figura 6.- Gráfica de Evolución de la abundancia y riqueza en las muestras de zooplancton Zooplancton agosto 2020

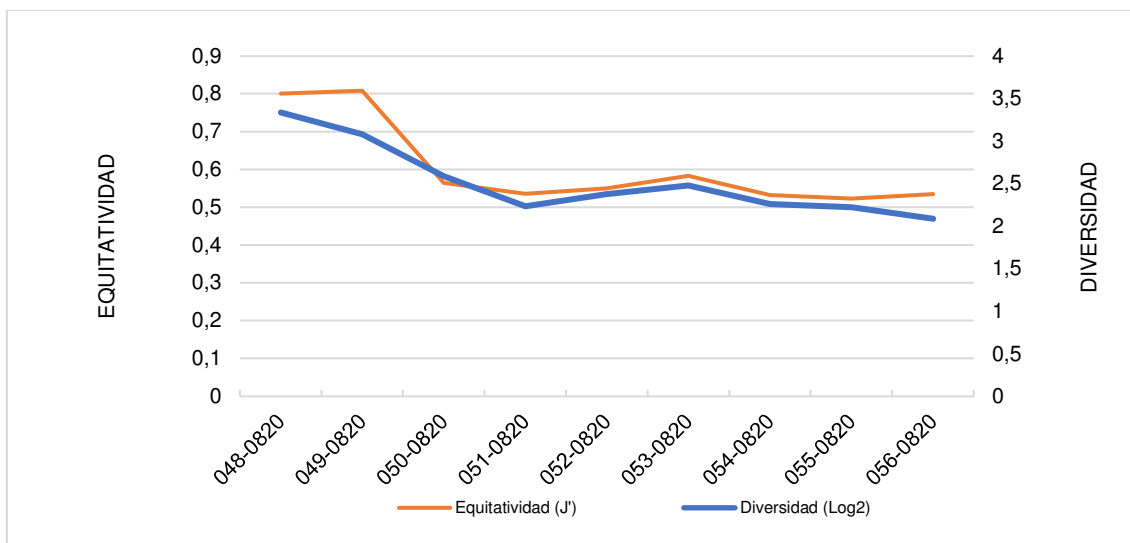


Figura 7.- Gráfica de Evolución de la equitatividad y la diversidad en las muestras de zooplancton agosto 2020

La abundancia en las diferentes estaciones de la zona de estudio oscila entre 382 y 18.353 ind/m³, correspondiendo a P7 y P8, respectivamente al sur y medio de la franja occidental del área de estudio.

La estación P4 (la más pegada a costa en la línea del emisario) es el punto de muestreo que presenta la menor riqueza (14) y, por otro lado, los mayores valores de equitatividad y diversidad, 0,81 y 3,08 bits/ind, respectivamente.

En la subclase Copepoda, se han identificado un total de 12 taxones, comprendidos en 8 géneros, 2 familias y 2 órdenes, siendo Oithona (Oithona sp.) y Euterpina (Euterpina acutifrons.) los géneros dominantes.

Análisis comparativo

Para el análisis comparativo de las muestras, se han realizado análisis de Clúster con SIMPROF test y MDS (Multidimensional Scaling).

A continuación, se detalla gráficamente los resultados obtenidos.

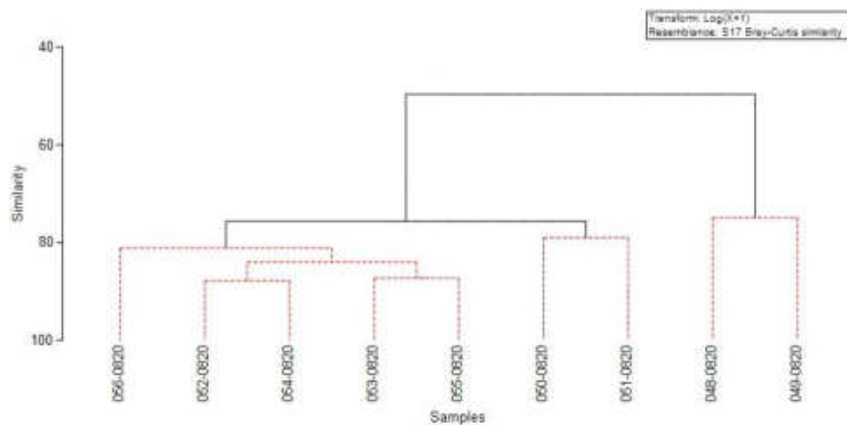


Figura 8.- Gráfica de Análisis Clúster realizado a partir de la matriz de abundancias Zooplancton agosto 2020

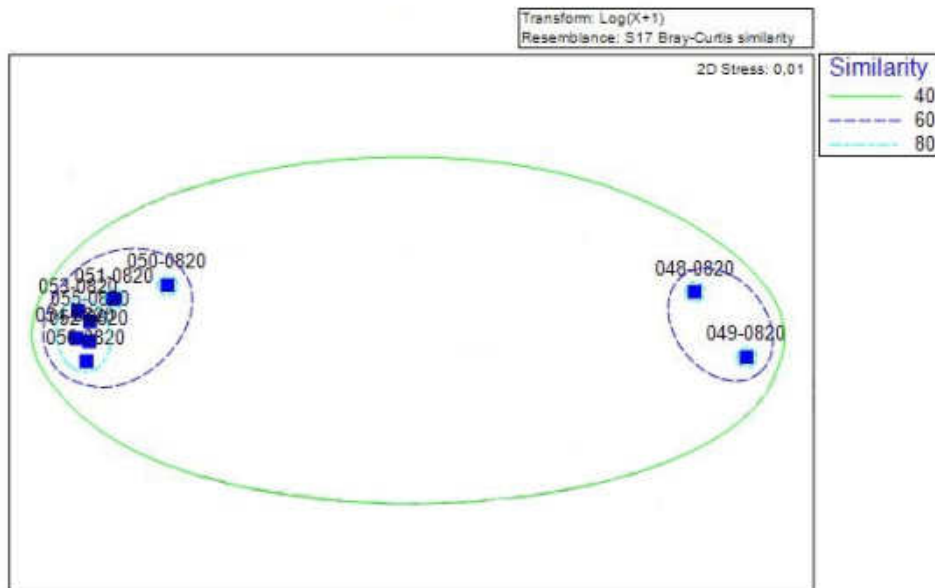


Figura 9.- Gráfica de Análisis MDS realizado a partir de la matriz de abundancias Zooplancton agosto 2020

Los análisis de Clúster y MDS (Multidimensional Scaling) denotaron 2 grupos de muestras con un aproximadamente 50 % de similitud desde el punto de vista de la composición taxonómica. El primer grupo está constituido por las estaciones P1 (050-0820), P2 (051-0820), P3 (052-0820), P6 (053-0820), P9 (054-0820), P5 (055-0820) y P8 (056-0820), caracterizadas por presentar elevados valores de abundancia. El segundo grupo lo constituyen las estaciones P7 (048-0820) y P4 (049-0820) (las más cercanas a costa), diferenciadas por registrar los menores valores de abundancia entre los diferentes puntos de muestreo. Todas estas diferencias no se consideran significativas estadísticamente, por lo que se puede decir que todas las muestras presentan una composición taxonómica en lo que respecta a la composición zooplanctónica muy similar.

De los análisis realizados en las muestras zooplanctónica se pueden desprender las siguientes conclusiones:

- Se han identificado un total de 15 grupos taxonómicos, siendo las larvas de copépodos y los copépodos adultos los que comprenden la mayor parte de la comunidad zooplanctónica.

- Las larvas de cirrípedos presentan bajos porcentajes relativos de abundancia, en todos los puntos de muestreo excepto en P7 (cerca a costa en la parte occidental de la zona de estudio), con un 5 %.
- Los copépodos pequeños (< 1mm longitud) sobrepasan en abundancia a los copépodos de un mayor tamaño.
- La abundancia en las diferentes estaciones de la zona de estudio oscila entre 382 y 18.353 ind/m³, correspondiendo a P7 y P8, respectivamente.
- La estación P4 (más cercana a costa en la línea del emisario), es el punto de muestreo que presenta la menor riqueza (14) y, por otro lado, los mayores valores de equitatividad y diversidad, 0,81 y 3,08 bits/ind, respectivamente.
- Los análisis comparativos al 50 %, denotaron 2 grupos. El primer grupo, está constituido por las estaciones P1 (050-0820), P2 (051-0820), P3 (052-0820), P6 (053-0820), P9 (054-0820), P5 (055-0820) y P8 (056-0820), caracterizadas por presentar elevados valores de abundancia. El segundo grupo, lo constituyen las estaciones P7 (048-0820) y P4 (049-0820), diferenciadas por registrar los menores valores de abundancia entre los diferentes puntos de muestreo. No obstante, estos grupos detectados no presentan significatividad estadística por lo que se puede considerar que la comunidad zooplanctónica es muy similar.

4.2. CAMPAÑA OCTUBRE 2020_FITOPLANCTON

❖ FITOPLANCTON

Los resultados de las identificaciones y recuentos muestran la presencia de 120 taxones distintos en la zona de estudio. La mayoría de las especies presentes pertenecen al grupo de los dinoflagelados, seguido del grupo de las diatomeas. No obstante, es el grupo de los nanoflagelados el que presenta la mayor abundancia celular seguido de las dinoflageladas en todas las muestras analizadas.

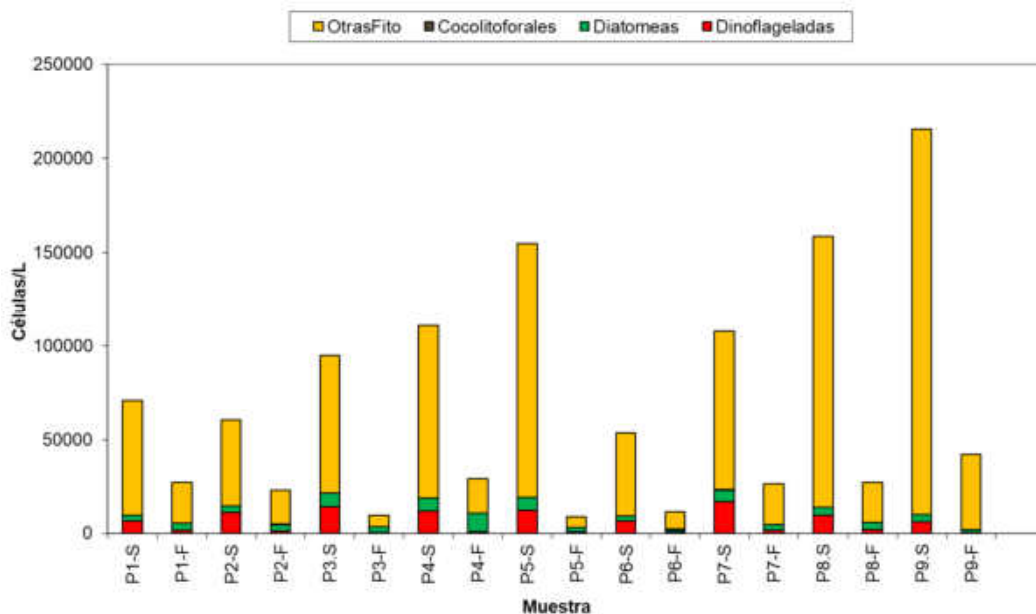


Figura 10.- Gráfica de Abundancias según grupos taxonómicos Fitoplancton octubre 2020

La abundancia oscila entre 8.798– 215.714 cél/L, habiéndose registrado el menor valor en la muestra P5-F y el mayor en la P9-S. Señalar que en general la abundancia total oscila entre valores normales para la época del año, no habiendo alcanzado en ningún punto de muestreo una concentración celular lo suficientemente elevada como para producir una proliferación algal nociva o “marea roja”. Al predominar los nanoflagelados, la biomasa fitoplanctónica, es baja

debido a su reducido tamaño. En general, las muestras superficiales presentan una concentración celular ligeramente superior a las muestras de fondo, probablemente debido a la estratificación de la masa de agua.

Se ha detectado algunas especies con antecedentes por producir espumas y/o cambios en la coloración del agua cuando proliferan, como *Cylindrotheca closterium (like)*, *Leptocylindrus danicus* y *Dictyocha fibula*, no obstante, ninguna de ellas ha alcanzado concentraciones celulares lo suficientemente elevadas como para que se presenten sus efectos negativos sobre el medio marino. También se han detectado distintas especies tóxicas pertenecientes a los géneros *Pseudo-nitzschia* (diatomeas) y *Dinophysis* (dinoflagelados). Algunas especies del género *Pseudo-nitzschia* son potencialmente productoras de ácido domoico, una toxina que puede producir intoxicación amnésica por marisco (ASP). En cuanto a las especies tóxicas del género *Dinophysis*, estas pueden producir una toxina causante de la intoxicación diarreica por consumo de marisco (DSP). Señalar que en ninguna muestra se alcanzan concentraciones celulares lo suficientemente elevadas como para que se muestren sus efectos tóxicos.

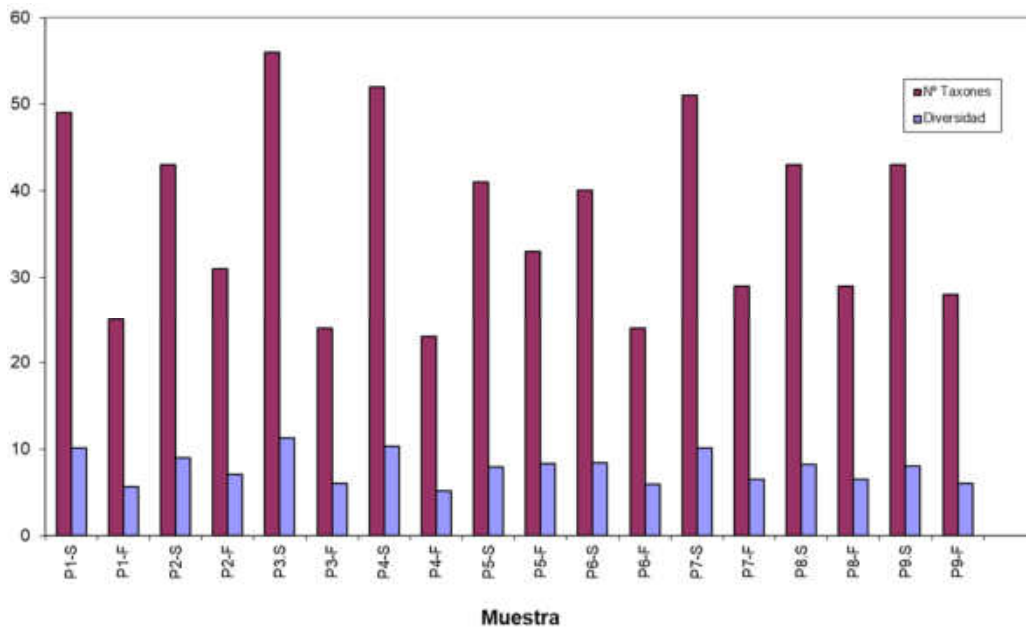


Figura 11.- Gráfica de Resultados de riqueza específica (nº de taxones y diversidad) Fitoplancton octubre 2020

La riqueza específica varía entre 23 y 56, habiéndose detectado en las muestras P4-F y P3-S, respectivamente. La diversidad oscila entre 5,15 y 11,25, habiéndose registrado en las muestras P4-F y P3-S.

Análisis comparativo

Para el análisis comparativo de las muestras, se ha realizado un análisis Clúster y MDS a partir de los datos de abundancia obtenidos en las distintas muestras analizadas, previa transformación de los mismos. A continuación, se detalla gráficamente los resultados obtenidos.

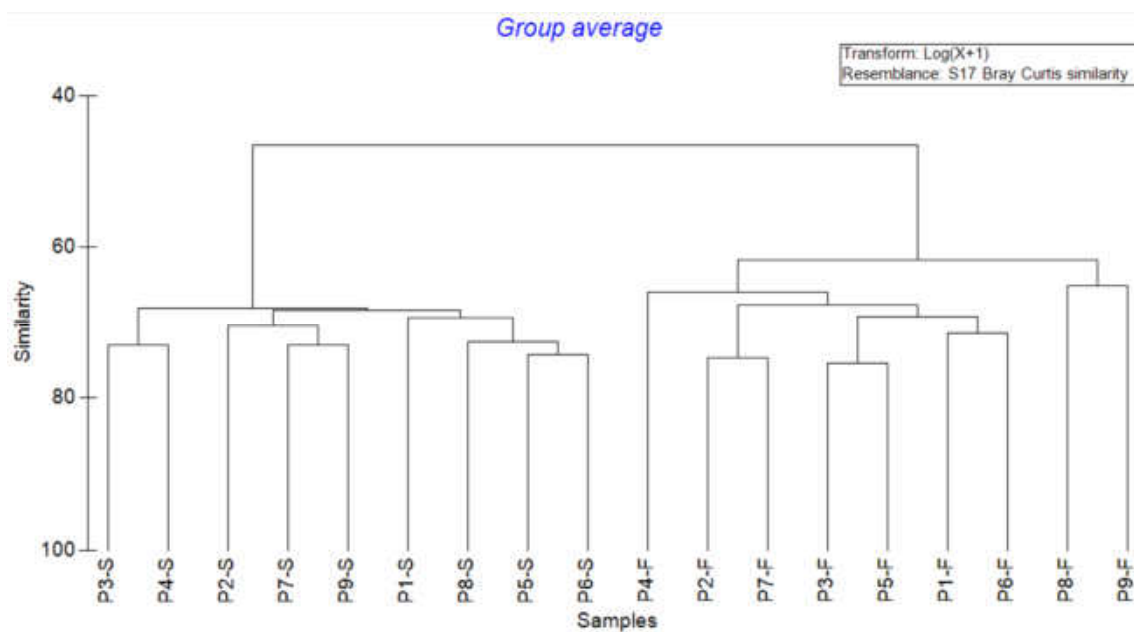
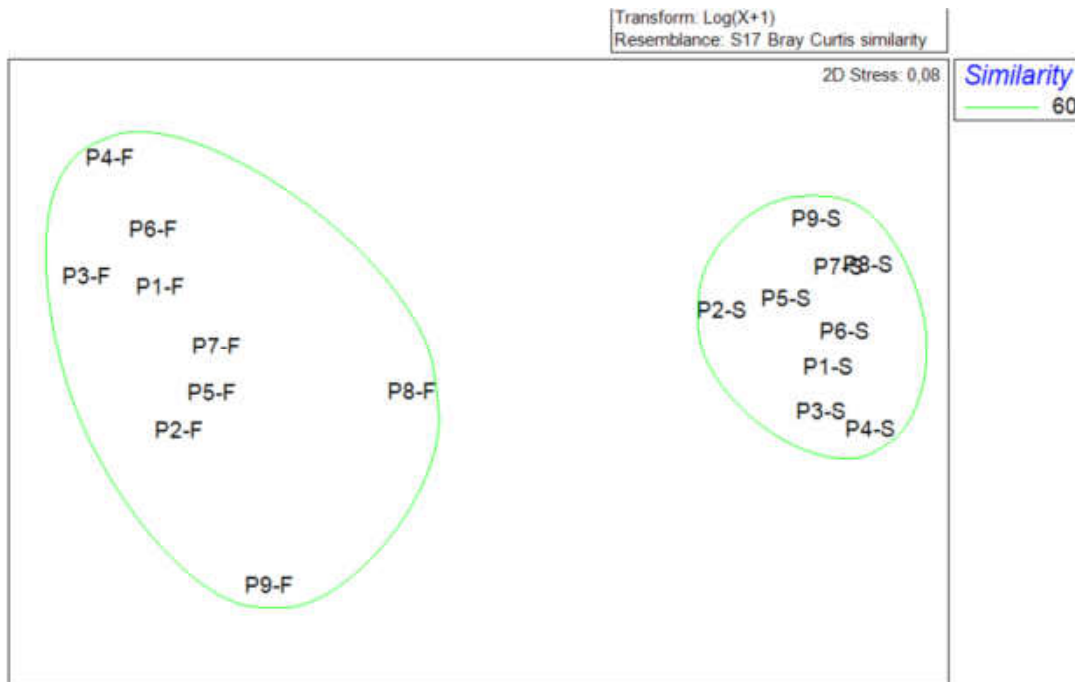


Figura 12.- Gráfica de Análisis Clúster realizado a partir de la matriz de abundancias Fitoplancton octubre 2020



En base a los análisis realizados, se aprecian dos grupos con claras diferencias entre sí desde el punto de vista de su composición taxonómica, coincidiendo estos grupos con las muestras de fondo y las muestras superficiales.

A partir de los resultados de los análisis fitoplanctónicos se puede concluir lo siguiente:

- La abundancia es normal en todas las muestras para la época del año muestreada.
- Ausencia de proliferación algal o “marea roja”.
- En todas las muestras domina el grupo de otras formas fitoplanctónicas (principalmente debido a los nanoflagelados), que, debido a su pequeño tamaño, aporta una menor biomasa fitoplanctónica a la columna de agua.
- Desde el punto de vista taxonómico, se aprecian dos grupos significativamente distintos entre sí debido a la profundidad de muestreo.

- Se han detectado especies potencialmente causantes de descoloración de la masa de agua, así como especies potencialmente productoras de biotoxinas. La presencia de estas especies es normal. Ninguna de estas especies ha alcanzado concentraciones celulares lo suficientemente elevadas como para que exista riesgo sobre el medioambiente marino y/o la salud humana.

❖ ZOOPLANCTON

A continuación, se detalla el porcentaje relativo de abundancia de los diferentes grupos taxonómicos.

Tabla 4: Porcentajes relativos de abundancia de los diferentes grupos taxonómicos.

Estacion muestreo	P1	P2	P3	P6	P5	P4	P7	P8	P9
Grupo taxonómico	079-1020	080-1020	081-1020	082-1020	083-1020	084-1020	085-1020	086-1020	087-1020
Profundidad	11,7	24,7	38,9	44,4	25,6	8,3	10	18	51,3
Amphipoda	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Chaetognatha	0%	0%	1%	2%	1%	0%	0%	0%	0%
Cladocera	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Copepoda	10%	16%	19%	15%	12%	23%	28%	10%	11%
Crustacea	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	0%
Hydrozoa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Larvacea	3%	2%	3%	3%	1%	7%	4%	4%	3%
Larvas de Briozoos	0%	0%	0%	0%	0%	0%	2%	0%	0%
Larvas de Cirrípodos	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	0%
Larvas de Copépodos	84%	80%	75%	75%	83%	68%	58%	84%	82%
Larvas de Equinodermos	0%	0%	0%	1%	0%	0%	0%	0%	0%
Larvas de Moluscos	0%	0%	1%	3%	2%	0%	2%	1%	3%
Larvas de Poliquetos	1%	0%	0%	1%	1%	0%	2%	1%	0%
Mysida	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	0%
Ostracoda	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	0%

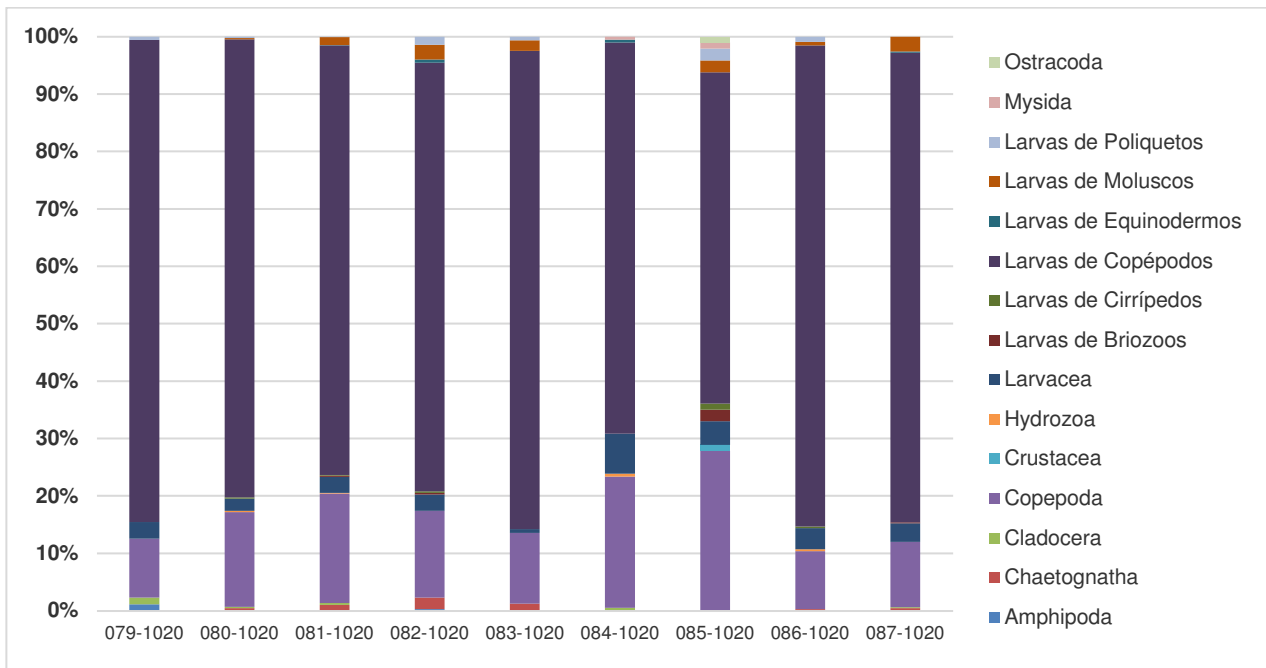


Figura 13.- Gráfica de Porcentajes relativos de abundancia de los diferentes grupos taxonómicos Zooplancton octubre 2020

Como se observa, las larvas de copépodos (nauplius de copépodos y copepoditos), seguidas por los copépodos adultos (Subclase Copepoda), dominan la composición de la comunidad zooplanctónica. No obstante, el porcentaje relativo de abundancia de las larvas de copépodos, supera ampliamente el porcentaje relativo de abundancia de los copépodos adultos.

Los copépodos adultos (subclase Copepoda) y las larvas de copépodos representan el 90% y el 94% de la abundancia total de zooplancton en la zona costera P1 (079-1020), P4 (084-1020) y P7 (085-1020) y oceánica P2 (080-1020), P3 (081-1020), P6 (082-1020), P5 (083-1020), P8 (086-1020) y P9 (087-1020), respectivamente.

Estos valores son superiores si los contrastamos con el 60 % para aguas costeras y el 85 % para aguas oceánicas descritos por Lavin et al. (2006) en el golfo de Vizcaya. Es importante destacar que dichas abundancias hacen referencia a lo observado en muestras adquiridas con una red de plancton de malla de 250 µm.

Este incremento podría deberse a que las muestras, para la identificación y el recuento del zooplancton marino, se han tomado con una red provista de una malla de 50 μm , lo que evitaría la subestimación de la abundancia zooplanctónica citada para muestras obtenidas con una red de malla $> 200\text{-}333 \mu\text{m}$. (Turner, 2004). Este hecho se observa en los copépodos de pequeño tamaño ($< 1\text{mm}$) y especialmente en los nauplius de copépodos, ya que incluso los copépodos que son comparativamente grandes como adultos son pequeños en sus primeras fases.

Después del análisis taxonómico, se incluyen en pequeños copépodos a los nauplius de copépodos y los copepoditos; los adultos de géneros ciclopoideos como *Oithona* y *Oncaea* y harpacticoides planctónicos del género *Microsetella*, además de los harpacticoides indeterminados. Varios estudios han demostrado que cuando se utilizan mallas de 100 μm o menos, los copépodos pequeños sobrepasan en abundancia a los copépodos de un mayor tamaño (Turner, 2004). Como ya hemos mencionado anteriormente, las muestras, para la identificación y recuento del zooplancton marino, se han tomado con una malla de 50 μm . Por tanto, nuestros resultados coinciden con la bibliografía científica consultada.

En la subclase Copepoda, se han identificado un total de 17 taxones, comprendidos en 13 géneros y 1 orden, siendo *Oithona* (*Oithona sp*), *Oncaea* (*Oncaea sp*) y *Paracalanus* (*Paracalanus sp*), los géneros dominantes.

Cabría destacar la presencia, aunque con bajas abundancias y no en todas las muestras, del cladocero *Penilia avirostris* y el misidáceo *Siriella armata*, ambas especies eurihalinas.

Los principales estadísticos descriptivos que caracterizan la comunidad zooplanctónica en la zona de estudio se detallan en la tabla y figuras siguientes.

Tabla 4: Principales estadísticos descriptivos.

Estación	Ref Muestra	Riqueza (S)	Abundancia (Ind/m ³)	Equitatividad (J')	Diversidad (Log ₂)
P1	079-1020	13	2120	0,47	1,73
P2	080-1020	20	5090	0,46	2,01
P3	081-1020	25	4294	0,47	2,20
P6	082-1020	16	4457	0,56	2,22
P5	083-1020	12	3551	0,55	1,96
P4	084-1020	16	836	0,58	2,34
P7	085-1020	16	348	0,72	2,87
P8	086-1020	13	10256	0,46	1,69
P9	087-1020	14	10306	0,47	1,80

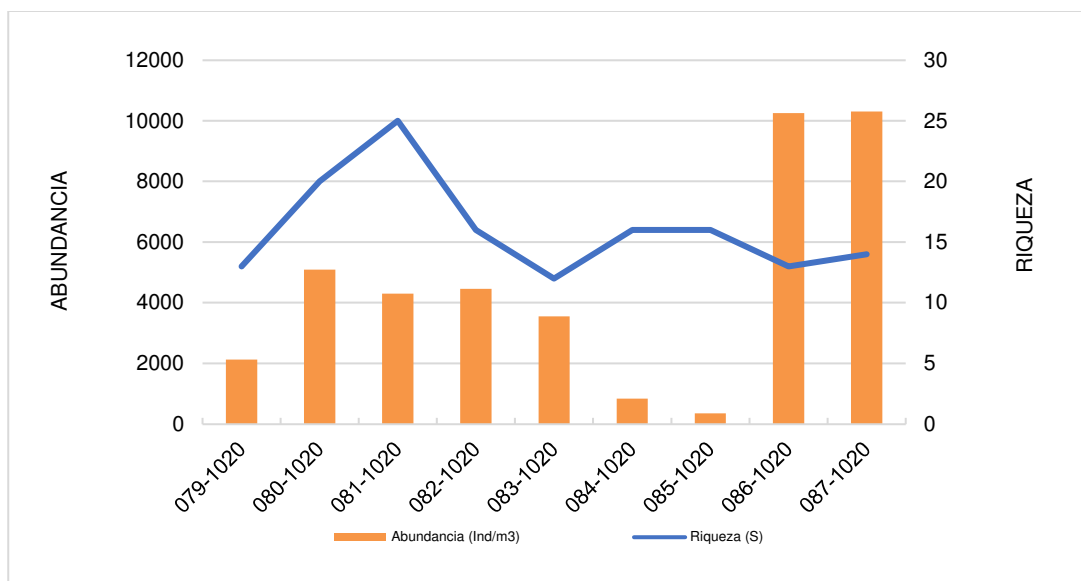


Figura 14.- Gráfica de Evolución de la abundancia y riqueza en las muestras de zooplancton octubre 2020



Figura 15.- Gráfica 3: Evolución de la equitatividad y la diversidad en las muestras de zooplancton octubre 2020

La abundancia oscila entre 348 y 10.306 ind/m³, correspondiendo a las estaciones P7 (085-1020), cercana a costa y P9 (087-1020), las más alejada, respectivamente.

Es importante destacar la influencia de la zona costera en la productividad zooplanctónica. El número total de individuos/m³ muestra un gradiente negativo costa-océano motivado por la disminución del aporte de nutrientes (Sampaio de Souza et.al, 2005). Sin embargo, en nuestro caso, no hemos podido evidenciar tal circunstancia. Las muestras costeras P1 (079-1020), P4 (084-1020) y P7 (085-1020), presentan los valores de abundancia más bajos registrados en la zona de estudio. Este hecho podría deberse a la existencia, frente a la costa, de un fuerte flujo superficial advectivo asociado con la actividad de surgencia. El agua surgente emerge primeramente a lo largo de la línea de la costa. Sin embargo, cuando la intensidad se mantiene, el agua surgente comienza a exportarse más allá de la plataforma continental (forzada por accidentes geográficos), formando filamentos de agua fría superficial rica en nutrientes hacia el océano abierto. Los filamentos, además, dispersan los organismos que no pueden evitar esta advección (Castro-Bugallo et al., 2013; Rivera et al., 2013). Un claro ejemplo, lo tenemos en los nauplius de cirrípedos que, según Rivera et al. (2013), para un año de alta actividad de afloramiento (2009), se pronosticaron a 56 km al oeste del punto de emisión, con un éxito teórico del reclutamiento del 94%. Por tanto, una baja presencia de nauplius de cirrípedos, como

la observada en las muestras, no indicaría necesariamente un empobrecimiento de una zona catalogada como banco de marisqueo.

El resto de los estadísticos descriptivos estudiados (riqueza, equitatividad y diversidad), no evidencian una tendencia común entre las estaciones costeras y oceánicas.

Análisis comparativo

Para el análisis comparativo de las muestras, se han realizado análisis de Clúster con SIMPROF test y MDS (Multidimensional Scaling).

A continuación, se detalla gráficamente los resultados obtenidos.

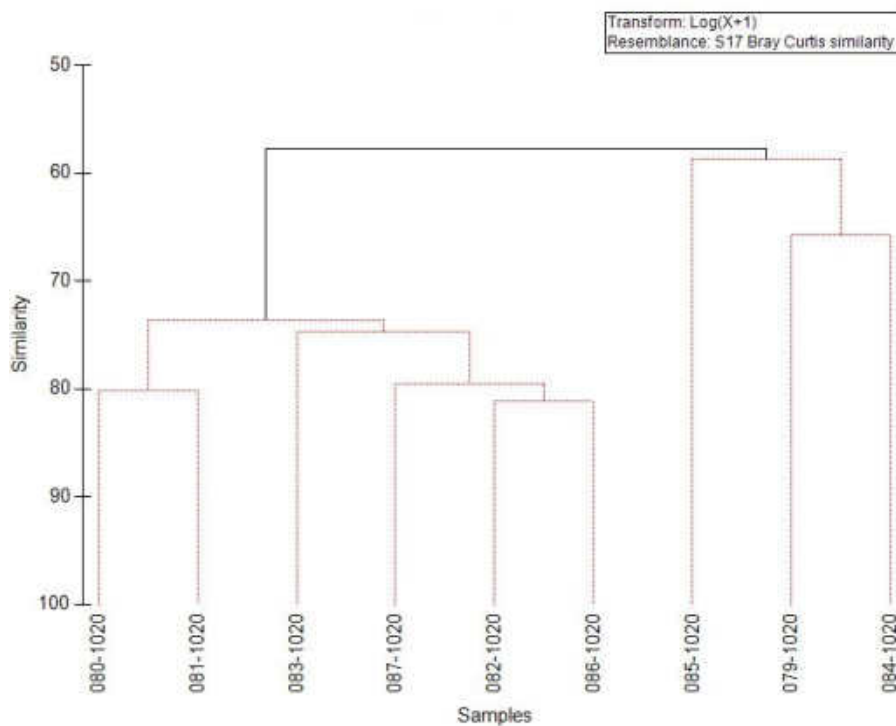


Figura 16.- Gráfica de Análisis Clúster realizado a partir de la matriz de abundancias Zooplancton octubre 2020

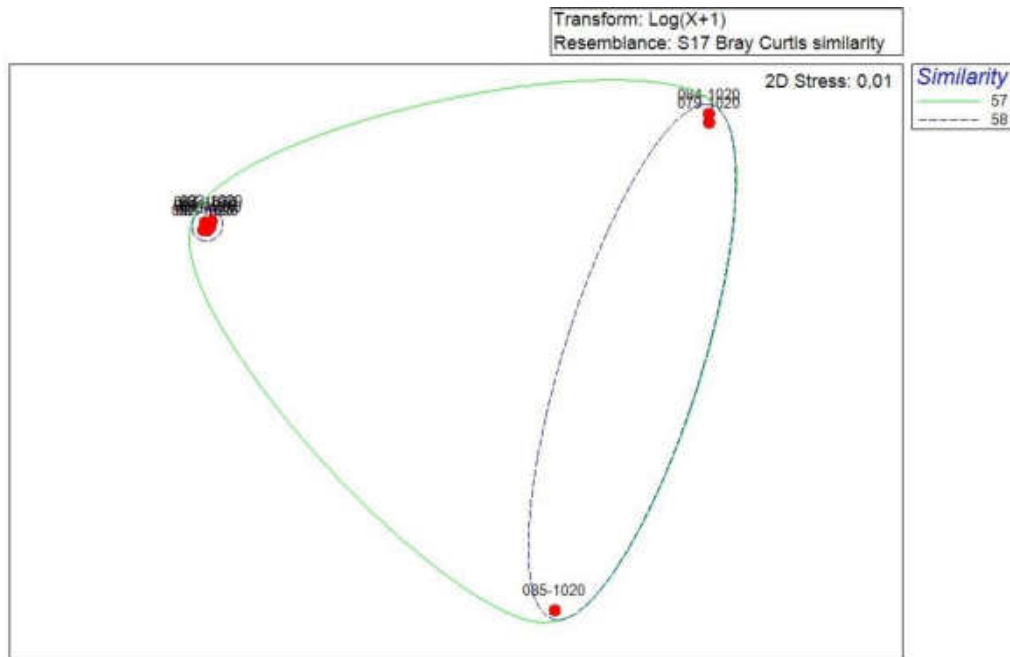


Figura 17.- Gráfica de Análisis MDS realizado a partir de la matriz de abundancias Zooplankton octubre 2020

Al nivel de similitud del 58 %, las muestras se agruparon en 2 grupos desde el punto de vista de la composición taxonómica. El primer grupo está constituido por las estaciones costeras P1 (079-1020), P4 (084-1020) y P7 (085-1020), caracterizadas por presentar los valores de abundancia más bajos registrados en la zona de estudio. El segundo está constituido por las estaciones oceánicas P2 (080-1020), P3 (081-1020), P6 (082-1020), P5 (083-1020), P8 (086-1020) y P9 (087-1020). Según los resultados obtenidos al realizar la rutina SIMPROF (Similarity profiles), existen diferencias estadísticamente significativas entre estos dos grupos (zona costera y zona oceánica).

De los análisis realizados en las muestras zooplanctónicas se pueden desprender las siguientes conclusiones:

- Las larvas de copépodos (nauplius de copépodos y copepoditos) seguidos por los copépodos adultos dominan la composición de la comunidad zooplanctónica.

- Las larvas de copépodos y los copépodos adultos representan el 90 % en aguas costeras y el 94% en aguas oceánicas de la abundancia total de zooplancton.
- Los copépodos pequeños planctónicos (< 1mm de longitud) superan ampliamente la abundancia de los más grandes.
- En la subclase Copepoda, *Oitona*, *Oncaea* y *Paracalanus* son los géneros dominantes.
- Presencia de organismos eurihalinos como el cladocero *Penilia avirostris* y el misidáceo *Siriella armata*.
- La abundancia oscila entre 348 y 10.306 ind/m³, correspondiendo a las estaciones P7 (085-1020), la más cercana a costa y P9 (087-1020), la más alejada, respectivamente. El número total de individuos/m³, no muestra un gradiente negativo costa-océano motivado por la disminución del aporte de nutrientes. Los filamentos, formados por aguas surgentes, de agua fría superficial rica en nutrientes, se desplazan hacia el océano abierto. Además, estos filamentos dispersan los organismos que no pueden evitar esta advección.
- Los análisis comparativos al 58 %, denotaron 2 grupos. El primer grupo está constituido por las estaciones costeras P1 (079-1020), P4 (084-1020) y P7 (085-1020), caracterizadas por presentar los valores de abundancia más bajos registrados en la zona de estudio. El segundo está constituido por las estaciones oceánicas, P2 (080-1020), P3 (081-1020), P6 (082-1020), P5 (083-1020), P8 (086-1020) y P9 (087-1020). Según los resultados obtenidos al realizar la rutina SIMPROF (Similarity profiles), existen diferencias estadísticamente significativas entre estos dos grupos (zona costera y zona oceánica). Sin embargo, no se han encontrado diferencias estadísticamente significativas, entre las muestras que constituyen un mismo grupo.

4.3. CAMPAÑA NOVIEMBRE 2020_FITOPLANCTON

❖ FITOPLANCTON

Los resultados de las identificaciones y recuentos muestran la presencia de 85 taxones distintos en la zona de estudio. La mayoría de las especies presentes pertenecen al grupo de las diatomeas, seguido del grupo de los dinoflagelados. No obstante, es el grupo de los nanoflagelados el que presenta la mayor abundancia celular seguido de las diatomeas en todas las muestras analizadas.

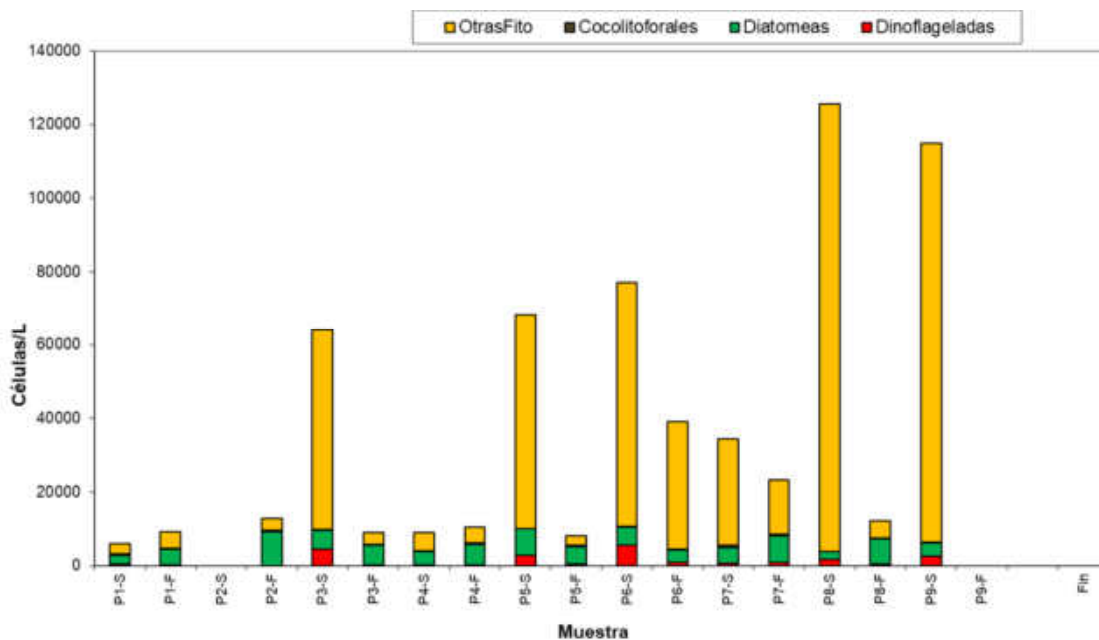


Figura 18.- Gráfica de Abundancias según grupos taxonómicos Fitoplancton noviembre 2020

La abundancia oscila entre 3.034 – 125.713 cél/L, habiéndose registrado el menor valor en la muestra P1-S y el mayor en la P8-S. Señalar que en general la abundancia total oscila entre valores normales para la época del año, no habiendo alcanzado en ningún punto de muestreo una concentración celular lo suficientemente elevada como para producir una proliferación algal nociva o “marea roja”. Al predominar los nanoflagelados, la biomasa fitoplanctónica, es baja

debido a su reducido tamaño. En general, las muestras superficiales presentan una concentración celular ligeramente superior a las muestras de fondo, probablemente debido a la estratificación de la masa de agua. Esta condición no se observa en las estaciones de muestreo P1 y P4.

Se ha detectado algunas especies con antecedentes por producir espumas y/o cambios en la coloración del agua cuando proliferan, como *Cylindrotheca closterium (like)* y *Leptocylindrus danicus*, no obstante, ninguna de ellas ha alcanzado concentraciones celulares lo suficientemente elevadas como para que se presenten sus efectos negativos sobre el medio marino. También se han detectado distintas especies tóxicas pertenecientes a los géneros *Pseudo-nitzschia* (diatomeas) y *Dinophysis* (dinoflagelados). Algunas especies del género *Pseudo-nitzschia* son potencialmente productoras de ácido domoico, una toxina que puede producir intoxicación amnésica por marisco (ASP). En cuanto a las especies tóxicas del género *Dinophysis*, estas pueden producir una toxina causante de la intoxicación diarreaica por consumo de marisco (DSP). Señalar que en ninguna muestra se alcanzan concentraciones celulares lo suficientemente elevadas como para que se muestren sus efectos tóxicos.

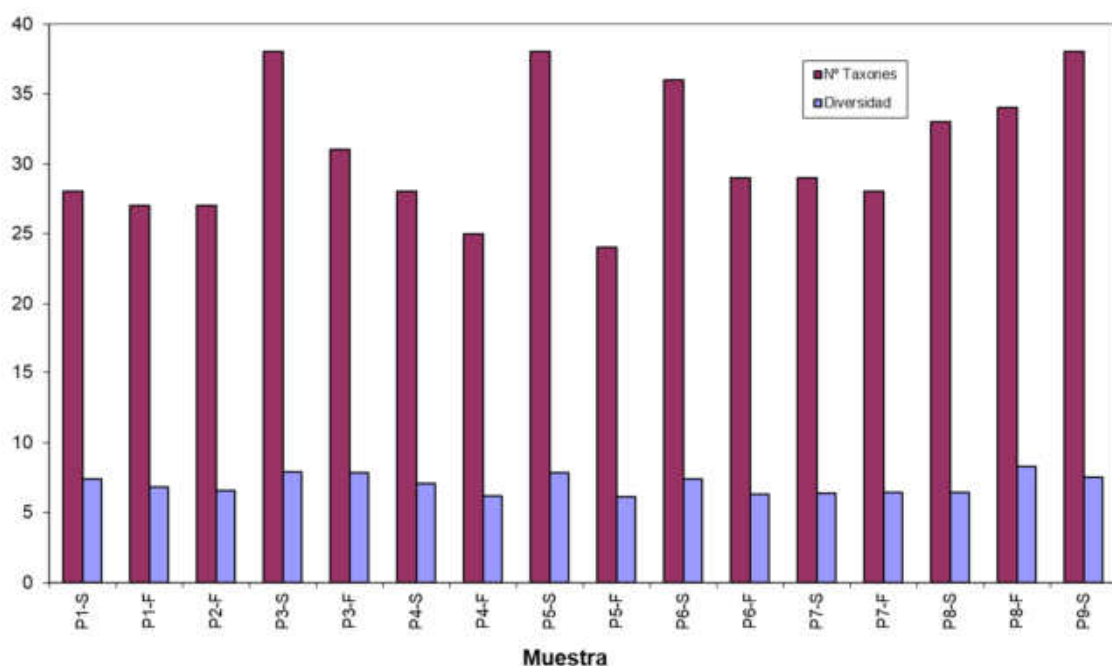


Figura 19.- Gráfica de Resultados de riqueza específica (nº de taxones y diversidad) Fitoplancton noviembre 2020

La riqueza específica varía entre 24 en P5-F y 38 en P3-S, P5S y P9S. La diversidad oscila entre 6,13 y 8,31, habiéndose registrado en las muestras P5-F y P8-F.

Análisis comparativo

Para el análisis comparativo de las muestras, se ha realizado un análisis Clúster y MDS a partir de los datos de abundancia obtenidos en las distintas muestras analizadas, previa transformación de los mismos. A continuación, se detalla gráficamente los resultados obtenidos.

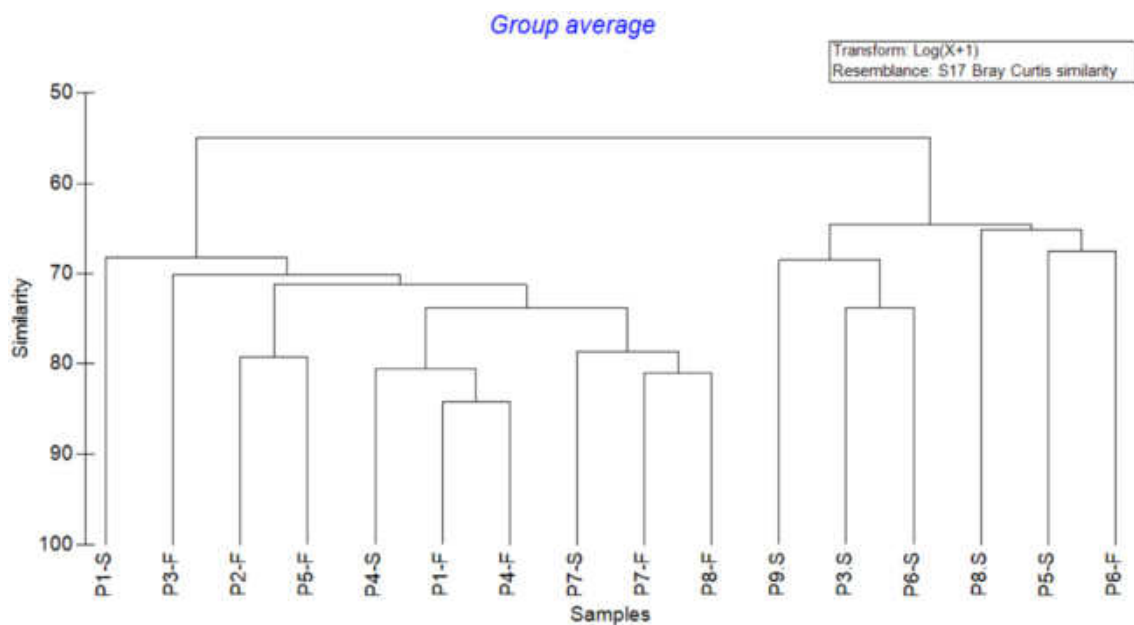


Figura 20.- Gráfica de Análisis Clúster realizado a partir de la matriz de abundancias Fitoplancton noviembre 2020

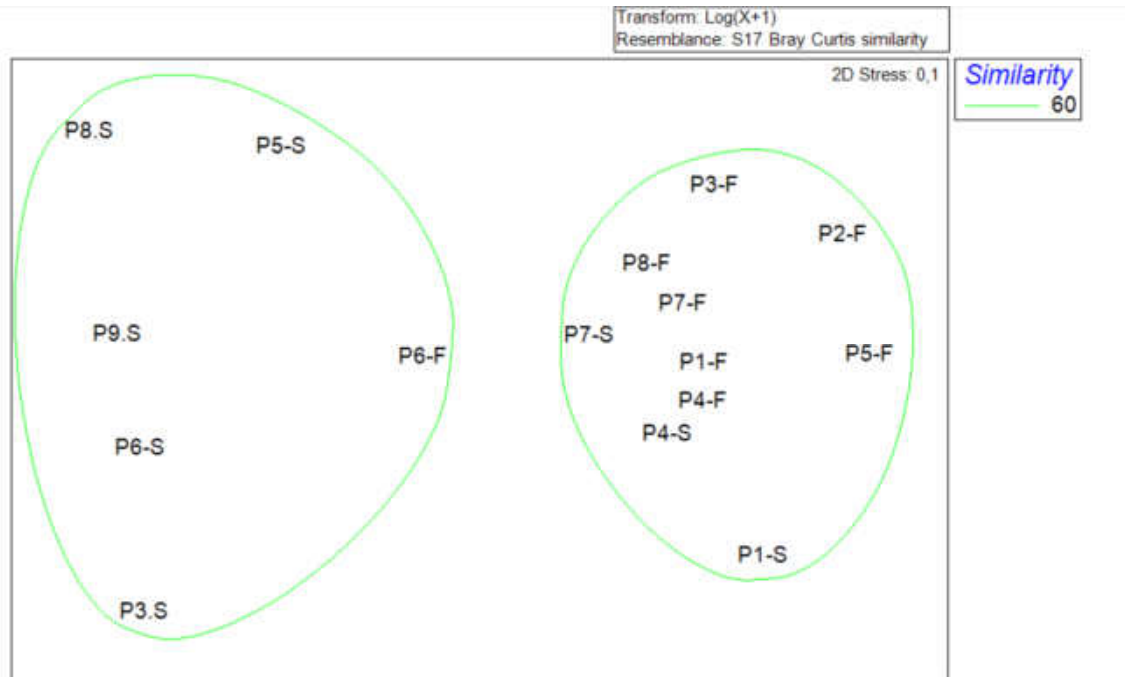


Figura 21.- Gráfica de Análisis MDS realizado a partir de la matriz de abundancias Fitoplancton noviembre 2020

En base a los análisis realizados, se aprecian dos grupos con claras diferencias entre sí desde el punto de vista de su composición taxonómica, coincidiendo estos grupos, en su mayoría, con las muestras de fondo y las muestras superficiales.

A partir de los resultados de los análisis fitoplanctónicos se puede concluir lo siguiente:

- La abundancia es normal en todas las muestras para la época del año muestreada.
- Ausencia de proliferación algal o “marea roja”.
- En todas las muestras domina el grupo de otras formas fitoplanctónicas (principalmente debido a los nanoflagelados), que debido a su pequeño tamaño, aporta una menor biomasa fitoplanctónica a la columna de agua.
- Desde el punto de vista taxonómico, se aprecian dos grupos significativamente distintos entre sí debido a la profundidad de muestreo.

- Se han detectado especies potencialmente causantes de discoloración de la masa de agua, así como especies potencialmente productoras de biotoxinas. La presencia de estas especies es normal. Ninguna de estas especies ha alcanzado concentraciones celulares lo suficientemente elevadas como para que exista riesgo sobre el medioambiente marino y/o la salud humana.
- Los resultados de la composición y abundancia fitoplanctónicas obtenidos durante las 3 campañas de muestreo realizadas en 2020 no muestran una alteración significativa de la calidad del agua.

❖ ZOOPLANCTON

A continuación, se detalla el porcentaje relativo de abundancia de los diferentes grupos taxonómicos.

Tabla 5: Porcentajes relativos de abundancia de los diferentes grupos taxonómicos.

Estación muestreo	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8Ñ	P9
Ref. Muestra	135-1120	134-1120	133-1120	137-1120	136-1120	132-1120	138-1120	139-1120	131-1120
Profundidad	11	18	27	11	20	36	10	12	20
Chaetognatha	0%	0%	0%	0%	1%	0%	0%	0%	0%
Cladocera	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Cnidaria	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Copepoda	13%	2%	13%	17%	7%	12%	26%	17%	14%
Decapoda	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Hydrozoa	0%	0%	1%	0%	0%	1%	0%	0%	0%
Isopoda	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Larvacea	0%	3%	3%	0%	3%	3%	0%	3%	3%
Larvas de Ascidias	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	0%
Larvas de Cirrípedos	0%	0%	0%	0%	1%	0%	0%	0%	0%
Larvas de Copépodos	63%	93%	82%	76%	86%	84%	70%	77%	81%
Larvas de Moluscos	0%	0%	1%	7%	1%	0%	0%	1%	1%
Larvas de Poliquetos	13%	2%	0%	0%	1%	0%	3%	2%	0%
Larvas de Teleósteos	6%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Otras formas larvarias	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%

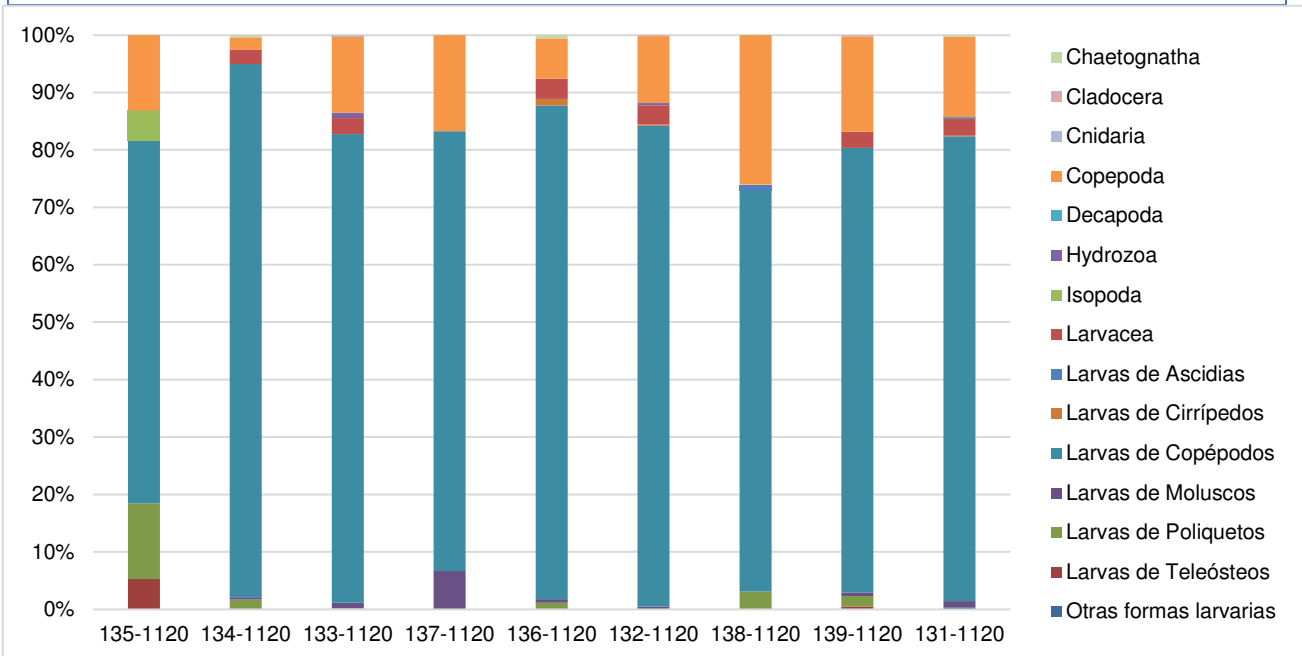


Figura 22.- Gráfica de Porcentajes relativos de abundancia de los diferentes grupos taxonómicos Zooplancton noviembre 2020

Como se observa en la gráfica, las larvas de copépodos (nauplius de copépodos y copepoditos), dominan la composición de la comunidad zooplanctónica, con porcentajes relativos de abundancia superiores al 60 % en cada una de las estaciones de muestreo.

Los copépodos adultos (Subclase Copepoda) y las larvas de copépodos (nauplius de copépodos y copepoditos) constituyen el 89% y el 95% de la abundancia total de zooplancton en la zona costera P1 (135-1020), P4 (137-1020) y P7 (138-1020) y oceánica P9 (131-1020), P6 (132-1020), P3 (133-1020), P2 (134-1020), P5 (136-1020) y P8 (139-1020), respectivamente. Según Lavin *et al.* (2006) los copépodos adultos y las larvas de copépodos representan el 60 % y el 85 % de la abundancia total de zooplancton en las zonas costeras y oceánicas, respectivamente, frente a la costa norte de España. Por consiguiente, los resultados obtenidos son superiores a los detallados por Lavin *et al.* (2006).

Las abundancias descritas por Lavin *et al.* (2006) hacen referencia a lo observado en muestras adquiridas con una red de plancton dotada de una malla de 250 μm , en consecuencia, el incremento registrado podría deberse a que las muestras, para la identificación y el recuento del zooplancton marino, se han tomado con una red provista de una malla de 50 μm , lo que evitaría la subestimación de la abundancia zooplanctónica citada para muestras obtenidas con una red de malla $> 200\text{-}333 \mu\text{m}$. (Turner, 2004). Este hecho se observa en los copépodos de pequeño tamaño ($< 1\text{mm}$) y especialmente en los nauplius de copépodos y copepoditos, ya que incluso los copépodos que son comparativamente grandes como adultos son pequeños en sus primeras fases.

Según los resultados del análisis taxonómico, a nivel de especie o máximo nivel de identificación alcanzado en cada grupo taxonómico, y cuantitativo, en la subclase Copepoda, se han identificado un total de 19 taxones, comprendidos en 11 géneros y 1 orden, siendo *Oithona* (*Oithona* sp), *Oncaea* (*Oncaea* sp) y *Paracalanus* (*Paracalanus* sp), los géneros dominantes. En otras palabras, la subclase Copepoda, está dominada por pequeños copépodos planctónicos ($< 1\text{mm}$ de longitud). Según Turner (2004), varios estudios han demostrado que cuando se

utilizan mallas de 100 μm o menos, los copépodos pequeños sobrepasan en abundancia a los copépodos de un mayor tamaño.

En el superorden Cladocera, se han observado individuos aislados de *Evadne nordmanni*, *Evadne spinifera* y *Penilia avirostris*. El establecimiento de las poblaciones de cladóceros está fuertemente influenciado por la estabilidad vertical (Alcaraz, 1981). Por tanto, los resultados obtenidos podrían indicar que en la zona de estudio existe inestabilidad vertical. Su origen podría deberse a eventos de surgencia.

Los principales estadísticos descriptivos que caracterizan la comunidad zooplanctónica en la zona de estudio se detallan en la tabla y figuras siguientes.

Tabla 4: Principales estadísticos descriptivos.

Estación	Ref Muestra	Riqueza (S)	Abundancia (Ind/m ³)	Equitatividad (J')	Diversidad (Log ₂)
P1	135-1120	8	121	0,81	2,42
P2	134-1120	10	1.851	0,35	1,16
P3	133-1120	25	4.845	0,44	2,02
P4	137-1120	7	97	0,70	1,96
P5	136-1120	12	1.199	0,44	1,58
P6	132-1120	19	3.375	0,45	1,89
P7	138-1120	10	283	0,72	2,39
P8	139-1120	16	1.916	0,56	2,24
P9	131-1120	22	1.698	0,46	2,06

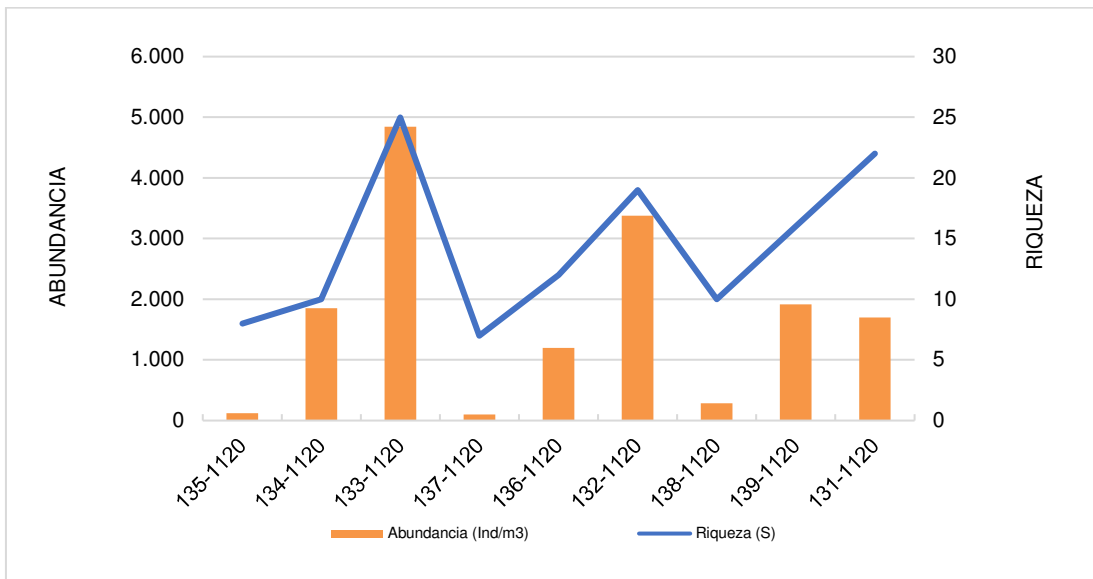


Figura 23.- Gráfica de Evolución de la abundancia y riqueza en las muestras de zooplancton Zooplancton noviembre 2020

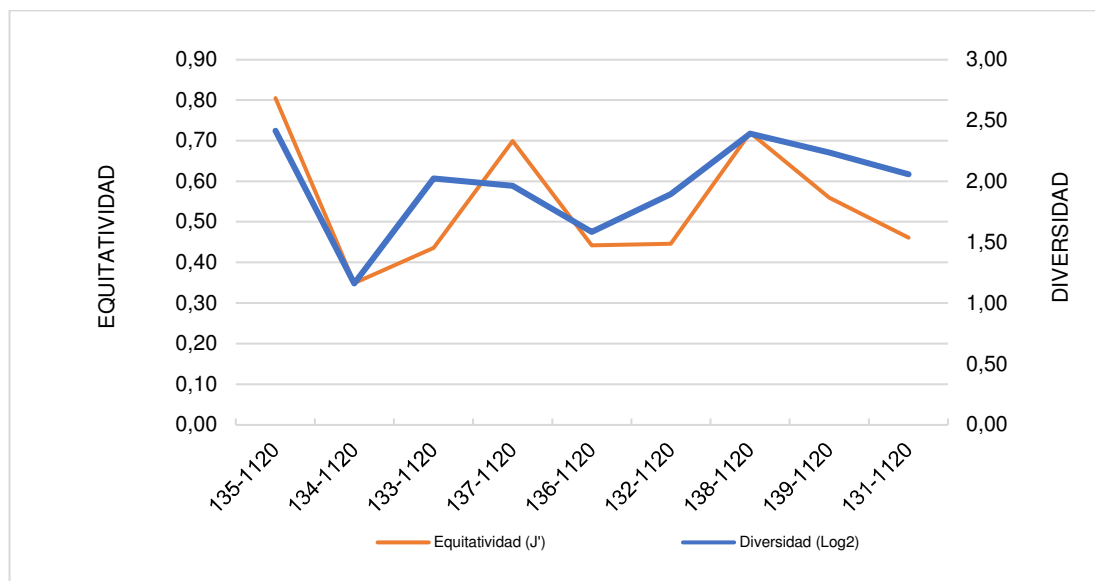


Figura 24.- Gráfica de Evolución de la equitatividad y la diversidad en las muestras de zooplancton noviembre 2020

La abundancia oscila entre 97 y 4.845 ind/m³, correspondiendo a las estaciones P4 (137-1020), la más cercana a costa en la línea del emisario y P3 (133-1020), la más alejada, en la parte oriental de la zona de estudio, respectivamente.

Es importante destacar la influencia de la zona costera en la productividad zooplanctónica. El número total de individuos/m³ muestra un gradiente negativo costa-océano motivado por la disminución del aporte de nutrientes (Sampaio de Souza *et al.*, 2005). Sin embargo, en nuestro caso, no hemos podido evidenciar tal circunstancia. Las muestras costeras P1 (135-1020), P4 (137-1020) y P7 (138-1020), presentan los valores de abundancia más bajos registrados en la zona de estudio. Este hecho podría deberse a la existencia, frente a la costa, de un fuerte flujo superficial advectivo asociado con la actividad de surgencia. El agua surgente emerge primeramente a lo largo de la línea de la costa. Sin embargo, cuando la intensidad se mantiene, el agua surgente comienza a exportarse más allá de la plataforma continental (forzada por accidentes geográficos), formando filamentos de agua fría superficial rica en nutrientes hacia el océano abierto. Los filamentos, además, dispersan los organismos que no pueden evitar esta advección (Castro-Bugallo *et al.*, 2013; Rivera *et al.*, 2013). Un claro ejemplo, lo tenemos en los nauplius de cirrípedos que, según Rivera *et al.* (2013), para un año de alta actividad de afloramiento (2009), se pronosticaron a 56 km al oeste del punto de emisión, con un éxito teórico del reclutamiento del 94%. Por tanto, una baja presencia de nauplius de cirrípedos, como la observada en las muestras, no indicaría necesariamente un empobrecimiento de una zona catalogada como banco de marisqueo.

Cabría destacar que los resultados obtenidos en el análisis taxonómico y cuantitativo para el superorden Cladocera reforzaría esta hipótesis.

En la zona de estudio, la riqueza muestra un gradiente positivo costa-océano. En cambio, la equitatividad y la diversidad presentan un gradiente negativo costa-océano. Por consiguiente, los valores de diversidad están directamente influenciados por la equitatividad.

Análisis comparativo

Para el análisis comparativo de las muestras, se han realizado análisis de Clúster con SIMPROF test y MDS (Multidimensional Scaling).

A continuación, se detalla gráficamente los resultados obtenidos.

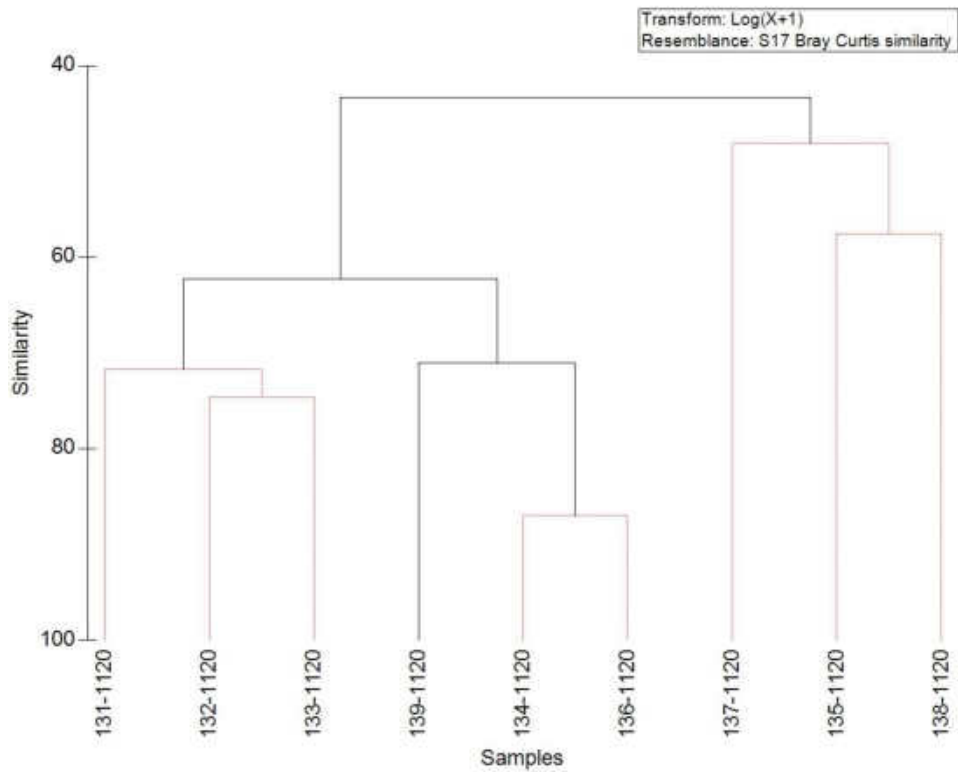


Figura 25.- Gráfica de Análisis Clúster realizado a partir de la matriz de abundancias Zooplancton noviembre 2020

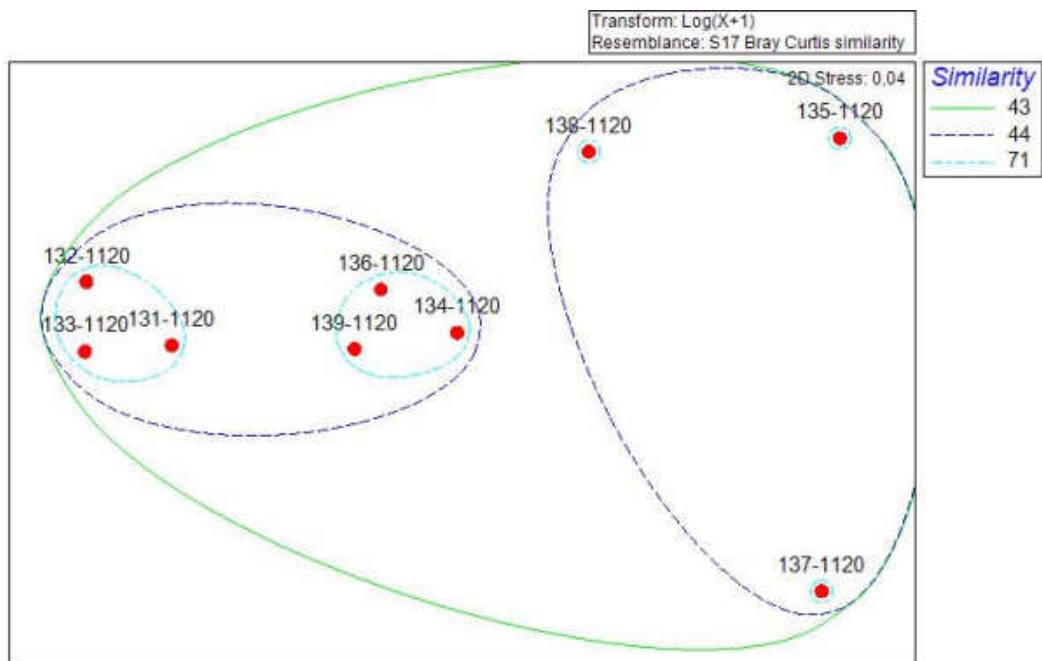


Figura 26.- Gráfica de Análisis MDS realizado a partir de la matriz de abundancias Zooplancton noviembre 2020

Al nivel de similitud del 44 %, las muestras se agruparon en 2 grupos desde el punto de vista de la composición taxonómica. El primer grupo está constituido por las estaciones costeras P1 (135-1020), P4 (137-1020) y P7 (138-1020), caracterizadas por presentar los valores de abundancia más bajos registrados en la zona de estudio. El segundo grupo está constituido por las estaciones oceánicas P9 (131-1020), P6 (132-1020), P3 (133-1020), P2 (134-1020), P5 (136-1020) y P8 (139-1020). Según los resultados obtenidos al realizar la rutina SIMPROF (Similarity profiles), existen diferencias estadísticamente significativas entre estos dos grupos (zona costera y zona oceánica).

De los análisis realizados en las muestras zooplanctónicas se pueden desprender las siguientes conclusiones:

- Las larvas de copépodos (nauplius de copépodos y copepoditos) dominan la composición de la comunidad zooplanctónica.
- Las larvas de copépodos y los copépodos adultos representan el 89 % en aguas costeras y el 95% en aguas oceánicas de la abundancia total de zooplancton.
- La subclase Copepoda está dominada por pequeños copépodos planctónicos (< 1mm longitud), siendo *Microsetella*, *Oithona*, *Oncaea* y *Paracalanus* los géneros más influyentes.
- No existe establecimiento de poblaciones de cladóceros.
- La abundancia oscila entre 97 y 4.845 ind/m³, correspondiendo a las estaciones P4 (137-1020), la más cercana a costa en la línea del emisario, y P3 (133-1020), la más alejada en la parte oriental de la zona de estudio, respectivamente. El número total de individuos/m³, no muestra un gradiente negativo costa-océano motivado por la disminución del aporte de nutrientes. Los filamentos, formados por aguas surgentes, de agua fría superficial rica en nutrientes, se desplazan hacia el océano abierto. Además, estos filamentos dispersan los organismos que no pueden evitar esta advección. La

diversidad presenta un gradiente negativo costa-océano y esta directamente influenciada por la equitatividad.

- Los análisis comparativos al 44 %, denotaron 2 grupos. El primer grupo está constituido por las estaciones costeras P1 (135-1020), P4 (137-1020) y P7 (138-1020), caracterizadas por presentar los valores de abundancia más bajos registrados en la zona de estudio. El segundo está constituido por las estaciones oceánicas P9 (131-1020), P6 (132-1020), P3 (133-1020), P2 (134-1020), P5 (136-1020) y P8 (139-1020). Según los resultados obtenidos al realizar la rutina SIMPROF (Similarity profiles), existen diferencias estadísticamente significativas entre estos dos grupos (zona costera y zona oceánica).

5. CONCLUSIONES

FITOPLANTON

- Atendiendo a los resultados mostrados, se puede afirmar que la abundancia y composición de grupos taxonómicos es relativamente homogénea en las 3 campañas de muestreo realizadas.
- En ninguno de los periodos muestreados ha habido floraciones algales o “marea roja”.
- En todas las campañas se aprecia una clara diferencia entre los grupos taxonómicos muestreados a mayor profundidad con respecto a los superficiales, aunque en general todas las muestras son bastante similares entre sí.
- A lo largo de todas las campañas, se han identificado especies potencialmente causantes de decoloraciones de las masas de agua y/o productoras de mucílago, así como especies productoras de biotoxinas. En cualquier caso, la concentración de éstas está dentro de los parámetros normales de referencia, por lo que el riesgo sobre el medioambiente marino y/o la salud humana es mínimo.

ZOOPLANTON

- Las larvas de copépodos (nauplius de copépodos y copepoditos) dominan la composición de la comunidad zooplanctónica.
- La subclase Copepoda está dominada por pequeños copépodos planctónicos (< 1mm longitud), siendo Microsetella, Oithona, Oncaea y Paracalanus los géneros más influyentes. superan ampliamente la abundancia de los más grandes.
- Las larvas de cirrípedos presentan en general bajos porcentajes relativos de abundancia.

- Presencia de organismos eurihalinos como el cladocero *Penilia avirostris* y el misidáceo *Siriella armata*.
- La abundancia ha oscilado entre el valor más bajo de 97 ind/m³ obtenido en la campaña de octubre y los 18.353 ind/m³ obtenidos en agosto estaciones 085-1020 y 087-1020, respectivamente. El número total de individuos/m³, no muestra un gradiente negativo costa-océano motivado por la disminución del aporte de nutrientes. Los filamentos, formados por aguas surgentes, de agua fría superficial rica en nutrientes, se desplazan hacia el océano abierto. Además, estos filamentos dispersan los organismos que no pueden evitar esta advección. La diversidad presenta un gradiente negativo costa-océano y está directamente influenciada por la equitatividad
- Las estaciones de muestreo cercanas a costa presentan comparativamente la menor riqueza respecto a las oceánicas, oscilando los valores de equitatividad y diversidad entre 0,81 y 3,08 bits/ind, respectivamente.
- Los análisis comparativos al aproximadamente 50 %, denotaron en todas las campañas 2 grupos, uno constituido por las estaciones de muestreo costeras, con bajos valores de abundancia y el otro por las oceánicas, con altos valores de abundancia. Según los resultados obtenidos al realizar la rutina SIMPROF (Similarity profiles), estos grupos detectados no presentan grandes diferencias estadísticamente significativas, por lo que se puede considerar que en el conjunto de las campañas la comunidad zooplanctónica es muy similar en toda la zona de estudio.

ANEXO I

INFORMES DE RESULTADOS CAMPAÑAS FITOPLANCTON

- **AGOSTO 2020**
- **OCTUBRE 2020**
- **NOVIEMBRE 2020**




TECNOAMBIENTE

A TRADEBE COMPANY



Fecha Informe:		Ciente:	
07/10/2020		TECNOAMBIENTE	
Proyecto:			
Estudio del fitoplancton marino.			
Título del Informe:		Cód. Documento:	
INFORME DE RESULTADOS		P20013_F-Ed. 1	
Autor:			
OCEANSNELL Consultoría Ambiental Marina c/ Aitana, nº 1 Polígono el Aeropuerto 46940 Manises (Valencia) ESPAÑA			

	Estudio del fitoplancton marino.	P20013_F-Ed. 1
		Pág. 2 de 18

Informe realizado por:

OCEANSNELL, S.L.
 B-97886055
 c/ Aitana, nº 1
 Polígono el Aeropuerto
 46940 Manises (Valencia)
 ESPAÑA


Proyecto nº:	P20013_F-Ed. 1	
Título del Proyecto:	Estudio del fitoplancton marino.	
Fecha última revisión:	07/10/2020	
Informe realizado por:	<u>Carolina Assadi García</u> Licenciada en Biología con Suficiencia Investigadora	<i>Bióloga Colegiada nº 02479-CV</i>

Elaborado para:



ÍNDICE

1. ANTECEDENTES.....	4
2. METODOLOGÍA.....	4
3. RESULTADOS.....	5
4. CONCLUSIONES.....	5
5. BIBLIOGRAFÍA EMPLEADA.....	6

	Estudio del fitoplancton marino.	P20013_F- Ed. 1
		Pág. 4 de 18

1. ANTECEDENTES.

A petición de la empresa TECNOAMBIENTE, se han redactado el presente informe a partir de los resultados de la identificación y recuento del fitoplancton marino facilitados por el cliente.

El presente informe se detalla los resultados de los análisis de las muestras de fitoplancton marino obtenidas en la zona de estudio en agosto de 2020.

Se han analizado un total de 18 muestras fitoplanctónicas ubicadas en 9 estaciones de muestreo y a dos profundidades (superficie y fondo). El muestreo y fijación de las muestras fue llevado a cabo por el personal técnico de la empresa TECNOAMBIENTE. Las identificaciones y recuentos fitoplanctónicos fueron realizados por Maximino Delgado.

2. METODOLOGÍA.

Toma de las muestras:


Para el análisis del fitoplancton marino, en cada uno de los 9 puntos de muestreo establecidos, se tomaron 250 ml de agua marina a dos profundidades (superficie y fondo). Las muestras se introdujeron en envases de vidrio y fueron fijadas con Formol 4%.

Preparación de las muestras:

Las muestras se dejaron estabilizar térmicamente antes de ser sedimentadas. Se homogenizaron por agitación manual suave (20 vueltas a las botellas) y se colocaron en cubetas de sedimentación de metacrilato de 100 mL de capacidad dotadas de base removible. El tiempo de sedimentación fue de 24 horas.

Identificación y recuento de las muestras:

El análisis de las muestras se realizó siguiendo el método de Utermöhl (1958) empleando un microscopio invertido XSB-1A dotado de objetivos de óptica plana de 4, 10, 25 y 40 aumentos, y oculares de 10 aumentos, con lente interna de 1,25x. La base entera se recorrió a 125 aumentos para cuantificar los organismos menos abundantes y de mayor tamaño del microfitoplancton (<20µm) y transectos a 312 aumentos (para cuantificar los organismos más abundantes y el nanoplancton). La identificación de los organismos se ha realizado al taxón más preciso posible (especie o género) en dinoflagelados, diatomeas y coccolitoforales y se han

	Estudio del fitoplancton marino.	P20013_F- Ed. 1
		Pág. 5 de 18

incluido diferentes apartados para otros organismos como diatomeas bentónicas (cuyo hábitat natural es el sedimento y se hallan en las muestras de plancton al ser resuspendidas por diferentes mecanismos) y nanoflageladas (pertenecientes a diferentes grupos de fitoplancton).

Los resultados del fitoplancton se expresan en número de células llenas por litro, a excepción de hongos, cianobacterias y algas filamentosas (expresados en nº filamentos/litro).

3. RESULTADOS.

3.1. Identificación y recuento de fitoplancton marino.

Los análisis taxonómicos han permitido identificar las distintas especies de fitoplancton marino presentes de las muestras, así como cuantificar su abundancia.

Los resultados de las identificaciones y recuentos se presentan en la tabla siguiente.

Tabla 1. Resultados de la identificación y recuento de fitoplancton marino (cél/L).

FITOPLANCTON (Células/Litro)	MUESTRAS																	
	P1-S	P1-F	P2-S	P2-F	P3-S	P3-F	P4-S	P4-F	P5-S	P5-F	P6-S	P6-F	P7-S	P7-F	P8-S	P8-F	P9-S	P9-F
Dinoflageladas																		
<i>Alexandrium spp.</i>	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	10	20	0	0
<i>Blepharocysta paulseni</i>	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ceratium furca</i>	10	10	80	0	70	10	0	0	20	50	100	0	10	10	20	40	60	50
<i>Ceratium fusus</i>	30	10	10	0	40	0	0	0	20	0	50	10	0	0	20	10	10	20
<i>Ceratium gibberum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30	0	0	0	20	0	0	0
<i>Ceratium massiliense</i>	0	10	20	0	30	0	0	10	0	30	10	20	0	0	0	40	20	0
<i>Ceratium trichoceros</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	10	0	0	10
<i>Ceratium tripos</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0
<i>Ceratium spp.</i> (mal posicionados)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	10	0	10	0	0
<i>Cochlodinium spp.</i>	0	0	30	0	0	0	0	0	0	40	0	0	0	0	30	0	20	0
<i>Dinophysis acuminata (DSP)</i>	10	0	60	0	30	0	0	0	20	0	50	10	0	0	80	30	70	0
<i>Dinophysis acuta (DSP)</i>	20	10	10	0	20	0	0	0	0	20	10	0	0	0	0	10	20	20
<i>Dinophysis caudata (DSP)</i>	30	10	100	0	140	0	10	20	60	90	70	30	10	0	60	0	20	10
<i>Dinophysis cuneus (DSP)</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	20	0	0
<i>Dinophysis fortii (DSP)</i>	60	10	100	0	180	0	0	0	30	80	120	20	10	20	180	0	190	80
<i>Dinophysis parva (DSP)</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0
<i>Dinophysis rapa (DSP)</i>	0	0	20	0	10	0	0	0	0	10	10	0	0	0	20	0	0	0
<i>Dinophysis rotundata (Phalacroma, DSP)</i>	10	0	50	0	70	0	10	0	60	90	20	10	0	0	20	60	40	20
<i>Dinophysis sacculus (DSP)</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	10	0
<i>Dinophysis tripos (DSP)</i>	20	0	60	0	30	0	0	0	40	20	40	0	10	10	0	30	20	20
<i>Dinophysis spp (DSP) gran</i>	0	0	0	10	10	10	0	0	0	20	20	20	20	0	40	30	10	0
<i>Dinophysis spp. (DSP) peq. (<30um)</i>	0	0	0	0	50	0	0	0	60	60	0	0	0	0	40	10	80	10
<i>Goniodoma polyedricum</i>	20	0	80	0	150	0	0	0	110	40	30	10	0	0	150	10	160	70

FITOPLANCTON (Células/Litro)	MUESTRAS																	
	P1-S	P1-F	P2-S	P2-F	P3-S	P3-F	P4-S	P4-F	P5-S	P5-F	P6-S	P6-F	P7-S	P7-F	P8-S	P8-F	P9-S	P9-F
<i>Gonyaulax polygramma</i>	0	0	10	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10	0	0
<i>Gonyaulax spp.</i>	0	10	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Gymnodinium spp. grandes (>40um)</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	40	10	0	0
<i>Gymnodinium spp (20-40um)</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	10	0	0	70	20	0	0
<i>Gymnodinium sp. (en cadena)</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40	0	0	0	0	0
<i>Gyrodinium spp.heterotrofos</i>	20	20	280	20	40	40	0	0	140	480	110	240	20	0	250	510	260	420
<i>Heterocapsa spp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	20	20	0
<i>Karlodinium spp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	411	274	0
<i>Katodinium glaucum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0
<i>Leptodiscus medusoides?</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0
<i>Noctiluca scintillans</i>	10	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	10	0	20	20
<i>Ostreopsis spp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0
<i>Oxytoxum mediterraneum</i>	0	0	0	0	20	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	10	10	10
<i>Oxytoxum scolopax</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0
<i>Oxytoxum variabile</i>	10	0	20	0	10	0	0	0	0	10	0	10	0	0	20	0	30	10
<i>Peridinium quinquecome</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20		0	0
<i>Podolampas palmipes</i>	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Podolampas spinifer</i>	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Polykrikos schwartzii</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pronoctiluca acuta</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0
<i>Prorocentrum balticum</i>	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0
<i>Prorocentrum compressum</i>	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Prorocentrum micans</i>	40	10	80	0	110	0	0	10	60	20	130	50	20	0	140	30	210	70
<i>Prorocentrum triestinum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10	0	10
<i>Prorocentrum vaginulum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	10	0
<i>Prorocentrum sp1 (punta flecha, cadena)</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0

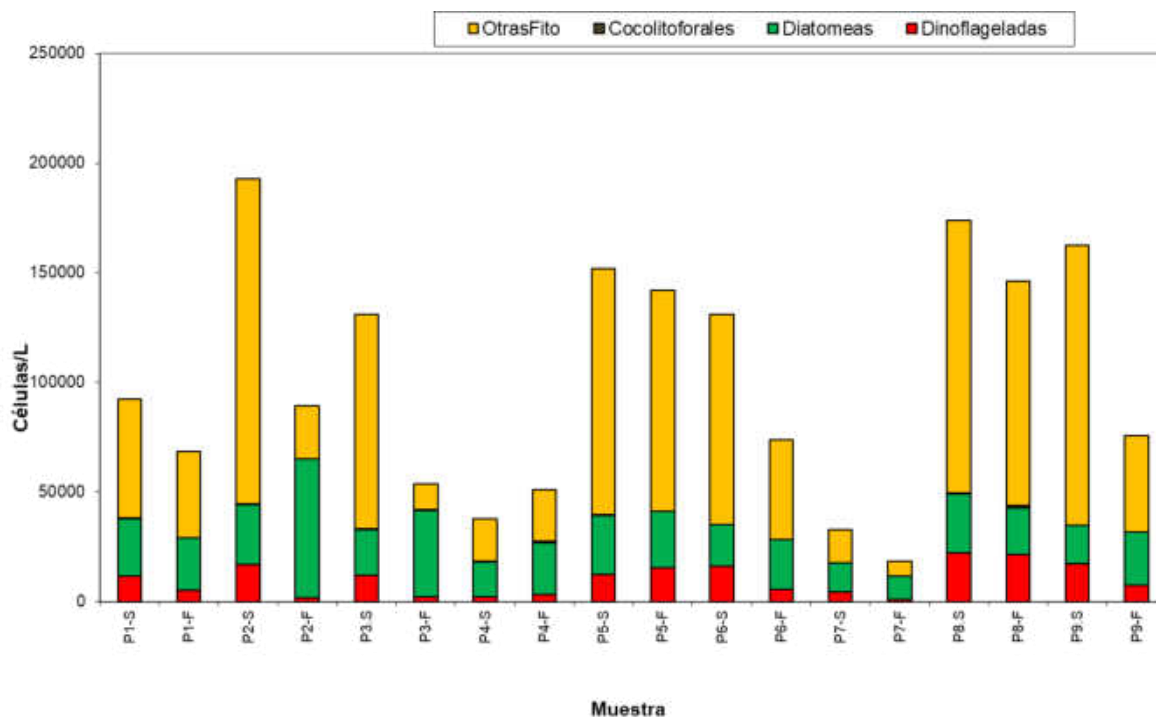
FITOPLANCTON (Células/Litro)	MUESTRAS																	
	P1-S	P1-F	P2-S	P2-F	P3-S	P3-F	P4-S	P4-F	P5-S	P5-F	P6-S	P6-F	P7-S	P7-F	P8-S	P8-F	P9-S	P9-F
<i>Protoceratium areolatum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Protoperdinium depressum</i>	0	0	10	0	0	0	0	0	0	10	0	10	0	0	0	0	0	10
<i>Protoperdinium diabolus</i>	10	0	50	0	30	0	0	0	20	20	20	0	10	0	60	20	30	10
<i>Protoperdinium divergens</i>	20	0	30	10	70	0	0	0	20	90	30	10	0	0	60	50	20	40
<i>Protoperdinium globulus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Protoperdinium oceanicum</i>	0	10	10	0	10	0	10	0	0	10	0	10	10	0	0	10	20	30
<i>Protoperdinium ovforme</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0
<i>Protoperdinium steini</i>	10	0	30	0	10	0	0	0	0	20	0	10	0	0	0	0	30	10
<i>Protoperdinium spp.peq (<30um)</i>	20	10	60	10	30	0	0	10	10	20	70	10	0	0	10	40	80	40
<i>Protoperdinium spp. gran</i>	10	0	20	0	20	10	0	0	10	40	10	20	10	10	30	40	60	40
<i>Pselodinium vaubani</i>	10	10	10	0	70	0	0	0	10	70	70	70	10	0	40	30	40	30
<i>Pyrocystis spp.</i>	0	10	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10	10
<i>Pyrophacus spp.</i>	20	10	20	10	10	0	0	0	0	30	10	0	10	0	20	20	20	0
<i>Scrippsiella spp.</i>	50	10	60	0	60	10	10	0	50	40	50	30	40	0	80	50	180	30
<i>Torodinium robustum</i>	30	10	170	40	220	30	0	0	70	180	170	70	0	0	210	170	260	70
Quistes Dinoflagelados	0	10	20	0	0	20	0	0	0	0	0	10	10	10	60	10	0	10
DINO GRANDES NI	230	120	720	80	520	140	10	20	350	670	540	490	130	20	510	530	460	460
DINO pequeños NI (<20um)	10.960	4.658	14.522	1.644	9.864	1.918	1.918	3.014	11.234	12.878	14.248	4.384	3.836	959	19.728	18.906	14.522	5.754
Diatomeas																		
<i>Bacillaria paxillifer</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	80	0	0	0	0	0	0
<i>Chaetoceros lorenzianus</i>	0	0	0	0	0	60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Chaetoceros spp. gran.(>20 um)</i>	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0
<i>Chaetoceros spp. peq.<20 um)</i>	137	0	137	274	0	274	0	0	137	137	411	274	0	0	0	0	137	137
<i>Cocconeis spp.</i>	274	685	137	685	137	411	822	548	411	411	548	411	548	274	411	685	274	411
<i>Coscinodiscus spp.</i>	0	0	0	0	20	0	10	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0
<i>Cylindrotheca closterium (like)</i>	411	548	548	1.096	548	274	1.096	274	548	1.370	685	685	685	274	274	685	822	274

FITOPLANCTON (Células/Litro)	MUESTRAS																	
	P1-S	P1-F	P2-S	P2-F	P3-S	P3-F	P4-S	P4-F	P5-S	P5-F	P6-S	P6-F	P7-S	P7-F	P8-S	P8-F	P9-S	P9-F
<i>Dactyliosolen phuketensis</i>	0	0	40	100	10	230	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Detonula pumila</i>	0	0	0	80	0	570	0	0	70	80	320	70	0	0	0	0	0	740
<i>Diploneis spp.</i>	0	0	0	40	0	40	0	50	0	0	10	0	20	0	20	0	0	10
<i>Grammatophora marina</i>	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	10
<i>Guinardia delicatula</i>	0	0	0	0	10	0	0	10	10	20	0	0	0	0	0	0	60	0
<i>Guinardia striata</i>	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0	80	0	0	0	0	0	290
<i>Gyrosigma spp.</i>	0	0	0	0	0	20	10	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Haslea spp.(simil)</i>	0	0	10	0	0	0	20	10	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0
<i>Hemiaulus hauckii</i>	0	0	20	0	0	0	0	0	0	20	0	80	0	0	0	0	0	0
<i>Leptocylindrus danicus</i>	11.508	8.905	10.549	46.580	10.686	31.921	6.302	10.275	12.467	13.426	7.809	13.289	5.343	6.165	13.563	4.932	6.713	15.344
<i>Leptocylindrus mediterraneus-Rhizomonas setigera</i>	0	0	0	30	120	110	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Licmophora spp.</i>	30	10	30	20	10	10	10	10	0	10	10	0	20	0	0	40	0	0
<i>Lioloma spp.</i>	0	0	40	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	10
<i>Paralia sulcata</i>	60	70	0	290	0	40	60	0	0	70	0	0	0	0	0	70	0	0
<i>Pleurosigma spp.</i>	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	10	0	20	0	0
<i>Proboscia alata</i>	90	10	60	90	10	80	10	70	20	20	60	100	0	10	50	60	10	50
<i>Pseudo-nitzschia spp (ASP)</i>	50	0	550	160	40	720	60	0	0	10	90	160	30	10	60	0	70	220
<i>Rhizosolenia setigera</i>	10	20	0	20	10	10	10	20	20	0	0	0	0	0	0	0	10	20
<i>Rhizosolenia spp.</i>	0	10	10	30	0	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	20
<i>Striatella unipunctata</i>	0	0	0	0	10	10	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0
<i>Stephanopyxis turris</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40	0	0	0	0	0	0	0
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	0	10	0	10	10	90	20	20	0	0	0	20	0	0	0	0	20	20
<i>Thalassiosira spp.peq (<20um)</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	10	0	0	137	0	0
Diat baston. peq (<20um)Fragil	6.850	4.110	6.576	6.576	2.466	1.370	5.480	6.576	5.206	0	2.192	2.740	2.466	1.096	4.384	5.480	3.562	2.192
Diat.pen. diminuta	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.603	0	0	0	0	0	0	0	0
DIAT CENTRICAS NI gran	20	100	180	150	130	90	0	30	80	120	110	10	0	0	0	70	140	20

FITOPLANCTON (Células/Litro)	MUESTRAS																	
	P1-S	P1-F	P2-S	P2-F	P3-S	P3-F	P4-S	P4-F	P5-S	P5-F	P6-S	P6-F	P7-S	P7-F	P8-S	P8-F	P9-S	P9-F
DIAT PENNADAS NI	10	0	0	10	0	20	0	0	0	0	0	10	20	10	0	10	0	0
DIAT BENTONICAS GRANDES	685	2.192	1.507	1.370	1.781	822	548	1.233	1.507	2.603	2.740	1.918	548	411	1.233	1.507	1.370	1.096
DIAT BENTONICAS pequeñas <20um NI	6.028	7.398	7.124	5.754	4.932	1.918	1.644	4.658	6.302	4.932	3.836	2.740	3.562	2.192	6.850	7.672	4.110	3.288
Cocolitoforales																		
<i>Umbilicosphaera sibogae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0
COCOLITOFORALES NI GRANDES	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0	20	0	20	20	0	0
COCOLITOFORALES NI pequeñas <10um	274	0	274	0	137	548	274	548	274	274	274	137	274	137	411	959	137	274
Otros grupos FITOPLANCTON																		
Coanoflagelados	0	0	0	0	0	137	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cryptomonas spp.</i>	274	274	548	0	274	137	0	274	3.014	2.466	411	137	0	0	1.370	685	1.507	0
<i>Dictyocha fibula</i>	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Dictyocha speculum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
<i>Eutreptiella spp.</i>	40	40	120	10	40	10	460	250	100	130	30	10	80	20	50	90	50	20
<i>Halosphaera viridis</i> (phycoma)	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0
<i>Pterosperma spp.</i>	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Quistes 20-60um	0	0	0	0	0	0	0	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Quistes peq. 12-20um	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CIANOBACTERIAS FILAMENTOSAS	80	10	30	10	0	30	60	40	0	20	30	0	20	0	20	10	0	0
HONGOS (esporas)	0	20	30	10	0	10	0	0	0	0	0	0	10	10	0	20	10	0
HONGOS (hifas)	30	50	20	40	0	0	0	30	30	0	0	20	10	10	0	0	0	0
NANOFLAGELADAS M.O.N. 3-20um	53.704	39.182	147.412	23.838	97.818	11.234	18.906	22.742	109.326	98.092	95.352	45.210	15.070	6.576	123.026	101.654	126.314	43.840
Sumas grupos FITOPLANCTON																		
sumaDINOFLAGELADAS	11.680	4.958	16.772	1.824	11.974	2.198	1.968	3.084	12.434	15.188	16.058	5.584	4.206	1.049	22.148	21.247	17.316	7.394
sumaDIATOMEAS	26.163	24.068	27.518	63.375	20.930	39.160	16.112	23.824	26.778	25.832	18.871	22.687	13.252	10.462	26.865	21.388	17.308	24.152
sumaCOCOLITOFORALES	274	0	274	0	137	548	274	568	274	274	274	137	294	137	451	979	137	274
sumaOTRAS	54.128	39.576	148.160	23.918	98.132	11.578	19.436	23.376	112.470	100.708	95.823	45.377	15.190	6.616	124.466	102.469	127.881	43.870

FITOPLANCTON (Células/Litro)	MUESTRAS																	
	P1-S	P1-F	P2-S	P2-F	P3-S	P3-F	P4-S	P4-F	P5-S	P5-F	P6-S	P6-F	P7-S	P7-F	P8-S	P8-F	P9-S	P9-F
Nº taxones Fito	46	38	55	35	53	44	27	30	41	53	49	48	35	24	58	59	56	52
Nºcels Fito	92.245	68.602	192.724	89.117	131.173	53.484	37.790	50.852	151.956	142.002	131.026	73.785	32.942	18.264	173.930	146.083	162.642	75.690
Log nº cels Fito	4,96	4,84	5,28	4,95	5,12	4,73	4,58	4,71	5,18	5,15	5,12	4,87	4,52	4,26	5,24	5,16	5,21	4,88
Diversidad Fito (Ntaxones/LogNcels)	9,26	7,86	10,41	7,07	10,36	9,31	5,90	6,37	7,91	10,29	9,58	9,86	7,75	5,63	11,07	11,42	10,75	10,66

Los resultados de las identificaciones y recuentos muestran la presencia de 119 taxones distintos en la zona de estudio. La mayoría de las especies presentes pertenecen al grupo de los dinoflagelados, seguido del grupo de las diatomeas. No obstante, es el grupo de los nanoflagelados el que presenta la mayor abundancia celular seguido de las diatomeas en todas las muestras analizadas.



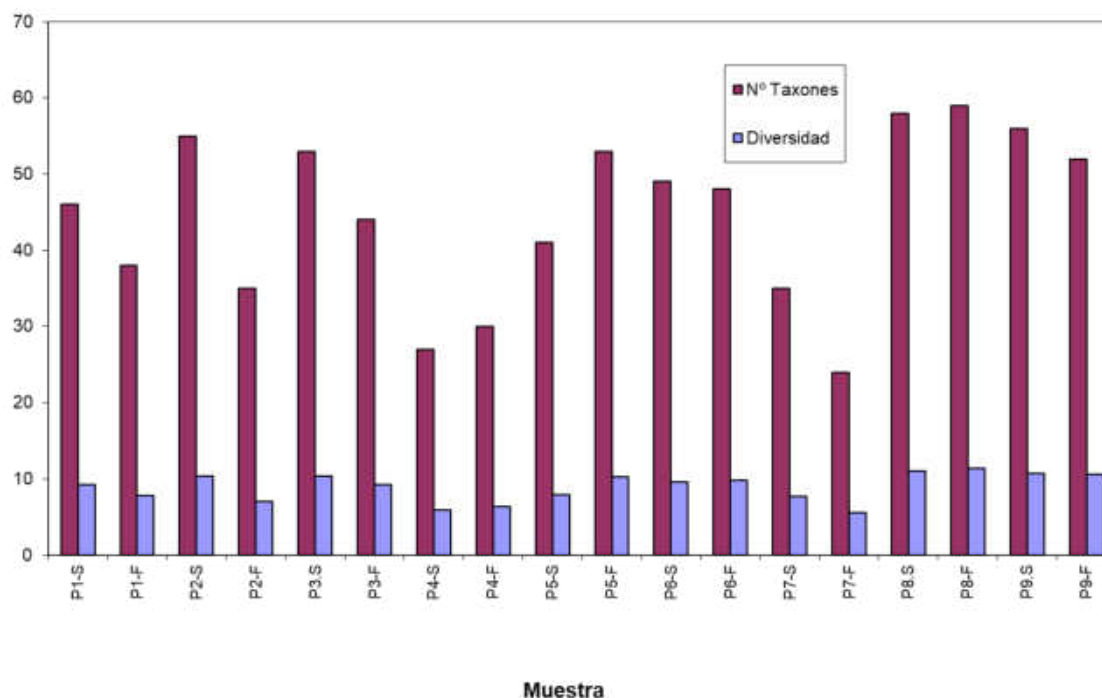
Gráfica 1: Abundancias según grupos taxonómicos.

La abundancia oscila entre 18.263 – 192.724 cél/L, habiéndose registrado el menor valor en la muestra P7-F y el mayor en la P2-S. Señalar que en general la abundancia total oscila entre valores normales para la época del año, no habiendo alcanzado en ningún punto de muestreo una concentración celular lo suficientemente elevada como para producir una proliferación algal nociva o “marea roja”. Al predominar los nanoflagelados, la biomasa fitoplanctónica, es baja debido a su reducido tamaño. En general, las muestras superficiales presentan una concentración celular ligeramente superior a las muestras de fondo, probablemente debido a la estratificación de la masa de agua.

Los cambios cualitativos y cuantitativos de la población fitoplanctónica se producen como consecuencia de una compleja interacción entre distintos factores ambientales como son la temperatura, concentración de nutrientes, condiciones lumínicas, herbivorismo y ratios de sedimentación. Las diatomeas suelen dominar la población cuando la disponibilidad de silicatos es mayor, situación que se da normalmente cerca de la costa. Los dinoflagelados suelen dominar cuando la concentración de nutrientes baja, situación que se produce en zonas más

alejadas de aportes de nutrientes naturales o antropogénicos, y también durante el final de la época estival, cuando las diatomeas han consumido los silicatos disponibles.

Se ha detectado algunas especies con antecedentes por producir espumas o cambios en la coloración del agua cuando proliferan, como *Cylindrotheca closterium* (like), *Leptocylindrus danicus* y *Dictyocha fibula*), no obstante, ninguna de ellas ha alcanzado concentraciones celulares lo suficientemente elevadas como para que se presenten sus efectos negativos sobre el medio marino. También se han detectado distintas especies tóxicas pertenecientes a los géneros *Pseudo-nitzschia* (diatomeas) y *Dinophysis* (dinoflagelados). Algunas especies del género *Pseudo-nitzschia* son potencialmente productoras de ácido domoico, una toxina que puede producir intoxicación amnésica por marisco (ASP). En cuanto a las especies tóxicas del género *Dinophysis*, estas pueden producir una toxina causante de la intoxicación diarreica por consumo de marisco (DSP). Señalar que en ninguna muestra se alcanzan concentraciones celulares lo suficientemente elevadas como para que se muestren sus efectos tóxicos.

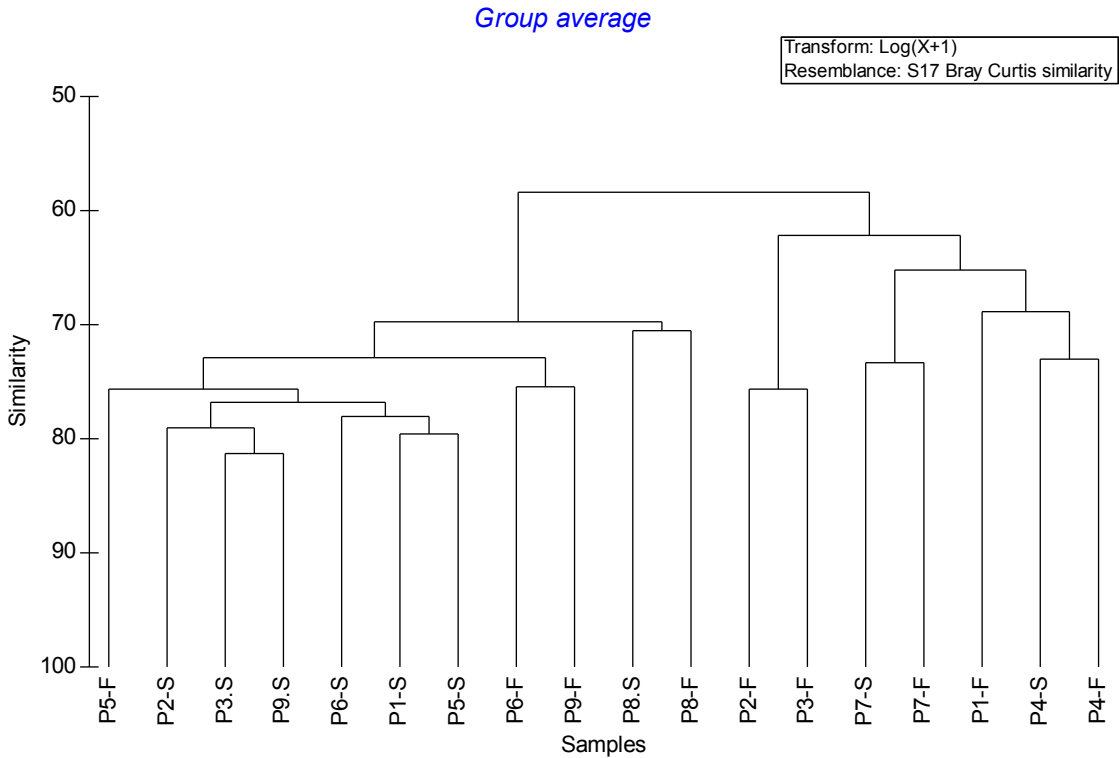


Gráfica 2: Resultados de riqueza específica (nº de taxones y diversidad).

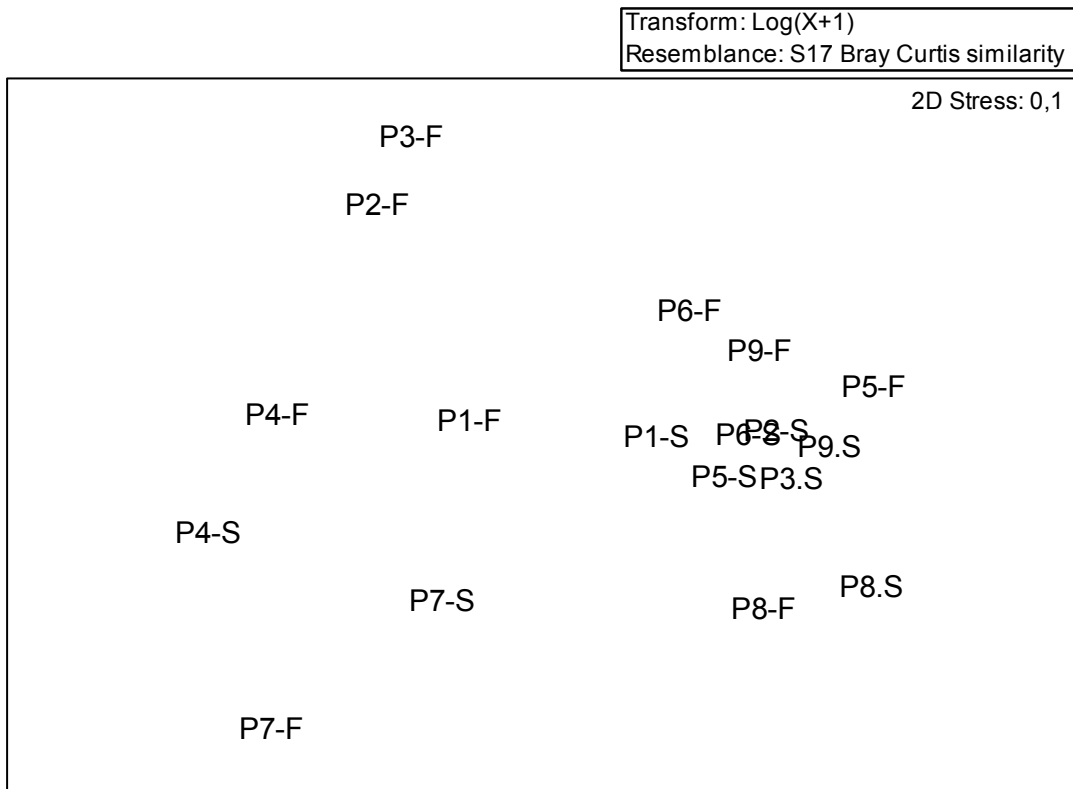
La riqueza específica varía entre 24 y 59, habiéndose detectado en las muestras P7-F y P8-F, respectivamente. La diversidad oscila entre 5'63 y 11'42, habiéndose registrado en las muestras P7-F y P8-F.

3.2. Análisis comparativo.

Para el análisis comparativo de las muestras, se ha realizado un análisis Clúster y MDS a partir de los datos de abundancia obtenidos en las distintas muestras analizadas, previa transformación de los mismos. A continuación, se detalla gráficamente los resultados obtenidos.




Gráfica 3: Análisis Clúster realizado a partir de la matriz de abundancias.



Gráfica 4: Análisis MDS realizado a partir de la matriz de abundancias.


En general todas las muestras son bastante similares entre sí, desde el punto de vista de su composición taxonómica.

	Estudio del fitoplancton marino.	P20013_F- Ed. 1
		Pág. 5 de 18

4. CONCLUSIONES.


A partir de los resultados de los análisis fitoplanctónicos se puede concluir lo siguiente:

- La abundancia es normal en todas las muestras para la época del año muestreada.
- Ausencia de proliferación algal o “marea roja”.
- En todas las muestras domina el grupo de otras formas fitoplanctónicas (principalmente debido a los nanoflagelados), y que debido a su pequeño tamaño, aporta una menor biomasa fitoplanctónica a la columna de agua.
- Desde el punto de vista taxonómico todas las muestras se consideran similares entre sí
- Se han detectado especies potencialmente causantes de discoloración de la masa de agua, así como especies potencialmente productoras de biotoxinas. La presencia de estas especies es normal. Ninguna de estas especies ha alcanzado concentraciones celulares lo suficientemente elevadas como para que exista riesgo sobre el medioambiente marino y/o la salud humana.

	Estudio del fitoplancton marino.	P20013_F- Ed. 1
		Pág. 6 de 18

5. BIBLIOGRAFÍA EMPLEADA.

- Balech, E. 1988. Los dinoflagelados del Atlántico Sudoccidental. Publicaciones Especiales del Instituto Español de Oceanografía nº 1. M.A.P.A. 310 p.
- Balech, E. 1995. The Genus *Alexandrium* Halim (Dinoflagellata). Sherkin Island Co, Ireland, 151 p.
- Bérard-Therriault, L., M. Poulin et L.Bossé. 1999. Guide d'identification du phytoplancton marin de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent incluant également certains protozoaires. Publ. spéc. can. Sci. halieut. Aquat. 128. 387p.
- Chrétiennot-Dinet, M.J. 1990. Atlas du Fitoplancton Marin vol.3. Editions du CNRS. 261 p.
- Cros, L., and J.M. Fortuño. 2002. Atlas of Northwestern Mediterranean Coccolithophores. Sci. Mar., 66 (Suppl. 1): 7-182.
- Delgado, M., y J.M. Fortuño. 1991. Atlas de Fitoplancton del Mar Mediterráneo. Sci.Mar., 55 (SUPL.1): 1-133.
- Fukuyo, Y., H.Takano, M.Chihara and K. Matsuoka. 1990. Red Tide Organisms in Japan, An Illustrated Taxonomic Guide. Uchida-Rokakuho Ed. 407 p.
- Rampi, L y M. Bernhard. 1980. Chiave per la determinazione delle peridinee pelagiche mediterranee. Comitato Nazionale Energia Nucleare- RT/BIO (80)8, Roma, 193 p.
- Ricard, M. 1987. Diatomophycées. Atlas du Fitoplancton Marin vol.2. Editions du CNRS. 297 p.
- Sournia, A. 1986. Atlas du Fitoplancton Marin vol.1. Editions du CNRS. 219 p.

	Estudio del fitoplancton marino.	P20013_F- Ed. 1
		Pág. 7 de 18


- Tomas, C.R. 1993. Marine Phytoplankton, A Guide to Naked Flagellates and Coccolithophorids. Academic Press. 263 p.
- Tomas, C.R. 1995. Identifying Marine Diatoms and Dinoflagellates. Academic Press. 598 p.
- UNESCO. 1995. MANUAL ON HARMFUL MARINE MICROALGAE. Eds. G.M.Hallegraeff, D.M. Anderson, A.D. Cembella and H.O. Enevoldsen (Tech. Editor). Intergovernmental Oceanographic Commission, Manuals and Guides nº33, Paris. 551p.
- Utermöhl, H. 1958. Zur vervollkommung der quantitativen phytoplankton methodik. Mitt. Int.Verein. Theor. Angew. Limnol. 9:1-38.




TECNOAMBIENTE

A TRADEBE COMPANY



Fecha Informe:	Ciente:
23/12/2020	TECNOAMBIENTE
Proyecto:	
Estudio del fitoplancton marino.	
Título del Informe:	Cód. Documento:
INFORME DE RESULTADOS	P20013_2F-Ed. 1
Autor:	
OCEANSNELL Consultoría Ambiental Marina c/ Aitana, nº 1 Polígono el Aeropuerto 46940 Manises (Valencia) ESPAÑA	
	

	Estudio del fitoplancton marino.	P20013_2F-Ed. 1
		Pág. 2 de 17

Informe realizado por:

OCEANSNELL, S.L.
 B-97886055
 c/ Aitana, nº 1
 Polígono el Aeropuerto
 46940 Manises (Valencia)
 ESPAÑA


Proyecto nº:	P20013_2F-Ed. 1	
Título del Proyecto:	Estudio del fitoplancton marino.	
Fecha última revisión:	23/12/2020	
Informe realizado por:	<u>Carolina Assadi García</u> Licenciada en Biología con Suficiencia Investigadora	<i>Bióloga Colegiada nº 02479-CV</i>

Elaborado para:



ÍNDICE

1. ANTECEDENTES.....	4
2. METODOLOGÍA.....	4
3. RESULTADOS.....	5
4. CONCLUSIONES.....	4
5. BIBLIOGRAFÍA EMPLEADA.....	5

	Estudio del fitoplancton marino.	P20013_2F- Ed. 1
		Pág. 4 de 17

1. ANTECEDENTES.

A petición de la empresa TECNOAMBIENTE, se han redactado el presente informe a partir de los resultados de la identificación y recuento del fitoplancton marino facilitados por el cliente.

El presente informe se detalla los resultados de los análisis de las muestras de fitoplancton marino obtenidas en la zona de estudio el 16 de octubre de 2020.

Se han analizado un total de 18 muestras fitoplanctónicas ubicadas en 9 estaciones de muestreo y a dos profundidades (superficie y fondo). El muestreo y fijación de las muestras fue llevado a cabo por el personal técnico de la empresa TECNOAMBIENTE. Las identificaciones y recuentos fitoplanctónicos fueron realizados por Maximino Delgado.

2. METODOLOGÍA.

Toma de las muestras:


Para el análisis del fitoplancton marino, en cada uno de los 9 puntos de muestreo establecidos, se tomaron 250 ml de agua marina a dos profundidades (superficie y fondo). Las muestras se introdujeron en envases de vidrio y fueron fijadas con Formol 4%.

Preparación de las muestras:

Las muestras se dejaron estabilizar térmicamente antes de ser sedimentadas. Se homogenizaron por agitación manual suave (20 vueltas a las botellas) y se colocaron en cubetas de sedimentación de metacrilato de 100 mL de capacidad dotadas de base removible. El tiempo de sedimentación fue de 24 horas.

Identificación y recuento de las muestras:

El análisis de las muestras se realizó siguiendo el método de Utermöhl (1958) empleando un microscopio invertido XSB-1A dotado de objetivos de óptica plana de 4, 10, 25 y 40 aumentos, y oculares de 10 aumentos, con lente interna de 1,25x. La base entera se recorrió a 125 aumentos para cuantificar los organismos menos abundantes y de mayor tamaño del microfitoplancton (<20µm) y transectos a 312 aumentos (para cuantificar los organismos más abundantes y el nanoplancton). La identificación de los organismos se ha realizado al taxón más preciso posible (especie o género) en dinoflagelados, diatomeas y cocolitoforales y se han incluido diferentes apartados para otros organismos como diatomeas bentónicas (cuyo hábitat

	Estudio del fitoplancton marino.	P20013_2F- Ed. 1
		Pág. 5 de 17

natural es el sedimento y se hallan en las muestras de plancton al ser resuspendidas por diferentes mecanismos) y nanoflageladas (pertenecientes a diferentes grupos de fitoplancton).

Los resultados del fitoplancton se expresan en número de células llenas por litro, a excepción de hongos, cianobacterias y algas filamentosas (expresados en nº filamentos/litro).

3. RESULTADOS.

3.1. Identificación y recuento de fitoplancton marino.

Los análisis taxonómicos han permitido identificar las distintas especies de fitoplancton marino presentes de las muestras, así como cuantificar su abundancia.

Los resultados de las identificaciones y recuentos se presentan en la tabla siguiente.

Tabla 1. Resultados de la identificación y recuento de fitoplancton marino (cél/L).

FITOPLANCTON (Células/Litro)	MUESTRAS																	
	P1-S	P1-F	P2-S	P2-F	P3-S	P3-F	P4-S	P4-F	P5-S	P5-F	P6-S	P6-F	P7-S	P7-F	P8-S	P8-F	P9-S	P9-F
Dinoflageladas																		
<i>Alexandrium spp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0
<i>Ceratium azoricum</i>	10	0	0	0	10	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ceratium candelabrum</i>	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ceratium furca</i>	10	0	10	0	20	0	30	0	110	0	120	0	20	0	60	30	90	10
<i>Ceratium fusus</i>	0	0	10	0	80	0	40	0	40	0	30	0	10	0	60	10	70	0
<i>Ceratium kofoidi</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0
<i>Ceratium massiliense</i>	40	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30	0	20	0	40	0
<i>Ceratium pentagonum</i>	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ceratium teres</i>	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ceratium trichoceros</i>	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ceratium spp.</i> (mal posicionados)	0	10	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0
<i>Ceratocorys armata</i>	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Corytodinium tessellatum</i>	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0
<i>Cochlodinium spp.</i>	10	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Dinophysis acuta (DSP)</i>	0	0	0	0	10	0	40	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0
<i>Dinophysis caudata (DSP)</i>	40	0	0	0	10	0	40	0	0	0	80	0	120	0	20	0	80	0
<i>Dinophysis fortii (DSP)</i>	0	0	0	0	10	0	10	0	0	0	0	0	20	0	20	0	0	0
<i>Dinophysis rotundata (Phalacroma, DSP)</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0
<i>Dinophysis tripos (DSP)</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0
<i>Dinophysis spp (DSP) gran</i>	10	0	0	0	10	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0
<i>Goniodoma polyedricum</i>	0	0	0	0	10	0	20	0	0	0	20	0	0	0	10	0	0	0
<i>Gonyaulax polygramma</i>	10	0	20	0	10	0	10	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0

FITOPLANCTON (Células/Litro)	MUESTRAS																	
	P1-S	P1-F	P2-S	P2-F	P3-S	P3-F	P4-S	P4-F	P5-S	P5-F	P6-S	P6-F	P7-S	P7-F	P8-S	P8-F	P9-S	P9-F
<i>Gonyaulax verior</i>	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	30	0	10	0
<i>Gonyaulax spp.</i>	10	0	10	0	0	0	0	0	10	0	10	0	0	0	0	0	0	0
<i>Gymnodinium spp (20-40um)</i>	0	0	0	0	10	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Gymnodinium sp. "calabaza"</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0
<i>Gymnodinium elongatum</i>	0	0	20	0	0	0	10	0	10	0	10	0	0	0	0	0	0	0
<i>Gyrodinium spp.heterotrofos</i>	130	10	120	20	90	0	70	10	110	10	30	30	160	20	130	30	90	30
<i>Histioneis joergenseni</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0
<i>Karlodinium spp.</i>	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Katodinium glaucum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0
<i>Noctiluca scintillans</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0
<i>Oxytoxum coronatum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	10
<i>Oxytoxum mediterraneum</i>	20	0	0	0	0	0	10	0	10	0	0	0	20	0	10	0	0	0
<i>Oxytoxum scolopax</i>	50	0	80	0	20	0	10	0	20	0	10	10	30	0	40	0	30	0
<i>Oxytoxum sceptrum</i>	0	0	10	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Oxytoxum variable</i>	0	0	10	0	10	0	10	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0
<i>Oxytoxum spp.</i>	10	0	10	0	0	0	10	0	10	0	10	0	20	0	10	10	30	0
<i>Paleophalacroma unicintum</i>	20	0	70	0	90	0	90	0	10	0	50	0	80	0	30	0	10	0
<i>Podolampas bipes</i>	0	0	0	0	0	0	0	10	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Podolampas palmipes</i>	0	0	10	0	10	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pronoctiluca acuta</i>	0	0	0	10	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Prorocentrum compressum</i>	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0
<i>Prorocentrum dentatum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Prorocentrum micans</i>	90	0	30	0	100	0	60	10	30	0	50	10	100	0	150	0	140	0
<i>Prorocentrum vaginulum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	10	0
<i>Prorocentrum spp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	30	0	0	0	10	0	0	0	0	0

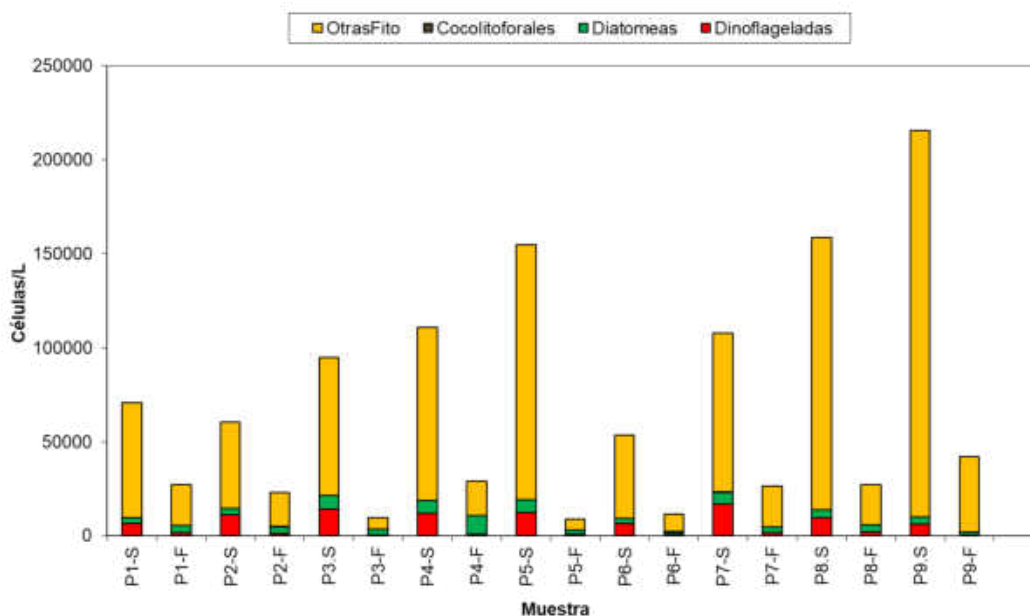
FITOPLANCTON (Células/Litro)	MUESTRAS																	
	P1-S	P1-F	P2-S	P2-F	P3-S	P3-F	P4-S	P4-F	P5-S	P5-F	P6-S	P6-F	P7-S	P7-F	P8-S	P8-F	P9-S	P9-F
<i>Protoceratium areolatum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	20	0	0	0
<i>Protoperdinium bipes</i>	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	10	0
<i>Protoperdinium diabolus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0
<i>Protoperdinium divergens</i>	10	0	10	0	0	0	20	0	10	0	10	10	10	0	10	0	10	0
<i>Protoperdinium rectum</i>	10	0	0	0	10	0	10	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0
<i>Protoperdinium sphaeroideum</i>	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Protoperdinium steini</i>	0	0	0	0	0	0	40	0	0	0	0	0	0	0	10	0	20	0
<i>Protoperdinium spp.peq (<30um)</i>	0	0	30	0	10	0	10	0	20	0	30	0	20	0	10	0	0	0
<i>Protoperdinium spp. gran</i>	30	0	50	10	40	0	30	0	10	0	10	0	100	0	30	0	30	0
<i>Torodinium robustum</i>	360	0	140	0	350	10	490	0	340	20	480	0	630	0	510	30	610	10
Quistes Dinoflagelados	10	0	0	0	10	0	0	0	0	10	0	0	0	10	0	0	0	0
DINO GRANDES NI	640	170	1.020	60	680	60	460	40	520	80	390	50	610	70	390	150	300	40
DINO pequeños NI (<20um)	5.069	1.370	9.453	1.233	12.604	274	10.138	548	10.823	685	5.069	548	14.796	1.507	7.946	1.644	4.658	137
Diatomeas																		
<i>Asteromphalus spp.</i>	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0
<i>Asterionellopsis glacialis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	70	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cerataulina pelagica</i>	50	0	0	0	20	0	0	0	0	0	70	0	60	0	0	0	0	0
<i>Chaetoceros curvisetus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	90	0	0	0	60	0	50	40	0	0
<i>Chaetoceros decipiens</i>	0	140	0	0	30	0	150	0	140	0	170	0	110	0	0	70	90	70
<i>Chaetoceros lorenzianus</i>	0	0	0	0	0	0	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Chaetoceros peruvianus</i>	0	0	0	0	20	0	20	0	0	10	0	0	0	0	0	0	10	20
<i>Chaetoceros spp. gran. (>20 um)</i>	170	60	0	0	20	0	30	0	130	0	60	0	0	0	0	0	0	0
<i>Chaetoceros spp. peq. (<20 um)</i>	0	0	0	90	0	0	10	70	0	0	0	0	0	70	0	0	20	0
<i>Corethron criophilum</i>	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cylindrotheca closterium (like)</i>	20	30	60	80	40	70	10	50	20	80	0	50	10	50	0	50	10	50

FITOPLANCTON (Células/Litro)	MUESTRAS																	
	P1-S	P1-F	P2-S	P2-F	P3-S	P3-F	P4-S	P4-F	P5-S	P5-F	P6-S	P6-F	P7-S	P7-F	P8-S	P8-F	P9-S	P9-F
<i>Dactyliosolen phuketensis</i>	60	0	0	0	50	0	120	90	0	120	0	0	0	0	0	60	0	110
<i>Detonula pumila</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	80	0	0	0
<i>Diploneis spp.</i>	0	30	0	10	0	10	0	40	10	0	0	20	0	10	0	0	0	0
<i>Grammatophora marina</i>	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
<i>Gyrosigma spp.</i>	0	90	0	70	0	40	0	30	0	20	0	50	0	20	10	0	0	30
<i>Haslea spp.(simil)</i>	10	10	20	10	70	10	50	0	60	10	10	0	30	0	10	30	30	0
<i>Helicotheca tamesis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	580	0	0	0	0	0	0	20
<i>Hemiaulus sinensis</i>	0	0	0	0	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Leptocylindrus danicus</i>	120	110	20	0	180	220	0	0	680	60	180	140	460	50	410	10	0	50
<i>Leptocylindrus mediterraneus-Rhizomonas setigera</i>	700	0	130	40	300	0	480	0	800	0	280	0	1.140	20	1.420	120	1.690	20
<i>Leptocylindrus minimus</i>	0	0	140	0	30	0	550	0	60	0	0	20	80	0	0	0	110	0
<i>Licmophora spp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	30	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0
<i>Nannoneis hasleae</i>	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Odontella mobiliensis</i>	10	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Paralia sulcata</i>	0	0	0	0	0	80	0	60	0	50	0	100	0	0	0	0	0	0
<i>Pleurosigma spp.</i>	0	30	0	40	0	20	0	20	0	20	0	10	0	10	0	10	0	0
<i>Proboscia alata</i>	0	0	30	0	40	0	0	0	40	0	10	0	20	0	60	0	10	0
<i>Proboscia alata f indica</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0
<i>Pseudo-nitzschia spp (ASP)</i>	490	200	140	220	240	120	1.950	40	270	80	40	120	2.430	80	600	110	390	30
<i>Pseudosolenia calcar-avis</i>	0	0	0	0	0	20	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Rhizosolenia setigera</i>	30	20	80	30	180	60	80	40	20	70	20	20	10	100	20	110	30	20
<i>Rhizosolenia spp.</i>	10	0	0	0	30	0	10	0	50	0	10	0	0	0	60	0	0	0
<i>Skeletonema sp.</i>	160	0	0	0	90	0	0	0	0	0	30	0	0	40	0	110	0	0
<i>Striatella unipunctata</i>	0	0	0	10	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	0	0	0	0	0	0	140	0	0	30	20	70	50	10	20	0	0	30

FITOPLANCTON (Células/Litro)	MUESTRAS																	
	P1-S	P1-F	P2-S	P2-F	P3-S	P3-F	P4-S	P4-F	P5-S	P5-F	P6-S	P6-F	P7-S	P7-F	P8-S	P8-F	P9-S	P9-F
<i>Thalassionema spp.</i>	0	0	70	20	50	50	0	0	0	50	0	0	0	0	0	0	50	0
<i>Thalassiosira spp. gran</i> (20-60um)	10	0	10	0	0	10	0	0	60	10	0	0	0	0	10	10	0	0
<i>Thalassiosira spp.peq</i> (<20um)	0	20	30	10	0	30	30	30	0	10	0	20	0	20	0	10	0	0
DIAT CENTRICAS NI gran	0	0	0	230	0	0	0	0	0	10	0	0	10	0	0	0	0	0
DIAT PENNADAS NI	0	10	0	30	10	10	0	0	0	30	10	0	20	0	0	0	0	0
DIAT BENTONICAS GRANDES	110	685	520	548	1.233	1.370	411	685	1.370	274	274	137	137	274	274	685	274	411
DIAT BENTONICAS pequeñas <20um NI	822	2.192	2.192	1.918	4.658	822	3.014	8.768	3.288	1.233	822	685	1.507	2.055	1.233	2.603	822	685
Cocolitoforales																		
COCOLITOFORALES NI pequeñas <10um	0	274	137	274	0	274	0	0	0	137	0	274	137	274	0	0	137	137
Otros grupos FITOPLANCTON																		
<i>Amoeba spp.</i>	0	0	10	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0
Cryptomonads	1.096	0	1.370	411	7.672	0	10.412	0	16.440	274	9.864	0	10.960	137	9.316	137	19.043	137
<i>Dictyocha fibula</i>	50	0	110	10	120	0	100	0	10	10	30	0	100	10	20	0	70	10
<i>Dictyocha speculum</i>	10	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Dictyocha octonaria</i>	10	0	10	0	10	0	20	0	0	0	0	0	10	0	0	0	10	0
Quistes peq. 12-20um	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	20	0	10	0	10	0	10
CIANOBACTERIAS FILAMENTOSAS	20	30	20	0	40	50	0	210	10	10	0	0	10	210	0	40	0	0
HONGOS (esporas)	30	0	0	820	0	0	10	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	20
HONGOS (hifas)	0	100	0	90	10	700	0	40	0	40	0	30	0	60	0	30	0	30
NANOFLAGELADAS M.O.N. 3-20um	59.458	21.646	43.840	16.714	64.938	5.206	80.830	18.358	118.642	5.206	34.250	9.042	72.884	21.372	135.082	20.824	186.320	39.730
Colonias <i>Pediastrum</i> sp. (aguas dulces)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
Colonias Phaeocystis	470	20	150	50	250	0	510	20	410	60	520	40	630	50	540	60	290	0
Sumas grupos FITOPLANCTON																		
sumaDINOFLAGELADAS	6.639	1.570	11.143	1.333	14.244	344	11.718	618	12.133	805	6.439	658	16.906	1.627	9.556	1.914	6.298	237
sumaDIATOMEAS	2.772	3.647	3.452	3.366	7.351	2.962	7.105	9.963	7.088	2.247	2.586	1.442	6.144	2.809	4.277	4.028	3.546	1.556

FITOPLANCTON (Células/Litro)	MUESTRAS																	
	P1-S	P1-F	P2-S	P2-F	P3-S	P3-F	P4-S	P4-F	P5-S	P5-F	P6-S	P6-F	P7-S	P7-F	P8-S	P8-F	P9-S	P9-F
sumaCOCOLITOFORALES	0	274	137	274	0	274	0	0	0	137	0	274	137	274	0	0	137	137
sumaOTRAS	61.154	21.796	45.510	18.115	73.040	5.956	91.882	18.628	135.522	5.610	44.664	9.132	84.594	21.859	144.958	21.101	205.733	39.947
Nº taxones Fito	49	25	43	31	56	24	52	23	41	33	40	24	51	29	43	29	43	28
Nºcels Fito	70.565	27.287	60.242	23.088	94.635	9.536	110.705	29.209	154.743	8.799	53.689	11.506	107.781	26.569	158.791	27.043	215.714	41.877
Log nº cels Fito	4,85	4,44	4,78	4,36	4,98	3,98	5,04	4,47	5,19	3,94	4,73	4,06	5,03	4,42	5,20	4	5	5
Diversidad Fito (Ntaxones/LogNcels)	10,11	5,64	9,00	7,10	11,25	6,03	10,31	5,15	7,90	8,37	8,46	5,91	10,13	6,55	8,27	6,54	8,06	6,06

Los resultados de las identificaciones y recuentos muestran la presencia de 120 taxones distintos en la zona de estudio. La mayoría de las especies presentes pertenecen al grupo de los dinoflagelados, seguido del grupo de las diatomeas. No obstante, es el grupo de los nanoflagelados el que presenta la mayor abundancia celular seguido de las dinoflagelados en todas las muestras analizadas.

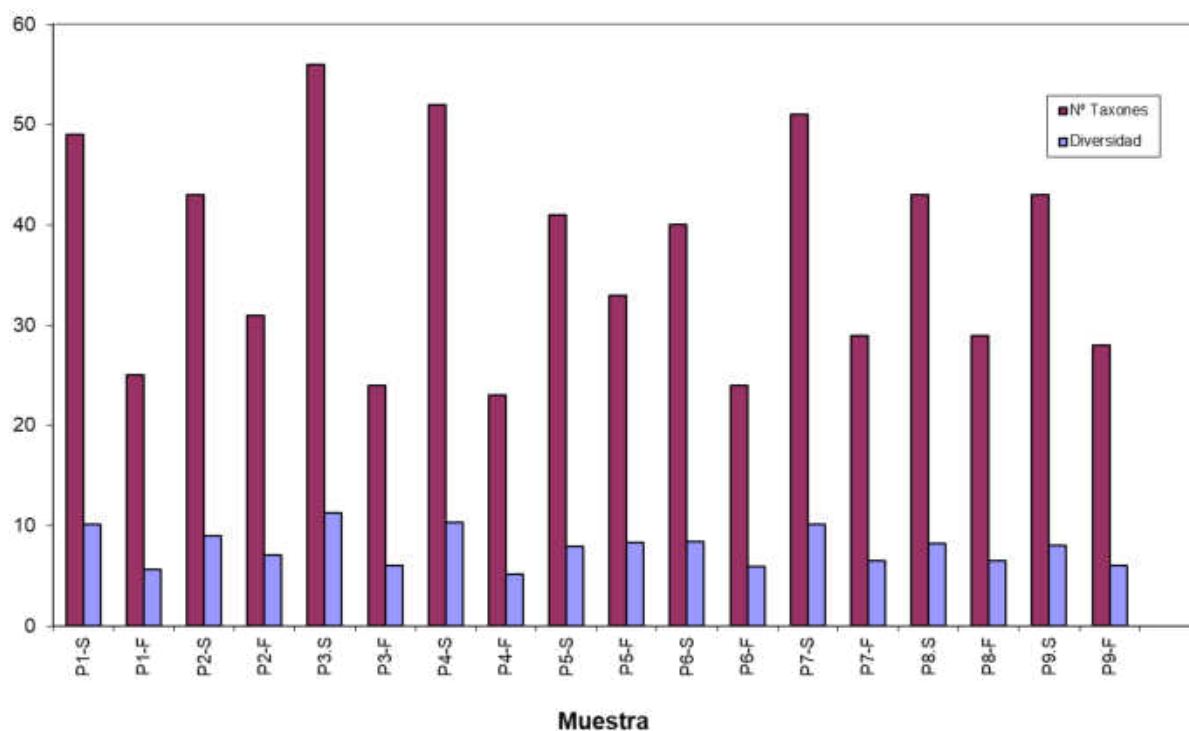


Gráfica 1: Abundancias según grupos taxonómicos.

La abundancia oscila entre 8.798– 215.714 cél/L, habiéndose registrado el menor valor en la muestra P5-F y el mayor en la P9-S. Señalar que en general la abundancia total oscila entre valores normales para la época del año, no habiendo alcanzado en ningún punto de muestreo una concentración celular lo suficientemente elevada como para producir una proliferación algal nociva o “marea roja”. Al predominar los nanoflagelados, la biomasa fitoplanctónica, es baja debido a su reducido tamaño. En general, las muestras superficiales presentan una concentración celular ligeramente superior a las muestras de fondo, probablemente debido a la estratificación de la masa de agua.

Los cambios cualitativos y cuantitativos de la población fitoplanctónica se producen como consecuencia de una compleja interacción entre distintos factores ambientales como son la temperatura, concentración de nutrientes, condiciones lumínicas, herbivorismo y ratios de sedimentación. Las diatomeas suelen dominar la población cuando la disponibilidad de silicatos es mayor, situación que se da normalmente cerca de la costa. Los dinoflagelados suelen dominar cuando la concentración de nutrientes baja, situación que se produce en zonas más alejadas de aportes de nutrientes naturales o antropogénicos, y también durante el final de la época estival, cuando las diatomeas han consumido los silicatos disponibles.

Se ha detectado algunas especies con antecedentes por producir espumas y/o cambios en la coloración del agua cuando proliferan, como *Cylindrotheca closterium (like)*, *Leptocylindrus danicus* y *Dictyocha fibula*, no obstante, ninguna de ellas ha alcanzado concentraciones celulares lo suficientemente elevadas como para que se presenten sus efectos negativos sobre el medio marino. También se han detectado distintas especies tóxicas pertenecientes a los géneros *Pseudo-nitzschia* (diatomeas) y *Dinophysis* (dinoflagelados). Algunas especies del género *Pseudo-nitzschia* son potencialmente productoras de ácido domoico, una toxina que puede producir intoxicación amnésica por marisco (ASP). En cuanto a las especies tóxicas del género *Dinophysis*, estas pueden producir una toxina causante de la intoxicación diarreaica por consumo de marisco (DSP). Señalar que en ninguna muestra se alcanzan concentraciones celulares lo suficientemente elevadas como para que se muestren sus efectos tóxicos.



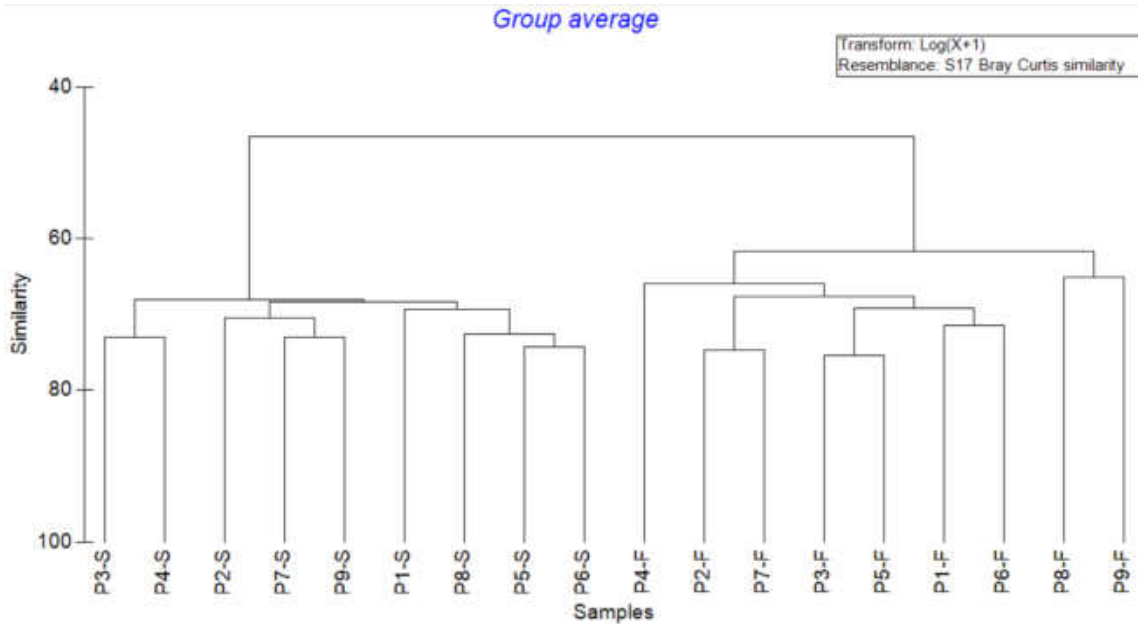
Gráfica 2: Resultados de riqueza específica (nº de taxones y diversidad).

La riqueza específica varía entre 23 y 56, habiéndose detectado en las muestras P4-F y P3-S, respectivamente. La diversidad oscila entre 5,15 y 11,25, habiéndose registrado en las muestras P4-F y P3-S.

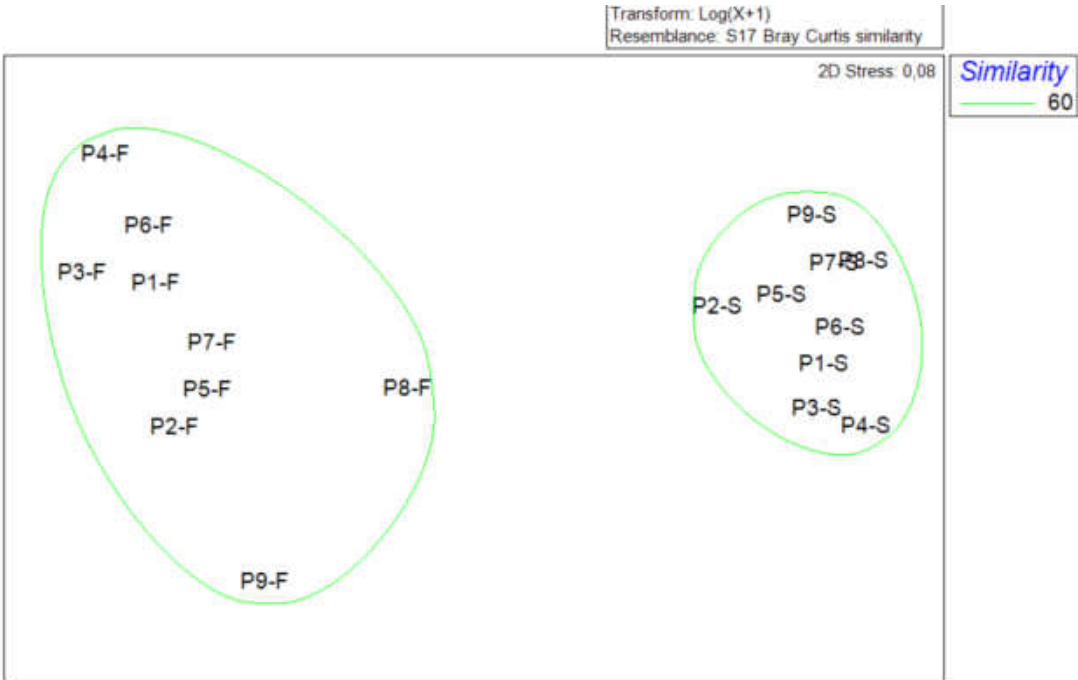
3.2. Análisis comparativo.

Para el análisis comparativo de las muestras, se ha realizado un análisis Clúster y MDS a partir de los datos de abundancia obtenidos en las distintas muestras analizadas, previa

transformación de los mismos. A continuación, se detalla gráficamente los resultados obtenidos.




Gráfica 3: Análisis Clúster realizado a partir de la matriz de abundancias.



Gráfica 4: Análisis MDS realizado a partir de la matriz de abundancias.


En base a los análisis realizados, se aprecian dos grupos con claras diferencias entre sí desde el punto de vista de su composición taxonómica, coincidiendo estos grupos con las muestras de fondo y las muestras superficiales.

	Estudio del fitoplancton marino.	P20013_F- Ed. 1
		Pág. 4 de 17

4. CONCLUSIONES.


A partir de los resultados de los análisis fitoplanctónicos se puede concluir lo siguiente:

- La abundancia es normal en todas las muestras para la época del año muestreada.
- Ausencia de proliferación algal o “marea roja”.
- En todas las muestras domina el grupo de otras formas fitoplanctónicas (principalmente debido a los nanoflagelados), que debido a su pequeño tamaño, aporta una menor biomasa fitoplanctónica a la columna de agua.
- Desde el punto de vista taxonómico, se aprecian dos grupos significativamente distintos entre sí debido a la profundidad de muestreo.
- Se han detectado especies potencialmente causantes de discoloración de la masa de agua, así como especies potencialmente productoras de biotoxinas. La presencia de estas especies es normal. Ninguna de estas especies ha alcanzado concentraciones celulares lo suficientemente elevadas como para que exista riesgo sobre el medioambiente marino y/o la salud humana.

	Estudio del fitoplancton marino.	P20013_F- Ed. 1
		Pág. 5 de 17

5. BIBLIOGRAFÍA EMPLEADA.

- Balech, E. 1988. Los dinoflagelados del Atlantico Sudoccidental. Publicaciones Especiales del Instituto Español de Oceanografía nº 1. M.A.P.A. 310 p.
- Balech, E. 1995. The Genus *Alexandrium* Halim (Dinoflagellata). Sherkin Island Co, Ireland, 151 p.
- Bérard-Therriault, L., M. Poulin et L.Bossé. 1999. Guide d'identification du phytoplancton marin de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent incluant également certains protozoaires. Publ. spéc. can. Sci. halieut. Aquat. 128. 387p.
- Chrétiennot-Dinet, M.J. 1990. Atlas du Fitoplancton Marin vol.3. Editions du CNRS. 261 p.
- Cros, L., and J.M. Fortuño. 2002. Atlas of Northwestern Mediterranean Coccolithophores. Sci. Mar., 66 (Suppl. 1): 7-182.
- Delgado, M., y J.M. Fortuño. 1991. Atlas de Fitoplancton del Mar Mediterráneo. Sci.Mar., 55 (SUPL.1): 1-133.
- Fukuyo, Y., H.Takano, M.Chihara and K. Matsuoka. 1990. Red Tide Organisms in Japan, An Illustrated Taxonomic Guide. Uchida-Rokakuho Ed. 407 p.
- Rampi, L y M. Bernhard. 1980. Chiave per la determinazione delle peridinee pelagiche mediterranee. Comitato Nazionale Energia Nucleare- RT/BIO (80)8, Roma, 193 p.
- Ricard, M. 1987. Diatomophycées. Atlas du Fitoplancton Marin vol.2. Editions du CNRS. 297 p.

	Estudio del fitoplancton marino.	P20013_F- Ed. 1
		Pág. 6 de 17

- Sournia, A. 1986. Atlas du Fitoplancton Marin vol.1. Editions du CNRS. 219 p.
- Tomas, C.R. 1993. Marine Phytoplankton, A Guide to Naked Flagellates and Coccolithophorids. Academic Press. 263 p.
- Tomas, C.R. 1995. Identifying Marine Diatoms and Dinoflagellates. Academic Press. 598 p.
- UNESCO. 1995. MANUAL ON HARMFUL MARINE MICROALGAE. Eds. G.M.Hallegraeff, D.M. Anderson, A.D. Cembella and H.O. Enevoldsen (Tech. Editor). Intergovernmental Oceanographic Commission, Manuals and Guides nº33, Paris. 551p.
- Utermöhl, H. 1958. Zur vervollkommung der quantitativen phytoplankton methodik. Mitt. Int.Verein. Theor. Angew. Limnol. 9:1-38.




TECNOAMBIENTE

A TRADEBE COMPANY



Fecha Informe:		Ciente:	
23/12/2020		TECNOAMBIENTE	
Proyecto:			
Estudio del fitoplancton marino.			
Título del Informe:		Cód. Documento:	
INFORME DE RESULTADOS		P20013_3F-Ed. 1	
Autor:			
OCEANSNELL Consultoría Ambiental Marina c/ Aitana, nº 1 Polígono el Aeropuerto 46940 Manises (Valencia) ESPAÑA			

	Estudio del fitoplancton marino.	P20013_3F-Ed. 1
		Pág. 2 de 15

Informe realizado por:

OCEANSNELL, S.L.
 B-97886055
 c/ Aitana, nº 1
 Polígono el Aeropuerto
 46940 Manises (Valencia)
 ESPAÑA


Proyecto nº:	P20013_3F-Ed. 1	
Título del Proyecto:	Estudio del fitoplancton marino.	
Fecha última revisión:	23/12/2020	
Informe realizado por:	<u>Carolina Assadi García</u> Licenciada en Biología con Suficiencia Investigadora	<i>Bióloga Colegiada nº 02479-CV</i>

Elaborado para:



ÍNDICE

1. ANTECEDENTES.....	4
2. METODOLOGÍA.....	4
3. RESULTADOS.....	5
4. CONCLUSIONES.....	4
5. BIBLIOGRAFÍA EMPLEADA.....	5

	Estudio del fitoplancton marino.	P20013_3F- Ed. 1
		Pág. 4 de 15

1. ANTECEDENTES.

A petición de la empresa TECNOAMBIENTE, se han redactado el presente informe a partir de los resultados de la identificación y recuento del fitoplancton marino facilitados por el cliente.

El presente informe se detalla los resultados de los análisis de las muestras de fitoplancton marino obtenidas en la zona de estudio el 23 noviembre de 2020.

Se han analizado un total de 16 muestras fitoplanctónicas ubicadas en 9 estaciones de muestreo y a dos profundidades (superficie y fondo). El muestreo y fijación de las muestras fue llevado a cabo por el personal técnico de la empresa TECNOAMBIENTE. Las identificaciones y recuentos fitoplanctónicos fueron realizados por Maximino Delgado.

2. METODOLOGÍA.

Toma de las muestras:


Para el análisis del fitoplancton marino, en cada uno de los 9 puntos de muestreo establecidos, se tomaron 250 ml de agua marina a dos profundidades (superficie y fondo). Las muestras se introdujeron en envases de vidrio y fueron fijadas con Formol 4%.

Preparación de las muestras:

Las muestras se dejaron estabilizar térmicamente antes de ser sedimentadas. Se homogenizaron por agitación manual suave (20 vueltas a las botellas) y se colocaron en cubetas de sedimentación de metacrilato de 100 mL de capacidad dotadas de base removible. El tiempo de sedimentación fue de 24 horas.

Identificación y recuento de las muestras:

El análisis de las muestras se realizó siguiendo el método de Utermöhl (1958) empleando un microscopio invertido XSB-1A dotado de objetivos de óptica plana de 4, 10, 25 y 40 aumentos, y oculares de 10 aumentos, con lente interna de 1,25x. La base entera se recorrió a 125 aumentos para cuantificar los organismos menos abundantes y de mayor tamaño del microfitoplancton (<20µm) y transectos a 312 aumentos (para cuantificar los organismos más abundantes y el nanoplancton). La identificación de los organismos se ha realizado al taxón más preciso posible (especie o género) en dinoflagelados, diatomeas y cocolitoforales y se han incluido diferentes apartados para otros organismos como diatomeas bentónicas (cuyo hábitat

	Estudio del fitoplancton marino.	P20013_3F- Ed. 1
		Pág. 5 de 15

natural es el sedimento y se hallan en las muestras de plancton al ser resuspendidas por diferentes mecanismos) y nanoflageladas (pertenecientes a diferentes grupos de fitoplancton).

Los resultados del fitoplancton se expresan en número de células llenas por litro, a excepción de hongos, cianobacterias y algas filamentosas (expresados en nº filamentos/litro).

3. RESULTADOS.

3.1. Identificación y recuento de fitoplancton marino.

Los análisis taxonómicos han permitido identificar las distintas especies de fitoplancton marino presentes de las muestras, así como cuantificar su abundancia.

Los resultados de las identificaciones y recuentos se presentan en la tabla siguiente.

Tabla 1. Resultados de la identificación y recuento de fitoplancton marino (cél/L).

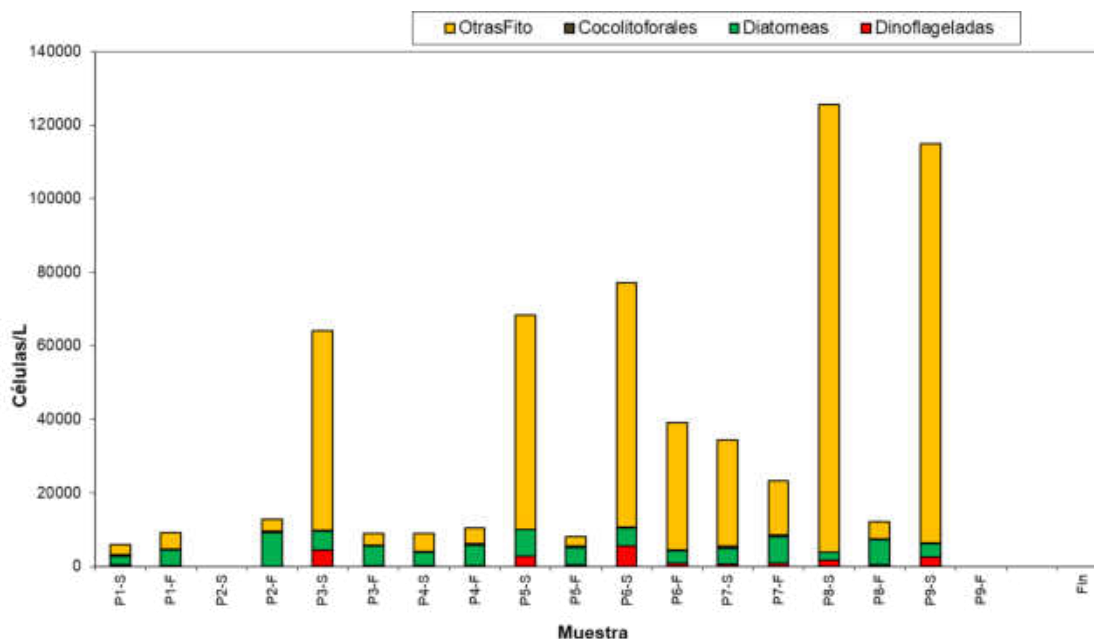
FITOPLANCTON (Células/Litro)	MUESTRAS															
	P1-S	P1-F	P2-F	P3-S	P3-F	P4-S	P4-F	P5-S	P5-F	P6-S	P6-F	P7-S	P7-F	P8-S	P8-F	P9-S
Dinoflageladas																
<i>Alexandrium spp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ceratium furca</i>	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ceratium fusus</i>	10	0	0	10	0	0	0	0	0	20	10	0	0	0	0	0
<i>Corytodinium constrictum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20
<i>Cochlodinium spp.</i>	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0
<i>Dinophysis fortii (DSP)</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0
<i>Dinophysis rotundata (Phalacroma, DSP)</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
<i>Dinophysis spp. (DSP) peq. (<30um)</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0
<i>Gymnodinium spp. grandes (>40um)</i>	0	0	0	0	0	0	0	10	0	30	10	0	0	0	0	10
<i>Gymnodinium elongatum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0
<i>Gyrodinium spp.heterotrofos</i>	0	0	0	60	0	10	0	30	0	90	10	20	0	50	0	40
<i>Katodinium glaucum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
<i>Mesoporus perforatus</i>	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Oxytoxum scolopax</i>	0	0	0	10	0	0	0	0	0	10	10	0	0	0	0	0
<i>Oxytoxum variable</i>	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
<i>Oxytoxum spp.</i>	0	0	0	10	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	10
<i>Paleophalacroma unicintum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0
<i>Podolampas palmipes</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0
<i>Pronoctiluca acuta</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
<i>Prorocentrum compressum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	10	0
<i>Prorocentrum micans</i>	0	0	0	10	0	0	0	10	0	20	0	0	10	0	10	0
<i>Prorocentrum spp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Protoperidinium spp.peq (<30um)</i>	0	0	0	0	0	10	0	0	0	10	0	0	0	0	0	10

FITOPLANCTON (Células/Litro)	MUESTRAS															
	P1-S	P1-F	P2-F	P3-S	P3-F	P4-S	P4-F	P5-S	P5-F	P6-S	P6-F	P7-S	P7-F	P8-S	P8-F	P9-S
<i>Protoperdinium</i> spp. gran	0	0	0	20	0	10	0	0	0	10	0	0	0	10	0	10
<i>Scrippsiella</i> spp.	10	0	0	20	0	0	30	0	0	40	0	0	0	0	0	0
<i>Torodinium robustum</i>	0	0	0	0	0	0	0	20	0	10	10	0	0	30	0	40
Quistes Dinoflagelados	20	0	0	10	0	0	0	30	0	10	10	10	0	20	0	0
DINO GRANDES NI	70	40	10	100	20	30	20	120	0	470	60	20	20	190	10	230
DINO pequeños NI (<20um)	274	137	137	4.247	274	274	274	2.603	411	4.932	685	548	822	1.507	411	2.192
Diatomeas																
<i>Asteromphalus</i> spp.	0	0	0	10	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Asterionellopsis glacialis</i>	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	110	0	0
<i>Cerataulina pelagica</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10	10
<i>Chaetoceros</i> spp. gran. (>20 um)	10	0	0	0	0	0	0	60	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Chaetoceros</i> spp. peq. (<20 um)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	70	30	0	0	0
<i>Cocconeis</i> spp.	0	0	0	0	0	0	10	137	10	0	0	0	0	0	0	0
<i>Corethron criophilum</i>	20	0	0	0	10	10	0	10	10	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cylindrotheca closterium</i> (like)	170	1.370	1.644	70	1.644	685	1.096	685	1.233	90	548	1.233	1.781	20	1.370	100
<i>Detonula pumila</i>	0	70	0	0	50	0	0	0	0	0	60	0	0	0	40	80
<i>Diploneis</i> spp.	10	10	40	0	0	30	0	0	40	0	0	10	10	0	30	0
<i>Grammatophora marina</i>	0	10	10	0	0	10	10	10	20	0	0	30	0	0	10	0
<i>Guinardia delicatula</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	70	0	0
<i>Guinardia faccida</i>	0	0	0	10	0	0	0	0	0	60	0	0	0	20	40	0
<i>Guinardia striata</i>	0	10	20	0	0	50	10	170	0	0	0	20	0	40	0	60
<i>Gyrosigma</i> spp.	40	20	60	0	60	20	30	0	70	0	0	0	20	0	30	0
<i>Haslea</i> spp. (simil)	0	10	40	10	10	0	10	0	0	30	0	20	0	0	20	50
<i>Hemiaulus hauckii</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	90	0	0
<i>Hemiaulus sinensis</i>	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

FITOPLANCTON (Células/Litro)	MUESTRAS															
	P1-S	P1-F	P2-F	P3-S	P3-F	P4-S	P4-F	P5-S	P5-F	P6-S	P6-F	P7-S	P7-F	P8-S	P8-F	P9-S
<i>Leptocylindrus danicus</i>	70	20	0	40	0	20	220	70	40	40	50	120	150	80	50	80
<i>Leptocylindrus mediterraneus-Rhizomonas setigera</i>	30	0	0	250	80	0	0	140	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Licmophora</i> spp.	0	0	10	0	0	10	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0
<i>Odontella mobiliensis</i>	620	270	80	0	110	270	250	30	90	0	160	150	160	0	280	0
<i>Odontella</i> spp.	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Paralia sulcata</i>	90	40	140	0	140	0	0	0	150	0	30	30	160	0	150	0
<i>Pleurosigma</i> spp.	30	50	50	0	20	30	60	10	40	0	0	30	30	0	10	10
<i>Proboscia alata</i>	0	0	10	0	10	0	0	0	0	10	0	10	0	0	10	20
<i>Pseudo-nitzschia</i> spp (ASP)	540	590	910	3.670	780	390	540	2.060	610	1.920	1.090	1.230	370	1.180	1.110	1.460
<i>Pseudosolenia calcar-avis</i>	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0
<i>Rhizosolenia setigera</i>	20	20	0	20	50	50	50	40	0	30	60	80	50	20	40	0
<i>Rhizosolenia robusta</i>	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Rhizosolenia</i> spp.	0	10	0	10	20	0	0	20	0	30	10	10	10	30	30	10
<i>Striatella unipunctata</i>	0	0	10	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	0	0	70	0	70	0	0	40	0	50	50	0	0	40	20	60
<i>Thalassionema</i> spp.	20	20	0	0	30	40	10	30	0	20	0	20	20	0	10	0
<i>Thalassiosira</i> spp. enorme (>60um)	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	10
<i>Thalassiosira</i> spp. gran (20-60um)	10	170	60	10	30	100	110	40	30	20	40	110	100	10	60	100
<i>Thalassiosira</i> spp.peq (<20um)	440	170	120	10	110	370	430	110	150	0	240	220	380	40	280	0
<i>Triceratium alternans (Biddulphia alternans)</i>	20	0	20	0	20	0	0	0	10	0	0	0	10	0	10	0
DIAT CENTRICAS NI gran	50	20	0	10	10	30	10	0	0	0	40	0	0	70	0	10
DIAT PENNADAS NI	0	0	20	20	0	10	0	10	10	10	0	0	0	0	10	20
DIAT BENTONICAS GRANDES	70	160	1.233	50	685	250	411	685	685	274	137	100	685	40	411	50
DIAT BENTONICAS pequeñas <20um NI	274	1.370	4.521	822	1.370	1.233	2.329	2.877	1.644	2.192	1.096	822	3.425	274	2.877	1.507
Cocolitoforales																

FITOPLANCTON (Células/Litro)	MUESTRAS															
	P1-S	P1-F	P2-F	P3-S	P3-F	P4-S	P4-F	P5-S	P5-F	P6-S	P6-F	P7-S	P7-F	P8-S	P8-F	P9-S
COCOLITOFORALES NI GRANDES	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0
COCOLITOFORALES NI pequeñas <10um	411	137	411	274	137	137	274	0	274	274	137	685	274	0	137	274
Otros grupos FITOPLANCTON																
Cryptomonads	0	0	0	2.603	137	0	0	1.233	0	1.644	274	411	411	548	137	3.288
<i>Dictyocha fibula</i>	0	0	0	70	0	20	10	50	10	120	20	10	10	110	10	130
<i>Dictyocha octonaria</i>	0	0	0	10	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	20
<i>Halosphaera viridis</i> (phycoma)	0	0	0	10	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Quistes peq. 12-20um	0	0	0	0	0	0	0	60	0	0	0	0	10	120	20	0
CIANOBACTERIAS FILAMENTOSAS	0	10	30	0	0	0	20	0	0	0	0	10	20	10	10	10
HONGOS (esporas)	0	10	10	10	40	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0
HONGOS (hifas)	0	50	0	0	30	10	30	120	0	30	10	0	0	90	0	90
<i>Scenedesmus</i> spp.(agua dulce)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40	0	0	0
NANOFLAGELADAS M.O.N. 3-20um	2.603	4.521	3.288	51.512	3.014	4.932	4.247	56.718	2.603	64.664	34.250	28.496	14.248	120.834	4.658	104.942
Colonias Phaeocystis	0	0	0	30	0	0	0	10	0	30	10	0	0	20	0	20
Sumas grupos FITOPLANCTON																
sumaDINOFLAGELADAS	384	177	147	4.547	294	334	324	2.853	411	5.692	815	598	852	1.837	441	2.602
sumaDIATOMEAS	2.544	4.410	9.078	5.032	5.339	3.608	5.586	7.244	4.872	4.776	3.611	4.325	7.391	2.144	6.908	3.637
sumaCOCOLITOFORALES	431	137	411	274	137	137	274	0	274	274	137	685	284	0	137	274
sumaOTRAS	2.603	4.591	3.328	54.245	3.241	4.962	4.307	58.201	2.623	66.488	34.564	28.927	14.739	121.732	4.835	108.500
Nº taxones Fito	28	27	27	38	31	28	25	38	24	36	29	29	28	33	34	38
Nºcels Fito	5.962	9.315	12.964	64.098	9.011	9.041	10.491	68.298	8.180	77.230	39.127	34.535	23.266	125.713	12.321	115.013
Log nº cels Fito	3,78	3,97	4,11	4,81	3,95	3,96	4,02	4,83	3,91	4,89	4,59	4,54	4,37	5,10	4,09	5,06
Diversidad Fito (Ntaxones/LogNcels)	7,42	6,80	6,56	7,91	7,84	7,08	6,22	7,86	6,13	7,37	6,31	6,39	6,41	6,47	8,31	7,51

Los resultados de las identificaciones y recuentos muestran la presencia de 85 taxones distintos en la zona de estudio. La mayoría de las especies presentes pertenecen al grupo de las diatomeas, seguido del grupo de los dinoflagelados. No obstante, es el grupo de los nanoflagelados el que presenta la mayor abundancia celular seguido de las diatomeas en todas las muestras analizadas.



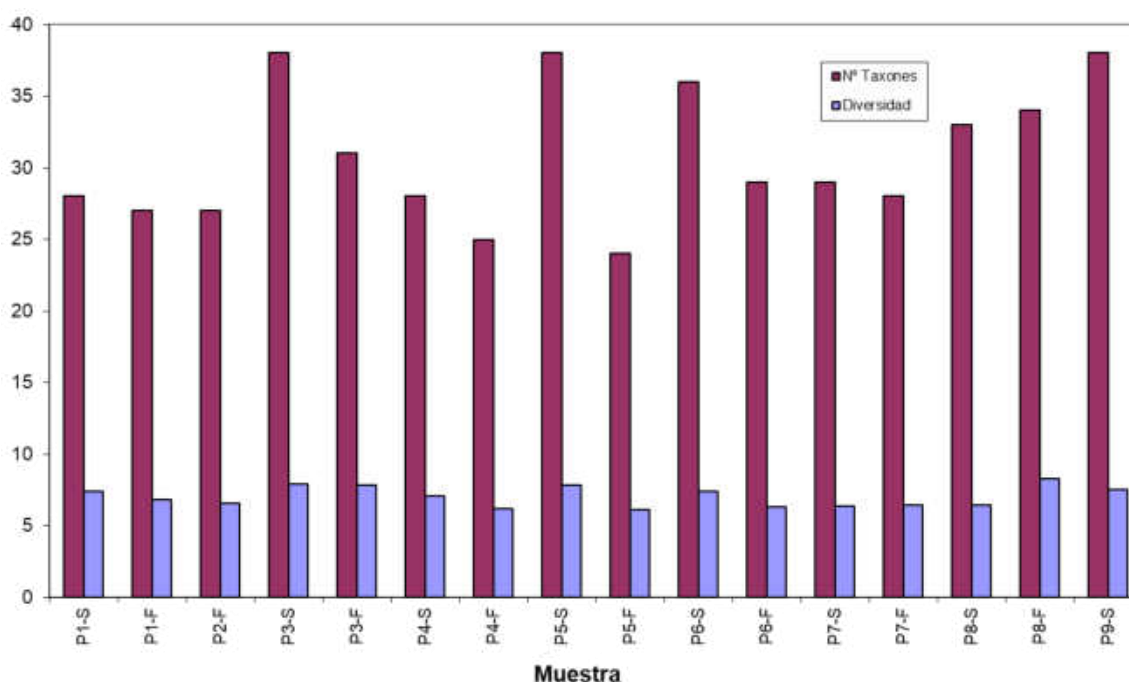
Gráfica 1: Abundancias según grupos taxonómicos.

La abundancia oscila entre 3.034 – 125.713 cél/L, habiéndose registrado el menor valor en la muestra P1-S y el mayor en la P8-S. Señalar que en general la abundancia total oscila entre valores normales para la época del año, no habiendo alcanzado en ningún punto de muestreo una concentración celular lo suficientemente elevada como para producir una proliferación algal nociva o “marea roja”. Al predominar los nanoflagelados, la biomasa fitoplanctónica, es baja debido a su reducido tamaño. En general, las muestras superficiales presentan una concentración celular ligeramente superior a las muestras de fondo, probablemente debido a la estratificación de la masa de agua. Esta condición no se observa en las estaciones de muestreo P1 y P4.

Los cambios cualitativos y cuantitativos de la población fitoplanctónica se producen como consecuencia de una compleja interacción entre distintos factores ambientales como son la temperatura, concentración de nutrientes, condiciones lumínicas, herbivorismo y ratios de sedimentación. Las diatomeas suelen dominar la población cuando la disponibilidad de silicatos es mayor, situación que se da normalmente cerca de la costa. Los dinoflagelados suelen dominar cuando la concentración de nutrientes es baja, situación que se produce en zonas más

alejadas de aportes de nutrientes naturales o antropogénicos, y también durante el final de la época estival, cuando las diatomeas han consumido los silicatos disponibles.

Se ha detectado algunas especies con antecedentes por producir espumas y/o cambios en la coloración del agua cuando proliferan, como *Cylindrotheca closterium (like)* y *Leptocylindrus danicus*, no obstante, ninguna de ellas ha alcanzado concentraciones celulares lo suficientemente elevadas como para que se presenten sus efectos negativos sobre el medio marino. También se han detectado distintas especies tóxicas pertenecientes a los géneros *Pseudo-nitzschia* (diatomeas) y *Dinophysis* (dinoflagelados). Algunas especies del género *Pseudo-nitzschia* son potencialmente productoras de ácido domoico, una toxina que puede producir intoxicación amnésica por marisco (ASP). En cuanto a las especies tóxicas del género *Dinophysis*, estas pueden producir una toxina causante de la intoxicación diarreica por consumo de marisco (DSP). Señalar que en ninguna muestra se alcanzan concentraciones celulares lo suficientemente elevadas como para que se muestren sus efectos tóxicos.



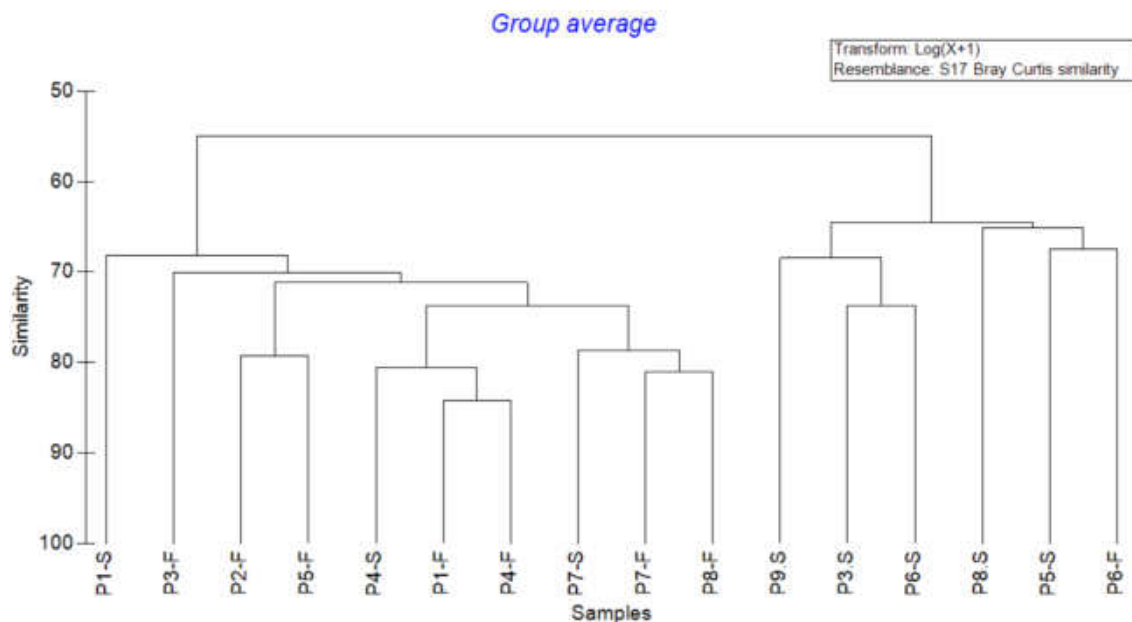
Gráfica 2: Resultados de riqueza específica (nº de taxones y diversidad).

La riqueza específica varía entre 24 en P5-F y 38 en P3-S, P5S y P9S. La diversidad oscila entre 6,13 y 8,31, habiéndose registrado en las muestras P5-F y P8-F.

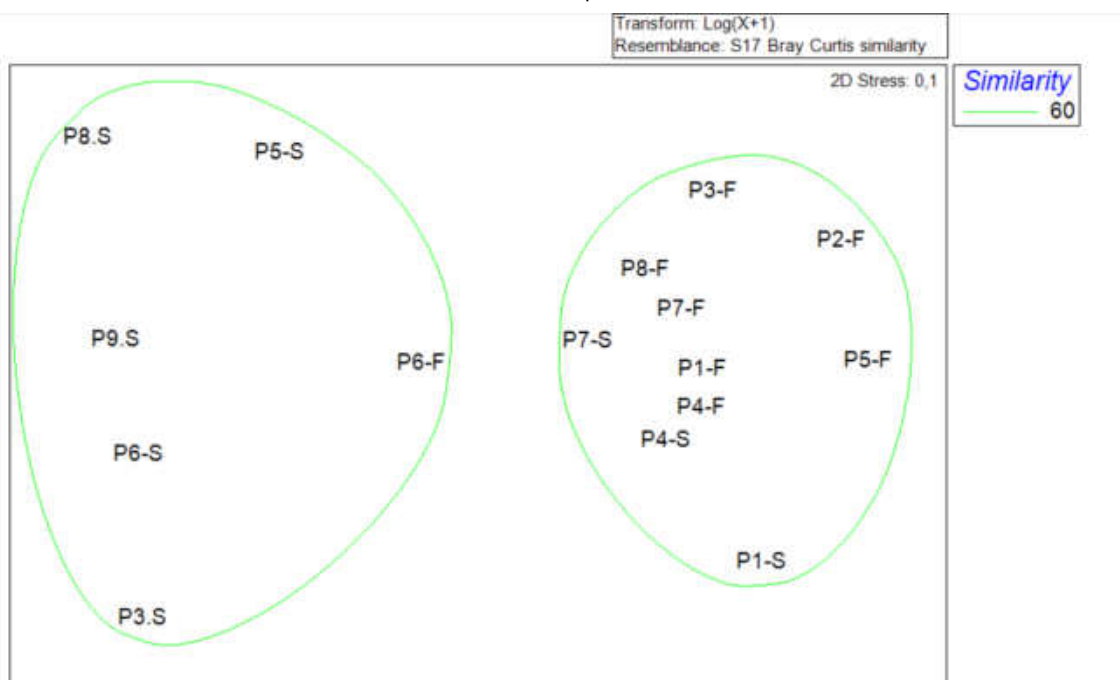
3.2. Análisis comparativo.

Para el análisis comparativo de las muestras, se ha realizado un análisis Clúster y MDS a partir de los datos de abundancia obtenidos en las distintas muestras analizadas, previa

transformación de los mismos. A continuación, se detalla gráficamente los resultados obtenidos.




Gráfica 3: Análisis Clúster realizado a partir de la matriz de abundancias.



Gráfica 4: Análisis MDS realizado a partir de la matriz de abundancias.

En base a los análisis realizados, se aprecian dos grupos con claras diferencias entre sí desde el punto de vista de su composición taxonómica, coincidiendo estos grupos, en su mayoría, con las muestras de fondo y las muestras superficiales.


	Estudio del fitoplancton marino.	P20013_F- Ed. 1
		Pág. 4 de 15

Atendiendo a los resultados mostrados, se puede afirmar que la abundancia y composición de grupos taxonómicos es relativamente homogénea en las 3 campañas de muestreo realizadas en el año 2020. En ninguno de los periodos muestreados ha habido floraciones algales o “marea roja” y en todas las campañas se aprecia una clara diferencia entre los grupos taxonómicos muestreados a mayor profundidad con respecto a los superficiales, aunque en general todas las muestras son bastante similares entre sí. A lo largo de todas las campañas, se ha visto la presencia de especies potencialmente causantes de discoloraciones de las masas de agua y/o productoras de mucílago, así como especies productoras de biotoxinas. En todos los casos la concentración de éstas es normal por lo que el riesgo sobre el medioambiente marino y/o la salud humana es mínimo.

4. CONCLUSIONES.


A partir de los resultados de los análisis fitoplanctónicos se puede concluir lo siguiente:

- La abundancia es normal en todas las muestras para la época del año muestreada.
- Ausencia de proliferación algal o “marea roja”.
- En todas las muestras domina el grupo de otras formas fitoplanctónicas (principalmente debido a los nanoflagelados), que debido a su pequeño tamaño, aporta una menor biomasa fitoplanctónica a la columna de agua.
- Desde el punto de vista taxonómico, se aprecian dos grupos significativamente distintos entre sí debido a la profundidad de muestreo.
- Se han detectado especies potencialmente causantes de discoloración de la masa de agua, así como especies potencialmente productoras de biotoxinas. La presencia de estas especies es normal. Ninguna de estas especies ha alcanzado concentraciones celulares lo suficientemente elevadas como para que exista riesgo sobre el medioambiente marino y/o la salud humana.
- Los resultados de la composición y abundancia fitoplanctónicas obtenidos durante las 3 campañas de muestreo realizadas en 2020 no muestran una alteración significativa de la calidad del agua.

	Estudio del fitoplancton marino.	P20013_F- Ed. 1
		Pág. 5 de 15

5. BIBLIOGRAFÍA EMPLEADA.

- Balech, E. 1988. Los dinoflagelados del Atlántico Sudoccidental. Publicaciones Especiales del Instituto Español de Oceanografía nº 1. M.A.P.A. 310 p.
- Balech, E. 1995. The Genus *Alexandrium* Halim (Dinoflagellata). Sherkin Island Co, Ireland, 151 p.
- Bérard-Therriault, L., M. Poulin *et* L.Bossé. 1999. Guide d'identification du phytoplancton marin de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent incluant également certains protozoaires. Publ. spéc. can. Sci. halieut. Aquat. 128. 387p.
- Chrétiennot-Dinet, M.J. 1990. Atlas du Fitoplancton Marin vol.3. Editions du CNRS. 261 p.
- Cros, L., and J.M. Fortuño. 2002. Atlas of Northwestern Mediterranean Coccolithophores. Sci. Mar., 66 (Suppl. 1): 7-182.
- Delgado, M., y J.M. Fortuño. 1991. Atlas de Fitoplancton del Mar Mediterráneo. Sci.Mar., 55 (SUPL.1): 1-133.
- Fukuyo, Y., H.Takano, M.Chihara and K. Matsuoka. 1990. Red Tide Organisms in Japan, An Illustrated Taxonomic Guide. Uchida-Rokakuho Ed. 407 p.
- Rampi, L y M. Bernhard. 1980. Chiave per la determinazione delle peridinee pelagiche mediterranee. Comitato Nazionale Energia Nucleare- RT/BIO (80)8, Roma, 193 p.
- Ricard, M. 1987. Diatomophycées. Atlas du Fitoplancton Marin vol.2. Editions du CNRS. 297 p.
- Sournia, A. 1986. Atlas du Fitoplancton Marin vol.1. Editions du CNRS. 219 p.

	Estudio del fitoplancton marino.	P20013_F- Ed. 1
		Pág. 6 de 15


- Tomas, C.R. 1993. Marine Phytoplankton, A Guide to Naked Flagellates and Coccolithophorids. Academic Press. 263 p.
- Tomas, C.R. 1995. Identifying Marine Diatoms and Dinoflagellates. Academic Press. 598 p.
- UNESCO. 1995. MANUAL ON HARMFUL MARINE MICROALGAE. Eds. G.M.Hallegraeff, D.M. Anderson, A.D. Cembella and H.O. Enevoldsen (Tech. Editor). Intergovernmental Oceanographic Commission, Manuals and Guides nº33, Paris. 551p.
- Utermöhl, H. 1958. Zur vervollkommung der quantitativen phytoplankton methodik. Mitt. Int.Verein. Theor. Angew. Limnol. 9:1-38.


ANEXO II

INFORMES DE RESULTADOS CAMPAÑAS ZOOPLANCTON

- **AGOSTO 2020**
- **OCTUBRE 2020**
- **NOVIEMBRE 2020**



Fecha Informe:		Ciente:	
07/10/20		TECNOAMBIENTE	
Proyecto:			
Identificación y recuento de zooplancton marino.			
Título del Informe:		Cód. Documento:	
INFORME DE RESULTADOS		P20013_Z-Ed. 1	
Autor:			
OCEANSNELL Consultoría Ambiental Marina c/ Aitana, nº 1 Polígono el Aeropuerto 46940 Manises (Valencia) ESPAÑA			

	Identificación y recuento de zooplancton marino.	P200013_Z-Ed. 1
		Pág. 2 de 15

Estudio realizado por:

OCEANSNELL, S.L.
B-97886055
c/ Aitana, nº 1
Polígono el Aeropuerto
46940 Manises (Valencia)
ESPAÑA

Proyecto nº:	P20013_Z-Ed. 1	
Título del Proyecto:	Identificación y recuento de zooplancton marino.	
Fecha última revisión:	07/10/2020	
Estudio realizado por:	Beatriz Rubio Tortosa <i>Licenciada en Ciencias del Mar</i> Vicente Tasso Bermell <i>Licenciado en Biología con Suficiencia Investigadora (DEA)</i>	
Informe revisado por:	<u>Vicente Tasso Bermell</u> <i>Coordinador Técnico de OCEANSNELL</i>	<i>Biólogo Colegiado nº 02478-CV</i>

Elaborado para:



ÍNDICE

1. ANTECEDENTES.....	3
2. METODOLOGÍA.....	4
3. RESULTADOS.....	6
4. CONCLUSIONES.....	14
5. BIBLIOGRAFÍA.....	15

1. ANTECEDENTES.

A petición de la empresa TECNOAMBIENTE, se han realizado los análisis taxonómicos y recuentos de muestras de zooplancton marino procedentes de la costa cantábrica.

En el presente informe se detallan los resultados de los análisis de las muestras de zooplancton marino obtenidas en esa zona.

Se han analizado un total de 9 muestras zooplanctónicas. El muestreo, fijación y envío de las muestras fue llevado a cabo por el personal técnico de la empresa TECNOAMBIENTE.

2. METODOLOGÍA.

Antes del análisis taxonómico, y dada la elevada abundancia de individuos, se hizo necesario la separación de alícuotas de cada una de las muestras. La separación de alícuotas se ha realizado mediante un submuestreador de plancton Motoda.

Para las identificaciones y recuentos se ha utilizado un estereoscopio (Olympus SZ61) y un microscopio óptico (Olympus BX41).



Foto 1: Microscopio estereoscopio
Olympus SZ61



Foto 2: Microscopio Olympus BX41

Todos los análisis han sido realizados por taxónomos especializados en zooplancton marino. Los grupos taxonómicos se han identificado a nivel de especie, siempre que ha sido posible.

En la tabla siguiente se indica el nivel de identificación que generalmente se alcanza en los diferentes grupos zooplanctónicos.

Tabla 1: Nivel de identificación según grupos taxonómicos.

Grupo taxonómico	Nivel de identificación
Foraminíferos	Foraminíferos
Acantarios	Acantarios
Radiolarios	Radiolarios
Sifonóforos	Sifonóforos
Ctenóforos	Ctenóforos
Quetognatos	Quetognatos
Doliólidos	Doliólidos
Sálpidos	Sálpidos
Larváceos	Larváceos
Cladóceros	Especie
Ostrácodos	Ostrácodos
Copépodos	Especie
Larvas de Copépodos	Nauplius y copepoditos
Moluscos Pterópodos	Género
Larvas de Crustáceos	(Nauplius de cirrípedo, zoea, megalopa, etc...)
Larvas de Poliquetos	Larvas de Poliquetos
Larvas de Moluscos	Larva trocófora y larva veliger
Larvas de Equinodermos	Ophiopluteus, equinopluteus, auricularia, braquiolaria, etc.
Larva renacuajo (larva de urocordados)	Larva renacuajo (larva de urocordados)
Otras formas larvarias	Larva pildium, larva Müller, larva de teleósteos, huevo de teleósteos, etc

El tratamiento y procesado de las muestras se ha realizado siguiendo las metodologías estandarizadas del ICES Zooplankton Methodology Manual (2000).

Para el cálculo de la abundancia zooplanctónica se han tenido en cuenta los datos de volumen filtrado proporcionados por la empresa TECNOAMBIENTE.

El paquete estadístico PRIMER 6.0 (Plymouth In Multivariate Ecological Research) se ha utilizado para calcular los estadísticos descriptivos y realizar el análisis comparativo entre muestras. Para llevar a cabo el análisis comparativo, los datos de abundancia han sido previamente transformados a Log (x+1) y se ha utilizado el índice de Bray Curtis para los análisis de Clúster con SIMPROF test y MDS (Multidimensional Scaling).

3. RESULTADOS.

Para facilitar la representación y la interpretación de los resultados, se han agrupado estos últimos en 3 apartados: identificación y recuento del zooplancton marino, estadísticos descriptivos y análisis comparativo.

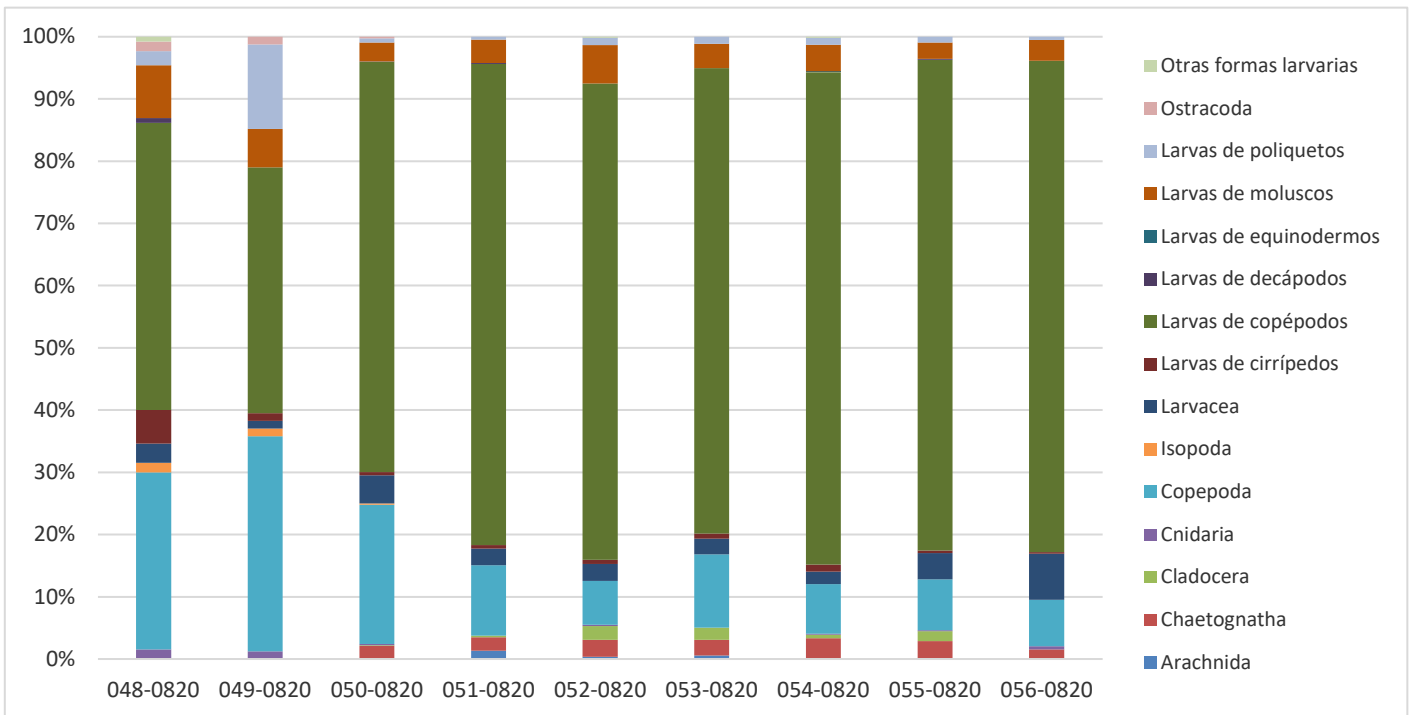
3.1 Identificación y recuento de zooplancton marino.

Los análisis taxonómicos y recuento de organismos zooplanctónicos han permitido caracterizar cuantitativamente los diferentes grupos taxonómicos, así como, las especies zooplanctónicas presentes en la zona de estudio.

A continuación, se detalla el porcentaje relativo de abundancia de los diferentes grupos taxonómicos.

Tabla 2. Porcentajes relativos de abundancia de los diferentes grupos taxonómicos.

Grupo taxonómico	P7	P4	P1	P2	P3	P6	P9	P5	P8
Ref. Muestra	048-0820	049-0820	050-0820	051-0820	052-0820	053-0820	054-0820	055-0820	056-0820
Profundidad	10	11	11	18	27	36	26	20	12
Arachnida	0%	0%	0%	1%	0%	1%	0%	0%	0%
Chaetognatha	0%	0%	2%	2%	3%	3%	3%	3%	2%
Cladocera	0%	0%	0%	0%	2%	2%	1%	2%	0%
Cnidaria	2%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%
Copepoda	28%	35%	22%	11%	7%	12%	8%	8%	7%
Isopoda	2%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Larvacea	3%	1%	5%	3%	3%	3%	2%	4%	7%
Larvas de cirrípedos	5%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	0%	0%
Larvas de copépodos	46%	40%	66%	77%	77%	75%	79%	79%	79%
Larvas de decápodos	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Larvas de equinodermos	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Larvas de moluscos	8%	6%	3%	4%	6%	4%	4%	3%	3%
Larvas de poliquetos	2%	14%	1%	0%	1%	1%	1%	1%	1%
Ostracoda	2%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Otras formas larvarias	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%



Gráfica 1. Porcentajes relativos de abundancia de los diferentes grupos taxonómicos.

Como se observa, las larvas de copépodos (nauplius de copépodos y copepoditos) seguidas por los copépodos adultos (subclase Copepoda) dominan la composición de la comunidad zooplanctónica. No obstante, el porcentaje relativo de abundancia, en cada una de las muestras, de las larvas de copépodos, supera ampliamente el porcentaje relativo de abundancia de los copépodos adultos.


Por otro lado, al tratarse de una zona catalogada como banco marisquero, sería interesante destacar los bajos porcentajes relativos de abundancia de las larvas de cirrípedos que, excepto en la estación P7 (más cercana a costa, parte occidental zona de estudio) (5 %), son inferiores al porcentaje relativo de abundancia del 3,3%, registrado en verano, en la región sur del golfo de Vizcaya por Poule *et al.* (1996). Este hecho podría deberse a los afloramientos de aguas profundas que tienen lugar en la plataforma cantábrica central, aguas ricas en nutrientes que potencian la productividad primaria en la zona.

En la tabla siguiente, se detallan los resultados de abundancia a nivel de especie o nivel de identificación alcanzado en cada grupo taxonómico.

Tabla 3: Resultados de la identificación y recuento del zooplancton marino.

Especie	MUESTRAS									
	P7	P4	P1	P2	P3	P6	P9	P5	P8	
Arachnida										
Acari	0	0	0	86	42	31	0	14	0	
Chaetognatha										
Chaetognatha indet.	0	0	81	141	332	141	389	295	282	
Cladocera										
<i>Evadne nordmanni</i>	0	0	0	0	21	0	0	0	0	
<i>Evadne spinifera</i>	0	0	0	8	187	63	43	112	0	
<i>Penilia avirostris</i>	0	0	0	0	0	16	0	42	0	
<i>Podon intermedius</i>	0	0	3	8	62	16	22	14	0	
<i>Pseudevadne tergestina</i>	0	0	0	0	0	16	0	0	0	
Cnidaria										
Cnidaria	6	3	10	0	21	0	22	14	94	
Copepoda										
<i>Acartia (Acartiura) clausi</i>	24	23	90	149	83	94	130	154	188	
Calanoida indet.	3	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Euterpina acutifrons</i>	32	10	516	243	145	173	238	309	376	
Harpacticoide indet.	35	42	45	0	62	0	0	0	0	
<i>Microsetella norvegica</i>	0	0	3	0	62	31	86	28	47	
Monstrillidae	0	0	3	8	0	0	0	0	0	
<i>Oithona sp</i>	12	13	148	298	249	188	259	337	471	
<i>Oncaea sp</i>	0	0	26	16	187	94	108	14	94	
<i>Paracalanus sp</i>	3	0	13	16	62	63	86	28	141	

Tegastidae	0	3	6	0	0	0	0	0	0
<i>Temora longicornis</i>	0	0	6	0	0	16	22	0	0
<i>Temora stylifera</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	47
Isopoda									
Isopoda	6	0	3	0	0	0	0	0	0
<i>Paragnathia formica</i>	0	3	3	0	0	0	0	0	0
Larvacea									
Larvacea indet.	12	3	174	173	332	141	238	449	1365
Larvas de cirrípodos									
Cypris	6	0	10	8	0	0	0	0	0
Nauplius de cirrípodos	15	3	10	31	83	47	130	42	47
Larvas de copépodos									
Copepoditos	103	78	1103	3098	4488	2337	4324	3649	4894
Nauplius de copépodos	74	26	1426	1898	4779	1851	4930	4744	9600
Larvas de decápodos									
Larvas de decápodos	3	0	3	8	0	0	0	14	0
Larvas de equinodermos									
Larvas de equinodermos	0	0	0	0	0	0	22	0	0
Larvas de moluscos									
Larva veliger	32	16	116	243	748	220	497	281	612
Larvas de poliquetos									
Larvas de poliquetos	9	36	26	31	145	63	130	98	94
Ostracoda									
Ostracoda	6	3	10	0	0	0	0	0	0
Otras formas larvárias									
Larva cifonauta	3	0	0	0	21	0	22	0	0
Total	382	265	3836	6463	12114	5600	11698	10639	18353

	Identificación y recuento de zooplancton marino.	P200013_Z- Ed. 1
		Pág. 10 de 15

Según los resultados de abundancia obtenidos a nivel de especie o máximo nivel de identificación alcanzado en cada grupo taxonómico, es necesario destacar que, en cada una de las muestras, los pequeños copépodos planctónicos (<1mm de longitud) superan ampliamente la abundancia de los de mayor tamaño. Tras el análisis taxonómico, se incluyen en pequeños copépodos a los nauplius de copépodos y los copepoditos; los adultos de géneros ciclopoideos como *Oithona* y *Oncaea* y harpacticoides planctónicos del género *Microsetella*, además de los harpacticoides indeterminados. Según Turner (2004) cuando se utilizan mallas de 100 μm o menos, los copépodos pequeños sobrepasan en abundancia a los copépodos de un mayor tamaño.

Las muestras, para la identificación y recuento del zooplancton marino, se han tomado con una malla de 50 μm . Por tanto, nuestros resultados coinciden con los registros obtenidos por Turner (2004).

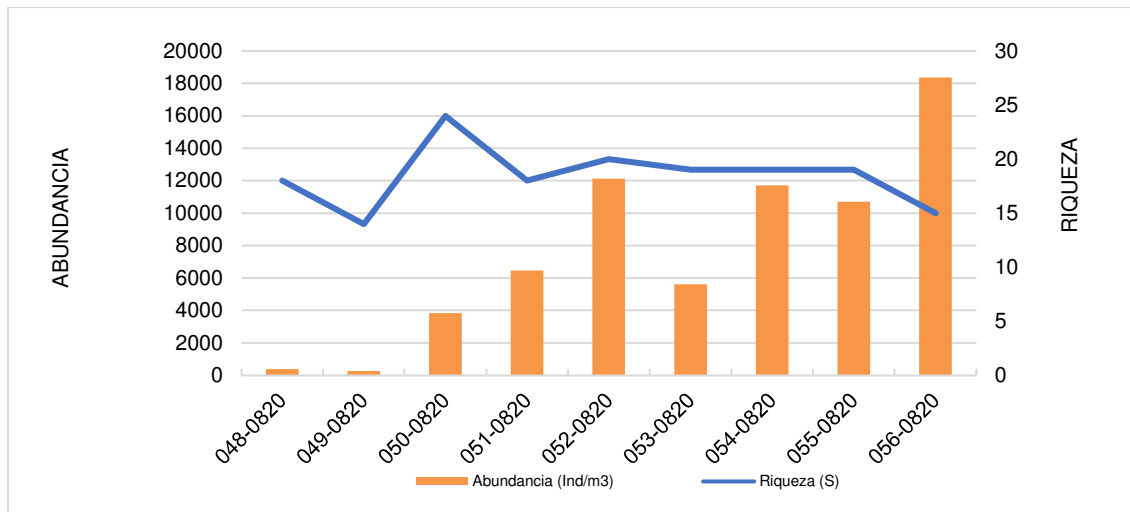
En la subclase Copepoda, se han identificado un total de 12 taxones, comprendidos en 8 géneros, 2 familias y 2 ordenes, siendo *Oithona* (*Oithona sp.*) y *Euterpina* (*Euterpina acutifrons.*) los géneros dominantes.

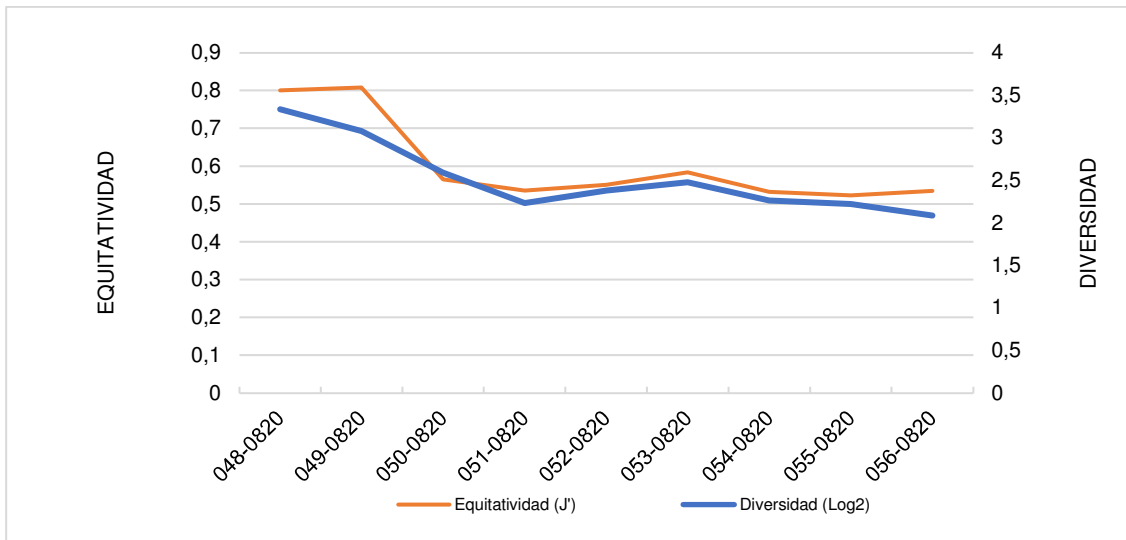
3.2 Estadísticos descriptivos.

Los principales estadísticos descriptivos que caracterizan la comunidad zooplanctónica en la zona de estudio se detallan en la tabla y figuras siguientes.

Tabla 3. Principales estadísticos descriptivos.

Estación	Ref. Muestra	Abundancia (Ind/m ³)	Riqueza (S)	Equitatividad (J')	Diversidad (Log ₂)
P7	048-0820	382	18	0,80	3,34
P4	049-0820	265	14	0,81	3,08
P1	050-0820	3836	24	0,56	2,59
P2	051-0820	6463	18	0,54	2,23
P3	052-0820	12114	20	0,55	2,38
P6	053-0820	5600	19	0,58	2,48
P9	054-0820	11698	19	0,53	2,26
P5	055-0820	10698	19	0,52	2,22
P8	056-0820	18353	15	0,53	2,09


Gráfica 2. Evolución de la abundancia y riqueza en las muestras de zooplancton.



Gráfica 3: Evolución de la equitatividad y la diversidad en las muestras de zooplancton.

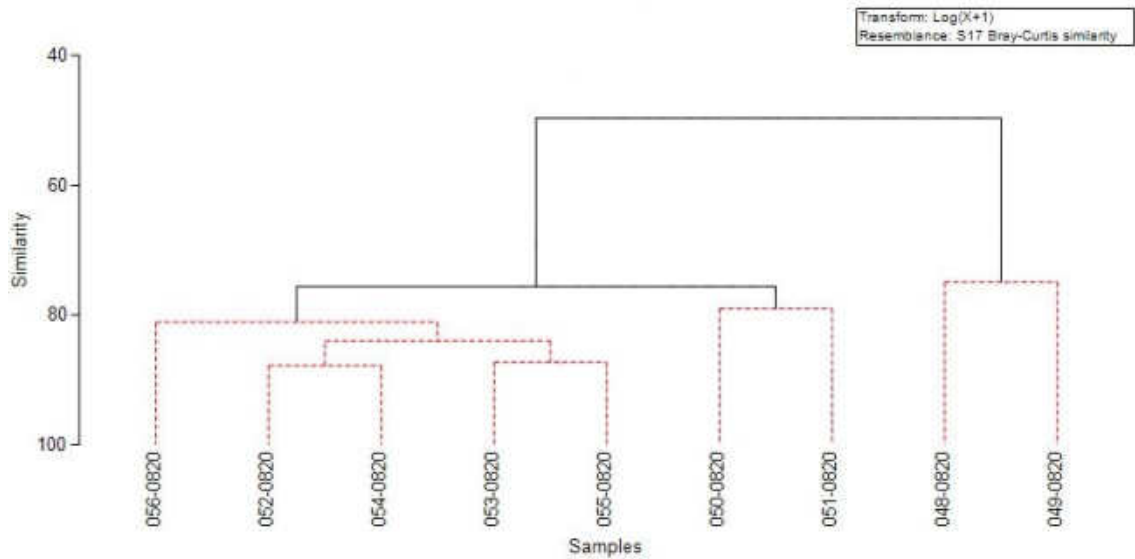
La abundancia en las diferentes estaciones de la zona de estudio oscila entre 382 y 18.353 ind/m³, correspondiendo a P7 y P8, respectivamente al sur y medio de la franja occidental del área de estudio.

La estación P4 (la más pegada a costa en la línea del emisario) es el punto de muestreo que presenta la menor riqueza (14) y, por otro lado, los mayores valores de equitatividad y diversidad, 0,81 y 3,08 bits/ind, respectivamente.

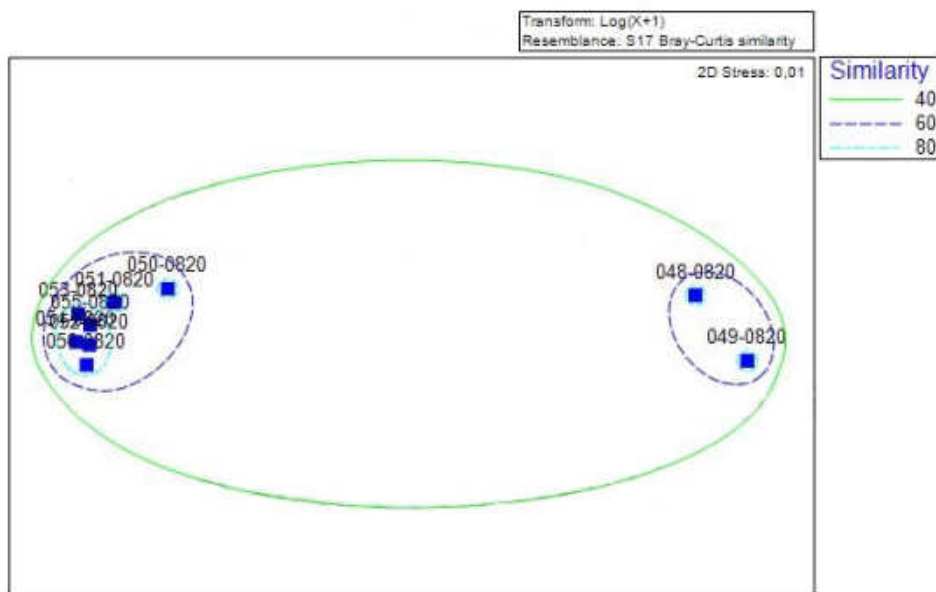
3.3 Análisis comparativo.

Para el análisis comparativo de las muestras, se han realizado análisis de Clúster con SIMPROF test y MDS (Multidimensional Scaling).

A continuación, se detalla gráficamente los resultados obtenidos.




Gráfica 4: Análisis Clúster realizado a partir de la matriz de abundancias.



Gráfica 5: Análisis MDS realizado a partir de la matriz de abundancias.

Los análisis de Clúster y MDS (Multidimensional Scaling) denotaron 2 grupos de muestras con un aproximadamente 50 % de similitud desde el punto de vista de la composición taxonómica. El primer grupo está constituido por las estaciones P1 (050-0820), P2 (051-0820), P3 (052-0820), P6 (053-0820), P9 (054-0820), P5 (055-0820) y P8 (056-0820), caracterizadas por presentar elevados valores de abundancia. El segundo grupo lo constituyen las estaciones P7 (048-0820) y P4 (049-0820) (las más cercanas a costa), diferenciadas por registrar los menores valores de abundancia entre los diferentes puntos de muestreo. Todas estas diferencias no se consideran

	Identificación y recuento de zooplancton marino.	P200013_Z- Ed. 1
		Pág. 14 de 15

significativas estadísticamente, por lo que se puede decir que todas las muestras presentan una composición taxonómica en lo que respecta a la composición zooplanctónica muy similar.

4. CONCLUSIONES.

De los análisis realizados en las muestras zooplanctónica se pueden desprender las siguientes conclusiones:

- Se han identificado un total de 15 grupos taxonómicos, siendo las larvas de copépodos y los copépodos adultos los que comprenden la mayor parte de la comunidad zooplanctónica.
- Las larvas de cirrípedos presentan bajos porcentajes relativos de abundancia, en todos los puntos de muestreo excepto en P7 (cerca a costa en la parte occidental de la zona de estudio), con un 5 %.
- Los copépodos pequeños (< 1mm longitud) sobrepasan en abundancia a los copépodos de un mayor tamaño.
- La abundancia en las diferentes estaciones de la zona de estudio oscila entre 382 y 18.353 ind/m³, correspondiendo a P7 y P8, respectivamente.
- La estación P4 (más cercana a costa en la línea del emisario), es el punto de muestreo que presenta la menor riqueza (14) y, por otro lado, los mayores valores de equitatividad y diversidad, 0,81 y 3,08 bits/ind, respectivamente.
- Los análisis comparativos al 50 %, denotaron 2 grupos. El primer grupo, está constituido por las estaciones P1 (050-0820), P2 (051-0820), P3 (052-0820), P6 (053-0820), P9 (054-0820), P5 (055-0820) y P8 (056-0820), caracterizadas por presentar elevados valores de abundancia. El segundo grupo, lo constituyen las estaciones P7 (048-0820) y P4 (049-0820), diferenciadas por registrar los menores valores de abundancia entre los diferentes puntos de muestreo. No obstante, estos grupos detectados no presentan significatividad estadística por lo que se puede considerar que la comunidad zooplanctónica es muy similar.

5. BIBLIOGRAFÍA

- Harris, R., Wiebe, P., Lenz, J., Skjoldal, H. R., & Huntley, M. (Eds.). (2000). *ICES zooplankton methodology manual*. Elsevier.


- Poulet, S. A., Laabir, M. O. H. A. M. E. D., & Chaudron, Y. A. N. N. I. E. K. (1996). Characteristic features of zooplankton in the Bay of Biscay. *Scientia Marina*, 60, 79-95.

- Turner, J. T. (2004). The importance of small planktonic copepods and their roles in pelagic marine food webs. *Zoological studies*, 43(2), 255-266.

- Villate, F., Uriarte, I., Irigoien, X., Beaugrand, G., & Cotano, U. (2004). Zooplankton communities. *Oceanography and Marine Environment of the Basque Country*, 70, 395-4.



Fecha Informe:	Ciente:
09/11/20	TECNOAMBIENTE
Proyecto:	
Identificación y recuento de zooplancton marino.	
Título del Informe:	Cód. Documento:
INFORME DE RESULTADOS	P20013_Z-Ed.1
Autor:	
OCEANSNELL Consultoría Ambiental Marina C/ Aitana, nº 1 Polígono el Aeropuerto 46940 Manises (Valencia) ESPAÑA	
	

	Identificación y recuento de zooplancton marino.	P200013_Z- Ed. 1
		Pág. 2 de 16


Estudio realizado por:

OCEANSNELL, S.L.
 B-97886055
 C/ Aitana, nº 1
 Polígono el Aeropuerto
 46940 Manises (Valencia)
 ESPAÑA

Proyecto nº:	P20013_Z-Ed. 1	
Título del Proyecto:	Identificación y recuento de zooplancton marino.	
Fecha última revisión:	09/10/20	
Estudio realizado por:	Beatriz Rubio Tortosa <i>Licenciada en Ciencias del Mar</i> Vicente Tasso Bermell <i>Licenciado en Biología con Suficiencia Investigadora (DEA)</i>	
Informe revisado por:	<u>Vicente Tasso Bermell</u> <i>Coordinador Técnico de OCEANSNELL</i>	<i>Biólogo Colegiado nº 02478-CV</i>

Elaborado para:



	Identificación y recuento de zooplancton marino.	P200013_Z- Ed. 1
		Pág. 3 de 16

ÍNDICE

1. ANTECEDENTES.....	4
2. METODOLOGÍA.....	4
3. RESULTADOS.....	6
3.1 IDENTIFICACIÓN Y RECuento DE ZOOPLANCTON MARINO.....	6
3.2 ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS.....	10
3.3 ANÁLISIS COMPARATIVOS.....	12
4. CONCLUSIONES.....	14
5. BIBLIOGRAFÍA EMPLEADA.....	15

1. ANTECEDENTES.

A petición de la empresa TECNOAMBIENTE, se han realizado los análisis taxonómicos y recuentos de muestras de zooplancton marino procedentes del golfo de Vizcaya.

El golfo de Vizcaya, en términos biogeográficos, es un área de transición entre los regímenes subtropical y boreal (Valdés y Lavín, 2002), que conforman un complejo sistema oceanográfico donde diversos procesos físicos (p.ej. eventos de surgencia), químicos y biológicos interactúan a distintas escalas espaciales y temporales (Koustsikopoulos y Le Cann, 1996; Valdés y Lavín, 2002). La variedad de procesos oceanográficos que concurren en la zona influye en distintos aspectos del funcionamiento del ecosistema, tales como la distribución de nutrientes (Botas et al., 1988), la composición del seston (Bode, 1990), la composición, distribución y producción de fitoplancton (Fernández et al., 1991; Bode et al., 2002) y zooplancton (Fernández et al., 1993; Poulet et al., 1996), o el reclutamiento de especies pelágicas (Cabanas y Porteiro, 1998), demersales (Sánchez y Gil, 2000) y bentónicas de importante valor comercial.

En el presente informe se detallan los resultados de los análisis de las muestras de zooplancton marino obtenidas en esa zona.

Se han analizado un total de 9 muestras zooplantónicas. El muestreo, fijación y envío de las muestras fue llevado a cabo por el personal técnico de la empresa TECNOAMBIENTE.

2. METODOLOGÍA.

Antes del análisis taxonómico, y dada la elevada abundancia de individuos, se hizo necesario la separación de alícuotas de cada una de las muestras. La separación de alícuotas se ha realizado mediante un submuestreador de plancton Motoda.

Para las identificaciones y recuentos se ha utilizado un estereoscopio (Olympus SZ61) y un microscopio óptico (Olympus BX41).



Foto 1: Microscopio estereoscopio Olympus SZ61



Foto 2: Microscopio Olympus BX41

Todos los análisis han sido realizados por taxónomos especializados en zooplancton marino. Los grupos taxonómicos se han identificado a nivel de especie siempre que ha sido posible.

En la tabla siguiente se indica el nivel de identificación que generalmente se alcanza en los diferentes grupos zooplanctónicos.

Tabla 1: Nivel de identificación según grupos taxonómicos.

Grupo taxonómico	Nivel de identificación
Foraminíferos	Foraminíferos
Acantarios	Acantarios
Radiolarios	Radiolarios
Sifonóforos	Sifonóforos
Ctenóforos	Ctenóforos
Quetognatos	Quetognatos
Doliólidos	Doliólidos
Sálpidos	Sálpidos
Larváceos	Larváceos
Cladóceros	Especie
Ostrácodos	Ostrácodos
Copépodos	Especie
Larvas de Copépodos	Nauplius de copépodos y copepoditos
Moluscos Pterópodos	Pterópodos
Larvas de Cirrípedos	Nauplius de cirrípedos y cypris
Larvas de Teleósteos	Huevos de teleósteos y larvas de teleósteos
Larvas de Decápodos	Nauplius de decápodos, zoea, etc.
Larvas de Poliquetos	Larvas de poliquetos
Larvas de Moluscos	Larva trocófora y larva de veliger
Larvas de Equinodermos	Ophiopluteus, equinopluteus, auricularia, braquiolaria, etc.
Larva renacuajo (larva de urocordados)	Larva renacuajo (larva de urocordados)
Otras formas larvarias	Larva pilidium, larva Müller, larva cifonauta, etc.

El tratamiento y procesado de las muestras se ha realizado siguiendo las metodologías estandarizadas del ICES Zooplankton Methodology Manual (2000).

Para el cálculo de la abundancia zooplanctónica se han tenido en cuenta los datos de volumen filtrado proporcionados por la empresa TECNOAMBIENTE.

El paquete estadístico PRIMER 6.0 (Plymouth In Multivariate Ecological Research) se ha utilizado para calcular diversos estadísticos descriptivos univariados: número de especies (S), abundancia (ind/m³), uniformidad de la distribución de individuos entre las especies según Pielou

(J') y la diversidad comunitaria utilizando el índice de Shannon-Wiener (H' ; en base 2); y realizar el análisis comparativo entre muestras. Para evaluar la similitud/disimilitud de la composición taxonómica entre muestras, se han aplicado técnicas multivariadas de agrupamiento (Cluster) y escalamiento multidimensional (MDS) con los datos de abundancia transformados a Log ($X+1$), previo a la aplicación del índice de similitud de Bray-Curtis. La significancia estadística de las agrupaciones obtenidas con el análisis de agrupamiento se ha evaluado con la rutina SIMPROF (Similarity profiles).

3. RESULTADOS.

Para facilitar la representación y la interpretación de los resultados, se han agrupado estos últimos en 3 apartados: identificación y recuento del zooplancton marino, estadísticos descriptivos y análisis comparativo.

3.1 Identificación y recuento de zooplancton marino.

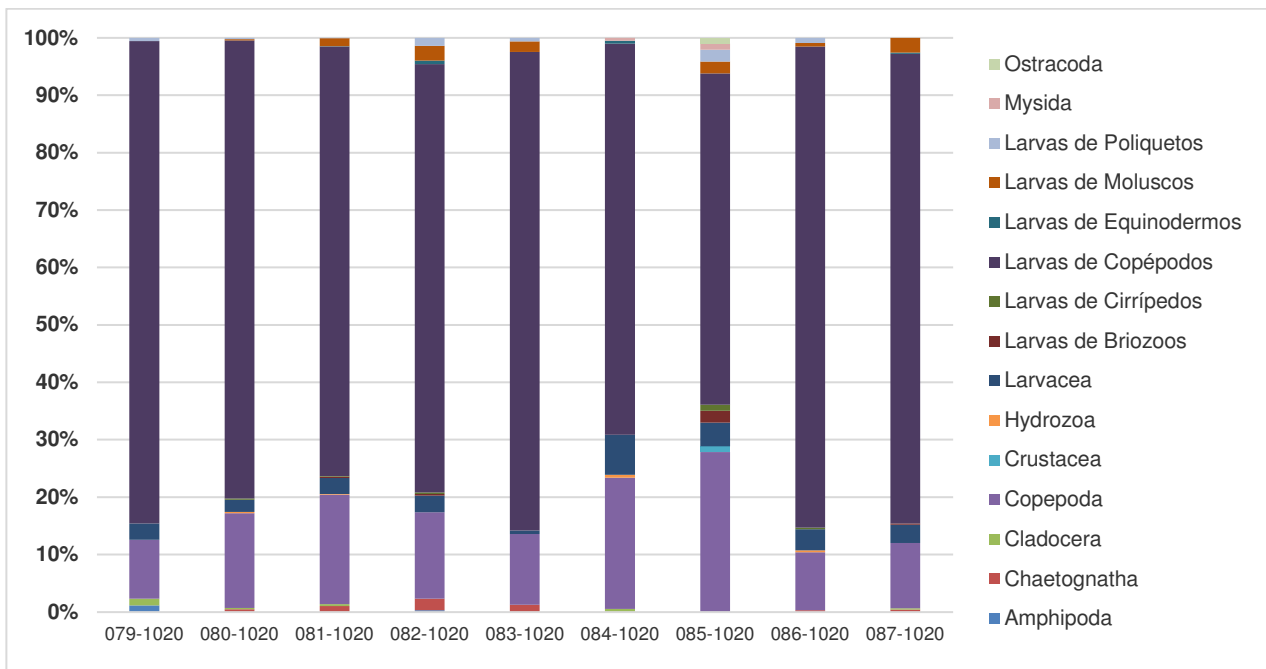
Los análisis taxonómicos y el recuento de organismos zooplanctónicos han permitido caracterizar cuantitativamente los diferentes grupos taxonómicos, así como, las especies zooplanctónicas presentes en la zona de estudio.

A continuación, se detalla el porcentaje relativo de abundancia de los diferentes grupos taxonómicos.

Tabla 2: Porcentajes relativos de abundancia de los diferentes grupos taxonómicos.

Estacion muestreo	P1	P2	P3	P6	P5	P4	P7	P8	P9
Grupo taxonómico	079-1020	080-1020	081-1020	082-1020	083-1020	084-1020	085-1020	086-1020	087-1020
Profundidad	11,7	24,7	38,9	44,4	25,6	8,3	10	18	51,3
Amphipoda	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Chaetognatha	0%	0%	1%	2%	1%	0%	0%	0%	0%
Cladocera	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Copepoda	10%	16%	19%	15%	12%	23%	28%	10%	11%
Crustacea	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	0%
Hydrozoa	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Larvacea	3%	2%	3%	3%	1%	7%	4%	4%	3%
Larvas de Briozoos	0%	0%	0%	0%	0%	0%	2%	0%	0%
Larvas de Cirrípedos	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	0%
Larvas de Copépodos	84%	80%	75%	75%	83%	68%	58%	84%	82%
Larvas de Equinodermos	0%	0%	0%	1%	0%	0%	0%	0%	0%
Larvas de Moluscos	0%	0%	1%	3%	2%	0%	2%	1%	3%
Larvas de Poliquetos	1%	0%	0%	1%	1%	0%	2%	1%	0%
Mysida	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	0%

Ostracoda	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	0%
-----------	----	----	----	----	----	----	----	----	----



Gráfica 1: Porcentajes relativos de abundancia de los diferentes grupos taxonómicos.

Como se observa, las larvas de copépodos (nauplius de copépodos y copepoditos), seguidas por los copépodos adultos (Subclase Copepoda), dominan la composición de la comunidad zooplanctónica. No obstante, el porcentaje relativo de abundancia de las larvas de copépodos, supera ampliamente el porcentaje relativo de abundancia de los copépodos adultos.

Los copépodos adultos (subclase Copepoda) y las larvas de copépodos representan el 90% y el 94% de la abundancia total de zooplancton en la zona costera P1 (079-1020), P4 (084-1020) y P7 (085-1020) y oceánica P2 (080-1020), P3 (081-1020), P6 (082-1020), P5 (083-1020), P8 (086-1020) y P9 (087-1020), respectivamente.

Estos valores son superiores si los contrastamos con el 60 % para aguas costeras y el 85 % para aguas oceánicas descritos por Lavin et al. (2006) en el golfo de Vizcaya. Es importante destacar que dichas abundancias hacen referencia a lo observado en muestras adquiridas con una red de plancton de malla de 250 μm .

Este incremento podría deberse a que las muestras, para la identificación y el recuento del zooplancton marino, se han tomado con una red provista de una malla de 50 μm , lo que evitaría la subestimación de la abundancia zooplanctónica citada para muestras obtenidas con una red de malla > 200-333 μm . (Turner, 2004). Este hecho se observa en los copépodos de pequeño tamaño (< 1mm) y especialmente en los nauplius de copépodos, ya que incluso los copépodos que son comparativamente grandes como adultos son pequeños en sus primeras fases.

En la tabla siguiente, se detallan los resultados de abundancia a nivel de especie o nivel de identificación alcanzado en cada grupo taxonómico.

Tabla 3: Resultados de la identificación y recuento del zooplancton marino.

Especie	Muestras								
	P1	P2	P3	P6	P5	P4	P7	P8	P9
Amphipoda									
Amphipoda	24	0	0	13	0	0	0	0	0
Chaetognatha									
Chaetognatha indet.	0	23	44	89	44	0	0	31	44
Cladocera									
<i>Evadne spinifera</i>	24	11	11	0	0	4	0	0	22
<i>Penilia avirostris</i>	0	0	4	0	0	0	0	0	0
Copepoda									
<i>Acartia (Acartiura) clausi</i>	12	29	15	25	0	0	11	63	44
<i>Galocalanus sp</i>	12	6	0	0	0	4	0	0	0
<i>Clausocalanus paululus</i>	0	6	11	0	0	0	0	0	0
<i>Clausocalanus pergens</i>	0	0	4	0	0	0	0	0	0
<i>Clausocalanus sp</i>	0	6	11	13	0	4	0	0	0
<i>Corycaeus (Ditrichocorycaeus) sp</i>	0	0	4	0	0	0	0	0	0
<i>Euterpina acutifrons</i>	12	17	11	0	22	4	7	0	22
Harpacticoide indet.	0	6	0	0	0	0	0	0	0
<i>Microsetella norvegica</i>	0	11	25	89	66	4	4	125	66
<i>Oithona sp</i>	121	577	465	279	153	129	57	784	883
<i>Oncaea sp</i>	0	34	222	216	22	13	11	31	110
<i>Paracalanus sp</i>	36	137	36	51	153	21	0	31	44
<i>Parapontella brevicornis</i>	12	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pseudocalanus elongatus</i>	0	11	4	0	0	0	0	0	0
<i>Temora longicornis</i>	12	0	4	0	0	4	7	0	0
<i>Temora stylifera</i>	0	0	7	0	0	0	0	0	0
<i>Tisbe sp</i>	0	0	0	0	22	8	0	0	0
Crustacea									
Crustacea indet	0	0	0	0	0	0	4	0	0
Hydrozoa									
Hidromedusa	0	0	0	0	0	0	0	31	0
Hidropólipos	0	0	0	0	0	4	0	0	0
<i>Obelia sp</i>	0	11	4	0	0	0	0	0	0
Larvacea									
Larvacea indet.	61	109	120	127	22	58	14	376	331
Larvas de Briozoos									
Larva cifonauta	0	0	11	13	0	0	7	0	22
Larvas de Cirrípedos									

Nauplius de cirrípedos	0	11	4	13	0	0	4	31	0
Larvas de Copépodos									
Copepoditos	388	1960	1073	800	1600	217	125	2008	2141
Nauplius de copépodos	1394	2103	2138	2527	1359	354	75	6588	6290
Larvas de Equinodermos									
Larvas de equinodermos	0	0	4	25	0	4	0	0	22
Larvas de Moluscos									
Larvas de veliger	0	11	58	114	66	0	7	63	265
Larvas de Poliquetos									
Larvas de poliquetos	12	11	4	63	22	0	7	94	0
Mysida									
<i>Siriella armata</i> (Inmaduro)	0	0	0	0	0	4	4	0	0
Ostracoda									
Ostracoda	0	0	0	0	0	0	4	0	0
Total	2120	5090	4294	4457	3551	836	348	10256	10306

Según los resultados de abundancia obtenidos a nivel de especie o máximo nivel de identificación alcanzado en cada grupo taxonómico, es necesario destacar que, en cada una de las muestras, los pequeños copépodos planctónicos (<1mm de longitud), superan ampliamente la abundancia de los más grandes. Después del análisis taxonómico, se incluyen en pequeños copépodos a los nauplius de copépodos y los copepoditos; los adultos de géneros ciclopoides como *Oithona* y *Oncaea* y harpacticoides planctónicos del género *Microsetella*, además de los harpacticoides indeterminados. Varios estudios han demostrado que cuando se utilizan mallas de 100 µm o menos, los copépodos pequeños sobrepasan en abundancia a los copépodos de un mayor tamaño (Turner, 2004).

Como ya hemos mencionado anteriormente, las muestras, para la identificación y recuento del zooplancton marino, se han tomado con una malla de 50 µm. Por tanto, nuestros resultados coinciden con la bibliografía científica consultada.

En la subclase Copepoda, se han identificado un total de 17 taxones, comprendidos en 13 géneros y 1 orden, siendo *Oithona* (*Oithona sp*), *Oncaea* (*Oncaea sp*) y *Paracalanus* (*Paracalanus sp*), los géneros dominantes.

Cabría destacar la presencia, aunque con bajas abundancias y no en todas las muestras, del cladocero *Penilia avirostris* y el misidáceo *Siriella armata*, ambas especies eurihalinas.



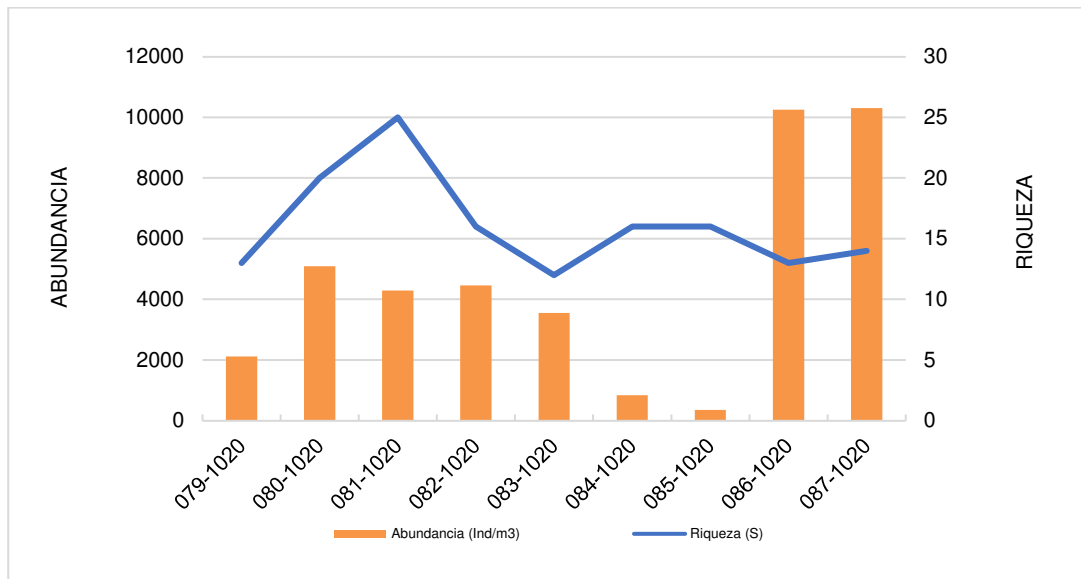
Foto 3: Aspecto general de una muestra de zooplancton. © OCEANSNELL

3.2 Estadísticos descriptivos.

Los principales estadísticos descriptivos que caracterizan la comunidad zooplanctónica en la zona de estudio se detallan en la tabla y figuras siguientes.

Tabla 4: Principales estadísticos descriptivos.

Estación	Ref Muestra	Riqueza (S)	Abundancia (Ind/m ³)	Equitatividad (J')	Diversidad (Log ₂)
P1	079-1020	13	2120	0,47	1,73
P2	080-1020	20	5090	0,46	2,01
P3	081-1020	25	4294	0,47	2,20
P6	082-1020	16	4457	0,56	2,22
P5	083-1020	12	3551	0,55	1,96
P4	084-1020	16	836	0,58	2,34
P7	085-1020	16	348	0,72	2,87
P8	086-1020	13	10256	0,46	1,69
P9	087-1020	14	10306	0,47	1,80



Gráfica 2: Evolución de la abundancia y riqueza en las muestras de zooplancton.



Gráfica 3: Evolución de la equitatividad y la diversidad en las muestras de zooplancton.

La abundancia oscila entre 348 y 10.306 ind/m³, correspondiendo a las estaciones P7 (085-1020), cercana a costa y P9 (087-1020), las más alejada, respectivamente.

Es importante destacar la influencia de la zona costera en la productividad zooplanctónica. El número total de individuos/m³ muestra un gradiente negativo costa-océano motivado por la disminución del aporte de nutrientes (Sampaio de Souza et.al, 2005). Sin embargo, en nuestro caso, no hemos podido evidenciar tal circunstancia. Las muestras costeras P1 (079-1020), P4 (084-1020) y P7 (085-1020), presentan los valores de abundancia más bajos registrados en la

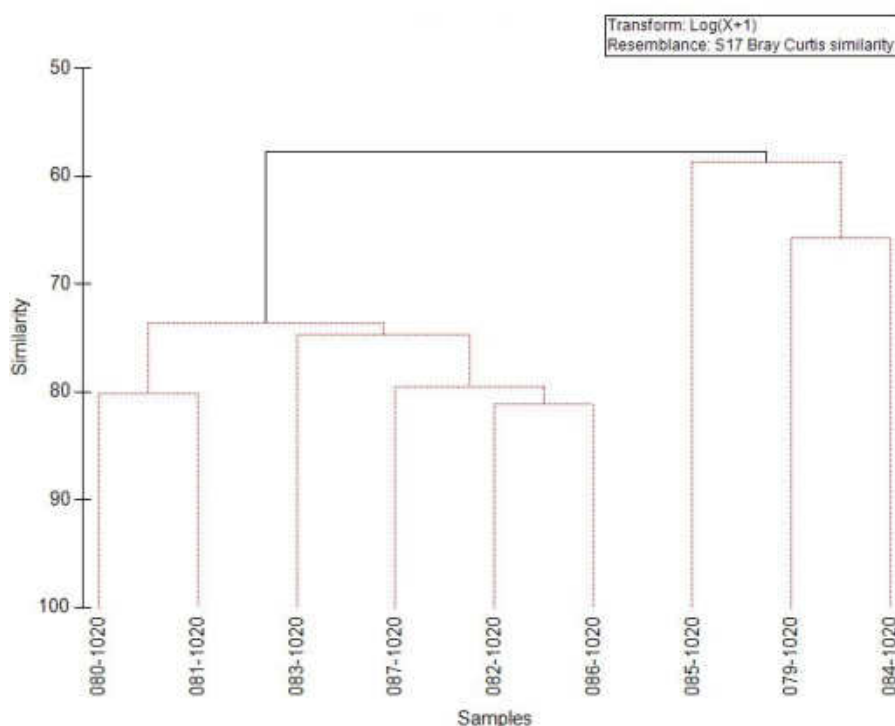
zona de estudio. Este hecho podría deberse a la existencia, frente a la costa, de un fuerte flujo superficial advectivo asociado con la actividad de surgencia. El agua surgente emerge primeramente a lo largo de la línea de la costa. Sin embargo, cuando la intensidad se mantiene, el agua surgente comienza a exportarse más allá de la plataforma continental (forzada por accidentes geográficos), formando filamentos de agua fría superficial rica en nutrientes hacia el océano abierto. Los filamentos, además, dispersan los organismos que no pueden evitar esta advección (Castro-Bugallo et al., 2013; Rivera et al., 2013). Un claro ejemplo, lo tenemos en los nauplius de cirrípedos que, según Rivera et al. (2013), para un año de alta actividad de afloramiento (2009), se pronosticaron a 56 km al oeste del punto de emisión, con un éxito teórico del reclutamiento del 94%. Por tanto, una baja presencia de nauplius de cirrípedos, como la observada en las muestras, no indicaría necesariamente un empobrecimiento de una zona catalogada como banco de marisqueo.

El resto de los estadísticos descriptivos estudiados (riqueza, equitatividad y diversidad), no evidencian una tendencia común entre las estaciones costeras y oceánicas.

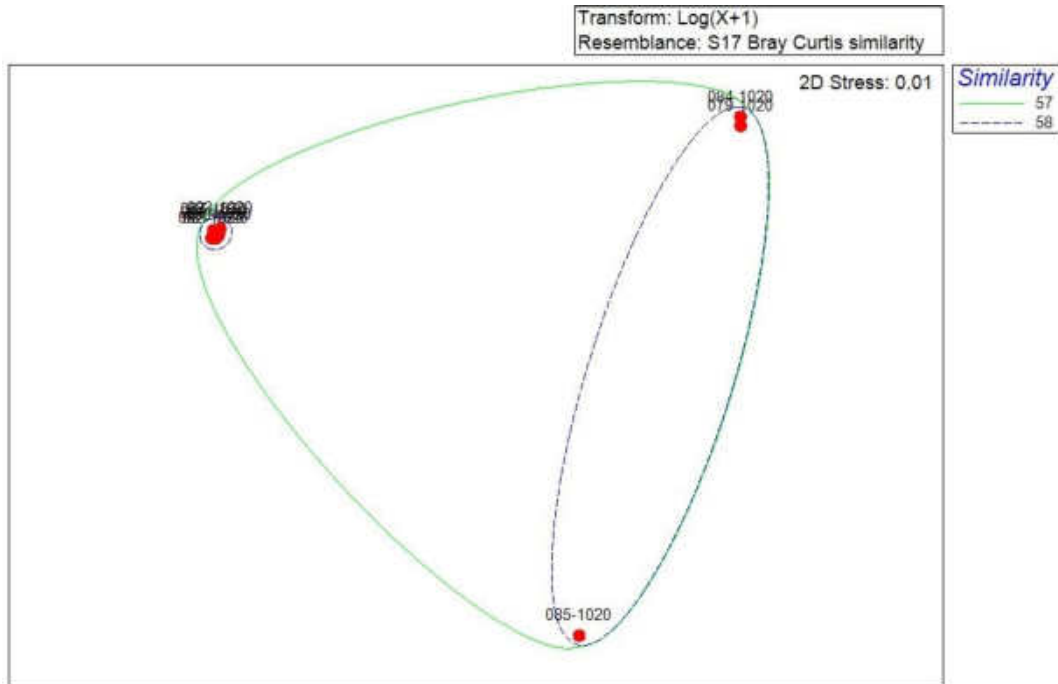
3.3 Análisis comparativos.

Para el análisis comparativo de las muestras, se han realizado análisis de Clúster con SIMPROF test y MDS (Multidimensional Scaling).

A continuación, se detalla gráficamente los resultados obtenidos.




Gráfica 4: Análisis Clúster realizado a partir de la matriz de abundancias.



Gráfica 5: Análisis MDS realizado a partir de la matriz de abundancias.


Al nivel de similitud del 58 %, las muestras se agruparon en 2 grupos desde el punto de vista de la composición taxonómica. El primer grupo está constituido por las estaciones costeras P1 (079-1020), P4 (084-1020) y P7 (085-1020), caracterizadas por presentar los valores de abundancia más bajos registrados en la zona de estudio. El segundo está constituido por las estaciones oceánicas P2 (080-1020), P3 (081-1020), P6 (082-1020), P5 (083-1020), P8 (086-1020) y P9 (087-1020). Según los resultados obtenidos al realizar la rutina SIMPROF (Similarity profiles), existen diferencias estadísticamente significativas entre estos dos grupos (zona costera y zona oceánica).

	Identificación y recuento de zooplancton marino.	P200013_Z- Ed. 1
		Pág. 14 de 16

4. CONCLUSIONES.


De los análisis realizados en las muestras zooplanctónicas se pueden desprender las siguientes conclusiones:

- Las larvas de copépodos (nauplius de copépodos y copepoditos) seguidos por los copépodos adultos dominan la composición de la comunidad zooplanctónica.
- Las larvas de copépodos y los copépodos adultos representan el 90 % en aguas costeras y el 94% en aguas oceánicas de la abundancia total de zooplancton.
- Los copépodos pequeños planctónicos (< 1mm de longitud) superan ampliamente la abundancia de los más grandes.
- En la subclase Copepoda, *Oitona*, *Oncaea* y *Paracalanus* son los géneros dominantes.
- Presencia de organismos eurihalinos como el cladocero *Penilia avirostris* y el misidáceo *Siriella armata*.
- La abundancia oscila entre 348 y 10.306 ind/m³, correspondiendo a las estaciones P7 (085-1020), la más cercana a costa y P9 (087-1020), la más alejada, respectivamente. El número total de individuos/m³, no muestra un gradiente negativo costa-océano motivado por la disminución del aporte de nutrientes. Los filamentos, formados por aguas surgentes, de agua fría superficial rica en nutrientes, se desplazan hacia el océano abierto. Además, estos filamentos dispersan los organismos que no pueden evitar esta advección.
- Los análisis comparativos al 58 %, denotaron 2 grupos. El primer grupo está constituido por las estaciones costeras P1 (079-1020), P4 (084-1020) y P7 (085-1020), caracterizadas por presentar los valores de abundancia más bajos registrados en la zona de estudio. El segundo está constituido por las estaciones oceánicas, P2 (080-1020), P3 (081-1020), P6 (082-1020), P5 (083-1020), P8 (086-1020) y P9 (087-1020). Según los resultados obtenidos al realizar la rutina SIMPROF (Similarity profiles), existen diferencias estadísticamente significativas entre estos dos grupos (zona costera y zona oceánica). Sin embargo, no se han encontrado diferencias estadísticamente significativas, entre las muestras que constituyen un mismo grupo.

	Identificación y recuento de zooplancton marino.	P200013_Z- Ed. 1
		Pág. 15 de 16

5. BIBLIOGRAFÍA EMPLEADA.


- Bode, A., Fernandez, E., Botas, A., & Anadon, R. (1990). Distribution and composition of suspended particulate matter related to a shelf-break saline intrusion in the Cantabrian Sea (Bay of Biscay). *Oceanologica acta*, 13(2), 219-228.
- Bode, A., Varela, M., Casas, B., & González, N. (2002). Intrusions of eastern North Atlantic central waters and phytoplankton in the north and northwestern Iberian shelf during spring. *Journal of Marine Systems*, 36(3-4), 197-218.
- Botas, J. A., Bode, A., Fernández, E., & Anadón, R. (1988). Descripción de una intrusión de agua de elevada salinidad en el Cantábrico central: distribución de los nutrientes inorgánicos y su relación con el fitoplancton. *Investigación Pesquera*, 52(4), 561-574.
- Castro-Bugallo, A., & Roura, Á. (2016). Comunidades de zooplancton del sistema de afloramiento de cabo Silleiro (41-42º N, noroeste de España): caracterización espacio-temporal.
- Cabanas, J. M., & Porteiro, C. (1998). Links between North Atlantic sardine recruitment and its environment. *ICES CM*, 23, 10.
- Fernández, E., & Bode, A. (1991). Seasonal patterns of primary production in the Central Cantabrian Sea (Bay of Biscay). *Sci. Mar.*, 55(4), 629-636.
- Fernández, E., Cabal, J., Acuña, J., Bode, A., Botas, A., & García-Soto, C. (1993). Plankton distribution across a slope current-induced front in the southern Bay of Biscay. *Journal of Plankton Research*, 15(6), 619-641.
- Harris, R., Wiebe, P., Lenz, J., Skjoldal, H. R., & Huntley, M. (Eds.). (2000). *ICES zooplankton methodology manual*. Elsevier.
- Koutsikopoulos, C., & Le Cann, B. (1996). Physical processes and hydrological structures related to the Bay of Biscay anchovy. *Scientia Marina*, 60, 9-19.
- Lavin, A., Valdes, L., Sanchez, F., Abaunza, P., Forest, A., Boucher, J., ... & Jegou, A. M. (2006). *The Bay of Biscay: the encountering of the Ocean and the Shelf (18b, E)* (pp. 935-1002). Combridge, MA, Harvard University Press.

	Identificación y recuento de zooplancton marino.	P200013_Z- Ed. 1
		Pág. 16 de 16

- Magurran, A. E. (2013). *Measuring biological diversity*. John Wiley & Sons.
- Poulet, S. A., Laabir, M., & Chaudron, Y. (1996). Characteristic features of secondary production in the Gulf of Biscay. *Scientia Marina*, 60(2), 79-95.
- Rivera, A., Weidberg, N., Pardinas, A. F., Gonzalez-Gil, R., Garcia-Florez, L., & Acuña, J. L. (2013). Role of upwelling on larval dispersal and productivity of gooseneck barnacle populations in the Cantabrian Sea: management implications. *PLoS One*, 8(11), e78482.
- Sampaio de Souza, C., Mafalda Jr, P., & Sallés, S. (2005). Seasonal and spatial trends in the mesozooplankton community at pluriannual temporal series in the NW of the Alborán Sea, Spain. *Rev. biol. mar. oceanogr*, 40(1), 45-54.
- Sánchez, F., & Gil, J. (2000). Hydrographic mesoscale structures and Poleward Current as a determinant of hake (*Merluccius merluccius*) recruitment in southern Bay of Biscay. *ICES journal of Marine Science*, 57(1), 152-170.
- Turner, J. T. (2004). The importance of small planktonic copepods and their roles in pelagic marine food webs. *Zoological studies*, 43(2), 255-266.
- Valdés, L. & A. Lavín, 2002. Dynamics and human impact in the Bay of Biscay: An ecological perspective. In *Large Marine Ecosystems of the North Atlantic: Changing States and Sustainability*. K. Shermann and H.R. Skjoldal (Ed.). Elsevier Science B.V., Amsterdam, 293–320.



Fecha Informe:		Cliente:	
21/12/20		TECNOAMBIENTE	
Proyecto:			
Identificación y recuento de zooplancton marino.			
Título del Informe:		Cód. Documento:	
INFORME DE RESULTADOS		P20013_Z-Ed.1	
Autor:			
OCEANSNELL Consultoría Ambiental Marina C/ Aitana, nº 1 Polígono el Aeropuerto 46940 Manises (Valencia) ESPAÑA			

	Identificación y recuento de zooplancton marino.	P20013_Z- Ed. 1
		Pág. 2 de 17

Estudio realizado por:

OCEANSNELL, S.L.
 B-97886055
 C/ Aitana, nº 1
 Polígono el Aeropuerto
 46940 Manises (Valencia)
 ESPAÑA


Proyecto nº:	P20013_Z-Ed. 1	
Título del Proyecto:	Identificación y recuento de zooplancton marino.	
Fecha última revisión:	21/12/20	
Estudio realizado por:	Beatriz Rubio Tortosa <i>Licenciada en Ciencias del Mar</i> Vicente Tasso Bermell <i>Licenciado en Biología con Suficiencia Investigadora (DEA)</i>	
Informe revisado por:	<u>Vicente Tasso Bermell</u> <i>Coordinador Técnico de OCEANSNELL</i>	<i>Biólogo Colegiado nº 02478-CV</i>

Elaborado para:



ÍNDICE

1. ANTECEDENTES.....	4
2. METODOLOGÍA.....	4
3. RESULTADOS.....	6
3.1 Identificación y recuento de zooplancton marino	6
3.2 Estadísticos descriptivos	10
3.3 Análisis comparativos	12
4. CONCLUSIONES.....	15
5. BIBLIOGRAFÍA EMPLEADA.....	16

	Identificación y recuento de zooplancton marino.	P20013_Z- Ed. 1
		Pág. 4 de 17

1. ANTECEDENTES

A petición de la empresa TECNOAMBIENTE, se han realizado los análisis taxonómicos y recuentos de muestras de zooplancton marino procedentes del golfo de Vizcaya.

El golfo de Vizcaya, en términos biogeográficos, es un área de transición entre los regímenes subtropical y boreal (Valdés y Lavín, 2002), que conforman un complejo sistema oceanográfico donde diversos procesos físicos (p.ej. eventos de surgencia), químicos y biológicos interactúan a distintas escalas espaciales y temporales (Koutsikopoulos y Le Cann, 1996; Valdés y Lavín, 2002). La variedad de procesos oceanográficos que concurren en la zona influye en distintos aspectos del funcionamiento del ecosistema, tales como la distribución de nutrientes (Botas *et al.*, 1988), la composición del seston (Bode *et al.*, 1990), la composición, distribución y producción de fitoplancton (Fernández *et al.*, 1991; Bode *et al.*, 2002) y zooplancton (Fernández *et al.*, 1993; Poulet *et al.*, 1996), o el reclutamiento de especies pelágicas (Cabanas y Porteiro, 1998), demersales (Sánchez y Gil, 2000) y bentónicas de importante valor comercial.

En el presente informe se detallan los resultados del análisis taxonómico de las muestras de zooplancton marino obtenidas en esa zona.

Se han analizado un total de 9 muestras zooplantónicas. El muestreo, fijación y envío de las muestras fue llevado a cabo por el personal técnico de la empresa TECNOAMBIENTE.

2. METODOLOGÍA

Antes del análisis taxonómico, y dada la elevada abundancia de individuos, fue necesaria la obtención de alícuotas en cada una de las muestras. La obtención de submuestras se ha realizado mediante un submuestreador de plancton Motoda.

Para las identificaciones y recuentos se ha utilizado un estereoscopio (Olympus SZ61) y un microscopio óptico (Olympus BX41).



Foto 1: Microscopio estereoscopio Olympus SZ61



Foto 2: Microscopio Olympus BX41

Todos los análisis han sido realizados por taxónomos especializados en zooplancton marino. Los grupos taxonómicos se han identificado a nivel de especie siempre que ha sido posible.

En la tabla siguiente se indica el nivel de identificación que generalmente se alcanza en los diferentes grupos zooplanctónicos.

Tabla 1: Nivel de identificación según grupos taxonómicos.

Grupo taxonómico	Nivel de identificación
Foraminíferos	Foraminíferos
Acantarios	Acantarios
Radiolarios	Radiolarios
Sifonóforos	Sifonóforos
Ctenóforos	Ctenóforos
Quetognatos	Quetognatos
Doliólidos	Doliólidos
Sálpidos	Sálpidos
Larváceos	Larváceos
Cladóceros	Especie
Ostrácodos	Ostrácodos
Copépodos	Especie
Larvas de Copépodos	Nauplius de copépodos y copepoditos
Moluscos Pterópodos	Pterópodos
Larvas de Cirrípedos	Nauplius de cirrípedos y cypris
Larvas de Teleósteos	Huevos de teleósteos y larvas de teleósteos
Larvas de Decápodos	Nauplius de decápodos, zoea, etc.
Larvas de Poliquetos	Larvas de poliquetos
Larvas de Moluscos	Larva trocófora y larva de veliger
Larvas de Equinodermos	Ophiopluteus, equinopluteus, auricularia, braquiolaria, etc.
Larva renacuajo (larva de urocordados)	Larva renacuajo (larva de urocordados)
Otras formas larvarias	Larva pilidium, larva Müller, larva cifonauta, etc.

El tratamiento y procesado de las muestras se ha realizado siguiendo las metodologías estandarizadas del ICES Zooplankton Methodology Manual (2000).

Para el cálculo de la abundancia zooplanctónica se han tenido en cuenta los datos de volumen filtrado proporcionados por la empresa TECNOAMBIENTE.

El paquete estadístico PRIMER 6.0 (Plymouth In Multivariate Ecological Research) se ha utilizado para calcular diversos estadísticos descriptivos univariados: número de especies (S), abundancia (ind/m³), uniformidad de la distribución de individuos entre las especies según Pielou

(J') y la diversidad comunitaria utilizando el índice de Shannon-Wiener (H' ; en base 2); y realizar el análisis comparativo entre muestras. Para evaluar la similitud/disimilitud de la composición taxonómica entre muestras, se han aplicado técnicas multivariadas de agrupamiento (Cluster) y escalamiento multidimensional (MDS) con los datos de abundancia transformados a Log ($X+1$), previo a la aplicación del índice de similitud de Bray-Curtis. La significancia estadística de las agrupaciones obtenidas con el análisis de agrupamiento se ha evaluado con la rutina SIMPROF (Similarity profiles).

3. RESULTADOS

Para facilitar la representación y la interpretación de los resultados, se han agrupado estos últimos en 3 apartados: identificación y recuento del zooplancton marino, estadísticos descriptivos y análisis comparativo.

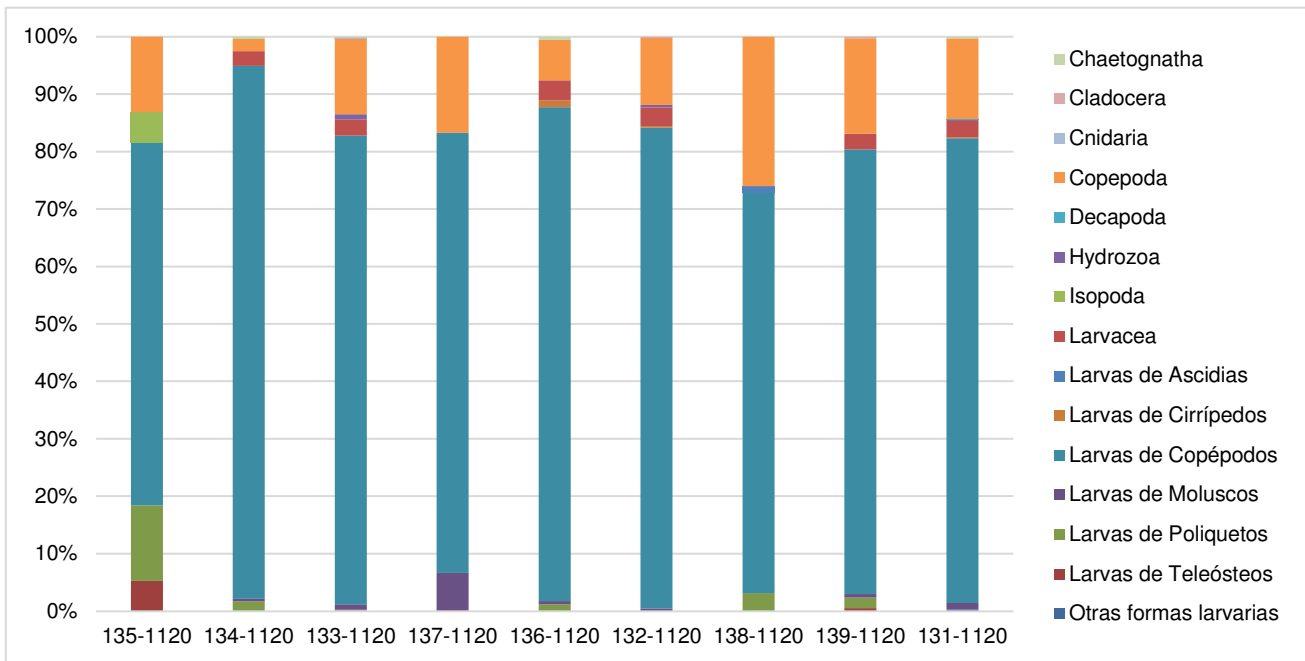
3.1 Identificación y recuento de zooplancton marino

Los análisis taxonómicos y el recuento de organismos zooplanctónicos han permitido caracterizar cuantitativamente los diferentes grupos taxonómicos, así como, las especies zooplanctónicas presentes en la zona de estudio.

A continuación, se detalla el porcentaje relativo de abundancia de los diferentes grupos taxonómicos.

Tabla 2: Porcentajes relativos de abundancia de los diferentes grupos taxonómicos.

Estación muestreo	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8Ñ	P9
Ref. Muestra	135-1120	134-1120	133-1120	137-1120	136-1120	132-1120	138-1120	139-1120	131-1120
Profundidad	11	18	27	11	20	36	10	12	20
Chaetognatha	0%	0%	0%	0%	1%	0%	0%	0%	0%
Cladocera	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Cnidaria	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Copepoda	13%	2%	13%	17%	7%	12%	26%	17%	14%
Decapoda	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Hydrozoa	0%	0%	1%	0%	0%	1%	0%	0%	0%
Isopoda	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Larvacea	0%	3%	3%	0%	3%	3%	0%	3%	3%
Larvas de Ascidias	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	0%
Larvas de Cirrípedos	0%	0%	0%	0%	1%	0%	0%	0%	0%
Larvas de Copépodos	63%	93%	82%	76%	86%	84%	70%	77%	81%
Larvas de Moluscos	0%	0%	1%	7%	1%	0%	0%	1%	1%
Larvas de Poliquetos	13%	2%	0%	0%	1%	0%	3%	2%	0%
Larvas de Teleósteos	6%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Otras formas larvarias	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%



Gráfica 1: Porcentajes relativos de abundancia de los diferentes grupos taxonómicos.

Como se observa en la gráfica, las larvas de copépodos (nauplius de copépodos y copepoditos), dominan la composición de la comunidad zooplanctónica, con porcentajes relativos de abundancia superiores al 60 % en cada una de las estaciones de muestreo.

Los copépodos adultos (Subclase Copepoda) y las larvas de copépodos (nauplius de copépodos y copepoditos) constituyen el 89% y el 95% de la abundancia total de zooplancton en la zona costera P1 (135-1020), P4 (137-1020) y P7 (138-1020) y oceánica P9 (131-1020), P6 (132-1020), P3 (133-1020), P2 (134-1020), P5 (136-1020) y P8 (139-1020), respectivamente. Según Lavin *et al.* (2006) los copépodos adultos y las larvas de copépodos representan el 60 % y el 85 % de la abundancia total de zooplancton en las zonas costeras y oceánicas, respectivamente, frente a la costa norte de España. Por consiguiente, los resultados obtenidos son superiores a los detallados por Lavin *et al.* (2006).

Las abundancias descritas por Lavin *et al.* (2006) hacen referencia a lo observado en muestras adquiridas con una red de plancton dotada de una malla de 250 μm , en consecuencia, el incremento registrado podría deberse a que las muestras, para la identificación y el recuento del zooplancton marino, se han tomado con una red provista de una malla de 50 μm , lo que evitaría la subestimación de la abundancia zooplanctónica citada para muestras obtenidas con una red de malla > 200-333 μm . (Turner, 2004). Este hecho se observa en los copépodos de pequeño tamaño (< 1mm) y especialmente en los nauplius de copépodos y copepoditos, ya que incluso los copépodos que son comparativamente grandes como adultos son pequeños en sus primeras fases.

En la tabla siguiente, se detallan los resultados de abundancia a nivel de especie o máximo nivel de identificación alcanzado en cada grupo taxonómico.

Tabla 3: Resultados de la identificación y recuento del zooplancton marino.

Especie	Muestras								
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8Ñ	P9
Chaetognatha									
Chaetognatha indet.	0	8	5	0	7	0	0	0	5
Cladocera									
<i>Evadne nordmanni</i>	0	0	5	0	0	0	0	0	0
<i>Evadne spinifera</i>	0	0	0	0	0	0	0	6	0
<i>Penilia avirostris</i>	0	0	0	0	0	8	0	0	0
Cnidaria									
Siphonofora indet.	0	0	5	0	0	0	0	0	0
Copepoda									
<i>Acartia (Acartiura) clausi</i>	0	0	5	0	14	8	9	35	3
<i>Calocalanus indicus</i>	0	0	0	0	0	8	0	0	0
<i>Calocalanus</i> sp	0	0	5	0	0	39	0	0	5
<i>Clausocalanus arcuicornis</i>	0	0	10	0	0	8	0	0	0
<i>Clausocalanus jobei</i>	0	0	31	0	0	16	0	6	3
<i>Clausocalanus lividus</i>	0	0	0	0	0	8	0	0	0
<i>Clausocalanus paululus</i>	0	0	31	0	0	47	0	0	19
<i>Clausocalanus pergens</i>	0	0	16	3	0	0	0	6	5
<i>Clausocalanus</i> sp	0	0	0	0	0	0	0	0	11
<i>Corycaeus (Ditrichocorycaeus) sp</i>	0	0	5	0	0	8	0	0	3
<i>Ctenocalanus vanus</i>	0	0	5	0	0	0	3	0	0
<i>Euterpina acutifrons</i>	0	0	5	0	0	0	0	6	0
Harpacticoide indet.	0	0	0	7	0	0	9	18	0
<i>Microsetella norvegica</i>	3	8	73	0	14	47	12	41	51
<i>Microsetella rosea</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	5
<i>Oithona</i> sp	10	8	119	0	14	55	12	71	30
<i>Oncaea</i> sp	0	16	229	3	28	102	29	94	78
<i>Paracalanus</i> sp	3	8	99	3	14	47	0	41	22
<i>Temora stylifera</i>	0	0	5	0	0	0	0	0	3
Decapoda									
Zoea de Decápodos	0	0	0	0	0	0	0	0	3
Hydrozoa									
Larva actinula	0	0	42	0	0	16	0	0	0
Narcomedusae	0	0	5	0	0	0	0	0	3
Isopoda									
Isopoda	6	0	0	0	0	0	0	0	0
Larvacea									
Larvacea indet.	0	47	135	0	42	110	0	53	49

Larvas de Ascidias									
Larvas de ascidias	0	0	0	0	0	0	3	0	0
Larvas de Cirrípedos									
Cypris	0	0	0	0	0	8	0	0	0
Nauplius de cirrípedos	0	0	0	0	14	0	0	0	3
Larvas de Copépodos									
Copepoditos	45	282	1.148	23	175	714	88	506	384
Nauplius de copépodos	32	1.435	2.805	52	856	2.110	109	976	989
Larvas de Moluscos									
Larva de Veliger	0	8	47	6	7	16	0	12	19
Larvas de Poliquetos									
Larvas de poliquetos	16	31	5	0	14	0	9	35	0
Larvas de Teleósteos									
Huevos teleósteos	0	0	0	0	0	0	0	10	0
Larvas de teleósteos	6	0	0	0	0	0	0	0	0
Otras formas larvárias									
Larva cifonauta	0	0	5	0	0	0	0	0	5
Total	121	1.851	4.845	97	1.199	3.375	283	1.916	1.698

Según los resultados del análisis taxonómico, a nivel de especie o máximo nivel de identificación alcanzado en cada grupo taxonómico, y cuantitativo, en la subclase Copepoda, se han identificado un total de 19 taxones, comprendidos en 11 géneros y 1 orden, siendo *Oithona* (*Oithona* sp), *Oncaea* (*Oncaea* sp) y *Paracalanus* (*Paracalanus* sp), los géneros dominantes. En otras palabras, la subclase Copepoda, está dominada por pequeños copépodos planctónicos (<1mm de longitud). Según Turner (2004), varios estudios han demostrado que cuando se utilizan mallas de 100 µm o menos, los copépodos pequeños sobrepasan en abundancia a los copépodos de un mayor tamaño.

Como ya hemos mencionado anteriormente, las muestras, para la identificación y recuento del zooplancton marino, se han tomado con una malla de 50 µm. Por tanto, nuestros resultados coinciden con la bibliografía consultada.

En el superorden Cladocera, se han observado individuos aislados de *Evadne nordmanni*, *Evadne spinifera* y *Penilia avirostris*. El establecimiento de las poblaciones de cladóceros está fuertemente influenciado por la estabilidad vertical (Alcaraz, 1981). Por tanto, los resultados obtenidos podrían indicar que en la zona de estudio existe inestabilidad vertical. Su origen podría deberse a eventos de surgencia.



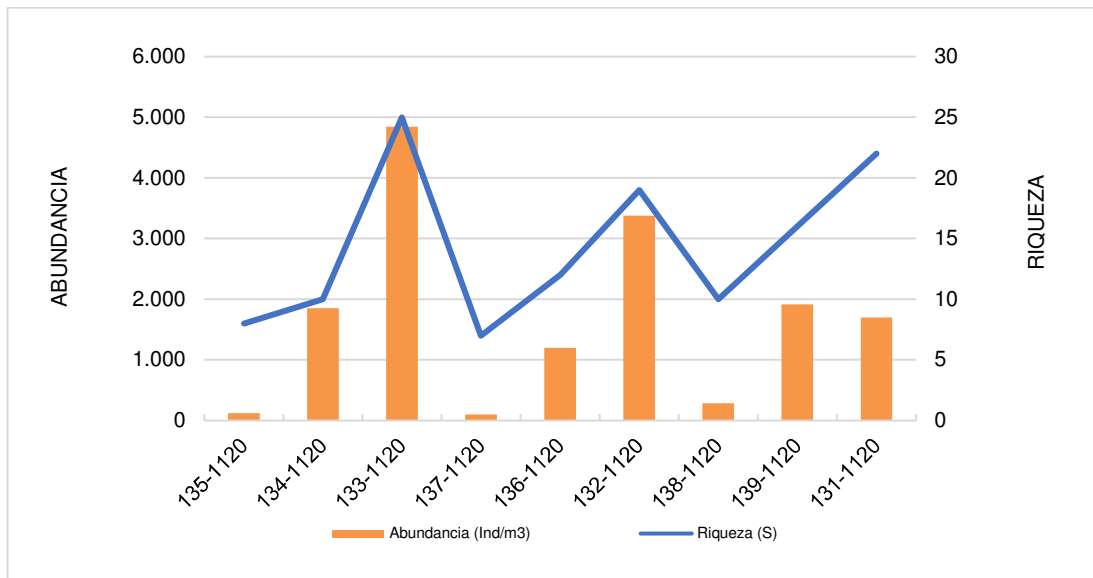
Foto 3: Aspecto general de una muestra de zooplancton © OCEANSNELL

3.2 Estadísticos descriptivos

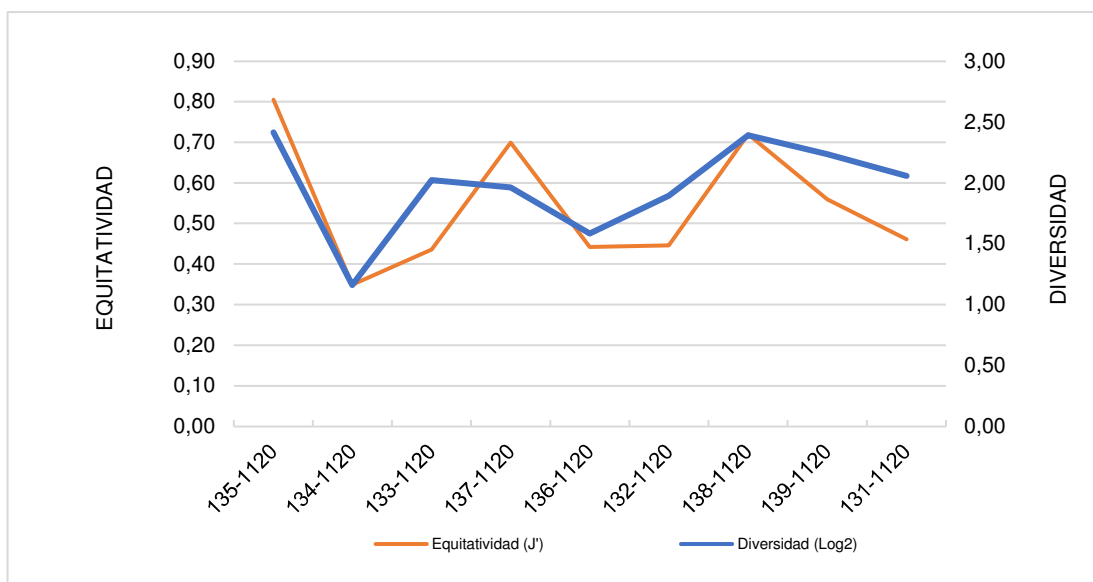
Los principales estadísticos descriptivos que caracterizan la comunidad zooplanctónica en la zona de estudio se detallan en la tabla y figuras siguientes.

Tabla 4: Principales estadísticos descriptivos.

Estación	Ref Muestra	Riqueza (S)	Abundancia (Ind/m ³)	Equitatividad (J')	Diversidad (Log ₂)
P1	135-1120	8	121	0,81	2,42
P2	134-1120	10	1.851	0,35	1,16
P3	133-1120	25	4.845	0,44	2,02
P4	137-1120	7	97	0,70	1,96
P5	136-1120	12	1.199	0,44	1,58
P6	132-1120	19	3.375	0,45	1,89
P7	138-1120	10	283	0,72	2,39
P8	139-1120	16	1.916	0,56	2,24
P9	131-1120	22	1.698	0,46	2,06




Gráfica 2: Evolución de la abundancia y riqueza en las muestras de zooplancton.



Gráfica 3: Evolución de la equitatividad y la diversidad en las muestras de zooplancton.

La abundancia oscila entre 97 y 4.845 ind/m³, correspondiendo a las estaciones P4 (137-1020), la más cercana a costa en la línea del emisario y P3 (133-1020), la más alejada, en la parte oriental de la zona de estudio, respectivamente.

Es importante destacar la influencia de la zona costera en la productividad zooplanctónica. El número total de individuos/m³ muestra un gradiente negativo costa-océano motivado por la disminución del aporte de nutrientes (Sampaio de Souza *et al.*, 2005). Sin embargo, en nuestro caso, no hemos podido evidenciar tal circunstancia. Las muestras costeras P1 (135-1020), P4 (137-1020) y P7 (138-1020), presentan los valores de abundancia más bajos registrados en la zona de estudio. Este hecho podría deberse a la existencia, frente a la costa, de un fuerte flujo

	Identificación y recuento de zooplancton marino.	P20013_Z- Ed. 1
		Pág. 12 de 17

superficial advectivo asociado con la actividad de surgencia. El agua surgente emerge primeramente a lo largo de la línea de la costa. Sin embargo, cuando la intensidad se mantiene, el agua surgente comienza a exportarse más allá de la plataforma continental (forzada por accidentes geográficos), formando filamentos de agua fría superficial rica en nutrientes hacia el océano abierto. Los filamentos, además, dispersan los organismos que no pueden evitar esta advección (Castro-Bugallo *et al.*, 2013; Rivera *et al.*, 2013). Un claro ejemplo, lo tenemos en los nauplius de cirrípedos que, según Rivera *et al.* (2013), para un año de alta actividad de afloramiento (2009), se pronosticaron a 56 km al oeste del punto de emisión, con un éxito teórico del reclutamiento del 94%. Por tanto, una baja presencia de nauplius de cirrípedos, como la observada en las muestras, no indicaría necesariamente un empobrecimiento de una zona catalogada como banco de marisqueo.

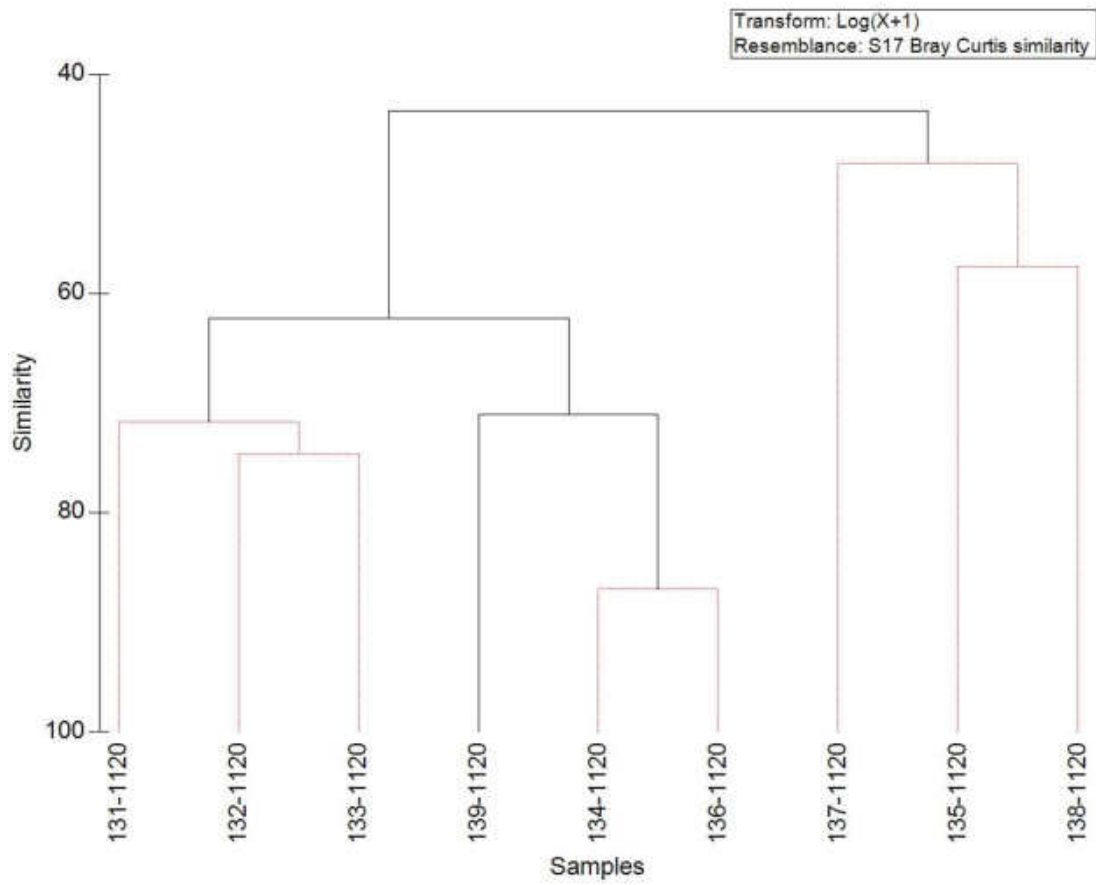
Cabría destacar que los resultados obtenidos en el análisis taxonómico y cuantitativo para el superorden Cladocera reforzaría esta hipótesis.

En la zona de estudio, la riqueza muestra un gradiente positivo costa-océano. En cambio, la equitatividad y la diversidad presentan un gradiente negativo costa-océano. Por consiguiente, los valores de diversidad están directamente influenciados por la equitatividad.

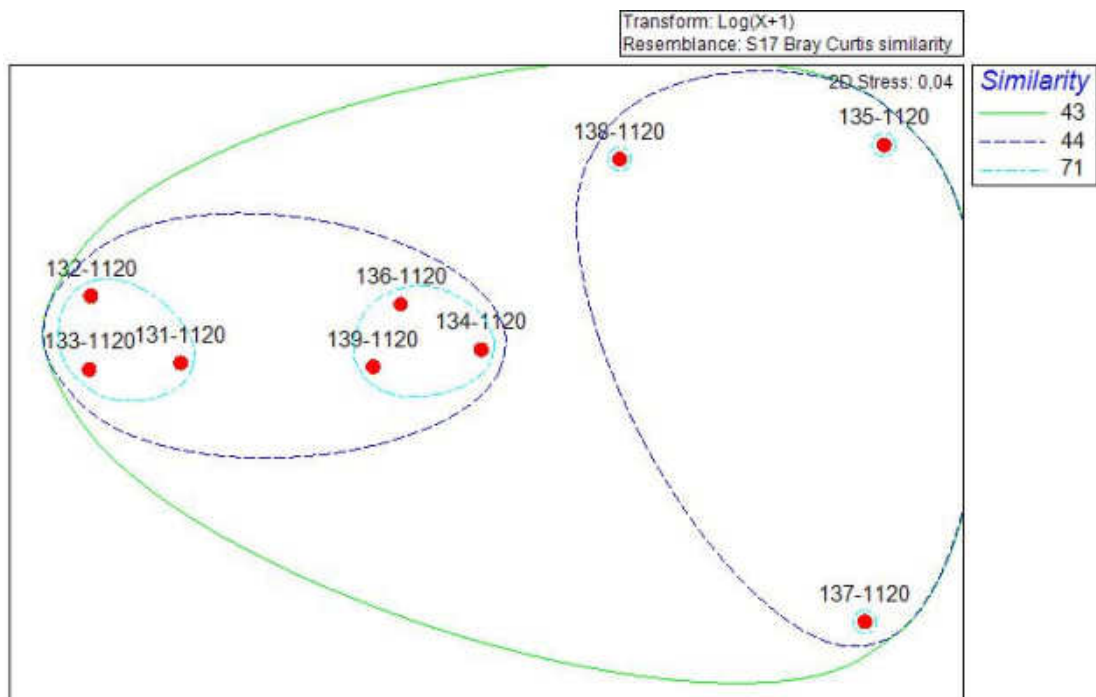
3.3 Análisis comparativos

Para el análisis comparativo de las muestras, se han realizado análisis de Clúster con SIMPROF test y MDS (Multidimensional Scaling).


A continuación, se detalla gráficamente los resultados obtenidos.




Gráfica 4: Análisis Clúster realizado a partir de la matriz de abundancias.



Gráfica 5: Análisis MDS realizado a partir de la matriz de abundancias.

	Identificación y recuento de zooplancton marino.	P20013_Z- Ed. 1
		Pág. 14 de 17


Al nivel de similitud del 44 %, las muestras se agruparon en 2 grupos desde el punto de vista de la composición taxonómica. El primer grupo está constituido por las estaciones costeras P1 (135-1020), P4 (137-1020) y P7 (138-1020), caracterizadas por presentar los valores de abundancia más bajos registrados en la zona de estudio. El segundo grupo está constituido por las estaciones oceánicas P9 (131-1020), P6 (132-1020), P3 (133-1020), P2 (134-1020), P5 (136-1020) y P8 (139-1020). Según los resultados obtenidos al realizar la rutina SIMPROF (Similarity profiles), existen diferencias estadísticamente significativas entre estos dos grupos (zona costera y zona oceánica).

	Identificación y recuento de zooplancton marino.	P20013_Z- Ed. 1
		Pág. 15 de 17

4. CONCLUSIONES


De los análisis realizados en las muestras zooplanctónicas se pueden desprender las siguientes conclusiones:

- Las larvas de copépodos (nauplius de copépodos y copepoditos) dominan la composición de la comunidad zooplanctónica.
- Las larvas de copépodos y los copépodos adultos representan el 89 % en aguas costeras y el 95% en aguas oceánicas de la abundancia total de zooplancton.
- La subclase Copepoda está dominada por pequeños copépodos planctónicos (< 1mm longitud), siendo *Microsetella*, *Oithona*, *Oncaea* y *Paracalanus* los géneros más influyentes.
- No existe establecimiento de poblaciones de cladóceros.
- La abundancia oscila entre 97 y 4.845 ind/m³, correspondiendo a las estaciones P4 (137-1020), la más cercana a costa en la línea del emisario, y P3 (133-1020), la más alejada en la parte oriental de la zona de estudio, respectivamente. El número total de individuos/m³, no muestra un gradiente negativo costa-océano motivado por la disminución del aporte de nutrientes. Los filamentos, formados por aguas surgentes, de agua fría superficial rica en nutrientes, se desplazan hacia el océano abierto. Además, estos filamentos dispersan los organismos que no pueden evitar esta advección. La diversidad presenta un gradiente negativo costa-océano y esta directamente influenciada por la equitatividad.
- Los análisis comparativos al 44 %, denotaron 2 grupos. El primer grupo está constituido por las estaciones costeras P1 (135-1020), P4 (137-1020) y P7 (138-1020), caracterizadas por presentar los valores de abundancia más bajos registrados en la zona de estudio. El segundo está constituido por las estaciones oceánicas P9 (131-1020), P6 (132-1020), P3 (133-1020), P2 (134-1020), P5 (136-1020) y P8 (139-1020). Según los resultados obtenidos al realizar la rutina SIMPROF (Similarity profiles), existen diferencias estadísticamente significativas entre estos dos grupos (zona costera y zona oceánica).

	Identificación y recuento de zooplancton marino.	P20013_Z- Ed. 1
		Pág. 16 de 17

5. BIBLIOGRAFÍA EMPLEADA

- Alcaraz, M. (1981). Ciclo anual de los cladóceros y ostrácodos planctónicos en la plataforma continental de Vizcaya (Punta Endata).
- Bode, A., Fernandez, E., Botas, A., & Anadon, R. (1990). Distribution and composition of suspended particulate matter related to a shelf-break saline intrusion in the Cantabrian Sea (Bay of Biscay). *Oceanologica acta*, 13(2), 219-228.
- Bode, A., Varela, M., Casas, B., & González, N. (2002). Intrusions of eastern North Atlantic central waters and phytoplankton in the north and northwestern Iberian shelf during spring. *Journal of Marine Systems*, 36(3-4), 197-218.
- Botas, J. A., Bode, A., Fernández, E., & Anadón, R. (1988). Descripción de una intrusión de agua de elevada salinidad en el Cantábrico central: distribución de los nutrientes inorgánicos y su relación con el fitoplancton. *Investigación Pesquera*, 52(4), 561-574.
- Castro-Bugallo, A., & Roura, Á. (2016). Comunidades de zooplancton del sistema de afloramiento de cabo Silleiro (41-42º N, noroeste de España): caracterización espacio-temporal.
- Cabanas, J. M., & Porteiro, C. (1998). Links between North Atlantic sardine recruitment and its environment. *ICES CM*, 23, 10.
- Fernández, E., & Bode, A. (1991). Seasonal patterns of primary production in the Central Cantabrian Sea (Bay of Biscay). *Sci. Mar.*, 55(4), 629-636.
- Fernández, E., Cabal, J., Acuña, J., Bode, A., Botas, A., & García-Soto, C. (1993). Plankton distribution across a slope current-induced front in the southern Bay of Biscay. *Journal of Plankton Research*, 15(6), 619-641.
- Harris, R., Wiebe, P., Lenz, J., Skjoldal, H. R., & Huntley, M. (Eds.). (2000). *ICES zooplankton methodology manual*. Elsevier.
- Koutsikopoulos, C., & Le Cann, B. (1996). Physical processes and hydrological structures related to the Bay of Biscay anchovy. *Scientia Marina*, 60, 9-19.

	Identificación y recuento de zooplancton marino.	P20013_Z- Ed. 1
		Pág. 17 de 17

- Lavin, A., Valdés, L., Sanchez, F., Abaunza, P., Forest, A., Boucher, J., ... & Jegou, A. M. (2006) *The Bay of Biscay: the encountering of the Ocean and the Shelf (18b, E)* (pp. 935-1002). Combridge, MA, Harvard University Press.
- Magurran, A. E. (2013). *Measuring biological diversity*. John Wiley & Sons.
- Poulet, S. A., Laabir, M., & Chaudron, Y. (1996). Characteristic features of secondary production in the Gulf of Biscay. *Scientia Marina*, 60(2), 79-95.
- Rivera, A., Weidberg, N., Pardinas, A. F., Gonzalez-Gil, R., Garcia-Florez, L., & Acuña, J. L. (2013). Role of upwelling on larval dispersal and productivity of gooseneck barnacle populations in the Cantabrian Sea: management implications. *PLoS One*, 8(11), e78482.
- Sampaio de Souza, C., Mafalda Jr, P., & Sallés, S. (2005). Seasonal and spatial trends in the mesozooplankton community at pluriannual temporal series in the NW of the Alborán Sea, Spain. *Rev. biol. mar. oceanogr*, 40(1), 45-54.
- Sánchez, F., & Gil, J. (2000). Hydrographic mesoscale structures and Poleward Current as a determinant of hake (*Merluccius merluccius*) recruitment in southern Bay of Biscay. *ICES journal of Marine Science*, 57(1), 152-170.
- Turner, J. T. (2004). The importance of small planktonic copepods and their roles in pelagic marine food webs. *Zoological studies*, 43(2), 255-266.
- Valdés, L. & A. Lavín, 2002. Dynamics and human impact in the Bay of Biscay: An ecological perspective. In *Large Marine Ecosystems of the North Atlantic: Changing States and Sustainability*. K. Shermann and H.R. Skjoldal (Ed.). Elsevier Science B.V., Amsterdam, 293–320.

ANEXO III

RECUENTOS Y CAPTURAS FOTOGRÁFICAS TAXONOMÍA FITOPLANCTON

- **AGOSTO 2020**
- **OCTUBRE 2020**
- **NOVIEMBRE 2020**

FITOPLANCTON (Células/Litro)		Lmedia Amedia (VOL(um3))		Recibidas mensajero 18ago2020 AgataTaboada 18 muestras fito marino botellas vidrio 250ml.																	
Ident.1: Campaña				AgataTaboada ataTaboada ataTaboada ataTaboada ataTaboada ataTaboada ataTaboada ataTaboada ataTaboada ataTaboada ataTaboada ataTaboada ataTaboada ataTaboada ataTaboada ataTaboada ataTaboada ataTaboada																	
Ident.2: Fecha				Ago20 Ago20 Ago20 Ago20 Ago20 Ago20 Ago20 Ago20 Ago20 Ago20 Ago20 Ago20 Ago20 Ago20 Ago20 Ago20 Ago20 Ago20 Ago20																	
Ident.3: ESTACION																					
Ident.4: PROFUNDIDAD (m)																					
Ident.5: Completo (Rotulos eje X)																					
N° interno(cubeta Maxi):																					
Fijador				Formol 4% Formol 4% Formol 4% Formol 4% Formol 4% Formol 4% Formol 4% Formol 4% Formol 4% Formol 4% Formol 4% Formol 4% Formol 4% Formol 4% Formol 4% Formol 4% Formol 4%																	
Volumen sedimentado:				100mL 100mL 100mL 100mL 100mL 100mL 100mL 100mL 100mL 100mL 100mL 100mL 100mL 100mL 100mL 100mL 100mL 100mL 100mL																	
Dinoflageladas																					
				1 2 3 4 5 6 1 2 3 4 1 2 3 4 5 6 5 6																	
<i>Alexandrium spp.</i>	20	18	3393	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	10	20	0	0
<i>Blepharocysta paulseni</i>	45	45	47713	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ceratium furca</i>	202,5	34,5	126201	10	10	80	0	70	10	0	0	20	50	100	0	10	10	20	40	60	50
<i>Ceratium fusus</i>	299,5	11	18975	30	10	10	0	40	0	0	0	20	0	50	10	0	0	20	10	10	20
<i>Ceratium gibberum</i>	89	96,5	433955	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30	0	0	0	20	0	0	0
<i>Ceratium massiliense</i>	43	28	17652	0	10	20	0	30	0	0	10	0	30	10	20	0	0	40	20	0	0
<i>Ceratium trichoceros</i>	46,5	39	37032	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	10	0	0	10
<i>Ceratium tripos</i>	85	74,5	247019	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0
<i>Ceratium spp. (mal posicionados)</i>	53	36,5	36971	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	10	0	10	0	0
<i>Cochlodinium spp.</i>	51	21,5	12344	0	0	30	0	0	0	0	0	40	0	0	0	0	0	30	0	20	0
<i>Dinophysis acuminata (DSP)</i>	34	28	13957	10	0	60	0	30	0	0	0	20	0	50	10	0	0	80	30	70	0
<i>Dinophysis acuta (DSP)</i>	71	38	53682	20	10	10	0	20	0	0	0	0	20	10	0	0	0	10	20	20	0
<i>Dinophysis caudata (DSP)</i>	96	37	68814	30	10	100	0	140	0	10	20	60	90	70	30	10	0	60	0	20	10
<i>Dinophysis cuneus (DSP)</i>	37	32	19838	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0
<i>Dinophysis fortii (DSP)</i>	71	38	53682	60	10	100	0	180	0	0	0	30	80	120	20	10	20	180	0	190	80
<i>Dinophysis parva (DSP)</i>	28	27	10688	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0
<i>Dinophysis rapa (DSP)</i>	82	63	170410	0	0	20	0	10	0	0	0	0	10	10	0	0	0	20	0	0	0
<i>Dinophysis rotundata (Phalacroma, DSP)</i>	33,5	32,5	18527	10	0	50	0	70	0	10	0	60	90	20	10	0	0	20	60	40	20
<i>Dinophysis sacculus (DSP)</i>	49	30	23091	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	10	0
<i>Dinophysis tripos (DSP)</i>	103,5	49,5	132785	20	0	60	0	30	0	0	0	40	20	40	0	10	10	0	30	20	20
<i>Dinophysis spp (DSP) gran</i>	46,5	46,5	52645	0	0	0	10	10	10	0	0	0	20	20	20	20	0	40	30	10	0
<i>Dinophysis spp. (DSP) peq. (<30um)</i>	25,5	25	8345	0	0	0	0	50	0	0	0	60	60	0	0	0	0	40	10	80	10
<i>Goniodoma polyedricum</i>	56	49,5	71845	20	0	80	0	150	0	0	0	110	40	30	10	0	0	150	10	160	70
<i>Gonyaulax polygramma</i>	44	34	26632	0	0	10	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10	0	0
<i>Gonyaulax spp.</i>	41,5	32,5	22952	0	10	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Gymnodinium spp. grandes (>40um)</i>	52,5	34,5	32719	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	40	10	0	0
<i>Gymnodinium spp (20-40um)</i>	29,5	26,5	10847	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	10	0	0	70	20	0	0
<i>Gymnodinium sp. (en cadena)</i>	24	24	7238	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40	0	0	0	0	0
<i>Gyrodinium spp.heterotrofos</i>	72	30,5	35070	20	20	280	20	40	40	0	0	140	480	110	240	0	250	510	260	420	0
<i>Heterocapsa spp.</i>	14	8,5	530	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	20	20	0
<i>Karlodinium spp.</i>	17	13,5	1622	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	411	274	0	0
<i>Katodinium glaucum</i>	23	10,5	1328	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0
<i>Leptodiscus medusoides?</i>	100	69,5	252912	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0
<i>Noctiluca scintillans</i>	325	325	17974206	10	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	10	0	20	20
<i>Ostreopsis spp.</i>	52	37	37274	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0
<i>Oxytoxum mediterraneum</i>	21	15,5	2642	0	0	0	0	20	0	0	0	10	0	0	0	0	0	10	10	10	10
<i>Oxytoxum scolopax</i>	65	11,5	4501	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0
<i>Oxytoxum variabile</i>	18	7	462	10	0	20	0	10	0	0	0	0	10	0	10	0	0	20	0	30	10
<i>Peridinium quinquecorne</i>	24	22	6082	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0
<i>Podolampas palmipes</i>	61,5	22,5	16302	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Podolampas spinifer</i>	87	15	10249	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Polykrikos schwartzii</i>	182	83	656489	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10	0	0	0	0	0	0	0

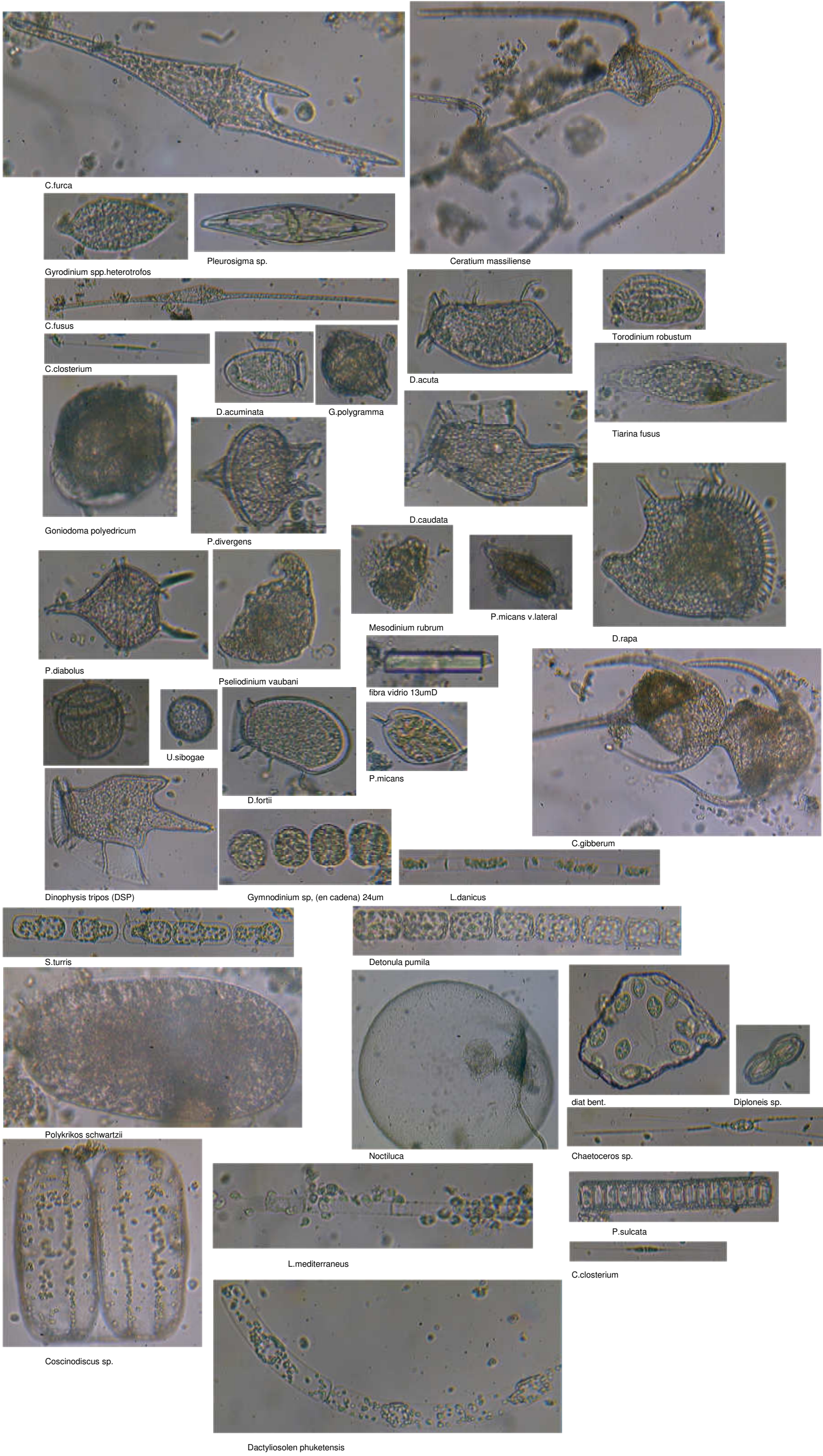
<i>Pronoctiluca acuta</i>	27,5	13	2433	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	
<i>Prorocentrum balticum</i>	13	13	1150	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	
<i>Prorocentrum compressum</i>	44,5	40,5	38218	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Prorocentrum micans</i>	64,5	19,5	12842	40	10	80	0	110	0	0	10	60	20	130	50	20	0	140	30	210	70
<i>Prorocentrum triestinum</i>	25	19,5	4977	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10	0	10	
<i>Prorocentrum vaginulum</i>	18	7	462	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	10	0	
<i>Prorocentrum</i> sp1 (punta flecha, cadena)	19	9,5	898	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	
<i>Protoceratium areolatum</i>	43,5	42	40178	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Protopteridinium depressum</i>	115	103,5	645027	0	0	10	0	0	0	0	0	10	0	10	0	0	0	0	0	10	
<i>Protopteridinium diabolus</i>	33	30	15551	10	0	50	0	30	0	0	0	20	20	20	0	10	0	60	20	30	10
<i>Protopteridinium divergens</i>	83	65,5	186449	20	0	30	10	70	0	0	0	20	90	30	10	0	0	60	50	20	40
<i>Protopteridinium globulus</i>	34	27	12978	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Protopteridinium oceanicum</i>	99,5	82	350308	0	10	10	0	10	0	10	0	10	0	10	0	10	0	10	20	30	30
<i>Protopteridinium ovforme</i>	58	39	46191	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0
<i>Protopteridinium steini</i>	47	32	25200	10	0	30	0	10	0	0	0	20	0	10	0	0	0	0	30	10	10
<i>Protopteridinium</i> spp.peq (<30um)	23	20,5	5061	20	10	60	10	30	0	0	10	10	20	70	10	0	10	40	80	40	40
<i>Protopteridinium</i> spp. gran	56,5	42,5	53435	10	0	20	0	20	10	0	0	10	40	10	20	10	10	30	40	60	40
<i>Pseliodinium vaubani</i>	63,5	30,5	30930	10	10	10	0	70	0	0	0	10	70	70	70	10	0	40	30	40	30
<i>Pyrocystis</i> spp.	50	29,5	22783	0	10	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10	10	10
<i>Pyrophacus</i> spp.	114,5	40	95924	20	10	20	10	10	0	0	0	30	10	0	10	0	20	20	20	0	0
<i>Scrippsiella</i> spp.	20,5	17	3102	50	10	60	0	60	10	10	0	50	40	50	30	40	0	80	50	180	30
<i>Torodinium robustum</i>	76	36	51573	30	10	170	40	220	30	0	0	70	180	170	70	0	0	210	170	260	70
Quistes Dinoflagelados	26	26	9203	0	10	20	0	0	20	0	0	0	0	0	10	10	60	10	0	10	10
DINO GRANDES NI	31,5	23,5	9108	230	120	720	80	520	140	10	20	350	670	540	490	130	20	510	530	460	460
DINO pequeños NI (<20um)	17	12,5	1391	10960	4658	14522	1644	9864	1918	1918	3014	11234	12878	14248	4384	3836	959	19728	18906	14522	5754
Diatomeas																					
<i>Bacillaria paxillifer</i>	50,5	4,5	511	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	80	0	0	0	0	0	0
<i>Chaetoceros lorenzianus</i>	19	18	4835	0	0	0	0	60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Chaetoceros</i> spp. gran.>20 um)	26,5	19,5	7914	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0
<i>Chaetoceros</i> spp. peq.<20 um)	12	16	2413	137	0	137	274	0	274	0	0	137	137	411	274	0	0	0	137	137	137
<i>Cocconeis</i> spp.	15	12	1080	274	685	137	685	137	411	822	548	411	411	548	411	548	274	411	685	274	411
<i>Coscinodiscus</i> spp.	59	205	1947380	0	0	0	0	20	0	10	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0
<i>Cylindrotheca closterium</i> (like)	95	3,5	582	411	548	548	1096	548	274	1096	274	548	1370	685	685	685	274	274	685	822	274
<i>Dactyliosolen phuketensis</i>	87,5	7,5	3866	0	0	40	100	10	230	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Detonula pumila</i>	31,5	31,5	24548	0	0	0	80	0	570	0	0	70	80	320	70	0	0	0	0	0	740
<i>Diploneis</i> spp.	42,5	15	4781	0	0	0	40	0	40	0	50	0	0	10	0	20	0	20	0	0	10
<i>Grammatophora marina</i>	34,5	19,5	6559	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	10
<i>Guinardia delicatula</i>	42	29	27742	0	0	0	0	10	0	0	10	10	20	0	0	0	0	0	0	60	0
<i>Guinardia striata</i>	160	16	32170	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0	80	0	0	0	0	0	290
<i>Gyrosigma</i> spp.	91,5	13	7732	0	0	0	0	20	10	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Haslea</i> spp.(simil)	130	3,5	796	0	0	10	0	0	0	20	10	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0
<i>Hemiaulus hauckii</i>	65	24,5	30643	0	0	20	0	0	0	0	0	0	20	0	80	0	0	0	0	0	0
<i>Leptocylindrus danicus</i>	30	7	1155	11508	8905	10549	46580	10686	31921	6302	10275	12467	13426	7809	13289	5343	6165	13563	4932	6713	15344
<i>Leptocylindrus mediterraneus-Rhizomonas setigera</i>	55,5	9,5	3934	0	0	0	30	120	110	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Licmophora</i> spp.	623,5	5,5	9430	30	10	30	20	10	10	10	10	0	10	10	0	20	0	0	40	0	0
<i>Lioloma</i> spp.	623,5	5,5	9430	0	0	40	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	10	10
<i>Paralia sulcata</i>	8	18,5	2150	60	70	0	290	0	40	60	0	0	70	0	0	0	0	70	0	0	0
<i>Pleurosigma</i> spp.	142,5	40,5	116868	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	10	0	20	0	0	0
<i>Proboscia alata</i>	470	8,5	26670	90	10	60	90	10	80	10	70	20	20	60	100	0	10	50	60	10	50
<i>Pseudo-nitzschia</i> spp (ASP)	71	3	320	50	0	550	160	40	720	60	0	0	10	90	160	30	10	60	0	70	220
<i>Rhizosolenia setigera</i>	195	11,5	20254	10	20	0	20	10	10	10	20	20	0	0	0	0	0	0	0	10	20
<i>Rhizosolenia</i> spp.	431,5	20,5	142423	0	10	10	30	0	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	20	20

<i>Striatella unipunctata</i>	66	58	111012	0	0	0	0	10	10	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0			
<i>Stephanopyxis turris</i>	87	22	33072	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40	0	0	0	0	0	0	0			
<i>Thalassionema nitzschooides</i>	56,5	4	904	0	10	0	10	10	90	20	20	0	0	20	0	0	0	0	20	20			
<i>Thalassiosira</i> spp.peq (<20um)	12,5	12,5	1534	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	10	0	0	137	0	0			
Diat baston. peq (<20um)Fragil	12,5	12,5	1534	6850	4110	6576	6576	2466	1370	5480	6576	5206	0	2192	2740	2466	1096	4384	5480	3562	2192		
Diat.pen. diminuta	8	1,5	9	0	0	0	0	0	0	0	0	2603	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
DIAT CENTRICAS NI gran	26,5	16,5	3607	20	100	180	150	130	90	0	30	80	120	110	10	0	0	70	140	20	0		
DIAT PENNADAS NI	150,5	4,5	1524	10	0	0	10	0	20	0	0	0	0	0	10	20	10	0	10	0	0		
DIAT BENTONICAS GRANDES	45,5	8,5	1644	685	2192	1507	1370	1781	822	548	1233	1507	2603	2740	1918	548	411	1233	1507	1370	1096		
DIAT BENTONICAS pequeñas <20um NI	12,5	2,5	39	6028	7398	7124	5754	4932	1918	1644	4658	6302	4932	3836	2740	3562	2192	6850	7672	4110	3288		
Coccolitoforales																							
<i>Umbilicosphaera sibogae</i>	26	26	9203	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0		
COCOLITOFORALES NI GRANDES	15	15	1767	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0	20	0	20	0	0	0		
COCOLITOFORALES NI pequeñas <10um	6,5	6,5	144	274	0	274	0	137	548	274	548	274	274	274	137	274	137	411	959	137	274		
Otros grupos FITOPLANCTON																							
Coanoflagelados	6	4	50	0	0	0	0	0	137	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
<i>Cryptomonas</i> spp.	12	7,5	353	274	274	548	0	274	137	0	274	3014	2466	411	137	0	1370	685	1507	0	0		
<i>Dictyocha fibula</i>	24,5	24,5	7700	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
<i>Dictyocha speculum</i>	27,5	27,5	10889	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10		
<i>Eutreptiella</i> spp.	43,5	8,5	1646	40	40	120	10	40	10	460	250	100	130	30	10	80	20	50	90	50	20		
<i>Halosphaera viridis</i> (phycoma)	60,5	60,5	115949	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0		
<i>Pterosperma</i> spp.	10,5	10,5	606	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Quistes 20-60um	40	40	33510	0	0	0	0	0	0	0	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Quistes peq. 12-20um	16	16	2145	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
CIANOBACTERIAS FILAMENTOSAS	224	9	9500	80	10	30	10	0	30	60	40	0	20	30	0	20	0	20	10	0	0		
HONGOS (esporas)	32,5	17	4918	0	20	30	10	0	10	0	0	0	0	0	10	10	0	20	10	0	0		
HONGOS (hifas)	150	3,5	962	30	50	20	40	0	0	0	30	30	0	0	20	10	10	0	0	0	0		
NANOFLAGELADAS M.O.N. 3-20um	11,5	10,5	664	53704	39182	147412	23838	97818	11234	18906	22742	109326	98092	95352	45210	15070	6576	123026	101654	126314	43840		
Picoplancton (metodo no apropiado, incluye posibles)	2,5	2,5	8	369056	553584	472853	542051	634315	230660	634315	784244	461320	691980	807310	518985	622782	622782	530518	230660	1130234	184528		
Zooplancton																							
<i>Globigerina</i> spp.	152,5	113	1019592	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
RADIOLARIOS	49	49	61601	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0		
Nematodos	500	16	67021	0	0	10	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
<i>Mesodinium rubrum</i> (=Myrionecta rubra)	33	33	18817	60	30	1450	0	910	20	10	0	1220	380	3560	60	20	0	880	0	670	290		
<i>Tiarina fusus</i>	124	36	84145	10	20	10	20	0	10	0	0	0	60	0	50	0	20	10	0	70	0		
CILIADOS DESNUDOS <30um	23	19	4347	60	40	685	411	274	548	0	274	822	548	80	822	30	274	685	685	959	822		
CILIADOS DESNUDOS gran (>30um)	38,5	33,5	22623	40	20	120	100	50	50	10	10	110	200	70	130	10	10	60	50	150	130		
<i>Strombidium</i> spp.	53	28	21757	0	0	0	10	10	10	0	0	20	40	40	30	0	160	10	160	10	10		
TINTINIDOS grandes (loricas)	85	27,5	33658	0	10	20	0	50	0	0	10	40	10	30	10	0	60	0	70	10	0		
NAUPLIOS +METANAUPLIOS	175	90	742203	20	0	100	30	60	20	10	0	10	50	20	20	10	90	60	80	60	60		
COPEPODOS	400	150	4712400	30	10	20	10	0	10	0	0	10	10	20	0	10	0	10	20	0	30		
LARVAS BIVALVOS	200	200	4188800	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10		
LARVAS GASTEROPODOS	110	70	282220	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
OTRAS ZOO	140	80	469146	10	20	60	10	30	10	0	0	10	30	10	30	0	0	30	20	40	40		
HUEVOS	125,5	125,5	1034977	20	0	10	10	20	10	20	20	10	10	20	40	0	0	10	20	10	50		
Sumas grupos FITOPLANCTON																							
sumaDINOFLAGELADAS				11680	4958	16772	1824	11974	2198	1968	3084	12434	15188	16058	5584	4206	1049	22148	21247	17316	7394		
sumaDIATOMIAS				26163	24068	27518	63375	20930	39160	16112	23824	26778	25832	18871	22687	13252	10462	26865	21388	17308	24152		
sumaCOCOLITOFORALES				274	0	274	0	137	548	274	568	274	274	274	274	137	294	451	979	137	274		
sumaOTRAS				54128	39576	148160	23918	98132	11578	19436	23376	112470	100708	95823	45377	15190	6616	124466	102469	127881	43870		

Nº taxones Fito			46	38	55	35	53	44	27	30	41	53	49	48	35	24	58	59	56	52	
Nºcels Fito			92245	68602	192724	89117	131173	53484	37790	50852	151956	142002	131026	73785	32942	18264	173930	146083	162642	75690	
Log nº cels Fito			4,964943	4,836337	5,284936	4,949961	5,117844	4,728224	4,577377	4,706308	5,181718	5,152294	5,117357	4,867968	4,51775	4,261596	5,240374	5,1646	5,211233	4,879039	
Diversidad Fito (Ntaxones/LogNcels)			9,264961	7,857186	10,40694	7,070763	10,35592	9,30582	5,898575	6,374423	7,912434	10,28668	9,575254	9,860377	7,747219	5,631693	11,06791	11,42393	10,74602	10,65784	
Otras Partículas																					
GRANOS POLEN			20	20	20	30	10	0	10	30	10	0	10	20	40	90	0	0	0	0	
ESPÍCULAS			70	140	40	160	20	60	160	340	0	30	10	20	140	430	50	20	10	70	
Tricomas plantas			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10	0	0	0	
CUERPOS INCLUSION (12-35um Marron)	41	41	36087	180	190	390	170	170	240	80	110	310	490	340	290	140	80	180	380	390	280
FECAL PELLETS	105	37,5	77313	450	520	580	620	410	540	960	1870	270	390	180	250	560	190	630	560	270	200
Partículas ORO			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Partículas OPALO			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FIBRA VIDRIO			260	40	60	30	110	10	710	30	220	20	50	50	240	440	90	30	150	0	
TEXTIL FILAMENTOS microplasticos			170	150	10	50	50	40	100	70	20	20	120	80	50	200	60	60	20	40	
Otros filamentos celulosa			30	130	70	150	40	110	50	80	60	10	70	50	90	240	20	60	50	30	
vainas FILAMENTOSAS BENTONICAS (algas, cianob., diat.)			90	100	0	40	10	40	180	130	30	10	30	10	130	70	30	40	20	10	
CELLULI CELULOSAE (1-2)			0	1	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	
AGREGADOS EXOPOLIMERICOS(1-2)			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Precipitados (1-3)			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
FLOCULOS (1-2)			0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	
Cristales fix.(1-2)			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
SOLIDOS (1-2)			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
Nº cels. Fito contadas			461	348	964	629	654	557	269	309	729	887	768	566	209	109	840	733	832	639	

Aprovechando la ocasión les saludamos atentamente:

Barcelona, 7 Septiembre 2020. Maximino Delgado



FITOPLANCTON (Células/Litro)

Recibidas mensajero 22oct2020 GuillermoBouza 18 muestras fito marino botellas vidrio 250ml,

Ident.1: Campaña																		
Ident.2: Fecha	Oct20	Oct20	Oct20	Oct20	Oct20	Oct20	Oct20	Oct20	Oct20	Oct20	Oct20	Oct20	Oct20	Oct20	Oct20	Oct20	Oct20	Oct20
Ident.3: ESTACION																		
Ident.4: PROFUNDIDAD (m)																		
Ident.5: Completo (Rotulos eje X)	P1-S	P1-F	P2-S	P2-F	P3-S	P3-F	P4-S	P4-F	P5-S	P5-F	P6-S	P6-F	P7-S	P7-F	P8-S	P8-F	P9-S	P9-F
N° interno(cubeta Maxi):	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
Fijador	Formol 4%																	
Volumen sedimentado:	100mL	100mL	100mL	100mL	100mL	100mL	100mL	100mL	100mL	100mL	100mL	100mL	100mL	100mL	100mL	100mL	100mL	100mL
Dinoflageladas																		
<i>Alexandrium spp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0
<i>Ceratium azoricum</i>	10	0	0	0	10	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ceratium candélabrum</i>	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ceratium furca</i>	10	0	10	0	20	0	30	0	110	0	120	0	20	0	60	30	90	10
<i>Ceratium fusus</i>	0	0	10	0	80	0	40	0	40	0	30	0	10	0	60	10	70	0
<i>Ceratium kofoidi</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0
<i>Ceratium massiliense</i>	40	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30	0	20	0	40	0
<i>Ceratium pentagonum</i>	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ceratium teres</i>	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ceratium trichoceros</i>	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ceratium spp. (mal posicionados)</i>	0	10	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0
<i>Ceratocorys armata</i>	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Corytodinium tessellatum</i>	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0
<i>Cochlodinium spp.</i>	10	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Dinophysis acuta (DSP)</i>	0	0	0	0	10	0	40	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0
<i>Dinophysis caudata (DSP)</i>	40	0	0	0	10	0	40	0	0	0	80	0	120	0	20	0	80	0
<i>Dinophysis fortii (DSP)</i>	0	0	0	0	10	0	10	0	0	0	0	0	20	0	20	0	0	0
<i>Dinophysis rotundata (Phalacroma, DSP)</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0
<i>Dinophysis tripos (DSP)</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0
<i>Dinophysis spp (DSP) gran</i>	10	0	0	0	10	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0
<i>Goniodoma polyedricum</i>	0	0	0	0	10	0	20	0	0	0	20	0	0	0	10	0	0	0
<i>Gonyaulax polygramma</i>	10	0	20	0	10	0	10	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0
<i>Gonyaulax verior</i>	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	30	0	10	0
<i>Gonyaulax spp.</i>	10	0	10	0	0	0	0	0	10	0	10	0	0	0	0	0	0	0
<i>Gymnodinium spp (20-40um)</i>	0	0	0	0	10	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Gymnodinium sp. " calabaza"</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0
<i>Gymnodinium elongatum</i>	0	0	20	0	0	0	10	0	10	0	10	0	0	0	0	0	0	0
<i>Gyrodinium spp.heterotrofos</i>	130	10	120	20	90	0	70	10	110	10	30	30	160	20	130	30	90	30
<i>Histioneis joergenseni</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0
<i>Karlodinium spp.</i>	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Katodinium glaucum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0
<i>Noctiluca scintillans</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0
<i>Oxytoxum coronatum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	10
<i>Oxytoxum mediterraneum</i>	20	0	0	0	0	0	10	0	10	0	0	0	20	0	10	0	0	0
<i>Oxytoxum scolopax</i>	50	0	80	0	20	0	10	0	20	0	10	10	30	0	40	0	30	0
<i>Oxytoxum sceptrum</i>	0	0	10	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Oxytoxum variable</i>	0	0	10	0	10	0	10	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0

amarillo con part azules

<i>Oxytoxum</i> spp.	10	0	10	0	0	0	10	0	10	0	10	0	20	0	10	10	30	0
<i>Paleophalacroma unicintum</i>	20	0	70	0	90	0	90	0	10	0	50	0	80	0	30	0	10	0
<i>Podolampas bipes</i>	0	0	0	0	0	0	0	10	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Podolampas palmipes</i>	0	0	10	0	10	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pronoclituca acuta</i>	0	0	0	10	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Prorocentrum compressum</i>	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0
<i>Prorocentrum dentatum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Prorocentrum micans</i>	90	0	30	0	100	0	60	10	30	0	50	10	100	0	150	0	140	0
<i>Prorocentrum vaginulum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	10	0
<i>Prorocentrum</i> spp.	0	0	0	0	0	0	0	0	30	0	0	0	10	0	0	0	0	0
<i>Protoceratium areolatum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	20	0	0	0
<i>Protoperidinium bipes</i>	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	10	0
<i>Protoperidinium diabolus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0
<i>Protoperidinium divergens</i>	10	0	10	0	0	0	20	0	10	0	10	10	10	0	10	0	10	0
<i>Protoperidinium rectum</i>	10	0	0	0	10	0	10	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0
<i>Protoperidinium sphaeroideum</i>	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Protoperidinium steini</i>	0	0	0	0	0	0	40	0	0	0	0	0	0	0	10	0	20	0
<i>Protoperidinium</i> spp.peq (<30um)	0	0	30	0	10	0	10	0	20	0	30	0	20	0	10	0	0	0
<i>Protoperidinium</i> spp.gran	30	0	50	10	40	0	30	0	10	0	10	0	100	0	30	0	30	0
<i>Tordinium robustum</i>	360	0	140	0	350	10	490	0	340	20	480	0	630	0	510	30	610	10
Quistes Dinoflagelados	10	0	0	0	10	0	0	0	0	10	0	0	0	10	0	0	0	0
DINO GRANDES NI	640	170	1020	60	680	60	460	40	520	80	390	50	610	70	390	150	300	40
DINO pequeños NI (<20um)	5069	1370	9453	1233	12604	274	10138	548	10823	685	5069	548	14796	1507	7946	1644	4658	137
Diatomeas																		
<i>Asteromphalus</i> spp.	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0
<i>Asterionellopsis glacialis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	70	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cerataulina pelagica</i>	50	0	0	0	20	0	0	0	0	0	70	0	60	0	0	0	0	0
<i>Chaetoceros curvisetus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	90	0	0	0	60	0	50	40	0	0
<i>Chaetoceros decipiens</i>	0	140	0	0	30	0	150	0	140	0	170	0	110	0	0	70	90	70
<i>Chaetoceros lorenzianus</i>	0	0	0	0	0	0	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Chaetoceros peruvianus</i>	0	0	0	0	20	0	20	0	0	10	0	0	0	0	0	0	10	20
<i>Chaetoceros</i> spp.gran.>20 um)	170	60	0	0	20	0	30	0	130	0	60	0	0	0	0	0	0	0
<i>Chaetoceros</i> spp.peq.<20 um)	0	0	0	90	0	0	10	70	0	0	0	0	0	70	0	0	20	0
<i>Corethron criophilum</i>	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cylindrotheca closterium</i> (like)	20	30	60	80	40	70	10	50	20	80	0	50	10	50	0	50	10	50
<i>Dactyliosolen phuketensis</i>	60	0	0	0	50	0	120	90	0	120	0	0	0	0	0	60	0	110
<i>Detonula pumila</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	80	0	0	0
<i>Diploneis</i> spp.	0	30	0	10	0	10	0	40	10	0	0	20	0	10	0	0	0	0
<i>Grammatophora marina</i>	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
<i>Gyrosigma</i> spp.	0	90	0	70	0	40	0	30	0	20	0	50	0	20	10	0	0	30
<i>Haslea</i> spp.(simil)	10	10	20	10	70	10	50	0	60	10	10	0	30	0	10	30	30	0
<i>Helicotheca tamesis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	580	0	0	0	0	0	0	20
<i>Hemiaulus sinensis</i>	0	0	0	0	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Leptocylindrus danicus</i>	120	110	20	0	180	220	0	0	680	60	180	140	460	50	410	10	0	50
<i>Leptocylindrus mediterraneus-Rhizomonas setigera</i>	700	0	130	40	300	0	480	0	800	0	280	0	1140	20	1420	120	1690	20
<i>Leptocylindrus minimus</i>	0	0	140	0	30	0	550	0	60	0	0	20	80	0	0	0	110	0
<i>Licmophora</i> spp.	0	0	0	0	0	0	0	30	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0

<i>Nannoneis hasleae</i>	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Odontella mobilensis</i>	10	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Paralia sulcata</i>	0	0	0	0	0	80	0	60	0	50	0	100	0	0	0	0	0	0
<i>Pleurosigma spp.</i>	0	30	0	40	0	20	0	20	0	20	0	10	0	10	0	10	0	0
<i>Proboscia alata</i>	0	0	30	0	40	0	0	0	40	0	10	0	20	0	60	0	10	0
<i>Proboscia alata f indica</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0
<i>Pseudo-nitzschia spp (ASP)</i>	490	200	140	220	240	120	1950	40	270	80	40	120	2430	80	600	110	390	30
<i>Pseudosolenia calcar-avis</i>	0	0	0	0	0	20	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Rhizosolenia setigera</i>	30	20	80	30	180	60	80	40	20	70	20	20	10	100	20	110	30	20
<i>Rhizosolenia spp.</i>	10	0	0	0	30	0	10	0	50	0	10	0	0	0	60	0	0	0
<i>Skeletonema sp.</i>	160	0	0	0	90	0	0	0	0	0	30	0	0	40	0	110	0	0
<i>Striatella unipunctata</i>	0	0	0	10	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	0	0	0	0	0	0	140	0	0	30	20	70	50	10	20	0	0	30
<i>Thalassionema spp.</i>	0	0	70	20	50	50	0	0	0	50	0	0	0	0	0	0	50	0
<i>Thalassiosira spp. gran (20-60um)</i>	10	0	10	0	0	10	0	0	60	10	0	0	0	0	10	10	0	0
<i>Thalassiosira spp.peq (<20um)</i>	0	20	30	10	0	30	30	30	0	10	0	20	0	20	0	10	0	0
DIAT CENTRICAS NI gran	0	0	0	230	0	0	0	0	0	10	0	0	10	0	0	0	0	0
DIAT PENNADAS NI	0	10	0	30	10	10	0	0	0	30	10	0	20	0	0	0	0	0
DIAT BENTONICAS GRANDES	110	685	520	548	1233	1370	411	685	1370	274	274	137	137	274	274	685	274	411
DIAT BENTONICAS pequeñas <20um NI	822	2192	2192	1918	4658	822	3014	8768	3288	1233	822	685	1507	2055	1233	2603	822	685
Cocolitoforales																		
COCOLITOFORALES NI pequeñas <10um	0	274	137	274	0	274	0	0	0	137	0	274	137	274	0	0	137	137
Otros grupos FITOPLANCTON																		
<i>Amoeba spp.</i>	0	0	10	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0
Cryptomonads	1096	0	1370	411	7672	0	10412	0	16440	274	9864	0	10960	137	9316	137	19043	137
<i>Dictyocha fibula</i>	50	0	110	10	120	0	100	0	10	10	30	0	100	10	20	0	70	10
<i>Dictyocha speculum</i>	10	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Dictyocha octonaria</i>	10	0	10	0	10	0	20	0	0	0	0	0	10	0	0	0	10	0
Quistes peq. 12-20um	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	20	0	10	0	10	0	10
CIANOBACTERIAS FILAMENTOSAS	20	30	20	0	40	50	0	210	10	10	0	0	10	210	0	40	0	0
HONGOS (esporas)	30	0	0	820	0	0	10	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	20
HONGOS (hifas)	0	100	0	90	10	700	0	40	0	40	0	30	0	60	0	30	0	30
NANOFLAGELADAS M.O.N. 3-20um	59458	21646	43840	16714	64938	5206	80830	18358	118642	5206	34250	9042	72884	21372	135082	20824	186320	39730
Colonias <i>Pediastrum</i> sp. (aguas dulces)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
Colonias Phaeocystis	470	20	150	50	250	0	510	20	410	60	520	40	630	50	540	60	290	0
Picoplancton (metodo no apropiado, incluye posible Zooplancton)	207594	299858	230660	461320	276792	184528	322924	138396	161462	184528	69198	184528	207594	715046	438254	92264	380589	219127
RADIOLARIOS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0
Nematodos	0	0	0	0	0	0	0	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Mesodinium rubrum (=Myrionecta rubra)</i>	40	20	10	0	0	0	110	0	90	0	60	0	100	0	70	10	90	0
<i>Tiarina fusus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0
CILIADOS DESNUDOS <30um	959	0	1370	20	1370	20	959	10	959	20	548	10	1644	10	1233	20	300	20
CILIADOS DESNUDOS gran (>30um)	180	0	260	0	160	20	130	20	110	10	140	10	170	10	200	0	150	10
<i>Strombidium spp.</i>	210	0	770	0	760	0	470	0	420	10	640	10	610	10	530	0	420	10
<i>Didinium nasutum</i>	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TINTINIDOS grandes (loricas)	50	20	110	60	90	10	120	10	120	160	130	20	70	10	140	10	120	30

TINT.pequeños (<40um loricas)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	80	0	40	0	0	0	0	10	10
NAUPLIOS +METANAUPLIOS	40	0	20	10	10	40	60	0	50	30	10	10	30	10	10	10	40	30
COPEPODOS	10	0	20	0	0	0	0	10	0	0	40	0	10	0	0	0	10	0
LARVAS BIVALVOS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0
LARVAS GASTEROPODOS	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OTRAS ZOO	90	30	30	0	0	0	40	0	20	0	40	0	30	0	30	0	10	0
HUEVOS	10	10	0	0	10	0	0	0	40	30	10	0	0	10	20	0	0	40
Sumas grupos FITOPLANCTON																		
sumaDINOFLAGELADAS	6639	1570	11143	1333	14244	344	11718	618	12133	805	6439	658	16906	1627	9556	1914	6298	237
sumaDIATOMEAS	2772	3647	3452	3366	7351	2962	7105	9963	7088	2247	2586	1442	6144	2809	4277	4028	3546	1556
sumaCOCOLITOFORALES	0	274	137	274	0	274	0	0	0	137	0	274	137	274	0	0	137	137
sumaOTRAS	61154	21796	45510	18115	73040	5956	91882	18628	135522	5610	44664	9132	84594	21859	144958	21101	205733	39947
Nº taxones Fito	49	25	43	31	56	24	52	23	41	33	40	24	51	29	43	29	43	28
Nºcels Fito	70565	27287	60242	23088	94635	9536	110705	29209	154743	8799	53689	11506	107781	26569	158791	27043	215714	41877
Log nº cels Fito	4,848589	4,435956	4,779899	4,363386	4,976052	3,979366	5,044167	4,465517	5,189611	3,944433	4,729885	4,060924	5,032542	4,424375	5,200826	4,432055	5,333878	4,62197556
Diversidad Fito (Ntaxones/LogNcels)	10,10603	5,635764	8,996005	7,104574	11,2539	6,031111	10,30894	5,15058	7,900399	8,366221	8,456865	5,909984	10,13404	6,554598	8,267918	6,54324	8,061676	6,05801559
Otras Partículas																		
GRANOS POLEN	20	10	10	10	10	10	0	0	0	10	0	10	0	10	0	10	0	0
ESPÍCULAS	20	130	10	160	50	90	20	160	10	210	0	90	10	90	0	80	0	50
Tricomas plantas	10	10	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	10
CUERPOS INCLUSION (12-35um Marron)	120	40	50	20	50	60	100	20	140	90	100	40	110	40	150	30	120	90
FECAL PELLETS	130	370	80	100	90	20	160	550	70	160	60	40	80	410	30	260	60	100
Partículas amarillas	0	30	139	70	10	680	20	290	70	20	0	270	0	730	10	30	10	0
FIBRA VIDRIO	0	10	0	10	10	10	0	0	0	0	0	10	0	0	0	10	0	0
TEXTIL FILAMENTOS microplasticos	170	230	60	110	60	150	80	140	60	40	90	50	10	100	10	20	30	70
Otros filamentos celulosa	250	420	80	170	90	140	60	210	30	150	110	280	60	130	20	80	70	160
vainas FILAMENTOSAS BENTONICAS (alg)	0	90	20	50	20	20	10	140	0	20	0	0	0	40	0	10	0	0
CELLULI CELULOSAE (1-2)	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
AGREGADOS EXOPOLIMERICOS(1-2)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Precipitados (1-3)	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FLOCULOS (1-2)	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Cristales fix.(1-2)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SOLIDOS (1-2)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nº cels. Fito contadas	627	216	536	289	726	198	990	190	1030	136	537	121	1128	200	1057	219	1238	215

Aprovechando la ocasión les saludamos atentamente:

Barcelona, 10 de Noviembre de 2020. Maximino Delgado



Ceratocorys armata



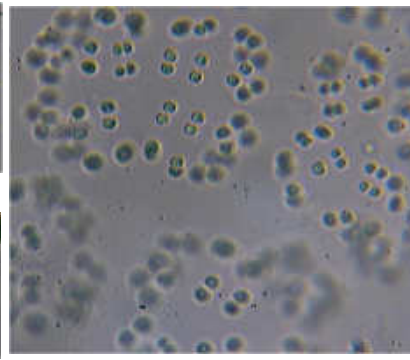
Torodinium robustum



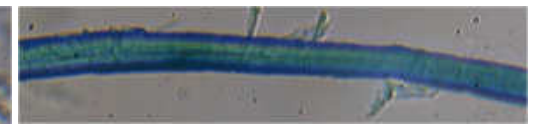
P. rectum



Cerataulina pelagica



Colonia de Phaeocystis



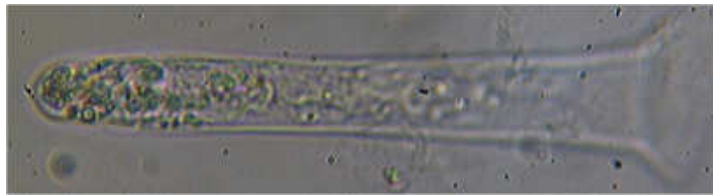
TEXTIL FILAMENTOS microplasticos



O. scolopax



Ciliado peq.



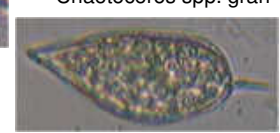
Tintinido



Leptocylindrus mediterraneus-Rhizomonas setigera



Chaetoceros spp. gran



P. micans



Dactyliosolen phuketensis



C. massiliense



D. caudata



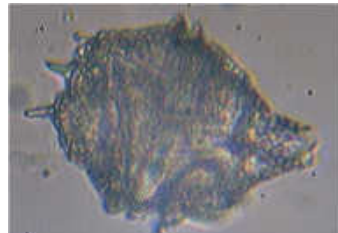
Gonyaulax sp.



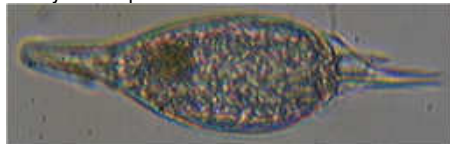
O. mobiliensis



D. fibula



G. verior



P. palmipes



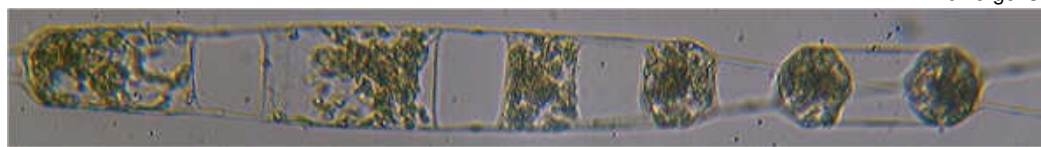
L. minimus



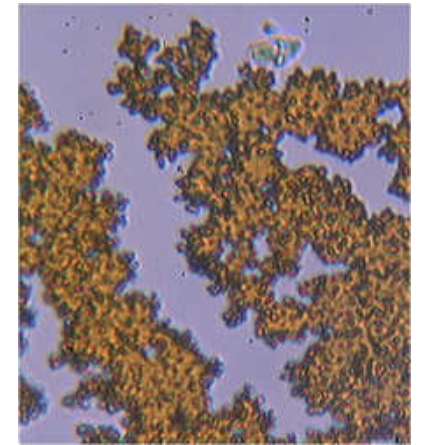
P. divergens



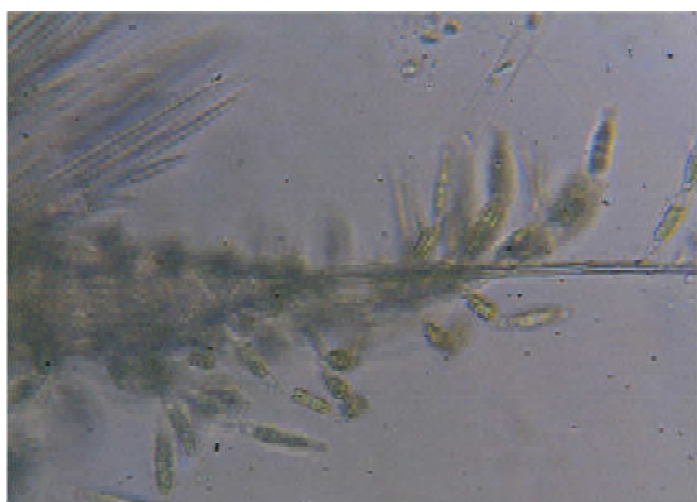
Pronoctiluca acuta



Helicotheca tamesis



particulas amarillas



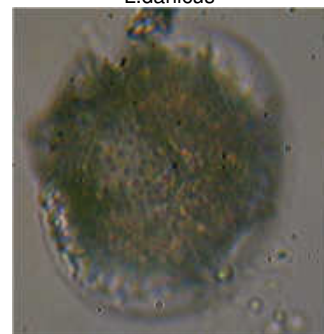
Diat bent. sobre copéodo



P. diabolus



L. danicus



Goniodoma polyedricum



Histioneis joergenseni 51x33

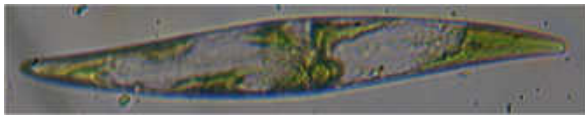


FITOPLANCTON (Células/Litro)			Pedido de Dimitri Alves. Recibidas mensajero 26 nov2020 16 muestras fito marino botellas vidrio 250ml mas 2 botellas rotas(P9F y P2S).,																		
Lmedia Amedia (VOL(um3)																					
Ident.1: Campaña																					
Ident.2: Fecha																					
Ident.3: ESTACION																					
Ident.4: PROFUNDIDAD (m)																					
Ident.5: Completo (Rotulos eje X)																					
N° interno(cubeta Maxi):																					
Fijador																					
Volumen sedimentado:																					
Dinoflageladas																					
Alexandrium spp.			20	18	3393	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	
Ceratium furca			202,5	34,5	126201	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	
Ceratium fusus			299,5	11	18975	10	0	0	10	0	0	0	0	0	20	10	0	0	0	0	
Corytodinium constrictum			72	33	41054	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	
Cochlodinium spp.			51	21,5	12344	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	
Dinophysis fortii (DSP)			71	38	53682	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	
Dinophysis rotundata (Phalacroma, DSP)			33,5	32,5	18527	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	
Dinophysis spp. (DSP) peq. (<30um)			25,5	25	8345	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	
Gymnodinium spp. grandes (>40um)			52,5	34,5	32719	0	0	0	0	0	0	10	0	30	10	0	0	0	0	10	
Gymnodinium elongatum			33	7,5	972	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	
Gyrodinium spp.heterotrofos			72	30,5	35070	0	0	0	60	0	10	0	30	0	90	10	20	0	50	0	40
Katodinium glaucum			23	10,5	1328	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	
Mesoporus perforatus			18,5	17	2799	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Oxytoxum scolopax			65	11,5	4501	0	0	0	10	0	0	0	0	10	10	0	0	0	0	0	
Oxytoxum variable			18	7	462	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	
Oxytoxum spp.			19	13	1681	0	0	0	10	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	10	
Paleophalacroma unicintum			24	20	5027	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	
Podolampas palmipes			61,5	22,5	16302	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	
Prorocentrum micans			27,5	13	2433	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	
Prorocentrum compressum			44,5	40,5	38218	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	10	0	
Prorocentrum spp.			64,5	19,5	12842	0	0	0	10	0	0	10	0	20	0	0	10	0	10	0	
Protoperidinium spp.peq (<30um)			30	25	9818	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	
Protoperidinium spp.gran			23	20,5	5061	0	0	0	0	0	10	0	0	0	10	0	0	0	0	10	
Protoperidinium spp.peq (<30um)			56,5	42,5	53435	0	0	0	20	0	10	0	0	0	10	0	0	10	0	10	
Scrippsiella spp.			20,5	17	3102	10	0	0	20	0	0	30	0	0	40	0	0	0	0	0	
Torodinium robustum			76	36	51573	0	0	0	0	0	0	20	0	10	10	0	0	30	0	40	
Quistes Dinoflagelados			26	26	9203	20	0	0	10	0	0	30	0	10	10	10	0	20	0	0	
DINO GRANDES NI			31,5	23,5	9108	70	40	10	100	20	30	20	120	0	470	60	20	20	190	10	230
DINO pequeños NI (<20um)			17	12,5	1391	274	137	137	4247	274	274	274	2603	411	4932	685	548	822	1507	411	2192
Diatomeas																					
Asteromphalus spp.			8	43	11618	0	0	0	10	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0
Asterionellopsis glacialis			64,5	15,5	7748	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	110	0	0	
Cerataulina pelagica			52	16	10455	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10	10	
Chaetoceros spp.gran.(>20 um)			26,5	19,5	7914	10	0	0	0	0	0	60	0	0	0	0	0	0	0	0	
Chaetoceros spp.peq.<20 um)			12	16	2413	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	70	30	0	0	0	
Cocconeis spp.			15	12	1080	0	0	0	0	0	10	137	10	0	0	0	0	0	0	0	
Corethron criophilum			33	11	3136	20	0	0	0	10	10	0	10	10	0	0	0	0	0	0	

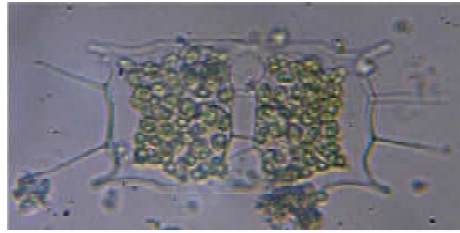
Cylindrotheca closterium (like)	95	3,5	582	170	1370	1644	70	1644	685	1096	685	1233	90	548	1233	1781	20	1370	100
Detonula pumila	31,5	28	19396	0	70	0	0	50	0	0	0	0	0	60	0	0	0	40	80
Diploneis spp.	42,5	15	4781	10	10	40	0	0	30	0	0	40	0	0	10	10	0	30	0
Grammatophora marina	34,5	19,5	6559	0	10	10	0	0	10	10	10	20	0	0	30	0	0	10	0
Guinardia delicatula	42	29	27742	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	70	0	0
Guinardia faccida	139,5	29,5	95347	0	0	0	10	0	0	0	0	0	60	0	0	0	20	40	0
Guinardia striata	160	16	32170	0	10	20	0	0	50	10	170	0	0	0	20	0	40	0	60
Gyrosigma spp.	91,5	13	7732	40	20	60	0	60	20	30	0	70	0	0	0	20	0	30	0
Haslea spp.(simil)	130	3,5	796	0	10	40	10	10	0	10	0	0	30	0	20	0	0	20	50
Hemiaulus hauckii	65	24,5	30643	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	90	0	0
Hemiaulus sinensis	34,5	23	14334	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Leptocylindrus danicus	30	7	1155	70	20	0	40	0	20	220	70	40	40	50	120	150	80	50	80
Leptocylindrus mediterraneus-Rhizomonas se	55,5	9,5	3934	30	0	0	250	80	0	0	140	0	0	0	0	0	0	0	0
Licmophora spp.	623,5	5,5	9430	0	0	10	0	0	10	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0
Odontella mobilensis	86	48	155622	620	270	80	0	110	270	250	30	90	0	160	150	160	0	280	0
Odontella spp.	17	16	3418	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Paralia sulcata	8	18,5	2150	90	40	140	0	140	0	0	0	150	0	30	30	160	0	150	0
Pleurosigma spp.	142,5	40,5	116868	30	50	50	0	20	30	60	10	40	0	0	30	30	0	10	10
Proboscia alata	470	8,5	26670	0	0	10	0	10	0	0	0	0	10	0	10	0	0	10	20
Pseudo-nitzschia spp (ASP)	71	3	320	540	590	910	3670	780	390	540	2060	610	1920	1090	1230	370	1180	1110	1460
Pseudosolenia calcar-avis	406	21,5	147399	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0
Rhizosolenia setigera	195	8	9802	20	20	0	20	50	50	50	40	0	30	60	80	50	20	40	0
Rhizosolenia robusta	443,5	116,5	4727553	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rhizosolenia spp.	431,5	20,5	142423	0	10	0	10	20	0	0	20	0	30	10	10	10	30	30	10
Striatella unipunctata	66	58	111012	0	0	10	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Thalassionema nitzschioides	56,5	4	904	0	0	70	0	70	0	0	40	0	50	50	0	0	40	20	60
Thalassionema spp.	160	4,5	3240	20	20	0	0	30	40	10	30	0	20	0	20	20	0	10	0
Thalassiosira spp. enorme (>60um)	34,5	111	333854	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	10
Thalassiosira spp. gran (20-60um)	12	40	15080	10	170	60	10	30	100	110	40	30	20	40	110	100	10	60	100
Thalassiosira spp.peq (<20um)	12,5	12,5	1534	440	170	120	10	110	370	430	110	150	0	240	220	380	40	280	0
Triceratium alternans (Biddulphia alternans)	27	30	19085	20	0	20	0	20	0	0	0	10	0	0	0	10	0	10	0
DIAT CENTRICAS NI gran	26,5	16,5	3607	50	20	0	10	10	30	10	0	0	0	40	0	0	70	0	10
DIAT PENNADAS NI	150,5	4,5	1524	0	0	20	20	0	10	0	10	10	10	0	0	0	0	10	20
DIAT BENTONICAS GRANDES	45,5	8,5	1644	70	160	1233	50	685	250	411	685	685	274	137	100	685	40	411	50
DIAT BENTONICAS pequeñas <20um NI	12,5	2,5	39	274	1370	4521	822	1370	1233	2329	2877	1644	2192	1096	822	3425	274	2877	1507
Cocolitoforales																			
COCOLITOFORALES NI GRANDES	15	15	1767	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0
COCOLITOFORALES NI pequeñas <10um	6,5	6,5	144	411	137	411	274	137	137	274	0	274	274	137	685	274	0	137	274
Otros grupos FITOPLANCTON																			
Cryptomonads	12	7,5	353	0	0	0	2603	137	0	0	1233	0	1644	274	411	411	548	137	3288
Dictyocha fibula	24,5	24,5	7700	0	0	0	70	0	20	10	50	10	120	20	10	10	110	10	130
Dictyocha octonaria	37,5	37,5	27612	0	0	0	10	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	20
Halosphaera viridis (phycoma)	60,5	60,5	115949	0	0	0	10	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Quistes peq. 12-20um	16	16	2145	0	0	0	0	0	0	0	60	0	0	0	0	10	120	20	0
CIANOBACTERIAS FILAMENTOSAS	224	4,5	2375	0	10	30	0	0	0	20	0	0	0	0	10	20	10	10	10
HONGOS (esporas)	32,5	17	4918	0	10	10	10	40	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0
HONGOS (hifas)	150	3,5	962	0	50	0	0	30	10	30	120	0	30	10	0	0	90	0	90

<i>Scenedesmus</i> spp.(agua dulce)	20	17	3026	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40	0	0	0
NANOFLAGELADAS M.O.N. 3-20um	11,5	10,5	664	2603	4521	3288	51512	3014	4932	4247	56718	2603	64664	34250	28496	14248	120834	4658	104942
Colonias Phaeocystis	100	100	523600	0	0	0	30	0	0	0	10	0	30	10	0	0	20	0	20
Picoplancton (metodo no apropiado, incluye)	2,5	2,5	8	92264	242193	184528	196061	242193	69198	219127	334457	172995	253726	219127	818843	357523	484386	207594	772711
Zooplancton																			
ACANTHARIOS	33	33	18817	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Globigerina</i> spp.	152,5	113	1019592	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
RADIOLARIOS	49	49	61601	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
Nematodos	500	16	67021	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Mesodinium rubrum</i> (=Myrionecta rubra)	33	33	18817	0	0	0	340	0	10	0	120	0	80	20	0	0	240	0	20
CILIADOS DESNUDOS <30um	23	19	4347	0	20	10	685	0	0	0	548	10	959	60	20	0	685	10	548
CILIADOS DESNUDOS gran (>30um)	38,5	33,5	22623	0	0	0	150	10	0	0	90	10	180	50	0	0	260	0	220
<i>Strombidium</i> spp.	53	28	21757	0	0	0	160	0	0	0	110	0	210	20	0	0	220	0	310
TINTINIDOS grandes (loricas)	85	27,5	33658	60	120	190	110	130	50	100	130	190	310	130	110	60	310	80	130
TINT.pequeños (<40um loricas)	30	24,5	9429	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ROTIFEROS	175	130	1548547	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NAUPLIOS +METANAUPLIOS	175	90	742203	10	0	0	20	10	0	0	20	0	20	0	0	0	10	0	30
COPEPODOS	400	150	4712400	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10	0	0	0	0	0
LARVAS BIVALVOS	200	200	4188800	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LARVAS GASTEROPODOS	110	70	282220	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OTRAS ZOO	140	80	469146	0	0	10	10	0	0	0	0	10	20	10	0	0	0	0	30
HUEVOS	125,5	125,5	1034977	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sumas grupos FITOPLANCTON																			
sumaDINOFLAGELADAS				384	177	147	4547	294	334	324	2853	411	5692	815	598	852	1837	441	2602
sumaDIATOMEAS				2544	4410	9078	5032	5339	3608	5586	7244	4872	4776	3611	4325	7391	2144	6908	3637
sumaCOCOLITOFORALES				431	137	411	274	137	137	274	0	274	274	137	685	284	0	137	274
sumaOTRAS				2603	4591	3328	54245	3241	4962	4307	58201	2623	66488	34564	28927	14739	121732	4835	108500
Nº taxones Fito				28	27	27	38	31	28	25	38	24	36	29	29	28	33	34	38
Nºcels Fito				5962	9315	12964	64098	9011	9041	10491	68298	8180	77230	39127	34535	23266	125713	12321	115013
Log nº cels Fito				3,775392	3,969183	4,112739	4,806844	3,954773	3,956216	4,020817	4,834408	3,912753	4,887786	4,592477	4,538259	4,366722	5,09938	4,090646	5,060747
Diversidad Fito (Ntaxones/LogNcels)				7,416448	6,802408	6,564968	7,905394	7,838629	7,077469	6,217642	7,860321	6,133788	7,365298	6,314676	6,390115	6,412133	6,471375	8,311646	7,508773
Otras Partículas																			
GRANOS POLEN				20	20	70	0	20	10	10	10	120	0	10	10	30	0	20	0
ESPÍCULAS				320	490	1120	20	670	430	620	110	1410	0	170	240	330	50	770	0
Tricomas plantas				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10	10	0	0	10
CUERPOS INCLUSION (12-35um Marr)	41	41	36087	10	20	20	30	30	0	20	0	0	20	0	10	30	30	50	40
FECAL PELLETS	105	37,5	77313	140	170	370	100	150	160	320	80	490	70	100	140	360	110	500	90
Partículas amarillas				20	20	90	60	0	40	10	60	30	0	0	50	0	0	0	20
FIBRA VIDRIO				10	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	10
TEXTIL FILAMENTOS microplasticos				60	210	330	50	280	60	180	100	460	80	160	150	140	100	150	90
Otros filamentos celulosa				40	110	160	90	170	50	170	170	270	40	200	270	60	70	120	140
vainas FILAMENTOSAS BENTONICAS (algas, cianob., diat..)				40	10	30	0	0	60	30	10	70	20	0	10	40	10	20	0
CELLULI CELULOSAE (1-2)				0	2	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0
AGREGADOS EXOPOLIMERICOS(1-2)				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Precipitados (1-3)				2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0

FLOCULOS (1-2)		0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	0	1	0
Cristales fix.(1-2)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SOLIDOS (1-2)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nº cels. Fito contadas		264	233	255	695	228	212	249	595	183	608	341	363	267	705	303	705	
<i>Aprovechando la ocasión les saluda atentamente:</i>																		
<i>Barcelona, 11 Diciembre 2020. Maximino Delgado</i>																		



Pleurosigma sp.



O.mobiliensis



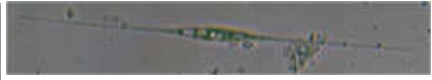
TEXTIL FILAMENTOS microplasticos



P.alata



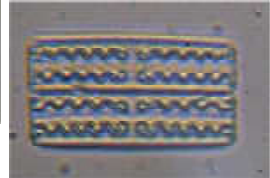
Thalassiosira spp.peq (<20um)



C.closterium



Pseudo-nitzschia spp (ASP)



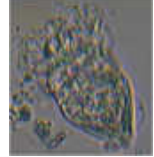
G.marina



C.pelagica



A.glacialis



Strombidium spp.



Corythodinium constrictum



Torodinium robustum



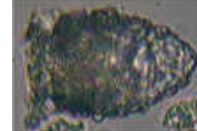
Guinardia striata



Thalassiosira sp.



Pronoctiluca acuta



Tintinoides



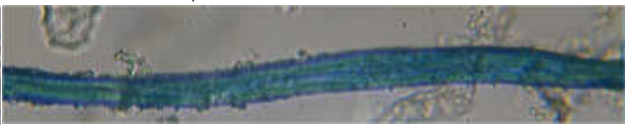
Detonula pumila



Acanthario



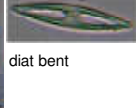
Paralia sulcata



microplástico 15umD



Gyrodinium



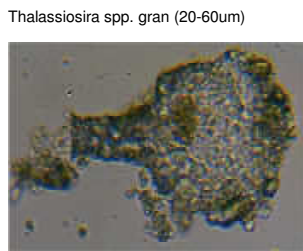
diat bent



Licmophora spp.



Nematodo



Thalassiosira spp. gran (20-60um)



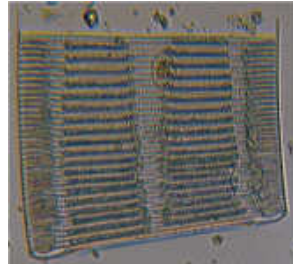
microplástico



Tintinoides



Halosphaera viridis (phycoma)



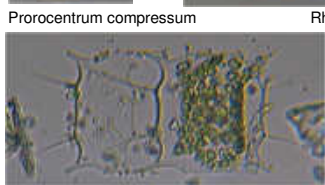
Striatella unipunctata



Dictyocha fibula



Rhizosolenia spp.



Prorocentrum compressum



Leptocylindrus danicus



Thalassionema nitzschioides



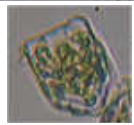
Ceratium fusus



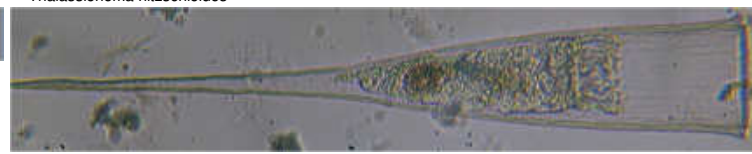
Odontella mobiliensis



Rhizosolenia setigera



Triceratium alternans (Biddulphia alternans)



Tintinoides



Oxytoxum scolopax



P.micans

Tricoma plantas

2. Estudio básico de dinámica litoral

ESTUDIO DE AFECCIÓN A LA DINÁMICA LITORAL

PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE UN EMISARIO SUBMARINO PARA LA EVACUACIÓN DE AGUA Y LODOS PROCEDENTES DE LA EXPLOTACIÓN SUBTERRÁNEA DEL YACIMIENTO DE SALAVE

NOVIEMBRE 2020



Promotor:

**EXPLORACIONES MINERAS DEL
CANTÁBRICO S.L.**

Término municipal: Tapia de Casariego



Índice

1. INTRODUCCIÓN.....	3
2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	4
3. VALORACIÓN DE LA AFECCIÓN DEL PROYECTO A LA DINÁMICA LITORAL.....	5

1. INTRODUCCIÓN

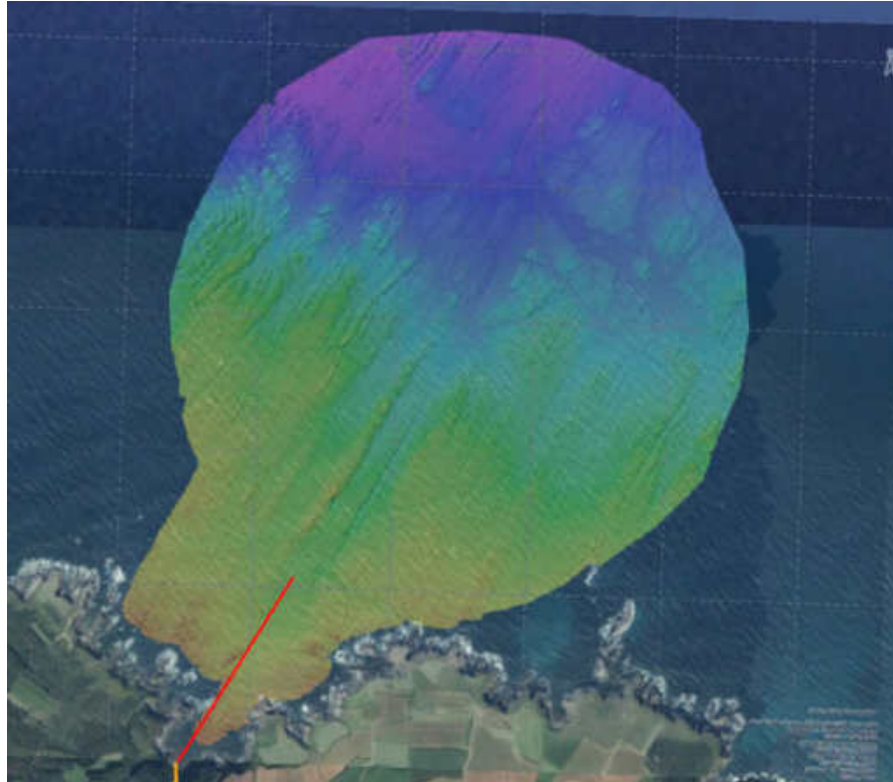
El objetivo del presente estudio es dar respuesta a lo requerido por el artículo 93 del Reglamento General de Costas, que establece, de forma genérica, el contenido del estudio básico de dinámica litoral:

El estudio básico de dinámica litoral a que se refiere el artículo 91.3 de este reglamento se acompañará como anejo a la Memoria, y comprenderá los siguientes aspectos:

- a) Estudio de la capacidad de transporte litoral.*
- b) Balance sedimentario y evolución de la línea de costa, tanto anterior como previsible.*
- c) Clima marítimo, incluyendo estadísticas de oleaje y temporales direccionales y escolares.*
- d) Dinámicas resultantes de los efectos del cambio climático.*
- e) Batimetría hasta zonas del fondo que no resulten modificadas, y forma de equilibrio, en planta y perfil, del tramo de costas afectado.*
- f) Naturaleza geológica de los fondos.*
- g) Condiciones de la biosfera submarina y efectos sobre la misma de las actuaciones previstas en la forma que señala el artículo 88 e) de este reglamento.*
- h) Recursos disponibles de áridos y canteras y su idoneidad, previsión de dragados o trasvases de arenas.*
- i) Plan de seguimiento de las actuaciones previstas.*
- j) Propuesta para la minimización, en su caso, de la incidencia de las obras y posibles medidas correctoras y compensatorias.*

2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El proyecto consiste en la construcción de un emisario submarino de aproximadamente 1.000 m de longitud, que será enterrado en los primeros 800 m desde la costa, ejecutado con la técnica de microtunelación denominada Perforación Horizontal Dirigida (en adelante PHD), que permite ejecutar un túnel desde el punto de arranque en tierra, y salir al lecho marino en la posición deseada. Esta técnica permite por lo tanto evitar toda la zona de interfaz tierra-mar, y la zona costera más somera, en la que la dinámica es más activa, garantizando la estabilidad del emisario y la ausencia de interacción de éste con la dinámica litoral en toda esta zona. Aunque aún no está definida la longitud definitiva del emisario, dadas las limitaciones de la técnica de PHD, se asume que el emisario irá enterrado mediante tunelación dirigida, hasta aproximadamente 800 m de la costa, y si fuera necesario su prolongación irá tendida sobre el fondo. En la siguiente figura se indica el trazado del tramo enterrado sobre la batimetría realizada.



3. VALORACIÓN DE LA AFECCIÓN DEL PROYECTO A LA DINÁMICA LITORAL

En la figura anterior se aprecia en el MDT que **la mayoría del fondo es rocoso**, al igual que la línea de costa, ocupada por **acantilados bajos e irregulares**, sin presencia de playas o acumulaciones de arena relevantes, y el punto de salida al lecho marino está por debajo de los 15 m de profundidad.

Como se ha indicado, la ejecución del tramo más somero mediante PHD **descarta la interacción del emisario con la dinámica litoral**, por lo que no es necesaria la realización de ningún estudio de dinámica litoral para esta zona. En cuanto al tramo en el que el emisario va apoyado sobre el lecho marino (por debajo de los 15 m de profundidad), para valorar la interacción del mismo con la dinámica, se emplea el concepto de **profundidad de cierre**. Este concepto permite conocer la profundidad por debajo de la cual no se producen cambios significativos en el perfil de playa. El cálculo de la profundidad de cierre se puede realizar mediante diferentes formulaciones, empleando para este caso la fórmula de Birkemeier (1985):

$$h_c = 1.75H_{s12} - 57.9 \frac{H_{s12}^2}{gT_s^2}$$

Donde:

H_{s12}: altura de ola sólo superada 12 horas al año

T_s: periodo medio

Según se recoge en el estudio “Análisis ambiental y estudios de detalle complementarios para un emisario submarino en Tapia de Casariego” realizado por el IH Cantabria, la **altura de ola significativa H_s** calculada con el modelo SWAN en la zona de vertido del emisario, se encuentra comprendida en un rango entre 0,1 y 5,22 m, siendo el 50 y el 95% del tiempo del periodo de estudio menor de 1,36 y 2,58 m, respectivamente.

El **periodo de pico T_p** calculado con el modelo SWAN en la zona de vertido del emisario se encuentra comprendido en un rango entre 2,54 y 17,58 s, siendo el 50 y el 95% del tiempo del periodo de estudio menor de 7,54 y 13,25 s, respectivamente.

En cuanto a la Hs12, tomando el régimen medio del punto SIMAR más cercano (el SIMAR 3060038), se obtiene que esta la altura correspondiente es de 6,7 m, y el periodo de 15 s. Aplicando la fórmula indicada, **se obtiene que la profundidad de cierre es de 10,5 m**. El punto en el que el emisario sale por lo tanto al lecho marino está por debajo de dicha profundidad, por lo que, en caso de situarse en zona arenosa, **quedaría fuera de los movimientos del perfil de playa**.

Teniendo en cuenta la tipología de la costa (**costa rocosa escarpada, con presencia de pequeñas acumulaciones de arena encajadas entre acantilados**), la tipología del fondo en la zona del emisario (fondos eminentemente rocosos con pequeños parches de arena), y las características de la actuación (un emisario submarino, que transcurre enterrado hasta los 15 m de profundidad y 800 m de la costa), se descarta cualquier interacción relevante del mismo con la dinámica litoral y la consiguiente afección del mismo a la dinámica.

En cuanto a los efectos del cambio climático, los principales efectos del mismo en cuanto a la dinámica se traducen en avances, retrocesos o basculamientos de la línea de costa y zonas de inundación en tramos arenosos, pero, dado que se trata de una costa rocosa acantilada, todos estos efectos serán despreciables.

Por último, es necesario indicar que el efecto del incremento del nivel del mar y de la intensificación de los oleajes deberá ser tenido en cuenta para el diseño de la estabilidad estructural y el correcto funcionamiento hidráulico del emisario, pero no es parámetro relevante en cuanto a los efectos en la dinámica litoral.

3. Estudio evaluación pesquera

ESTUDIO DE LA ACTIVIDAD PESQUERA

PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE UN EMISARIO SUBMARINO PARA LA EVACUACIÓN DE AGUA Y LODOS PROCEDENTES DE LA EXPLOTACIÓN SUBTERRÁNEA DEL YACIMIENTO DE SALAVE

DICIEMBRE 2020



Promotor:

EXPLORACIONES MINERAS DEL

CANTÁBRICO S.L.

Término municipal: Tapia de Casariego



TECNOAMBIENTE

A TRADEBE COMPANY

Índice

1	Objetivo	3
2	Antecedentes	3
3	Información sobre el proyecto.....	3
3.1	Descripción básica del proyecto.....	3
3.2	Ámbito.....	4
3.3	Emisario.....	5
4	Actividad y recursos pesqueros	6
4.1	Introducción y puertos pesqueros	6
4.2	Flota y mariscadores	8
4.2.1	Flota asturiana.....	8
4.2.2	Flota potencialmente afectada	9
4.2.3	Mariscadores.....	10
4.3	Artes de pesca.....	11
4.4	Capturas	13
4.4.1	Capturas de la flota de Tapia de Casariego (2018-2020).....	13
4.4.2	Capturas de percebe (1999-2020).....	15
4.4.3	Captura de percebe en las inmediaciones de la zona de estudio	17
4.4.4	Distribución de capturas de la flota de Tapia por especie (2018-2020).....	19
4.4.5	Evolución de capturas de la flota de Tapia (2016-2020)	19
4.4.6	Evolución de capturas de la flota de Tapia y proporción por grupo taxonómico	20
4.4.7	Síntesis.....	23
4.5	Caladeros.....	24
4.5.1	Caladeros de la flota asturiana	25
4.5.2	Caladeros de pulpo.....	27
4.5.3	Zona de producción de moluscos AST1/03	29
4.5.4	Percebe.....	30
4.5.5	Síntesis.....	34
4.6	Especies.....	35
4.6.1	Pulpo (<i>Octopus vulgaris</i>) (Lamarck, 1798).....	36
4.6.2	Percebe (<i>Pollicipes pollicipes</i>) (Gmelin, 1789).....	38
4.7	Regulación de la actividad pesquera.....	42
4.7.1	Vedas temporales y tallas mínimas	43
4.7.2	Vedas según zonas	43
4.7.3	Cupos.....	46

5	Medio socioeconómico.....	47
5.1	Demografía.....	47
5.2	Sectores productivos.....	47
5.3	Sector pesquero	49
5.4	Pesca marítima recreativa.....	52
5.4.1	Socioeconómica de la pesca recreativa.....	52
5.4.2	Capturas y esfuerzo pesquero.....	55
5.4.3	La pesca recreativa en la zona de estudio.....	56
6	Conclusiones	61
6.1	Proyecto	61
6.2	Actividad pesquera y marisquera profesional.....	61
6.2.1	Capturas	61
6.2.2	Caladeros.....	63
6.3	Interés socioeconómico de la pesca profesional	64
6.4	Pesca recreativa	65
7	Firmas	67
8	Bibliografía.....	68
9	Anexo I. Normativa	70
9.1	Normativa según la modalidad de pesca	71
9.2	Normativa según la especie	73

1 Objetivo

El objetivo del presente estudio es servir como herramienta principal para valorar el impacto del emisario submarino asociado a la evacuación de aguas excedentarias procedentes de la explotación del yacimiento de Salave, sobre la actividad y recursos pesqueros de la zona

2 Antecedentes

En el Documento de alcance solicitado a la Dirección General de Pesca Marítima, se requiere una evaluación de la incidencia del proyecto sobre los recursos pesqueros y marisqueros. En el informe deben constar todos los aspectos relacionados con los recursos pesqueros, basándose en estudios y reconocimientos previos y en la opinión de expertos, destacando entre estos aspectos la importancia de identificar los caladeros existentes, los planes de explotación del percebe (*Pollicipes pollicipes*) y el pulpo (*Octopus vulgaris*) (tanto en el litoral de Tapia como aquellos que puedan verse afectados tanto directa como indirectamente)¹ y la posible afección a la zona de producción AST1-03. Se requiere un análisis de la importancia de la pesca en la economía de la zona en la situación de partida, así como el estudio de la presencia e intensidad de la pesca deportiva en la zona y los sectores asociados a esa actividad, como el turismo y el comercio.

3 Información sobre el proyecto

3.1 Descripción básica del proyecto

El proyecto consiste en la extracción de la mineralización de un yacimiento subterráneo situado en el área litoral de Salave, perteneciente al Concejo de Tapia de Casariego (Asturias), para acceder al oro contenido en los sulfuros.

Para la evacuación del agua excedentaria procedente de la explotación, el proyecto prevé la construcción de un emisario submarino, el cual se encontraría concretamente entre Punta del Pedrón y Punta de la Furada. En las siguientes imágenes se muestra el ámbito general de la zona de estudio,

¹ La RESOLUCION de 19 de febrero de 1999, de la Consejería de Agricultura, por la que se establece la delimitación de zonas fluviales para pesca de angula determina la delimitación de las zonas fluviales para la pesca la angula...Las zonas que se describen a continuación por ríos serán las únicas en las que se permitirá otorgar autorizaciones para la pesca de la angula: Río Eo: Desde la desembocadura del arroyo Ferrería (Vegadeo) hasta el mar; Río Porcia: Desde el puente viejo de la carretera, hasta el mar... Por estos motivos y dado que la actuación no afectará a las cuencas de estos ríos, se presupone una incidencia poco significativa del proyecto sobre la actividad pesquera de la angula (*Anguilla anguilla*), no siendo descrita en el presente documento.

así como el trazado del emisario submarino propuesto y la zona de trabajo para las campañas de campo realizadas.

3.2 Ámbito

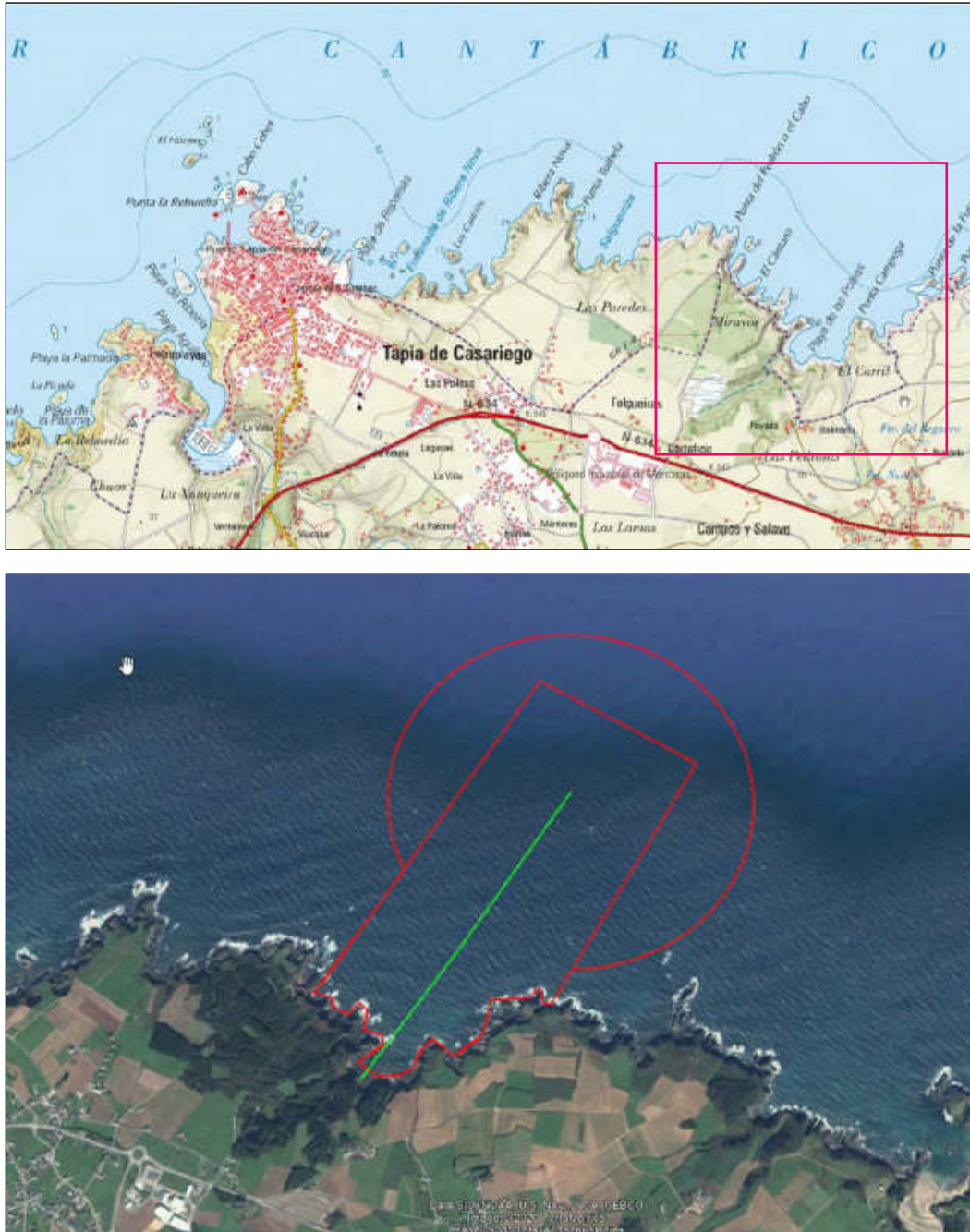


Ilustración 1. Ubicación del emisario submarino y zona de estudio

3.3 Emisario

La interacción directa e indirecta del proyecto sobre la zona marina, y por lo tanto, sobre los recursos y la actividad pesquera que se lleva a cabo en la zona derivará exclusivamente de la construcción y funcionamiento de dicho emisario.

Se barajan tres posibles alternativas:

- Emisario de 830 m de longitud y vertido de aguas a 16,5 m de profundidad. (P01)
- Emisario de 1430 m de longitud y vertido aguas y lodos a 24,5 m de profundidad. (P02)
- Emisario de 1920 m de longitud y vertido aguas y lodos 35,5 m de profundidad. (P03)

El punto P01 se halla dentro de la ZEC-ZEPA Peñarronda-Barayo, de ahí que sólo se plantee el vertido de agua.

Las localizaciones en la proyección ETRS89 29 N de los puntos de salida son las siguientes: P01 (669153,626 m E; 4826538,775 m N), P02 (669457,668 m E; 4827065,55 m N) y P03 (669698,073 m E; 4827482, 723 m N).

El emisario submarino será enterrado en los primeros 800 m desde la costa, ejecutado con la técnica de microtunelación denominada Perforación Horizontal Dirigida (en adelante PHD), que permite ejecutar un túnel desde el punto de arranque en tierra, y salir al lecho marino en la posición deseada. Esta técnica permite por lo tanto evitar toda la zona de interfaz tierra-mar, y la zona costera más somera, en la que la dinámica es más activa, garantizando la estabilidad del emisario y la ausencia de interacción de éste con la dinámica litoral en toda esta zona. El emisario irá enterrado mediante microtunelación hasta 800 m de la costa en todas las alternativas y luego irá tendido sobre el fondo.

El tramo difusor estará formado por un único elevador en T con dos boquillas de diámetro interior 125mm, situadas a 1,5 m sobre el fondo.

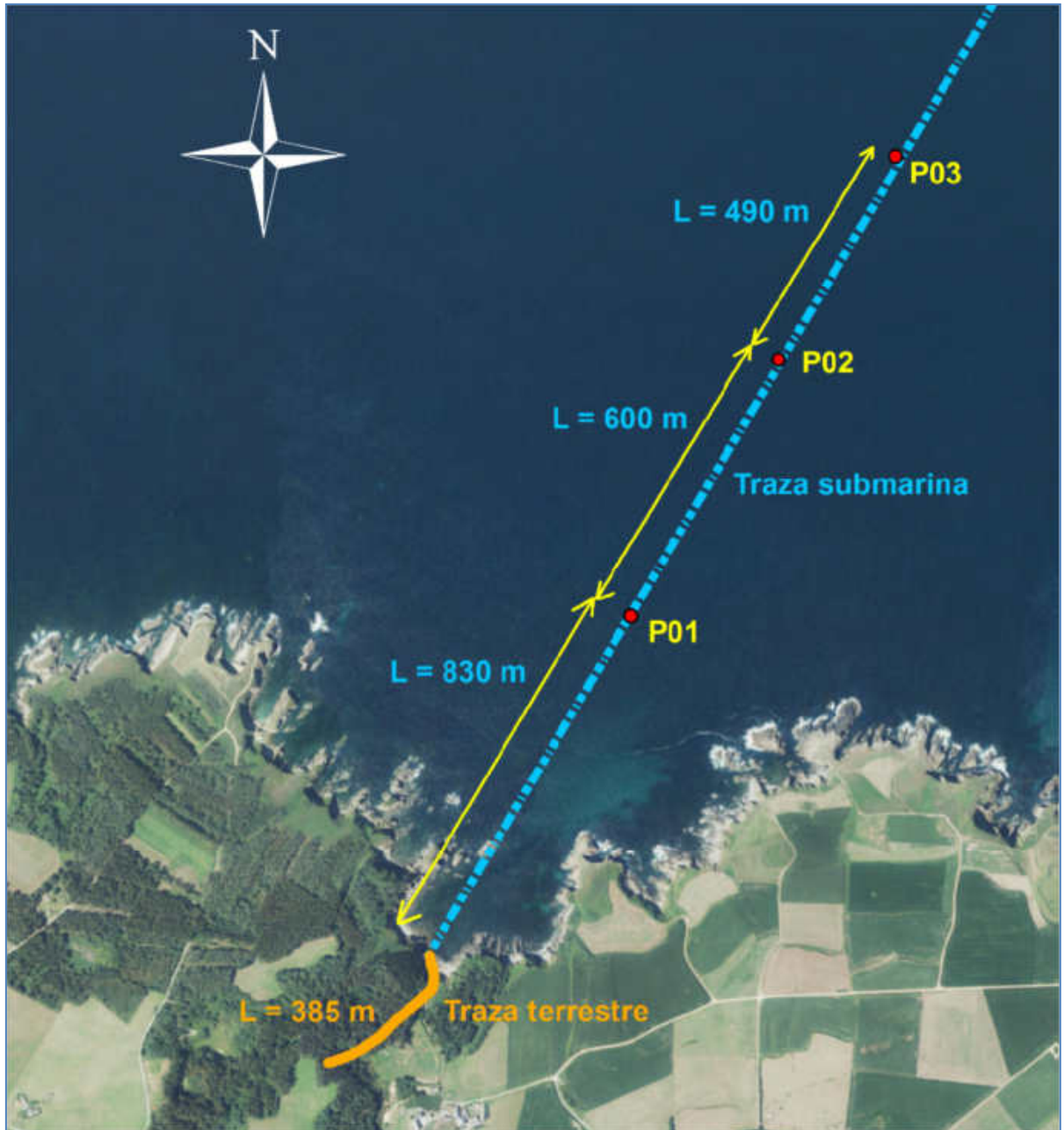


Ilustración 2. Ubicación de las 3 posibles ubicaciones para el punto de descarga del efluente de la mina de Salave

4 Actividad y recursos pesqueros

4.1 Introducción y puertos pesqueros

La zona de estudio queda al alcance de la flota pesquera de puerto de Tapia de Casariego a 3 km, y Viavélez a 6 km, aunque si se tiene en cuenta el esfuerzo pesquero analizado durante el período 2015-2020 para el Plan de Explotación del Pulpo (*Octopus vulgaris*). (Fuente: Centro de Experimentación

Pesquera (CEP)), puede verse cómo las flotas artesanales de la zona dedicadas a esta especie (la principal especie objeto de captura de ambas flotas), concentran su actividad en las inmediaciones de sus respectivos puertos². Aunque este análisis se centra en la explotación y captura del pulpo, es extrapolable al resto de capturas, al tratarse también de pescas procedentes de las flotas artesanales, únicas presentes en los puertos cercanos. Entre los puertos de Tapia de Casariego y Viavélez se extiende una zona que presenta un menor esfuerzo pesquero en las inmediaciones de la desembocadura del río Porcía. Esta zona parece ser límite de actuación de las flotas pesqueras de ambos puertos, localizándose el área de estudio al oeste de este límite y por tanto, situándose principalmente en el área de faena de la cofradía de pescadores de Tapia de Casariego. **Por este motivo, el presente estudio se centrará en las capturas y a la actividad pesquera que realiza dicha flota, ya que es la que podría verse afectada principalmente por la actuación, junto a los mariscadores (perceberos) de la zona, que se dedican fundamentalmente a la captura de percebe (*Pollicipes pillicipes*), dentro del plan de explotación de Tapia/Figueras para esta especie.**

Adicionalmente se ha llevado a cabo una síntesis de la actividad pesquera recreativa de la zona.

Puerto pesquero Tapia de Casariego

Aprovechando las condiciones naturales que proporcionan el Cabo de San Sebastián y la isla de Tapia, fueron construidos dos malecones, uno conocido como "dique del Rocín" que partiendo de punta Excomulgada corre al N con una longitud de 100 m. El segundo, denominado "dique de Fuera", parte de Isla de Tapia hacia el SW 70 metros recurvando al S con una longitud de 18 m., formando ambos la bocana de entrada que tiene una anchura de 63 m.

Este conjunto de defensas da un abrigo a las dársenas interiores donde, en su zona oriental, hay un muelle de atraque de 164 metros de longitud.

En este muelle se encuentran las instalaciones de la Cofradía de Pescadores de "San Pedro".

² La Resolución de 19 de noviembre de 2020, de la Consejería de Medio Rural y Cohesión Territorial, por la que se regula la pesca del pulpo común (*Octopus vulgaris*) durante la campaña 2020/2021 establece que las embarcaciones pertenecientes al plan de gestión no podrán capturar pulpo como especie objetivo fuera del ámbito territorial de dicho plan. Por este motivo, en la zona de estudio, sólo podría capturar pulpo, principal recurso de las flotas pesqueras en el contexto de área de estudio, las embarcaciones pesqueras de Tapia de Casariego, al encontrarse dicha zona en el ámbito territorial del plan de Tapia. La flota de Viavélez también se dedica principalmente al pulpo y en menor medida a determinados mariscos que también se capturan principalmente con nasas, al igual que el pulpo, por lo que no es habitual que la zona de estudio y sus inmediaciones sea empleada por la flota pesquera de Viavélez.

Cuenta el sector pesquero con Casa del Mar, en la que se instala la Dirección Local del Instituto Social de la Marina, con Oficina Administrativa, Servicios Socio-Culturales, Asistencia Sanitaria y Bar-Cafetería.

El puerto de Tapia de Casariego es un puerto pesquero y deportivo con un calado de dársena de 8 metros y varadero para buques de 3 Tm y 20 amarres. Las infraestructuras y especies de la zona hacen que predomine la pesca artesanal mediante artes menores.



Ilustración 3. Puerto de Tapia de Casariego

4.2 Flota y mariscadores

4.2.1 Flota asturiana

En Asturias, cerca del 70 % de la flota es de tipo artesanal, una de las modalidades más sostenibles, y trabaja en la franja de las 12 millas a la costa para el abastecimiento de producto fresco. La flota pesquera de Tapia de Casariego entra dentro de este grupo, y se dedica principalmente a las artes de pesca menores del Cantábrico NW. **El recurso más productivo y con mejor resultado económico en el puerto de Tapia de Casariego es el pulpo.**

Como dato relevante de la actividad pesquera, en el siguiente gráfico se observa una disminución del número de embarcaciones pesqueras en el concejo de Tapia de Casariego y en el Principado de Asturias en general, **reduciéndose casi en torno a una tercera parte en los últimos 27 años (1992-2019):**

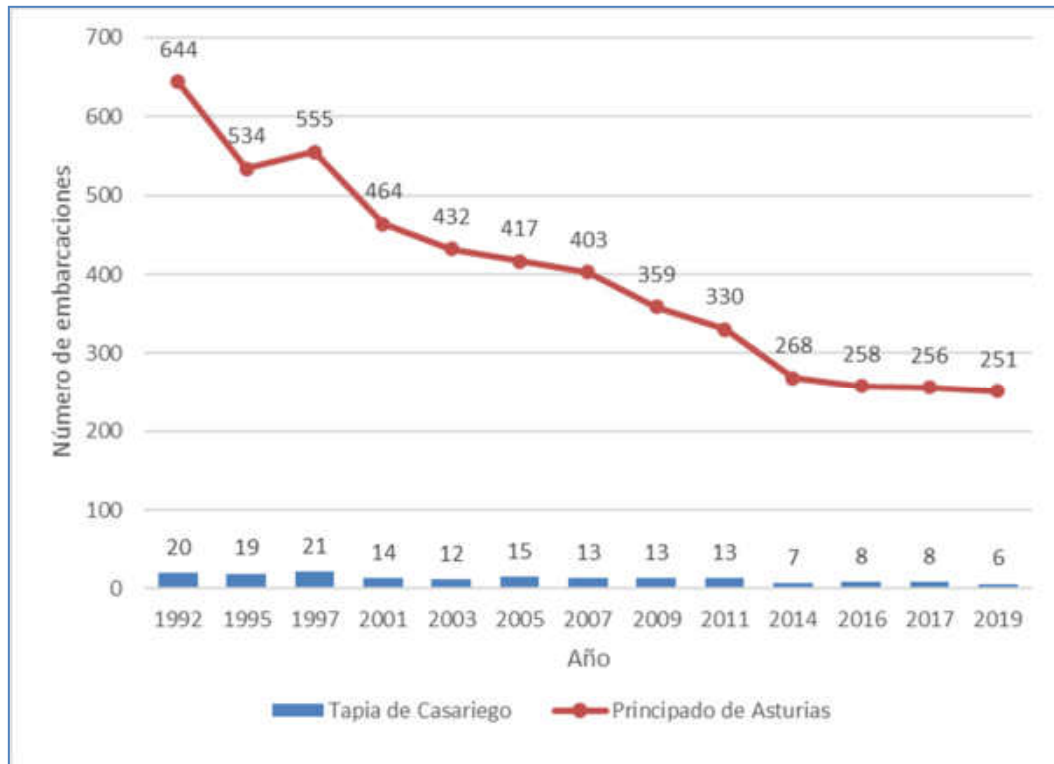


Ilustración 4. Evolución del número de embarcaciones pesqueras del Principado de Asturias frente a Tapia de Casariego entre 1992 y 2019.

Fuente: SADEI

4.2.2 Flota potencialmente afectada

Como se ha establecido en el apartado anterior existe un límite físico entre la zona de distribución de las áreas de faena de la flota de Tapia de Casariego y Viavélez. Este límite puede observarse en los planos de esfuerzo pesquero para la captura de pulpo (principal recurso de la zona), que se mostrarán más adelante. Dicho límite se sitúa en la desembocadura del río Porcía, por lo que la zona de estudio quedaría principalmente al alcance de la flota de Tapia de Casariego al situarse al oeste de dicho límite y más cerca de Tapia de Casariego. Por lo tanto, se han tomado como embarcaciones potencialmente afectadas por la construcción y vertido del emisario, las **6 embarcaciones pesqueras con amarre en el puerto de Tapia de Casariego**.

Tabla 1. Características de la flota pesquera del puerto de Tapia de Casariego. Fuente: DGPM y SADEI

Embarcación	Matrícula	Eslora total (m)	Eslora PP	Arqueo GT	Arqueo TRB	Potencia (kW)	Material del casco	
El Rocín	3GI-8-8-99	8,51	6,87	3,25	3,26	21,33	Poliéster	
Faro Tapia	3AV-3-1-15	12,09	10,67	11,18	15,89	44,13	Acero	
Mar Bella	3GI-8-1326	5,63		1,31	1,64	14,71	Fibra de Vidrio/Plástico	
Nuevo Santa Eugenia	3CO-5-2-97	8,40	6,90	2,63	3,5	30,89	Madera	
Paz De Mar	3GI-8-3-05	8,00	6,43	2,61	2,77	17,65	Poliéster	
Punta Galiño	3FE-1-4-99	9,30	7,60	4,54	4,17	13,24	Madera	
TOTALES	Número embarc.	Eslora total (m)	Eslora media (m)	Arqueo GT	Arqueo medio (GT)	Potencia (CV)	Potencia media (CV)	
TAPIA de C.	6	-	52	8,66	26	4,25	142	23,66
ASTURIAS	251	-	2.726	10,86	4.673	18,62	15.746	62,73

4.2.3 Mariscadores

Los mariscadores de la zona se dedican fundamentalmente a la captura de percebe dentro del plan de explotación de esta especie para Tapia/Figueras. Según la *Resolución de 16 de septiembre de 2020, de la Consejería de Medio Rural y Cohesión Territorial, por la que se regula la campaña 2020/2021 de extracción del percebe y se aprueban los planes de explotación, el número máximo de mariscadores admitido en la campaña 2020/2021 para el Plan de Tapia/Figueras es de 24.*

A continuación, se presenta una gráfica con la evolución del número de percebeberos en dicho plan durante los últimos 20 años (Fuente: CEP).

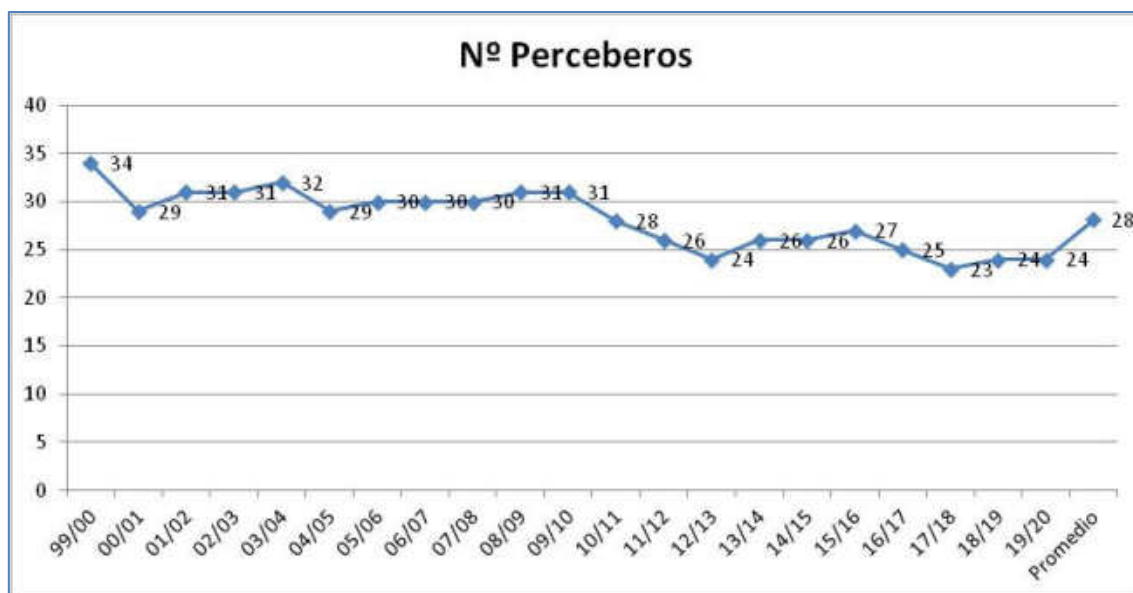


Ilustración 5. Número de percebeberos para el plan de explotación Tapia/Figueras (1999-2020)

En la gráfica anterior se observa como el número de percebeberos ha ido disminuyendo ligeramente a lo largo de estos años apreciándose dos periodos: En la primera década del siglo XXI, el número

variaba entre 29 y 31 percebeiros, mientras que, en la segunda década, este número ha sido algo inferior, variando entre los 28 y los 23, según año. **El promedio es de 28 percebeiros, frente a los 24 actuales.**

4.3 Artes de pesca

A continuación, se describen brevemente las características de las principales artes menores empleadas por la flota artesanal asturiana en la zona y los mariscadores:

PALANGRE (palangrillo): También conocido como CORDEL. Es un aparejo de pesca formado por un cabo de fibra denominado madre, de longitud variable, calado horizontalmente, del que penden a intervalos otros más finos llamados brazoladas a los que se empatan anzuelos; depende del cebo y tamaño de anzuelo para la captura una especie determinada. En los extremos y a lo largo del cabo madre van dispuestos elementos de fondeo y flotación que permiten mantener los anzuelos cerca del fondo. Las especies objetos de captura suelen ser especies ícticas como sargos, lubinas y congrios.

NASA: Se trata de una de las artes de pesca más antiguas y tradicionales para la captura de variedades de marisco. Consiste en una red de pesca pasiva, sumergida en el fondo, con forma cilíndrica que se va estrechando (forma de embudo invertido) de forma que cuando la presa entra en la red, ve dirigido su recorrido, cayendo en un depósito donde se coloca el cebo del que le es imposible salir. En la zona de estudio se usa principalmente para la captura del pulpo y marisco como el centollo o el santiaguño.

LÍNEA Y CAÑA: La pesca “a línea” es aquella en la que el cabo principal se sostiene con la mano, independientemente del tipo de aparejo de anzuelo que se utilice. Está constituida por un cabo principal (madre), del que salen cabos secundarios con los anzuelos, y con un plomo en su extremo para que el aparejo se hunda y pueda pescar a la profundidad adecuada. La caña surge como elemento auxiliar de la línea permitiendo alejar el aparejo del pescador. Las especies objetos de captura suelen ser especies ícticas destacando pelágicos como túnidos o carángidos. Cuando la línea de anzuelos es arrastrada, el método de pesca se denomina curricán o CACEA.

ARTES DE ENMALLE:

BETA O VOLANTILLA: Arte formada por un enmalle rectangular fijo en el fondo con unos paños de red de unos 50 m de longitud por 9 m de alto aproximadamente, la malla es de 5-7 cm de luz de malla. Las especies objetos de captura suelen ser especies ícticas.

MIÑO: Está formado por tres capas de malla siendo la del medio más tupida, se utiliza principalmente para capturar mariscos como el centollo aunque también capturas especies ícticas como el sargo, el pinto, el san martiño, el rodaballo o el lenguado y cefalópodos como la sepia.

VOLANTA: Enmalle rectangular fijo al fondo, constituido por varios paños de red unidos entre sí, y que se cala de forma vertical mediante lastres y flotadores. La luz de malla es variable pero nunca inferior a 9 cm y su altura no sobrepasa los 10 m. Se dedica principalmente a la captura de Merluza.

RASCO: Enmalle fijo que se diferencia de la volanta por tener mayor amplitud de malla (igual o superior a 28 cm), una altura máxima de 3,5 m, y por adoptar una posición casi tendida en el fondo. Se dedica principalmente a la captura del Rape o Pixín.

Concretamente, las artes menores usadas por las embarcaciones pesqueras ubicadas en el puerto de Tapia de Casariego en 2010 se muestran en la siguiente gráfica:

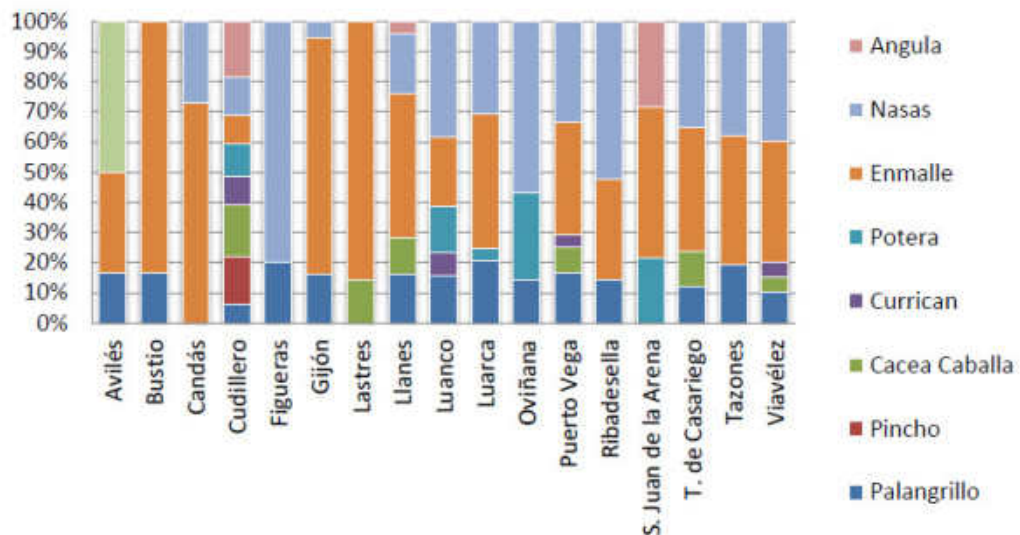


Ilustración 6. Análisis de artes menores de la flota artesanal por puerto base (% de utilización). Fuente INDUROT, 2010

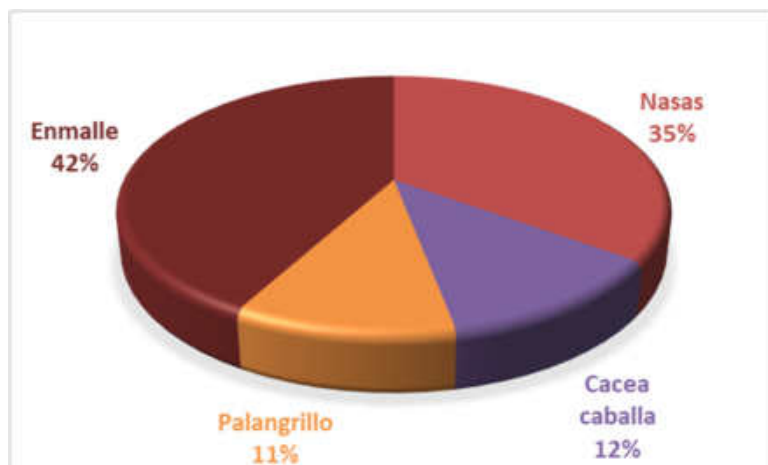


Ilustración 7. Porcentaje de utilización de artes menores de pesca en Tapia de Casariego (INDUROT, 2010)

Como se puede observar en la gráfica anterior, en el 2010 el 35% de artes utilizadas en Tapia de Casariego eran nasas dedicadas a la captura del pulpo. **Actualmente el pulpo representa el 96% (ver apartado siguiente), del valor de las capturas desembarcadas en dicho puerto** y aunque se desconocen los datos actuales referentes al porcentaje dedicadas a cada una de estas 4 artes menores, se puede afirmar que toda la flota pesquera de Tapia se dedica al pulpo mediante nasas, siendo las restantes artes empleadas de forma complementaria o accesoria para la captura de caballa y bonito del norte entre otras. Estas especies ícticas se pescan habitualmente con artes de anzuelo por lo que se puede decir que actualmente, según los datos de captura que se presentan a continuación, **las artes de enmalle no tienen relevancia para la flota de Tapia de Casariego.**

Además de estas artes de pesca, para el marisqueo del percebe se utiliza la:

BISTRONZA DE MANO O CAVADOIRA: consiste en una rasqueta o espátula de hierro que se usa para soltar los percebes de la roca. La rasqueta va unida a una vara de menos de 1 m de longitud.

4.4 Capturas

4.4.1 Capturas de la flota de Tapia de Casariego (2018-2020)

A continuación, se muestran las capturas subastadas en la lonja de Tapia de Casariego procedente de su flota pesquera y mariscadores, durante los tres últimos años (2018-2020 (Fuente DGPM³)):

³ Dirección General de Pesca Marítima del Principado de Asturias

Tabla 2. Capturas subastadas en la lonja de Tapia de Casariego

Especies	2018		2019		2020		Promedio		
	Peso (kg)	Valor (€)	Peso (kg)	Valor (€)	Peso (kg)	Valor (€)	Peso (kg)	Valor (€)	
Crustáceos	BOGAVANTE	10,5	210	0	0	8,5	195,5	6,33	135,17
	BUEY	0	0	0	0	8	104	2,67	34,67
	CENTOLLO	0	0	0	0	18,5	241,5	6,17	80,50
	LANGOSTA	3,9	117	0	0	1,5	52,5	1,80	56,50
	NÉCORA	0	0	8,8	158,4	4	80	4,27	79,47
	PERCEBE	119,8	2.041	26	386	12	150	52,60	859,00
Moluscos	BIGARO	2	6	0	0	0	0	0,67	2,00
	CHOCO	1,3	11,7	0	0	0	0	0,43	3,90
	LLÁMPARA	2	6	47,7	333,9	0	0	16,57	113,30
	PULPO	13.243,20	131.427,23	14.891,50	122.137,88	5.518	46.018,45	11217,57	99861,19
Peces	ABADEJO	10,7	52	0	0	0	0	3,57	17,33
	ACEDIA	2,1	12,6	0	0	0	0	0,70	4,20
	ANGUILA	0	0	0,21	63	0	0	0,07	21,00
	BONITO DEL NORTE	534	2.342	393	2.408,50	41	205	322,67	1651,83
	BOTONA	47	199,65	0	0	0	0	15,67	66,55
	BRECA	3,2	10,2	0	0	0	0	1,07	3,40
	CABALLA	13	14,2	0	0	951	685	321,33	233,07
	CABRA	1,1	2,75	0	0	0	0	0,37	0,92
	CABRACHO	8,2	78,12	0	0	0	0	2,73	26,04
	CONGRIO	29,8	77,09	0	0	0	0	9,93	25,70
	DORADA	2,2	46,2	0	0	0	0	0,73	15,40
	FANECA	3,2	9,95	0	0	0	0	1,07	3,32
	GOLONDRO	0,3	1,2	0	0	0	0	0,10	0,40
	JUREL	3	3	0	0	0	0	1,00	1,00
	LENGUADO	4,7	94,5	0	0	0	0	1,57	31,50
	LUBINA	1,1	20,9	0	0	0	0	0,37	6,97
	MACHOTE	2,25	22,55	0	0	0	0	0,75	7,52
	MERLUZA	0	0	5,9	21,75	0	0	1,97	7,25
	RAPEL	0	0	15	105	0	0	5,00	35,00
	RAYAS	35	115,28	0	0	0	0	11,67	38,43
RODABALLO	8,15	118,95	0	0	0	0	2,72	39,65	
SALMONETE	10,25	171,35	0	0	0	0	3,42	57,12	
SAN MARTÍN	4,95	66,2	3,2	54,4	0	0	2,72	40,20	
SARGO	15,95	124,05	0	0	0	0	5,32	41,35	
SOLLA	2,9	54,3	7,1	127,8	0	0	3,33	60,70	

En la tabla anterior se observa que **el pulpo es la principal especie subastada en la lonja de Tapia de Casariego, tanto en volumen, como en valor económico.**

En los dos últimos años también se observa una **gran reducción en la variabilidad de peces capturados** pasándose de las 25 especies en 2018 a tan sólo 6 en 2019 y 2 en 2020. Entre los peces destacan las capturas de bonito del norte.

Entre los crustáceos destacan el marisqueo del percebe, aunque los volúmenes se han ido reduciéndose progresivamente en estos 3 años. No obstante, los mariscadores no están obligados a comercializar las capturas en la Cofradía que haya realizado el pesaje por lo que estos datos están infravalorados. A continuación, se muestran las capturas de percebe del plan de explotación Tapia/Figueras y que no se recogen en las estadísticas de la web de la DGPM:

4.4.2 Capturas de percebe (1999-2020)

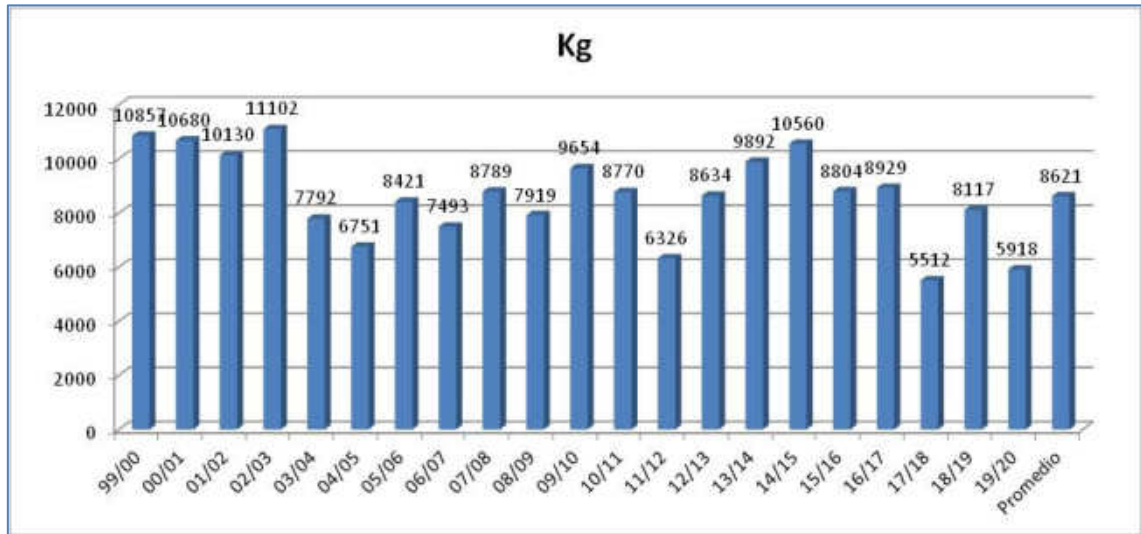


Ilustración 8. Capturas de percebe en el plan de explotación de Tapia/Figueras (Fuente: CEP)

En el gráfico anterior se muestra un promedio de 8.621 kg de captura para el plan de explotación Tapia/Figueras. También puede verse como las campañas de 2017/2018 y la última de 2019/2020, presentan los valores de captura mínimos, por debajo de la media de los últimos 20 años. En la gráfica que se muestra a continuación se representan los volúmenes de captura frente a los días de mar (48 días promedio por percebeero), observándose una clara relación entre ambos, por lo que las fluctuaciones en los volúmenes de captura se debe al número de días de bonanza para ir al mar, ya que los rendimientos por percebeero y día se mantienen prácticamente constantes y aproximados a los cupos diarios (6-8 Kg/día/marea⁴), a lo largo de los últimos años, como puede verse en la Ilustración 10.

⁴ 6 kg. por día de pesca y en una sola marea con carácter general. 8 kg. por día de pesca y en una sola marea únicamente en el período comprendido entre el 10 de diciembre de 2020 y el 5 de enero de 2021.

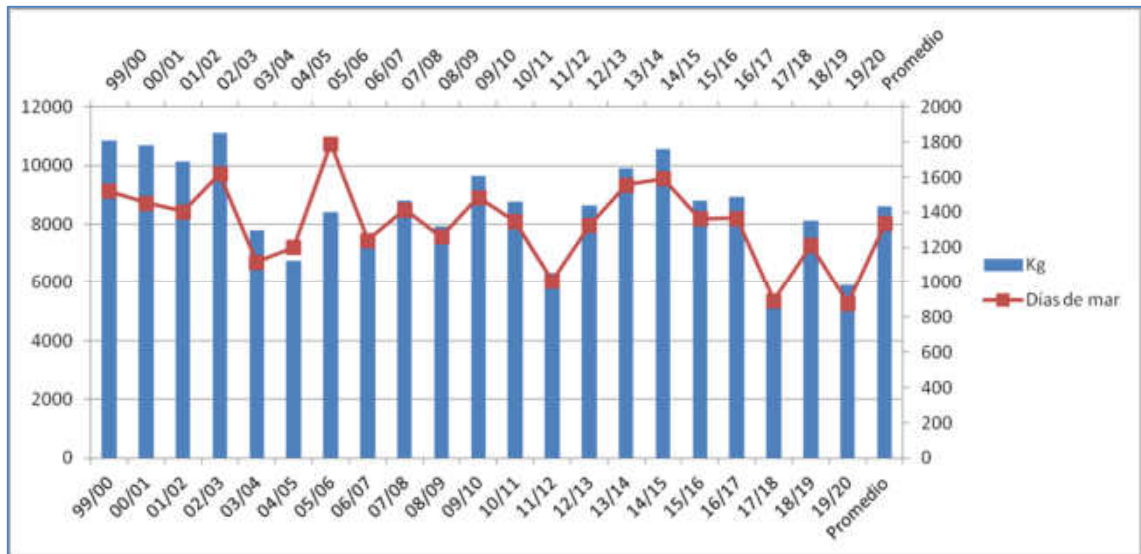


Ilustración 9. Kg de percebe frente a días de mar



Ilustración 10. Kg de percebe por percebebero y día



Ilustración 11. Días de mar promedio por percebero

No se dispone de datos de valor de venta ya que la mayor parte de las capturas no se venden en lonja. Los precios de lonja del percebe allí vendido rondan los 15 €/kg, aunque en momentos de la campaña, como los coincidentes con el periodo navideño, el valor de venta al público de estos llega a superar los 200€/Kg.

4.4.3 Captura de percebe en las inmediaciones de la zona de estudio

A continuación, se muestran los volúmenes de percebe mariscado en las zonas de captura cercanas al área de estudio (Fuente: CEP) (Ver punto 4.5 Caladeros). Estas zonas son las denominadas “Mirallos”(122), “Bocao” (123), “Figo Pescazón” (124) Torbas – Cerva (125) y Barbada – Fanfoliz (126).

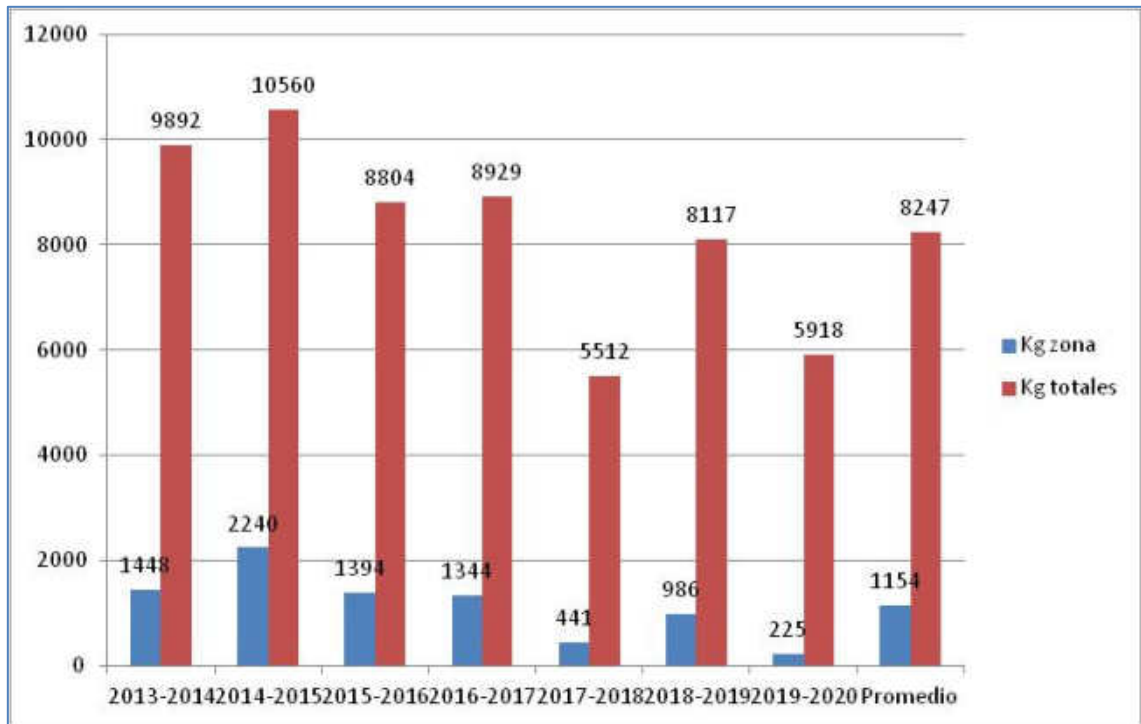


Ilustración 12. Capturas de percebe en la zona de estudio frente a las totales (2013-2020)

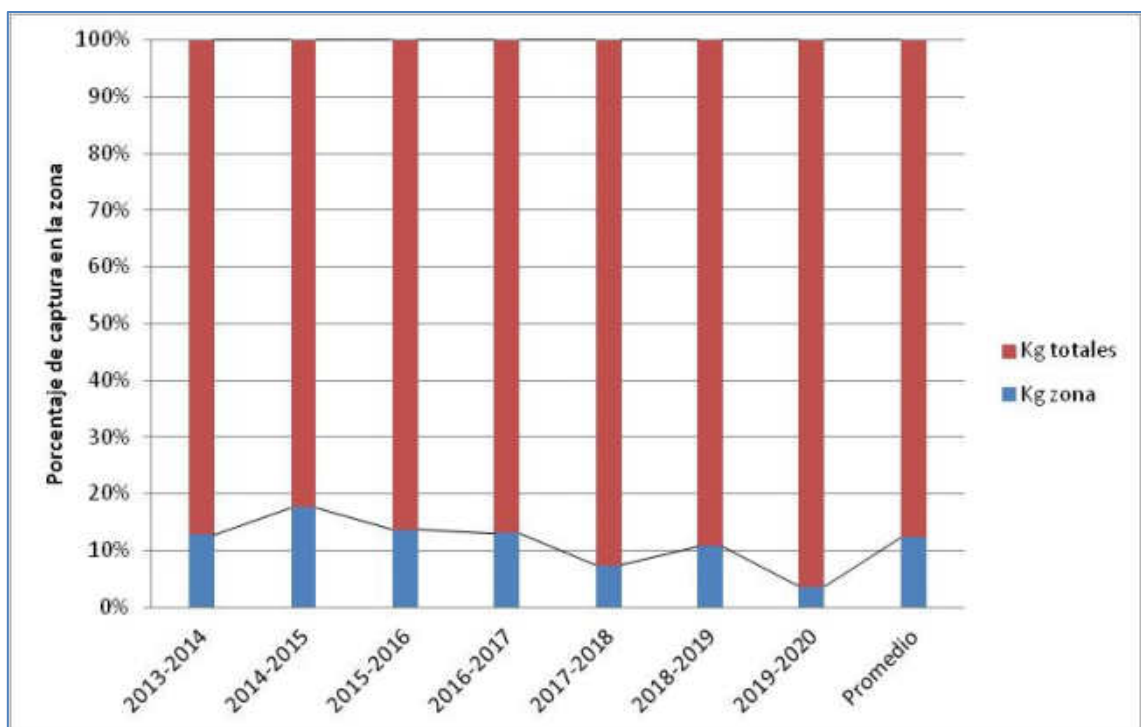


Ilustración 13. Porcentaje de capturas en la zona de estudio frente a las totales (2013-2020)

En las gráficas anteriores se observa como existe cierto descenso, durante el periodo analizado, en el porcentaje de capturas que se realizan en las inmediaciones de la zona de estudio pasándose de más de un 10% del total del área del Plan de explotación de Tapia/Figueras a tan sólo el 4 % en la última campaña. Las capturas promedio en dicha zona ascienden a 1.154 kg/año.

4.4.4 Distribución de capturas de la flota de Tapia por especie (2018-2020)

A continuación, se presentan varios gráficos en los que se muestran las proporciones en peso y valor promedio de la pesca desembarcada en el puerto de Tapia de Casariego. En ellos se observa de forma más clara cómo predominan las capturas de pulpo frente al resto. La segunda especie en importancia sería el bonito del norte (*Thunnus alalunga*), aunque sus capturas no llegan a suponer más del 3% del total del volumen desembarcado o el 2%, si se trata del valor económico.

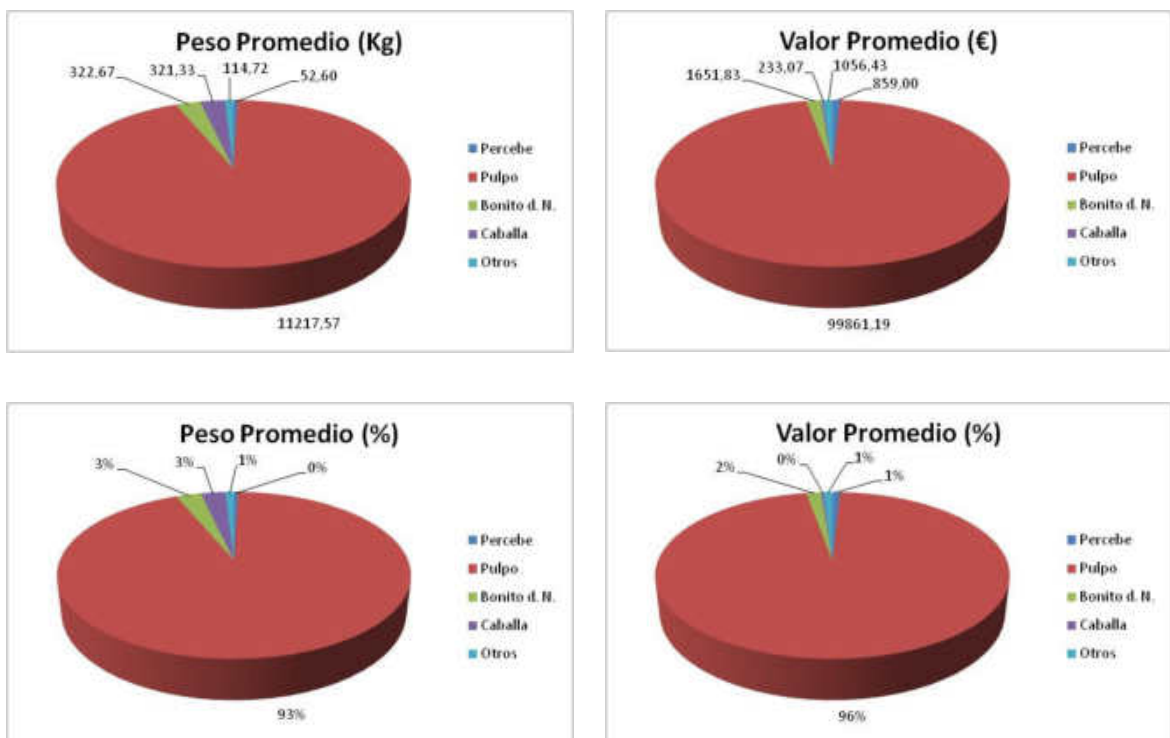


Ilustración 14. Proporción de capturas promedio 2018-2020.

4.4.5 Evolución de capturas de la flota de Tapia (2016-2020)

A continuación, se presentan los datos de capturas totales para los 5 últimos años, en los que se presupone un esfuerzo pesquero anual similar, ya que la flota de Tapia de Casariego se ha mantenido relativamente constante (6-8 embarcaciones), en dicho periodo:

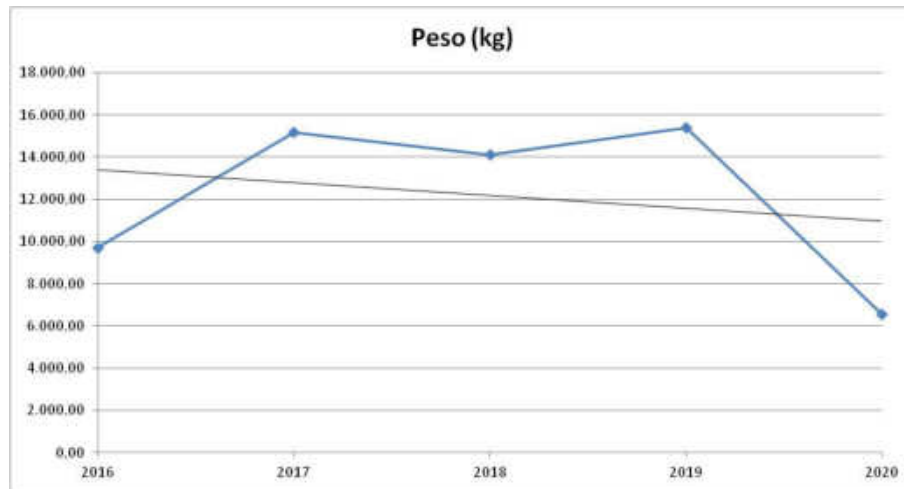


Ilustración 15. Evolución de las capturas desembarcadas en Tapia de Casariego (2015-2020), en Kg. Fuente: DGPM y elaboración propia



Ilustración 16. Evolución de las capturas desembarcadas en Tapia de Casariego (2015-2020), en €. Fuente: DGPM y elaboración propia

En las gráficas anteriores se observa una **disminución de las capturas en el año 2020** debido a una disminución del volumen de pulpo desembarcado. Esto puede ser debido a dos causas fundamentalmente, una disminución del esfuerzo pesquero por el aumento de días de mala mar o la disminución del recurso, que presenta un stock anual muy variable debido al corto ciclo de vida que posee esta especie.

4.4.6 Evolución de capturas de la flota de Tapia y proporción por grupo taxonómico

A continuación, se muestran los datos de captura de los últimos 5 años segregados por filo taxonómico:

Tabla 3. Evolución de las capturas desembarcadas en Tapia de Casariego (2015-2020) por taxón. Fuente: DGPM y elaboración propia

TAXÓN	2016	2016	2017	2017	2018	2018	2019	2019	2020	2020	Promedio	
	Peso (kg)	Valor (€)	Peso (kg)	Valor (€)	Peso (kg)	Valor (€)	Peso (kg)	Valor (€)	Peso (kg)	Valor (€)	Peso (kg)	Valor (€)
CRUSTÁCEOS	678,6	6.777	227,6	2.993,05	134,2	2.368	34,8	544,4	52,5	823,5	225,54	2.701
EQUINODERMOS	18	84,6	0	0	0	0	0	0	0	0	3,6	17
CNIDARIOS	0	0	91,5	640,5	0	0	0	0	0	0	18,3	128
MOLUSCOS	5.219,70	33.338,92	12.589,95	95.725,37	13.248,50	131.450,93	14.939,20	122.471,78	5.518,00	46.018,45	10303,07	85.801
PECES	3.790,45	13.106,01	2.273,75	10.098,97	743,05	3.637,04	424,41	2.780,45	992,00	890,60	1644,732	6.103
TOTAL	9.706,75	53.306,53	15.182,80	109.457,89	14.125,75	137.455,97	15.398,41	125.796,63	6.562,50	47.732,55	12195,242	94.750

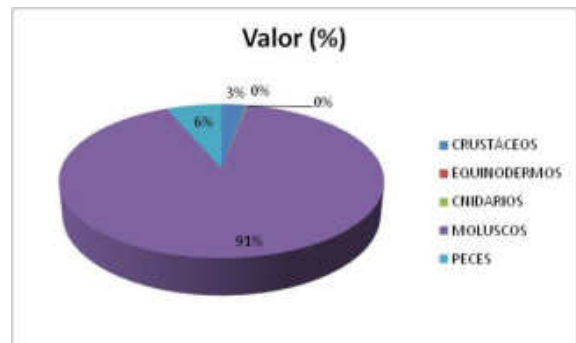
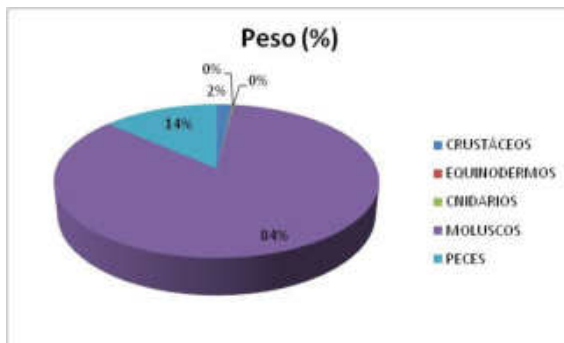
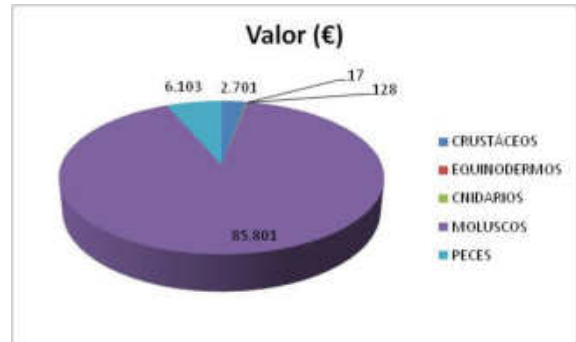
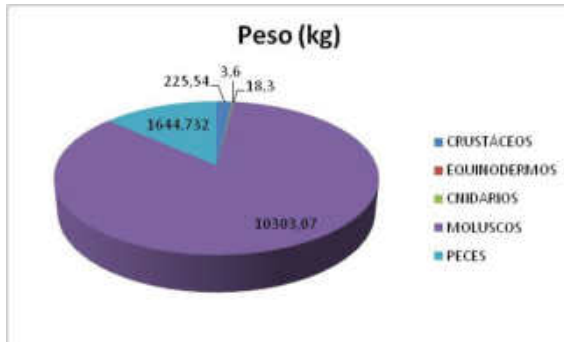


Ilustración 17. Valores promedio de las capturas desembarcadas en Tapia de Casariego (2015-2020) por taxón. Fuente: DGPM y elaboración propia

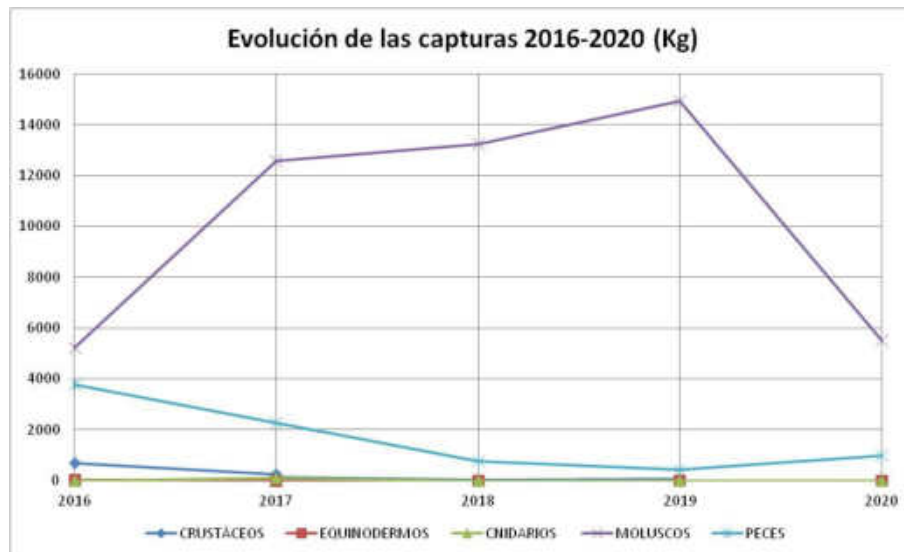


Ilustración 18. Evolución de capturas por grupo taxonómico en Kg

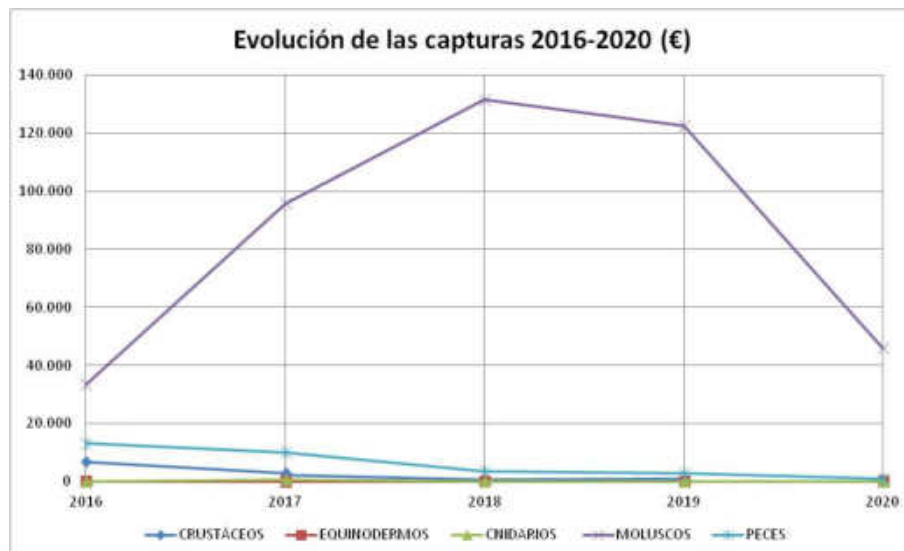


Ilustración 19. Evolución de capturas por grupo taxonómico en €

En las tablas y gráficos anteriores se observa como el grupo de los moluscos es el que presenta mayor volumen y valor económico, siendo el resto poco significativo. Destacan también las capturas de peces en 2016-2017, pero dichas capturas han ido reduciéndose a lo largo de este periodo hasta considerarse también económicamente poco significativas, respecto a las de moluscos, constituidas casi en su totalidad por las capturas de pulpo.

4.4.7 Síntesis

El periodo analizado abarca los años 2016-2020 para la flota pesquera de Tapia de Casariego, empleando los datos de captura subastada en la lonja de dicha población (Fuente: DGPM). En este periodo no se han producido grandes cambios en el número de embarcaciones presentes (6-8) y por lo tanto, se estima la ausencia de grandes variaciones en el esfuerzo pesquero, durante el periodo analizado.

En este periodo se observa como las capturas de moluscos y concretamente de **pulpo**, dominan frente al resto (93% en peso y 96% en €). Se observa una disminución de las capturas en el año 2020 debido a una disminución del volumen de pulpo desembarcado. Esto puede ser debido a dos causas fundamentalmente, una disminución del esfuerzo pesquero por el aumento de días de mala mar o la disminución del recurso, que presenta un stock anual muy variable debido al corto ciclo de vida que posee esta especie.

En 2016 era también reseñable la **captura de peces**, aunque actualmente **no suponen más el 2% del volumen de captura de la flota de Tapia**. En este sentido, la segunda especie en importancia para la flota local sería el bonito del norte.

Para el percebe se han empleado los datos de captura del periodo 1999-2020 (Fuente: CEP), en el plan de explotación de Tapia/Figueras.

En este plan de explotación, **el número de percebeiros ha ido disminuyendo ligeramente a lo largo de estos años** apreciándose dos periodos: En la primera década del siglo XXI, el número variaba entre 29 y 31 percebeiros mientras que, en la segunda década, este número ha sido algo inferior, variando entre los 28 y los 23, según año. El promedio es de 28 percebeiros frente a los 24 actuales.

El promedio de capturas en el plan de explotación de Tapia/Figueras es de 8.621 kg. Existe una clara relación entre el volumen de capturas y los días de mar, ya que los rendimientos por percebeiro y día se mantienen prácticamente constantes y aproximados a los cupos diarios (6-8 Kg/día/marea), a lo largo de los últimos años.

Por otro lado, existe cierto descenso, durante el periodo analizado, en el porcentaje de capturas de percebe que se realizan en las inmediaciones de la zona de estudio pasándose de más de un 10% del total del área del Plan de explotación de Tapia/Figueras a tan sólo el 4 % en la última campaña. Las capturas promedio en dicha zona ascienden a 1.154 kg/año.

No se dispone de datos de valor de venta para el percebe ya que la mayor parte de las capturas no se venden en lonja. Los precios de lonja del percebe allí vendido rondan los 15 €/kg, aunque en momentos de la campaña como los coincidentes con el periodo navideño, el valor de venta al público de de estos, llega a superar los 200€/Kg.

Por todo lo visto se puede decir que las capturas de la flota y mariscadores de Tapia de casariego se centran en el pulpo (96% del valor total de las capturas 2018-2020) con nasa y el percebe, siendo el resto capturas complementarias, dirigidas a bonito del norte o la caballa con artes de anzuelo.

4.5 Caladeros

La zona de estudio pertenece al **caladero nacional Cantábrico-Noreste** y se encuentra incluido en la división VIIIc y IXa-norte del ICES. Comprende una zona muy productiva, y su plataforma es relativamente poco extensa, pues no alcanza más de 25-30 millas de anchura. Una característica de los fondos del Cantábrico es su profundidad, donde destaca el cañón de Avilés, que alcanza los 4.750 m de profundidad.

Asimismo, la zona está incluida en la **Zona de Producción de Moluscos AST1/03** que incluye toda el área litoral asturiana, salvo las rías del Eo y Villaviciosa, las cuales están contempladas dentro de las ZPM AST1/01 y AST1/02 respectivamente.

Mención aparte merece el percebe que cuenta con sus planes de explotación específicos.

También el pulpo presenta planes de gestión y seguimiento por lo que existe información relevante acerca del esfuerzo pesquero que se lleva a cabo en la zona.

4.5.1 Caladeros de la flota asturiana

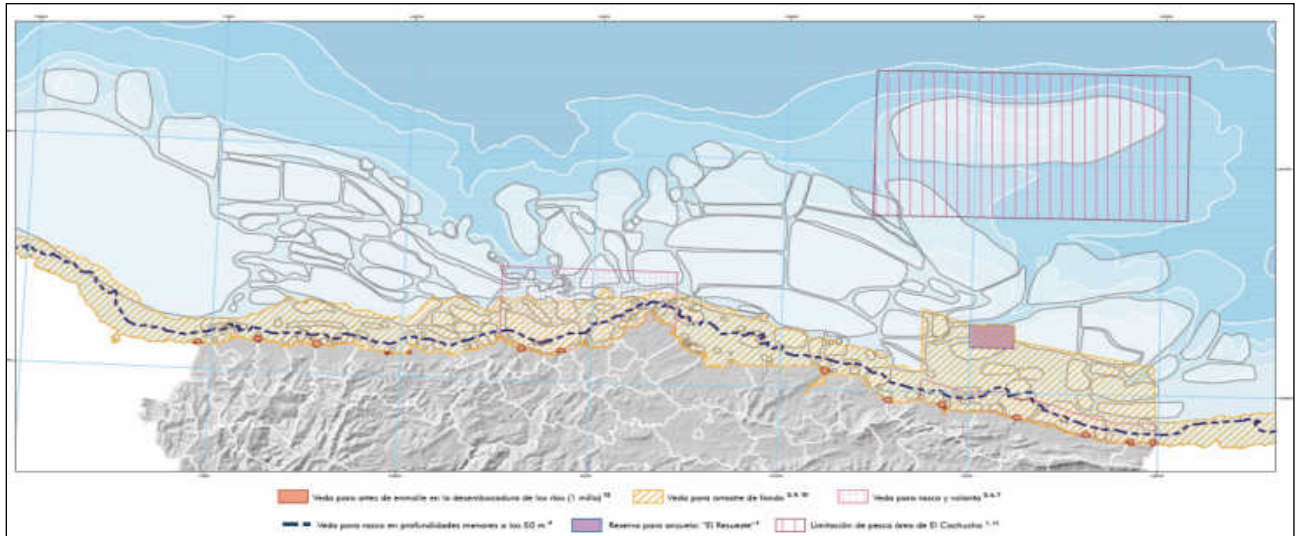


Ilustración 20. Caladeros Principado de Asturias

El Principado de Asturias cuenta con un gran número de caladeros, hasta 226. No obstante, ninguno de ellos se sitúa en la zona de influencia del emisario submarino. A pesar de ello, hay que recalcar que la pesca está permitida en esta zona, exceptuando artes que quedan excluidas por requisitos legales. En las siguientes imágenes se muestra el conjunto de caladeros más cercanos a la zona de instalación del emisario en Salave: El Coitelo y Dondel (15), Las Furadas (17), Playa de Porcía (21) y El Petón de Viavélez (22).

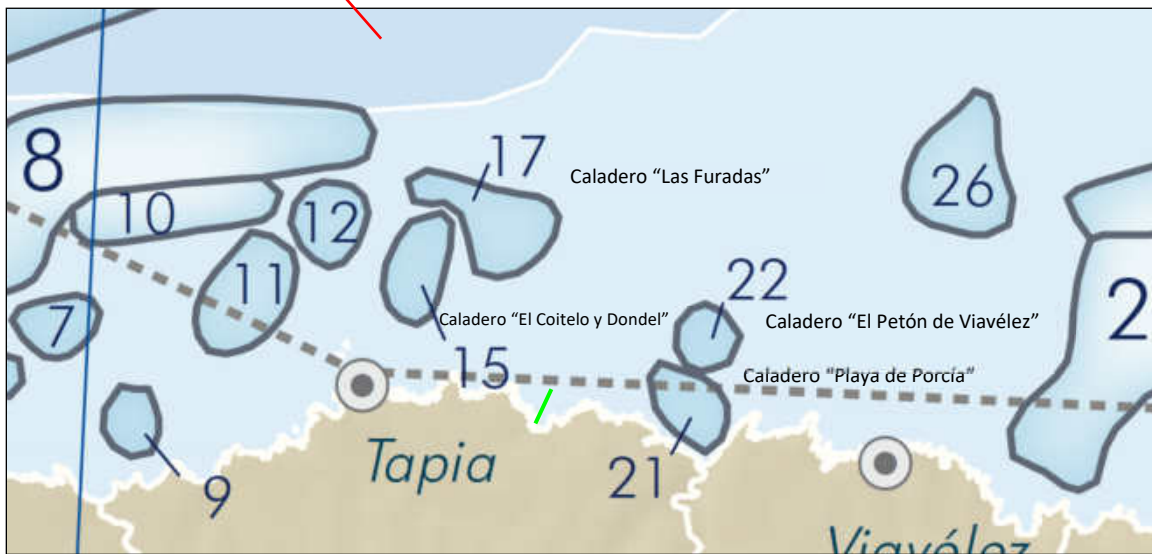
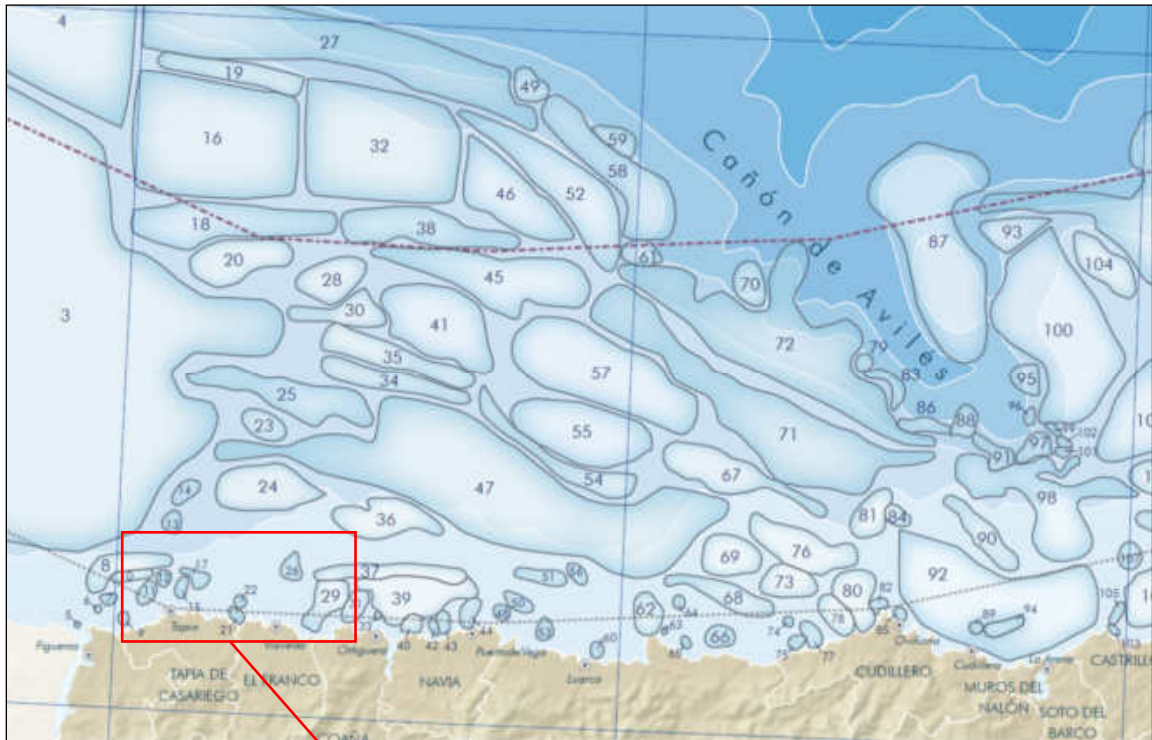


Ilustración 21. Caladeros en la zona de estudio

Tabla 4. Caladeros próximos a la zona de estudio

Caladero	Código	Arte de pesca	Especies objetivo	Fondo	Profundidad
El Coitelo y Dondel	15	Palangre y Nasa	Pulpo, lubina, sargo y congrio	Roca y petones	5-25 brazas
Las Furadas	17	Volanta, Beta, Rasco y Miño	Salmonete, merluza, rayas y pixín blanco	Arena, fango y cascajo	25-50 brazas
Playa de Porcía	21	Beta	Salmonete	Roca y arena	0-25 brazas
El Petón de Viavélez	22	Línea y caña y Palangre	Lubina, sargo, pulpo, maragota y cabracho	Petones	10 brazas

El caladero de Playa de Porcía es el más próximo a la zona de influencia del emisario submarino, en el cual se pescaría salmonete mediante artes de beta. Esto no es así porque, como se verá más adelante, las artes de enmalle están prohibidas en las desembocaduras de los ríos como el Porcía. En el caladero de El Coitelo y Dondel, se pesca principalmente Pulpo, el recurso más desembarcado en Tapia de Casariego, mediante artes de nasa.

Por otro lado, teniendo en cuenta que las artes de enmalle no son empleadas habitualmente por la flota pesquera de Tapia de Casariego y que además del pulpo, las principales especies capturadas por dicha flota son el bonito del norte y la caballa, pescadas mediante artes de anzuelo, se puede decir que además del caladero de “El Coitelo y Dondel”, para la pesca del pulpo mediante nasas, la flota de Tapia podría emplear el caladero el Petón de Viavélez para la captura de bonito del norte y caballa mediante línea de mano o cacea. El resto de caladeros, al tratarse de fondos rocoso/arenoso carentes de petones (bajos rocosos), al igual que la zona de instalación del emisario y área de influencia del vertido, son más adecuados para las artes de enmalle, artes no empleados o empleados con poca frecuencia por la flota de Taipa, según los datos de captura de esta.

4.5.2 Caladeros de pulpo

El Centro de Experimentación Pesquera (CEP) ha elaborado un mapa de actividad de algunos de los barcos que han participado en las campañas de pulpo entre los años 2015 y 2020, que permite visualizar las zonas de mayor actividad para la captura de pulpo. En las áreas sombreadas en color rojo, las de mayor actividad, se pueden identificar los caladeros 15 y 17, “El Coitelo y Dondel” y “Las Furadas”. Los otros dos caladeros El Petón de Viavélez y la Playa de Porcía, cercanos a la zona de estudio, son zonas de baja actividad para esta especie, y por tanto, para las capturas generales de la flota de Tapia.

En las imágenes también se muestra cómo los esfuerzos pesqueros para la captura de este cefalópodo se llevan a cabo en las inmediaciones de cada puerto y principalmente por encima de los 50 m de profundidad.

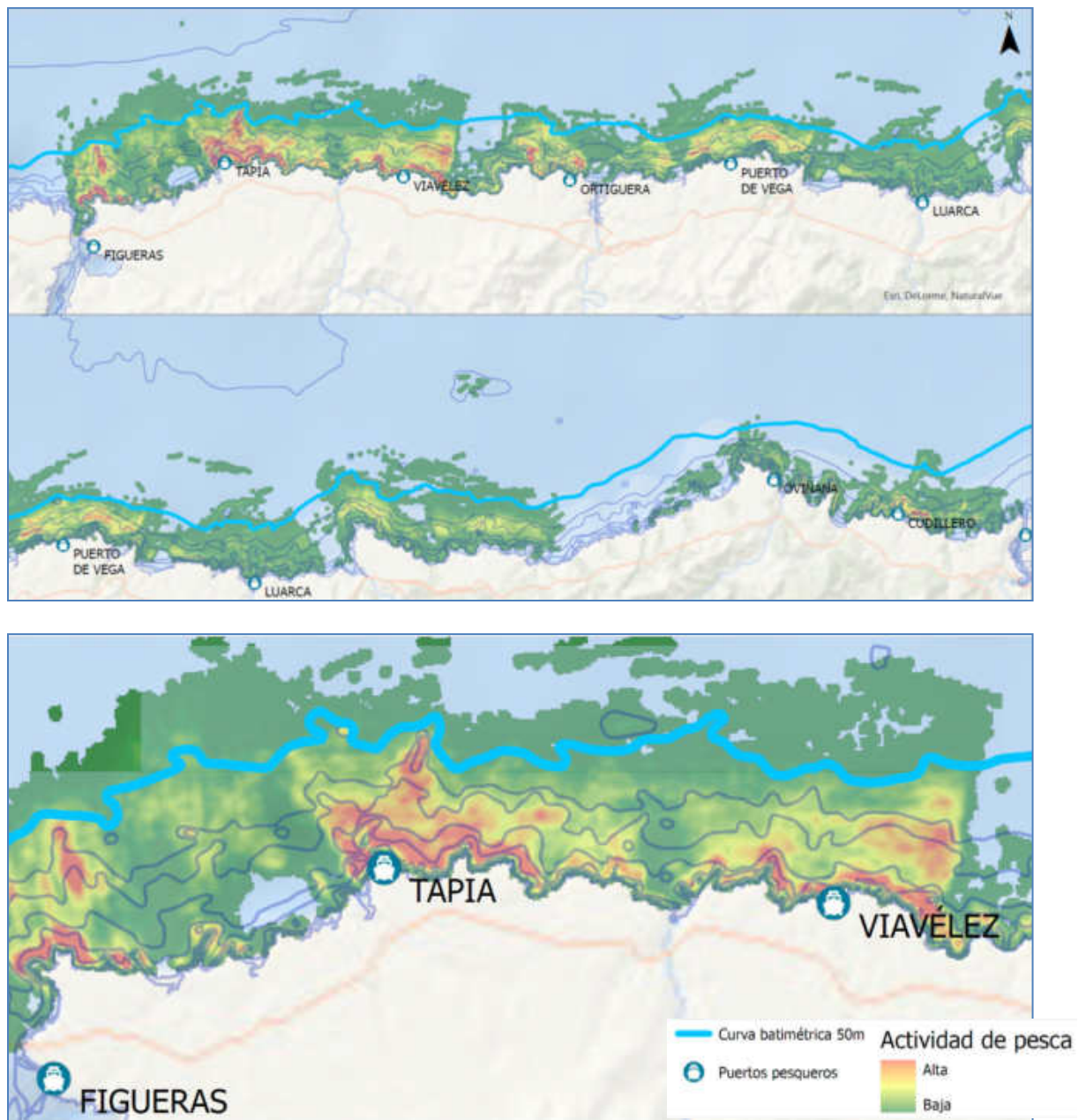


Ilustración 22. Actividad de barcos radiomarcados durante el período 2015-2020 para Plan de Explotación del Pulpo (*Octopus vulgaris*).
Fuente: Centro de Experimentación Pesquera (CEP)

4.5.3 Zona de producción de moluscos AST1/03

Según la Resolución de 29 de abril de 2009, de la Consejería de Medio Rural y Pesca, por la que se declaran y clasifican las zonas de producción de moluscos bivalvos y otros invertebrados marinos en aguas competencia del Principado de Asturias, se establecen tres zonas de producción en el litoral asturiano: AST1/01, AST1/02 y AST1/03. Por otro lado, con carácter bianual, se publica la Orden Ministerial que hace pública la ubicación y los límites de las zonas de producción y de reinstalación de moluscos bivalvos vivos, así como su clasificación microbiológica y las especies criadas en estas zonas ([Orden APA/524/2019, de 26 de abril, por la que se publican las nuevas relaciones de zonas de producción de moluscos y otros invertebrados marinos en el litoral español](#)).

La ZPM AST1/03 es la que abarcaría la zona de influencia del emisario submarino proyectado. Dispone de categoría Tipo A de acuerdo con lo establecido en la sección VII del anexo III del Reglamento (CE) 853/2004, de 29 de abril (aquéllas en las que pueden recolectarse moluscos bivalvos vivos para el consumo humano directo). Esta zona se sitúa entre la ría del Eo (43º 32,05' N; 7º 01,38' W) y la ría de Tinamayor (43º 23,52' N; 4º 30,80' W). Está declarada como zona de producción de equinodermos (erizo de mar) y moluscos gasterópodos, con las siguientes especies (clasificadas en el *Reglamento (CE) 854/2004, de 29 de abril, por el que se establecen normas para la organización de controles oficiales para los productos de origen animal destinados al consumo humano*):

- Erizo de mar (*Paracentrotus lividus*)
- Erizo europeo (*Echinus esculentus*)
- Erizo violáceo (*Spaerechinus granularis*)
- Moluscos gasterópodos en general

En este sentido la *Resolución de 3 de junio de 2009, de la Consejería de Medio Rural y Pesca, por la que se aprueba el modelo oficial de documento de registro para moluscos bivalvos, equinodermos, tunicados y gasterópodos marinos vivos*, establece para los equinodermos, tunicados y gasterópodos marinos que la primera venta se realizará a través de las **lonjas de los puertos**, no siendo por tanto los centros de expedición de moluscos y depuradoras.

Ya que en la ZPM AST1/03 no se capturan moluscos bivalvos, todas las capturas de equinodermos y gasterópodos que se llevan a cabo en la zona deberían pasar por el punto de primera venta del puerto de Tapia de Casarigo. En su lonja no se desembracen equinodermos y sí, gasterópodos como la

llámpara (lapas) o el bígaro, lo que da una idea precisa de las especies, zonas y manera en la que se capturan las especies explotables en la ZPM AST1/03, en las inmediaciones del área de estudio.

Tanto las llámparas como el bígaro son especies presentes en el mediolitoral rocoso o el infralitoral superior, por lo que su captura se lleva a cabo mediante marisqueo a pie durante la bajamar en las citadas zonas rocosas.

Por este motivo se puede decir que, en la zona de estudio, de todas las especies establecidas en la *Resolución de 29 de abril de 2009, de la Consejería de Medio Rural y Pesca, por la que se declaran y clasifican las zonas de producción de moluscos bivalvos y otros invertebrados marinos en aguas competencia del Principado de Asturias*, únicamente se capturarían llámparas o bígaros en la línea de costa. Las capturas de estas especies, según los datos de lonja, son muy poco significativas.

La zona de entrada del emisario en la franja sublitoral se lleva a cabo a través de la playa de Las Poleas, donde no existe sustrato rocoso mediolitoral de entidad, además se realizará mediante Perforación Horizontal Dirigida (PHD) (técnica que evita la apertura de zanjas o voladuras, interactuando exclusivamente con el subsuelo, sin afectar a las zonas superficiales), por lo que el discurrir del emisario no interacciona de forma directa o indirecta con las zonas de marisqueo a pie de estas especies. En este caso, únicamente habrá que tener en cuenta la incidencia del proyecto en la fase de funcionamiento y a consecuencia del vertido.

4.5.4 Percebe

La pesca del percebe en la zona cuenta con planes específicos de explotación:

Resolución de 16 de septiembre de 2020, de la Consejería de Medio Rural y Cohesión Territorial, por la que se regula la campaña 2020/2021 de extracción del percebe y se aprueban los planes de explotación

El artículo 10.1.13 del Estatuto de Autonomía atribuye al Principado de Asturias la competencia exclusiva en materia de pesca marítima en aguas interiores y marisqueo.

En ejercicio de esta competencia se aprobó la Ley del Principado de Asturias 2/1993, de 29 de octubre, de pesca marítima en aguas interiores y aprovechamiento de recursos marinos, cuyo artículo 7 establece la posibilidad de realizar planes anuales en los que se fijará la capacidad extractiva en función de la evolución de los recursos.

Por su parte, el Decreto 35/1998, de 18 de junio, por el que se regula la actividad de marisqueo a pie en aguas competencia del Principado de Asturias, prevé en su artículo 9 la posibilidad de establecer cupos de captura en aquellas áreas que por sus características biológicas fuera conveniente y la creación de zonas de pesca restringida, previsión esta que ha sido contemplada en el artículo 29 de la citada Ley 2/1993.

En desarrollo de estas previsiones se elaboraron por la Dirección General de Pesca Marítima varios planes de explotación del percebe en colaboración con las Cofradías de Ortiguera, Figueras, Tapia de Casariego, Viavélez, Puerto de Vega, Luarca, Cudillero, Oviñana, San Juan de la Arena, Avilés, Bañugues y Luanco con el objeto de preservar el recurso y mejorar su comercialización en el ámbito geográfico de dichas Cofradías. Posteriormente, dichos planes de explotación fueron objeto de acuerdos entre la Consejería y las citadas Cofradías, siendo además regulados mediante sucesivas Resoluciones.

En cumplimiento de las previsiones contenidas en tales acuerdos, resoluciones y demás normativa en vigor, es necesario proceder a la regulación específica de cada campaña de pesca en las zonas de pesca restringida, afectadas por los planes de explotación del percebe y en el resto del litoral asturiano...

...2. Para la campaña 2020/2021, la Dirección General de Pesca Marítima, a propuesta de las Cofradías gestoras, determinará los días hábiles, así como las zonas de veda, parcial y total. El plan de explotación de Luarca dispondrá de un máximo de 96 días hábiles, que serán determinados por la Cofradía gestora...

Teniendo todo esto en cuenta hay que decir que **la captura de percebes se realiza exclusivamente a pie sobre roca en las zonas de rompiente de la zona de estudio**, incluida en el Área del Plan de Gestión de Tapia/Figueras. Las zonas vedas se establecen para cada campaña anual en dicho plan y varía cada año.

A continuación, se muestran las zonas de captura de percebe del Plan de Gestión de Tapia/Figueras (Fuente: CEP):

Tabla 5. Zonas de captura de percebe del Plan de Gestión de Tapia/Figueras (Fuente: CEP)

id	nombre	longitud	º long media	º lat media
101	Punta la Cruz	1479	-7,02405	43,55651
102	Maste	942	-7,02115	43,56017
103	Las Agudas, La Echada y Las Marías, Las Mochas, Las Munias y Las Perceberas	199	-7,01879	43,55969
104	de San Cristobal.	581	-7,00732	43,55727
105	Punta del Corno	861	-6,99658	43,55766
106	Pantorgas	2461	-6,98895	43,55956
107	Xoxeiras	165	-6,98363	43,56194
108	Esguillón	864	-6,97709	43,55839
109	Canlongo	3280	-6,96445	43,56236
110	Picudas	462	-6,95725	43,56501
111	Reburdia	856	-6,95586	43,56793
112	Baixa Cetárea	995	-6,94952	43,57144
113	Faro de Tapia	854	-6,94915	43,57571
114	Orrio	306	-6,94823	43,57439
115	Percebosa - Cricas	459	-6,94573	43,57698
116	Cagúa - Represas	1166	-6,93948	43,57353
117	Castelois	772	-6,93261	43,57160
118	Salgueriza	294	-6,92882	43,57206
119	Trabe	337	-6,92629	43,57322
120	Cabo Cebes	1615	-6,92526	43,57415
121	Picones	122	-6,92459	43,57520
122	Mirallos	1407	-6,91797	43,57230
123	Bocao	1449	-6,91326	43,57240
124	Figo Pescazón	1345	-6,90068	43,56906
125	Torbas - Cerva	642	-6,89839	43,57010
126	Barbada - Fanfoliz	1536	-6,89518	43,56966
127	Forcada	1250	-6,89148	43,57291
128	Follois	133	-6,88581	43,57030
129	Tormantes	624	-6,88356	43,56794
130	Porcía	3121	-3,44582	43,56687

Estas áreas se representan en las siguientes imágenes, donde se observa como las zonas rocosas denominadas “Mirallos”(122), “Bocao” (123), “Figo Pescazón” (124) Torbas – Cerva (125) y Barbada – Fanfoliz (126), son las más cercanas a la zona de instalación del emisario prevista.



Ilustración 23. Zonas de captura de percebe del Plan de Gestión de Tapia/Figueras I (Fuente: CEP)



Ilustración 24. Zonas de captura de percebe del Plan de Gestión de Tapia/Figueras II (Fuente: CEP)

La zona de entrada del emisario en la franja sublitoral se lleva a cabo a través de la playa de Las Poleas, donde no existe sustrato rocoso mediolitoral de entidad, además se realizará mediante Perforación Horizontal Dirigida (PHD) (técnica que evita la apertura de zanjas o voladuras, interactuando

exclusivamente con el subsuelo, sin afectar a las zonas superficiales), por lo que el discurrir del emisario no interacciona de forma directa con los caladeros de percebes o con la propia actividad extractiva. En este caso, **únicamente habrá que tener en cuenta la incidencia indirecta del proyecto sobre esta especie.**

4.5.5 Síntesis

Para la captura de pulpo en la zona se pueden identificar los caladeros 15 y 17, “El Coitelo y Dondel” y “Las Furadas” como las áreas de mayor esfuerzo pesquero. Los otros dos caladeros El Petón de Viavélez y la Playa de Porcía, cercanos también a la zona de estudio, son zonas de baja actividad para esta especie y, por tanto, para las capturas generales de la flota de Tapia. Los esfuerzos pesqueros de la flota de Tapia para la captura de este cefalópodo se llevan a cabo en las inmediaciones del puerto de Tapia de Casariego (<5km) y principalmente por encima de los 50 m de profundidad.

Además del pulpo, las principales especies capturadas por flota pesquera de Tapia son el bonito del norte y la caballa, pescadas mediante artes de anzuelo. La flota de Tapia podría emplear en la zona el caladero el Petón de Viavélez para la captura de bonito del norte y caballa mediante línea de mano o cacea. **El resto de caladeros de la zona de estudio, al tratarse de fondos rocoso/arenoso carentes de petones (bajos rocosos), al igual que la zona de instalación del emisario y área de influencia del vertido, son más adecuados para las artes de enmalle, artes no empleados o empleados con poca frecuencia por la flota de Tapia, según los datos de captura de esta.**

En general, las artes menores de enmalle, anzuelo y nasa que se calan cerca de costa se realizan en las proximidades de cada puerto (Ver Ilustración 22. Actividad de barcos radiomarcados durante el período 2015-2020 para Plan de Explotación del Pulpo (*Octopus vulgaris*). Fuente: Centro de Experimentación Pesquera (CEP)). Tras Tapia de Casariego, el otro puerto con flota pesquera más cercano a la zona de estudio sería el de Viavélez. Este puerto no cuenta con embarcaciones de artes mayores, **dedicándose las embarcaciones de artes menores principalmente a la captura de pulpo y a mariscos como el centollo o la nécora, mediante nasas y, por tanto, son capturas que se llevan a cabo en las inmediaciones de dicho puerto y no en la zona de estudio.**

En la zona de estudio, de todas las especies establecidas en la *Resolución de 29 de abril de 2009, de la Consejería de Medio Rural y Pesca, por la que se declaran y clasifican las zonas de producción de moluscos bivalvos y otros invertebrados marinos en aguas competencia del Principado de Asturias,*

únicamente se capturarían llámparas o bígaros en la línea de costa. Las capturas de estas especies, según los datos de lonja, son muy poco significativas.

La captura de percebes se realiza exclusivamente a pie sobre roca en las zonas de rompiente de la zona de estudio, incluida en el Área del Plan de Gestión de Tapia-Figueras. Las zonas vedas se establecen para cada campaña anual en dicho plan y varía cada año.

La zona de entrada del emisario en la franja sublitoral se lleva a cabo a través de la playa de Las Poleas, donde **no existe sustrato rocoso mediolitoral de entidad**, además se realizará mediante Perforación Horizontal Dirigida (PHD) (técnica que evita la apertura de zanjas o voladuras, interactuando exclusivamente con el subsuelo, sin afectar a las zonas superficies), por lo que **el discurrir del emisario no interaccionará de forma directa con los caladeros de percebes, llámparas y bígaros o con la propia actividad extractiva**. En este caso únicamente habrá que tener en cuenta la incidencia indirecta del proyecto sobre dichas especies.

4.6 Especies

Las especies que se capturan en los caladeros próximos a la instalación del emisario submarino son el pulpo (*Octopus vulgaris*), la lubina (*Dicentrarchus labrax*), el sargo (*Diplodus sargus sargus*), el congrio (*Conger conger*), el salmonete (*Mullus barbatus*), la merluza (*Merluccius merluccius*), la raya (*Raja clavata*), el pixín blanco (*Lophius piscatorius*), la maragota (*Labrus bergylta*) y el cabracho (*Scorpaena scrofa*). De entre todas estas especies, como ya se ha visto con anterioridad, destacan las capturas de pulpo, sin que se hayan registrado capturas significativas de las restantes especies citadas durante los dos últimos años analizados (2020).

Otras capturas de relevancia, por su valor, son las de bonito del norte (*Thunnus alalunga*).

Mediante el marisqueo a pie en la zona se recogen llámparas (*Patella spp.*) y bígaros (*Littorina Littorea*), cuyo volumen y valor de captura no son reseñables, y percebes (*Pollicipes pollicipes*), cuyas capturas si presentan un elevado valor económico.

A continuación, se describen en detalle las dos especies de menor movilidad (pulpo; movilidad reducida y percebe; sésil) y que por tanto, pueden verse afectadas por la instalación y funcionamiento

del emisario⁵, más importantes en la economía del concejo Tapia de Casariego. Son pesquerías que cuentan con sus propios planes de gestión y explotación, basados en evaluaciones científicas, de manera que aseguran la sostenibilidad de las mismas:

4.6.1 Pulpo (*Octopus vulgaris*) (Lamarck, 1798)

Biología

Nombre común: Pulpo de roca

Descripción: El pulpo es un molusco cefalópodo, con el cuerpo sacciforme y sin concha. Posee 8 brazos provistos de ventosas que se hallan unidos en su base por una membrana dérmica. Los brazos son robustos en la base, con dos filas de ventosas. Los laterales son los más largos y el primer par ligeramente más corto que los demás.

Distribución geográfica y hábitat: El pulpo común es una especie cosmopolita, cuya área de distribución abarca la plataforma continental de todos los mares, entre 55º N y 50º S de latitud, siendo especialmente abundante en aguas templadas. Es una especie estrictamente litoral (hasta 150 m de profundidad), encontrándose sobre la plataforma continental, en fondos rocosos, detríticos o arenosos, aunque también puede habitar zonas relativamente fangosas.

Reproducción: Para la copulación, el macho exhibe las grandes ventosas características de su sexo, y adopta posturas y coloraciones típicas, intentando introducir el tentáculo modificado o hectocotilo en el manto de la hembra. Entonces, se transfieren los espermatozoides -a través del canal del hectocotilo y por medio de la lígula- a las inmediaciones de la salida de los oviductos. Mediante contracciones peristálticas, los espermatozoides son conducidos a la glándula oviductal donde los óvulos son fecundados. Este proceso puede durar más de una hora, y un macho puede copular con varias hembras.

Una vez realizada la cópula, la hembra deja de alimentarse y se retira al interior de su refugio, bloqueando la entrada. En él, realiza la puesta adhiriéndola a éste en forma de racimos. Cada puesta puede constar de 180 a 550 racimos, y éstos a su vez de 700 a 1100 huevos por racimo. Esto hace un total de 125.000 a 600.000 huevos por puesta.

⁵ Especies como el bonito del norte o la caballa son especies de gran movilidad (pelágicas migradoras), por lo que la instalación del emisario interactuará de manera poco significativa y por tiempo limitado con estas, provocando el alejamiento del lugar de las obras en el periodo que duren las mismas. Una vez el emisario entre en funcionamiento los principales impactos podrían derivar de la posible acumulación del contenido del vertido. En este caso, su carácter migratorio haría también poco significativa cualquier tipo de bioacumulación.

Alimentación: El pulpo es un depredador situado en el vértice de una compleja trama alimenticia. La composición de la dieta alimentaria varía considerablemente. Tiene una preferencia por los crustáceos, alimentándose también de moluscos, tanto bivalvos como gasterópodos, peces, y otros cefalópodos, pudiendo darse incluso el canibalismo. Cuando las circunstancias le obligan, se puede comportar como carroñero.

Condicionantes ambientales de interés: Los pulpos (*Octopus vulgaris*) (Cuvier, 1797) son un recurso difícil de manejar debido a su corta vida, rápido crecimiento, alta mortalidad natural y sensibilidad a las condiciones ambientales, casi sin superposición de generaciones en los caladeros, lo cual da lugar a importantes fluctuaciones estacionales y entre años en la abundancia y los desembarques posteriores. Esto quiere decir que su abundancia depende en gran medida del éxito del reclutamiento, al cual le afectan mucho las condiciones ambientales (como pueden ser la temperatura, la clorofila, la turbidez, la lluvia o los vertidos de un río) en su población a través de influencias en la fecundidad adulta, la calidad del huevo, el éxito de la eclosión y la mortalidad de paralarvas juveniles (Pierce *et al.* 2008). Según Sobrino *et al.* (2020) la condición ambiental que más afecta son las lluvias ocurridas durante el periodo previo a la puesta de huevos, las cuales afectan al reclutamiento exitoso debido a que probablemente tengan un efecto negativo sobre las presas de las paralarvas (el zooplancton).

Aunque existen muchos estudios sobre esta especie aún se desconocen muchos aspectos de la dinámica y adaptaciones de las poblaciones de pulpos que viven en ecosistemas costeros (Guerra, 1982; Arechavala-Lopez *et al.* 2019). Pero se conoce que el aumento de contaminantes orgánicos y metales en el agua de mar puede causar efectos biológicos en organismos marinos, desde moleculares a ecológicos dependiendo del tiempo de exposición y el nivel de concentración (De Domenico *et al.* 2013; Jebali *et al.* 2014).

Según Silleiro-Ríos *et al.* 2018 y Semedo *et al.* 2012 es efectivo el uso de biomarcadores de estrés oxidativo en el pulpo (*Octopus vulgaris*) para evaluar los efectos de la contaminación por metales, mediante estos estudios también comprobaron que esta especie presenta un sistema eficaz de enzimas antioxidantes capaces de reducir el daño oxidativo provocado por esta contaminación.

Actualmente existen estudios que determinan los niveles de metales en los distintos tejidos del pulpo común para varios caladeros o tramos costeros pero no existen estudios que relacionen el nivel de estrés y mortalidad de esta especie con concentraciones variables de metales pesados o el aumento de la turbidez y los sólidos en suspensión, por lo que resulta difícil establecer un umbral de

concentración a partir del cual dicha especie se vea afectada por un vertido como el previsto por la ejecución del proyecto actual. A esta incertidumbre hay que añadir la capacidad que tiene esta especie para la retención de metales como el Hg, Cu, Pb y Zn, en la glándula digestiva que parece actuar como órgano de desintoxicación. (Raimundo *et al.* 2003).

Plan de gestión

En Asturias se realizan informes sobre el seguimiento de las campañas de pulpo por el Centro de Experimentación Pesquera (CEP) debido a que en cada campaña se publica una Resolución por la Consejería de Desarrollo Rural, Agroganadería y Pesca que regula la pesca del pulpo común, estableciendo unos objetivos específicos relativos al impacto de la pesquería sobre la especie objetivo y sobre el ecosistema en el Plan de Gestión de cada campaña. De esta forma, en base a la información recopilada, se estima la productividad latente y el cupo máximo de capturas para la siguiente campaña, además de analizar el total de ventas de pulpo y recoger una serie de recomendaciones para la gestión.

Este plan de gestión está centrado en la costa Occidental de Asturias (desde el año 2000) debido a que es la zona en la que se encuentran las cofradías que desde el 2016 cuentan con la certificación MSC (Marine Stewardship Council), una ecoetiqueta que asegura que la especie proviene de una pesquería sostenible y respetuosa con el medio ambiente. Las cofradías a las que se les otorgó la primera certificación MSC de pulpo a nivel mundial son la de Tapia de Casariego, la de Viavélez, la de Ortigueira y la de Puerto de Vega siendo un ejemplo de pesquería local de carácter tradicional. Estas cofradías se asociaron para formar una única entidad, APRESOS, mediante la cual se gestione la pesquería mejorando la toma de decisiones y empoderando a los pescadores a nivel local contribuyendo así a la gobernanza general de las pesquerías. Esta pesquería utiliza las nasas como arte de pesca sostenible, debido a que es muy respetuosa con el medio, altamente selectiva y prácticamente no ocasiona daño a capturas accesorias.

Por último, indicar que las normas para el plan de gestión del pulpo en 2021 se establece en la *Resolución de 19 de noviembre de 2020, de la Consejería de Medio Rural y Cohesión Territorial, por la que se regula la pesca del pulpo común (Octopus vulgaris) durante la campaña 2020/2021.*

4.6.2 Percebe (*Pollicipes pollicipes*) (Gmelin, 1789)

Biología

Descripción: El percebe es un crustáceo cirrípedo, su cuerpo está compuesto por dos partes distinguibles, el capítulo (uña) y el pedúnculo. El capítulo está formado por varias placas calcáreas de número variable, en su interior se encuentran los cirros con los que filtran el alimento, la boca, los órganos del aparato digestivo y los órganos sexuales masculinos. En el pedúnculo se encuentra el tejido muscular, parte del aparato reproductor femenino y las glándulas productoras del cemento mediante el que se fija a la roca.

Distribución geográfica y hábitat: El percebe se distribuye en las costas occidentales de América, África y Europa en éstas últimas aparece desde Senegal hasta el norte de Francia. Habitan en la franja intermareal de las costas expuestas al oleaje adheridos a la roca.

Reproducción: los percebes son hermafroditas simultáneos y presentan fecundación cruzada, es decir, un individuo introduce el pene en el interior del capítulo de otro individuo, donde libera los espermatozoides, este otro individuo libera también los ovocitos en el interior de su capítulo y se produce la fecundación y producción de dos láminas de huevos. Cuando los huevos maduran eclosionan y se liberan al mar, tienen una fase larvaria compuesta por 6 estadios planctónicos viviendo en suspensión en la columna de agua siendo transportadas por corrientes oceánicas. Al final de la fase larvaria se fijan al sustrato y sufren una metamorfosis en percebe juvenil, normalmente se fijan al pedúnculo de otros percebes formando piñas. En Asturias el periodo de reproducción abarca la primavera y el verano, y el periodo en el que se fijan las larvas comprende entre el verano y el principio del otoño.

Alimentación: son animales filtradores que se alimentan de plancton y detritos de materia orgánica.

Condicionantes ambientales de interés: el aumento de contaminantes orgánicos y metales en el agua de mar puede causar efectos biológicos en organismos marinos, desde moleculares a ecológicos dependiendo del tiempo de exposición y el nivel de concentración (De Domenico et al. 2013; Jebali et al. 2014).

Los percebes y otros cirrípedos tienen la capacidad de bioacumular contaminantes como los metales pudiendo emplearse como monitores de la contaminación de las aguas (Reis et al. 2011). Los metales que *P. pollicipes* bioacumula de manera más eficiente según el estudio "*Goose barnacle Pollicipes pollicipes as biomonitor of metal contamination in the northwest coast of Portugal*" (Reis et al. 2011), son el Fe, Cd y Zn, lo que refleja la alta sensibilidad de los percebes a estos metales. La bioacumulación obtiene valores medios para el Cr, Mn, Cu y Ni, lo que puede deberse a su baja biodisponibilidad en

las aguas costeras cercanas el noroeste portugués o a la capacidad de *P. pollicipe* para regularlas / eliminarlas.

A igual que ocurre con el pulpo, actualmente existen estudios que determinan los niveles de metales en los distintos tejidos del percebe pero no existen estudios que relacionen el nivel de estrés y mortalidad de esta especie con concentraciones variables de metales pesados o el aumento de la turbidez y los sólidos en suspensión, por lo que resulta difícil establecer un umbral de concentración a partir del cual dicha especie se vea afectada por un vertido como el previsto por la ejecución del proyecto actual. A esta incertidumbre haya que añadir la capacidad que tiene esta especie para bioacumular ciertos metales como el Fe, Cd y Zn o posiblemente eliminar otros como Cr, Mn, Cu y Ni (Reis et al. 2011).

Plan de explotación

La gestión de los planes de explotación corre a cargo de cada cofradía de pescadores. En la zona de estudio Figueras y Tapia constituyen una única área de gestión. La zona de estudio es zona restringida e incluida en el plan de explotación de Figueras y Tapia, por lo que sólo se pueden extraer percebe según su plan de explotación y por los mariscadores adscritos a este plan.

Estos planes se elaboran anualmente para cada campaña y deben cumplir con lo establecido en la *Resolución de 16 de septiembre de 2020, de la Consejería de Medio Rural y Cohesión Territorial, por la que se regula la campaña 2020/2021 de extracción del percebe y se aprueban los planes de explotación*, cuyos requisitos principales se resume a continuación:

Primera.—Ámbito de aplicación.

Las presentes normas serán de aplicación en todo el litoral asturiano. A los planes de explotación se les aplicarán, además, las normas establecidas en el apartado II de la presente Resolución.

Segunda.—Zonas de marisqueo.

1. Los mariscadores no incluidos en los planes de explotación, podrán marisquear percebe en todo el litoral asturiano excepto en las zonas establecidas en los planes.
2. Los mariscadores pertenecientes a los planes de explotación no podrán marisquear en ninguna otra zona del litoral asturiano. Igualmente, no podrán ejercer la actividad de extracción del percebe en zona libre ni en otro plan una vez establecida la veda en su zona.

Tercera.—Cupo de captura.

1. Para la campaña 2019/2020 el cupo máximo de capturas, tanto para planes de explotación como para zona libre, será de:
 - 6 kg. por día de pesca y en una sola marea con carácter general.
 - 8 kg. por día de pesca y en una sola marea únicamente en el período comprendido entre el 10 de diciembre de 2019...

Sexta.—Artes de pesca.

1. El único instrumento autorizado para la extracción de percebes es la bistranza de mano o cavadoira, realizándose la actividad a pie sobre la roca y quedando expresamente prohibido cavar percebes con espejo desde embarcación.

2. De conformidad con lo establecido en el artículo 26.1 de la Ley 2/1993, de 29 de octubre, de Pesca Marítima en Aguas Interiores y Aprovechamiento de Recursos Marinos, la actividad de extracción de percebe a pie se realizará únicamente en la zona intermareal de la costa, no permitiéndose el uso de otras embarcaciones que aquellas inscritas en las Listas 3.^a o 4.^a del Registro Oficial de Buques, quedando expresamente prohibido el uso de cualquier otra embarcación o artilugio flotante para acceder a las piedras cercadas.

II. NORMAS APLICABLES A LOS PLANES DE EXPLOTACIÓN

Tercera.—Censo y número de mariscadores.

1. El número máximo de mariscadores admitido en la campaña 2019/2020 para cada Plan de Explotación será el siguiente:
 - Plan de Tapia/Figueras: 24.

Sexta.—Compatibilidad y exclusividad de la actividad.

1. Durante la presente campaña 2020/2021, los mariscadores incluidos en los planes podrán compatibilizar, exclusivamente, el marisqueo de percebe con:
 - Artes menores de anzuelo: palangrillo, potera, pincho y cacea caballa.
 - La pesca de centollo a gancho y espejo.
 - La pesca de la angula.
2. Se incluirá la beta entre los artes compatibles en la presente campaña, siempre y cuando el arte se largue y se levante en el mismo día, no pudiendo quedar el arte calado, y pudiendo

permanecer en la embarcación. Las actividades compatibles se realizarán en todo caso en días distintos.

En la *Resolución de 16 de septiembre de 2020, de la Consejería de Medio Rural y Cohesión Territorial, por la que se regula la campaña 2020/2021 de extracción del percebe y se aprueban los planes de explotación*, no se ha incluido aún las zonas de veda, por lo que a continuación se muestran las de la campaña anterior 2019/2020 (*Resolución de 18 de septiembre de 2019*)

Anexo I

Las zonas de veda total y parcial y los períodos hábiles, para la presente campaña, serán los siguientes:

1. Área del Plan de Gestión de Tapia-Figueras (cuyos límites son la Ría del Eo, por el Oeste, y la Playa de Porcía, por el Este):

Período hábil: del 1 de octubre de 2019 al 2 de enero de 2020 y del 2 de marzo al 30 de abril de 2020. Veda: del 3 de enero al 28 de febrero.

- Zonas de veda total: — El Orrío y desde El Facó (excluido) hasta las piedras del Bocao (incluidas).
- Zonas de veda parcial: — En Los Follóis y en Las Xoxeiras, veda del 30 de noviembre a final de temporada (período hábil del 1 de octubre al 29 de noviembre). Durante el período hábil solo se autorizan a cada mariscador 3 días de pesca al mes en Los Follóis y otros 2 días de pesca al mes por mariscador en Las Xoxeiras. — En La Forcada y Forcadía y demás islotes de la zona; en El Salgueiro-Corveiro y Esguillón, veda del 10 de diciembre a final de temporada (período hábil del 1 de octubre al 9 de diciembre). — En las Pantorgas; desde el Puente de los Santos hasta Penedos Blancos incluidos; en el Faro de Tapia, desde la boca del muelle hasta el dique Entreislas; en Las Percebosas y en Las Cricas, veda del 1 de octubre al 9 de diciembre y del 4 de enero a final de temporada (período hábil del 10 de diciembre al 3 de enero).

4.7 Regulación de la actividad pesquera

Las medidas que se llevan a cabo para asegurar la sostenibilidad de los recursos pesqueros, y de esta forma, regular la actividad pesquera, son las vedas, los cupos y tallas mínimas de capturas según la especie.

Además, es de interés conocer los tiempos de veda de los recursos que se capturan cerca de la zona de estudio donde se instalaría el emisario submarino para **coordinar con las fechas de ejecución del proyecto y provocar la menor afección posible al sector pesquero.**

4.7.1 Vedas temporales y tallas mínimas

Tabla 6. Vedas temporales y tallas mínimas de captura para las especies desembarcadas en los dos últimos años en Tapia de Casariego

	Especie	Veda	Talla mínima
Crustáceos	Bogavante/Bugre/Llubricante	15 septiembre / 30 abril	25 cm
	Langosta	15 septiembre / 30 abril	25 cm
	Nécora/Andarica	15 enero / 15 marzo	5,5 cm
	Percebe	3 enero / 28 febrero. 1 mayo / 30 septiembre	4 cm
Moluscos	Bigaro	Sin veda	15 mm
	Choco/Jibia/Xibia/Sepia		8 cm
	Llámpara		20 mm
	Pulpo	16 julio / 14 diciembre. 1 febrero / 1 mayo (2021)	1 kg
	Pulpo – pesca marítima de recreo	1 enero / 28 febrero. 1 nov /31 diciembre (2021)	
Peces	Anguila/Angula		
	Abadejo/Ferrete		30 cm
	Acedia		18 cm
	Bonito del norte/Bonito/Atún/Mono		3,2 kg
	Botona/Pinto/Maragota		20 cm
	Breca/Pica		
	Caballa/Xarda/Verdel/Rincha		20 cm
	Cabracho/C.Fondo/C.Roca/Tinosu/Cabriel		
	Congrio/Latigo/Correa		58 cm
	Dorada		20 cm
	Faneca		15 cm
	Jurel/Chicharro		15 cm
	Lenguado/Rapapelo/Lenguan		24 cm
	Lubina/Roballiza/Robalo		36 cm
	Machote/Rubiel/Rubial/Prao		30 cm
	Merluza/Pescadilla/Carioca/Pijota		27 cm
	Pixín/Rape		30 cm
	Rayas/Santiaguesa		
	Rodaballo/Clavudo		30 cm
	Salmonete de rosa		15 cm
	San Martín		25 cm
	Sargo/Xargo/Jargo/Xarago/Sardo		22 cm
	Solla		25 cm

4.7.2 Vedas según zonas

Las vedas según zonas en la zona de estudio se muestran en las siguientes ilustraciones:

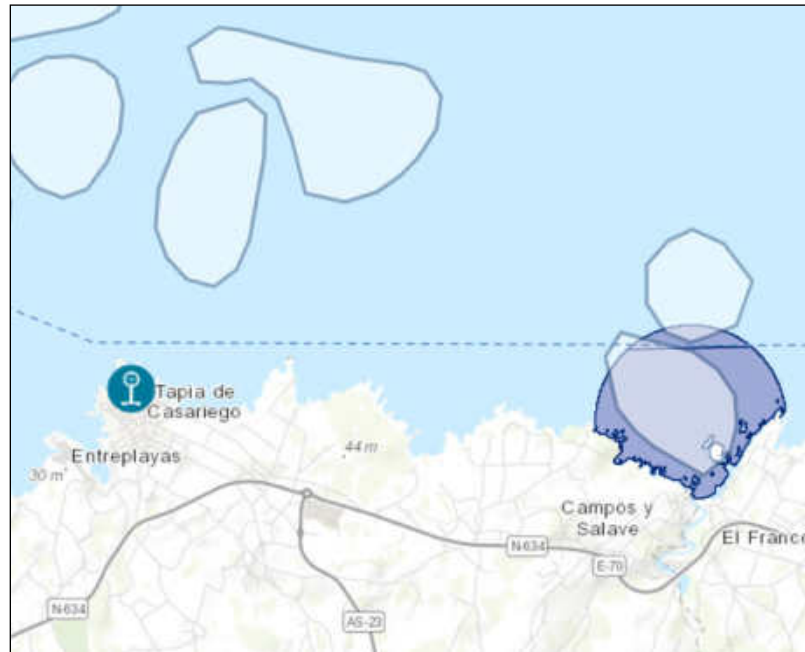


Ilustración 25. Veda permanente para arte de enmalle en la desembocadura de los ríos

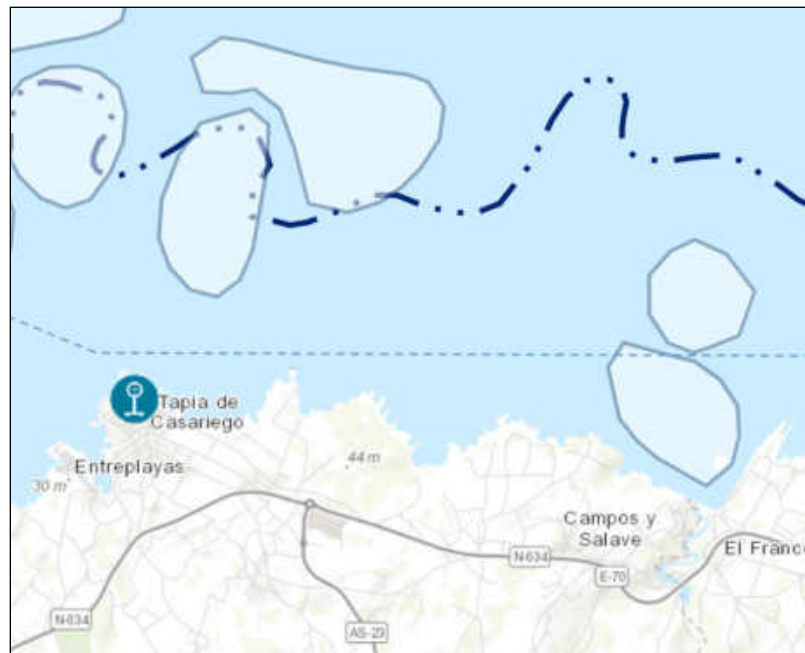


Ilustración 26. Veda permanente para rasco en profundidades menores a los 50 metros

Estas artes de pesca son de enmalle, que como se ha visto anteriormente, son artes empleadas con poca frecuencia por la flota de Tapia de Casariego. Con estas restricciones también queda claro que tampoco embarcaciones de otros puertos pesqueros dedicadas al rasco faenarían en la zona de estudio por situarse ésta por encima de los 50 m.

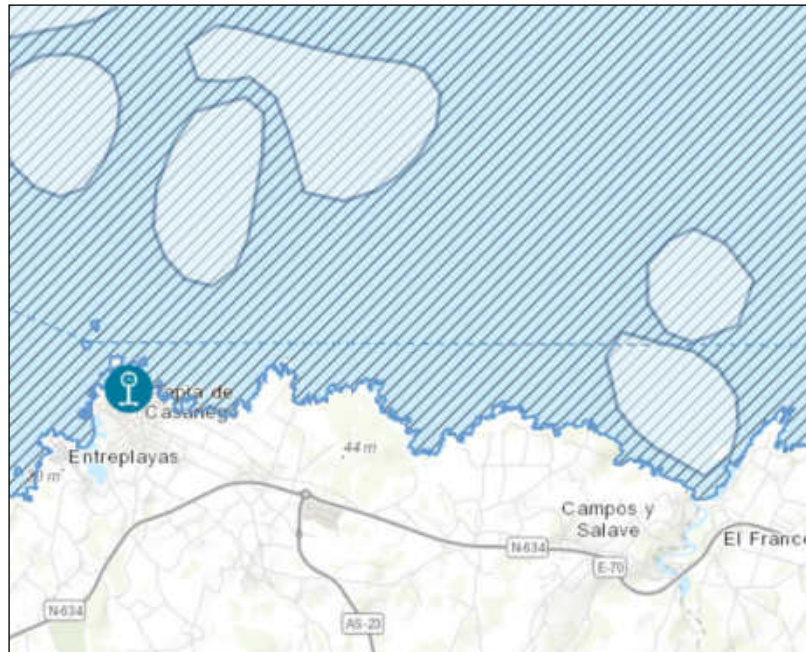


Ilustración 27. Veda permanente para arrastre de fondo

Tampoco el arrastre procedente de otros puertos puede realizarse en la zona de estudio.

Para el pulpo la *Resolución de 19 de noviembre de 2020, de la Consejería de Medio Rural y Cohesión Territorial, por la que se regula la pesca del pulpo común (Octopus vulgaris) durante la campaña 2020/2021*, establece que “Las embarcaciones pertenecientes al plan de gestión no podrán capturar pulpo como especie objetivo fuera del ámbito territorial de dicho plan.”

Para el percebe en la *Resolución de 16 de septiembre de 2020, de la Consejería de Medio Rural y Cohesión Territorial, por la que se regula la campaña 2020/2021 de extracción del percebe y se aprueban los planes de explotación*, no se ha incluido aún las zonas de veda, por lo que a continuación se muestran las de la campaña anterior 2019/2020 (*Resolución de 18 de septiembre de 2019*)

Anexo I

Las zonas de veda total y parcial y los períodos hábiles, para la presente campaña, serán los siguientes:

2. Área del Plan de Gestión de Tapia-Figueras (cuyos límites son la Ría del Eo, por el Oeste, y la Playa de Porcía, por el Este):
 Período hábil: del 1 de octubre de 2019 al 2 de enero de 2020 y del 2 de marzo al 30 de abril de 2020. Veda: del 3 de enero al 28 de febrero.

- Zonas de veda total: — El Orrío y desde El Faco (excluido) hasta las piedras del Bocao (incluidas).
- Zonas de veda parcial: — En Los Follóis y en Las Xoxeiras, veda del 30 de noviembre a final de temporada (período hábil del 1 de octubre al 29 de noviembre). Durante el período hábil solo se autorizan a cada mariscador 3 días de pesca al mes en Los Follóis y otros 2 días de pesca al mes por mariscador en Las Xoxeiras. — En La Forcada y Forcadía y demás islotes de la zona; en El Salgueiro-Corveiro y Esguillón, veda del 10 de diciembre a final de temporada (período hábil del 1 de octubre al 9 de diciembre). — En las Pantorgas; desde el Puente de los Santos hasta Penedos Blancos incluidos; en el Faro de Tapia, desde la boca del muelle hasta el dique Entreislas; en Las Percebosas y en Las Cricas, veda del 1 de octubre al 9 de diciembre y del 4 de enero a final de temporada (período hábil del 10 de diciembre al 3 de enero).

4.7.3 Cupos

Para el pulpo la *Resolución de 19 de noviembre de 2020, de la Consejería de Medio Rural y Cohesión Territorial, por la que se regula la pesca del pulpo común (Octopus vulgaris) durante la campaña 2020/2021*, establece un cupo máximo de capturas será de 10.000 kg por embarcación. Se entenderá por cupo de captura la cantidad máxima de pulpo que puede capturar una embarcación durante el período de pesca establecido, no pudiendo cederse entre embarcaciones.

Para el Percebe la *Resolución de 16 de septiembre de 2020, de la Consejería de Medio Rural y Cohesión Territorial, por la que se regula la campaña 2020/2021 de extracción del percebe y se aprueban los planes de explotación*, establece para la campaña 2020/2021 el cupo máximo de capturas, tanto para planes de explotación como para zona libre, será de: 6 kg. por día de pesca y en una sola marea con carácter general y 8 kg. por día de pesca y en una sola marea únicamente en el período comprendido entre el 10 de diciembre de 2020 y el 5 de enero de 2021 y toda la campaña en el plan de explotación de Cabo Peñas. Se entenderá por cupo de captura, la cantidad máxima de percebe que puede cavar una persona al día, no pudiendo cederse entre mariscadores.

5 Medio socioeconómico

5.1 Demografía

Tapia de Casariego es un concejo de la costa occidental del Principado de Asturias, el cual limita al norte con el Mar Cantábrico, al este con el concejo de El Franco y al sur y al oeste con el de Castropol. Tiene una extensión de 66 km² y cuenta con una población actual de 3.786 habitantes, por lo tanto, su densidad es de 56,51 hab/km². Esta población ha ido disminuyendo desde 1995 como se puede observar en la siguiente gráfica, pasando de más de 4.500 habitantes a 3.800, es decir, se ha reducido casi un 17% la población en 25 años.

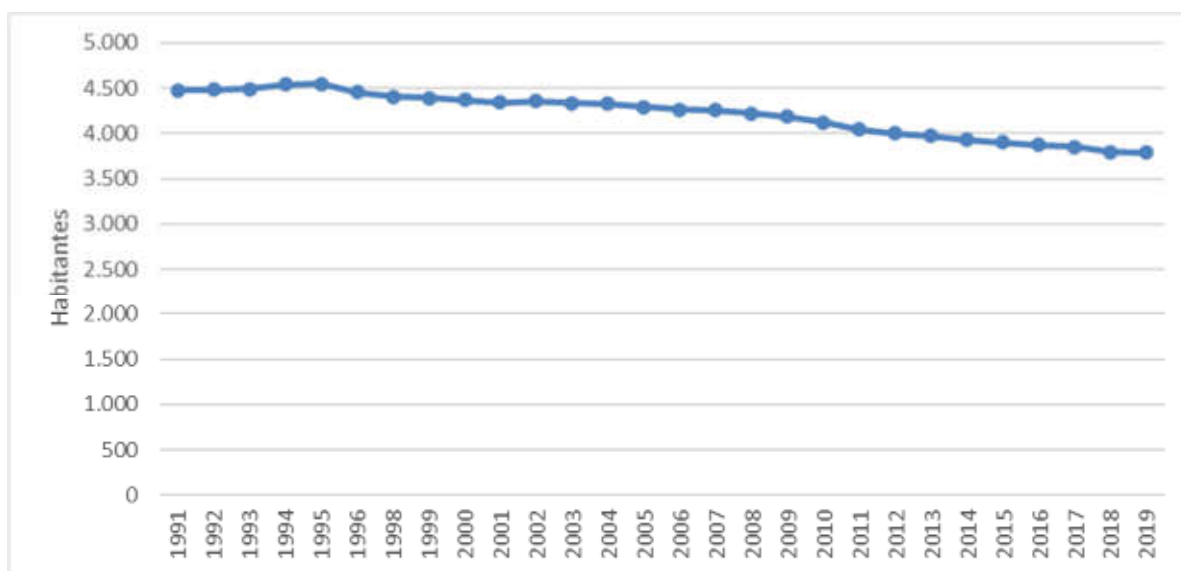


Ilustración 10. Evolución demográfica en Tapia de Casariego desde 1991. Fuente: SADEI

Esta tendencia de disminución de la población se debe al descenso de la natalidad y a los movimientos migratorios sobre todo de los jóvenes a las zonas industriales de la región, del país e incluso a países europeos. Esto provoca una pirámide de población en la que en los núcleos rurales las personas de mayor edad son mucho más numerosas que las jóvenes, lo que hace que aumente la tasa de mortalidad y el descenso poblacional es más rápido.

5.2 Sectores productivos

Tapia presenta una producción agrícola dos veces superior que el resto de los concejos litorales, principalmente por disponer de una franja litoral con las condiciones agronómicas adecuadas, además presenta la ratio más elevada de producción por habitante en relación al subsector ganadero

(Rodríguez, 2016). Por lo tanto en este concejo, tiene gran importancia el sector primario, principalmente con las actividades terrestres de agricultura y ganadería, lo que provoca que el aporte económico de las actividades marinas como la pesca y la acuicultura sea minoritario; el sector secundario tiene una débil influencia en el concejo al contrario que el terciario que es en el que, en su mayor medida, basa su economía debido a que desde hace unos años ha cogido el protagonismo por la actividad turística. El sector primario genera 284 puestos de empleo en Tapia de Casariego, el secundario 174 y el terciario 840, los cuales se muestran por porcentajes en el siguiente gráfico.

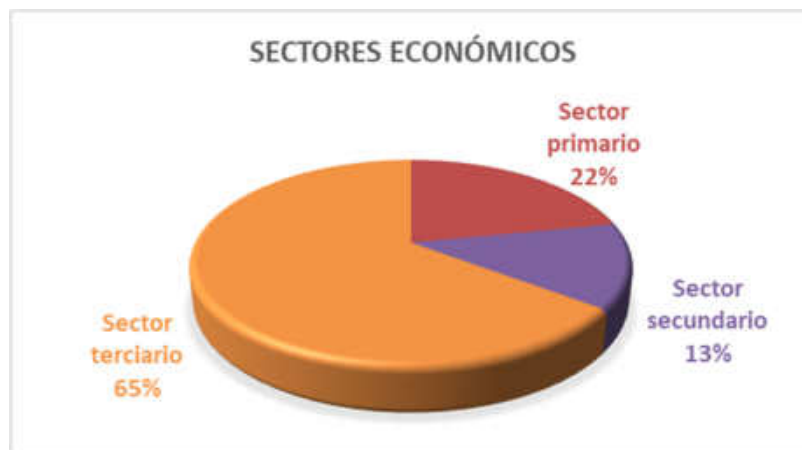


Ilustración 28. Representación gráfica del porcentaje de población empleado por sectores económicos en el concejo de Tapia de Casariego (2019). Fuente: elaboración propia a partir de SADEI

En España, para el Sector de Economía Social (SES) se redactó la *Ley de Economía Social 5/2011, del 29 de marzo*, en la que se incluyen las cofradías de pescadores como subsector empresarial o de mercado. En Asturias, en 2005 la economía social representó un 18,7% por lo que el SES causa un fuerte impacto en términos económicos y de generación de empleo. Pero según el informe de Garcés y Carvajal (2014) Tapia de Casariego es un concejo que cuenta principalmente con trabajadores del sector industrial y servicios, dejando al sector pesquero en un segundo plano. Como se puede observar en la siguiente gráfica el número de puestos de trabajo generados por la agricultura y la pesca se ha visto reducido en los últimos años.

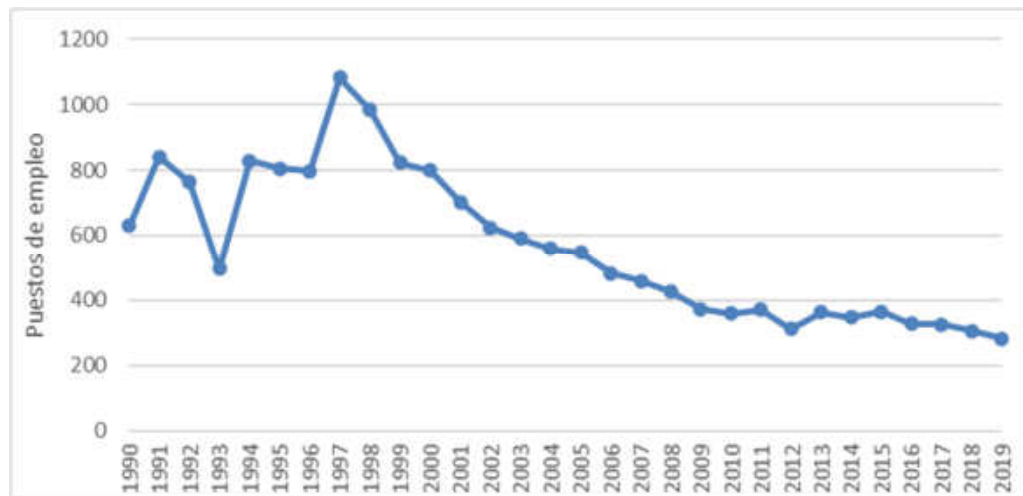


Ilustración 29. Evolución de puestos de empleo generados por la agricultura y la pesca desde 1990. Fuente: SADEI

Se puede deducir de la gráfica un sensible descenso del número de puestos de trabajo en los últimos 25 años, pasando de 1.082 en 1997 a 284 en la actualidad, una reducción del 73,8%, lo cual sin lugar a dudas incide directamente en la disminución del número de embarcaciones pesqueras y explotaciones agrícolas.

5.3 Sector pesquero

Asturias cuenta con 18 puertos autonómicos, si bien el 86%, de las capturas desembarcadas del Principado de Asturias pertenece a los puertos pesqueros de Avilés y Gijón, por lo que no son significativos en el aporte a la economía de Principado, estando destinado en estos puertos hasta el 80% de las capturas al comercio en la propia localidad (Rodríguez, 2016).

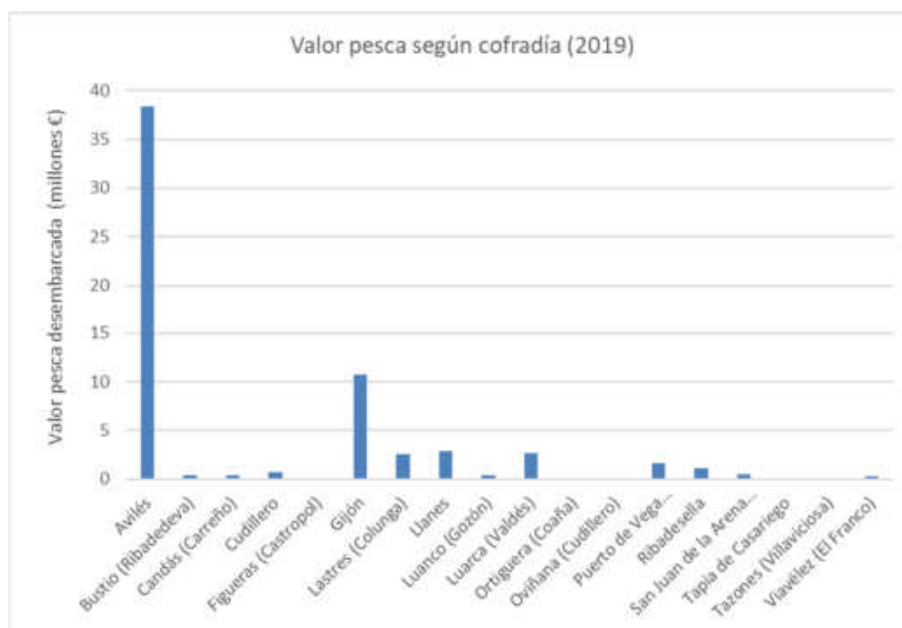


Ilustración 30. Representación gráfica del valor de la pesca desembarcada en millones de euros según cofradías del Principado de Asturias en 2019. Fuente: SADEI

El Puerto de Tapia de Casariego cuenta en la actualidad con seis (6) embarcaciones pesqueras matriculadas, un valor relativamente bajo debido a una disminución a lo largo de los años ante la reducción de la actividad pesquera a consecuencia de los recortes de cupos y de caladeros. Aun así, las capturas anuales se mantienen en número debido a una mayor eficiencia marinera, mayor precisión de los equipos de detección y mayores avances en el procesado de la pesca a bordo (Rodríguez, 2016). Las principales capturas de esta flota, tal y como se ha visto en el punto anterior, se dirigen al pulpo mediante nasas.

Además de la captura de pulpo con nasa en esta localidad se lleva a cabo el marisqueo del percebe, siendo también un recurso de relevancia, existiendo 24 licencias para el plan de explotación de la zona (Tapia/Figueras).

La *Resolución de 19 de noviembre de 2020, de la Consejería de Medio Rural y Cohesión Territorial, por la que se regula la pesca del pulpo común (Octopus vulgaris) durante la campaña 2020/2021*, establece que el número máximo de nasas por embarcación será de 125 por tripulante hasta un máximo de 350 por embarcación para embarcaciones de 3 o más tripulantes, por lo que habitualmente cada embarcación, con objeto de maximizar la rentabilidad de cada jornada, estará constituida por 3 tripulantes.

En este sentido hay que decir que habitualmente el reparto de de gastos y beneficios obtenidos de las capturas varia de una modalidad pesquera a otra, incluso dependiendo de la eslora de la embarcación o su puerto base. Si entrar en determinar los gastos o como se realiza el reparto entre la tripulación de un pesquero, para tener una aproximación de las cuantías económicas que obtiene cada miembro, se puede dividir el valor de las capturas anuales (100.000 € anuales (2018-2020) por el número aproximado de tripulantes (6 embarcaciones X 3 tripulantes) en el puerto de tapia de Casariego obteniéndose un valor de 5.556 € por tripulante sin incluir gastos. Esta cuantía dividida por 12 meses supone 463 € mensuales, muy por debajo del salario mínimo interprofesional (900 €).

Si se tiene en cuenta que las capturas se centran principalmente en el pulpo y que este tiene una veda de 5 meses, se puede dividir el valor total anual de venta en lonja entre 7, obteniéndose un valor de 794 € mensuales, sin incluir gastos, un valor algo por debajo del salario mínimo interprofesional.

Teniendo todo esto en cuenta se puede decir que la actividad pesquera profesional con embarcación en Tapia de Casariego tiene poca repercusión como actividad económica y una baja rentabilidad, teniendo que complementarse con otras actividades, subsidios o modalidades de pesca/marisqueo en los periodos de veda, para garantizar un ingreso mínimo.

Respecto al percebe, si se hacen los mismos cálculos que para la pesca de pulpo (8.600 kg promedio anuales / 24 percebeiros Tapia/Figueras X 15 €/Kg) se obtienen 5.375 €/año para cada percebeiro. Si se tiene en cuenta que entre los periodos de veda y mala mar se salen 48 días promedio al año se obtienen unos ingresos de 3.360 € al mes. Estos ingresos, no tienen en cuenta los gastos, aunque se presuponen inferiores a los asociados a la pesca de pulpo con nasa. Por estos motivos esta actividad se considera de relevancia dada su rentabilidad aunque no deja de ser una actividad complementaria, ya que sólo se puede producir menos de 2 meses al año.

Por otro lado, los empleos directos e indirectos generados por la actividad pesquera profesional en el municipio, dado su actual reducido volumen, se ve limitada, no existiendo talleres náuticos, industria de transformación, etc., aunque si cuenta con lonja y puntos de venta directa. En este sentido hay que decir que un aumento de la demanda final de productos de la pesca de 100.000 € (venta al público), tiene unos requerimientos directos e indirectos de empleo regional de 2,55 puestos de trabajo, o lo que es lo mismo, se necesita que la demanda final de productos de la pesca se incremente

en 39.216 € para generar un puesto de trabajo en Asturias en 2010⁶. En este caso al valor de venta en lonja de 100.000 € se le asocian un número muy superior de empleos directos y consecuentemente indirectos, lo que ratifica la escasa rentabilidad de la flota pesquera de tapia de Casariego y la limitada relevancia del sector en la localidad.

En definitiva, se puede decir que la pesca profesional en la zona de estudio se centra en la captura de pulpo con nasa, siendo una actividad con una baja rentabilidad para la flota de Tapia de Casariego, que debe complementarse con otras actividades económicas para la obtención de un ingreso igual o superior al salario mínimo profesional para cada tripulante. Las capturas de percebe presentan una mayor rentabilidad, pero también es una actividad económica complementaria debido al número limitado de días que se produce. Consecuentemente los empleos directos e indirectos sin incluir a la tripulación, también se consideran limitados.

5.4 Pesca marítima recreativa

5.4.1 Socioeconómica de la pesca recreativa

Generalmente, en los países industrializados, la pesca recreativa constituye una actividad social relevante, siendo practicada por al menos entre el 8 y el 10% de la población en las regiones costeras, siendo uno de los deportes con más practicantes en toda la Europa Marítima. A nivel económico, la pesca recreativa constituye una actividad de gran importancia en las regiones costeras, pudiendo llegar a ejercer una presión significativa sobre los recursos marinos, y similar al efecto de la pesca profesional en casos excepcionales (Coleman *et al.* 2004), o incluso superior (Pollok, 1980).

Según el *Decreto 25/2006, de 15 de marzo, por el que se regula la pesca marítima de recreo en el Principado de Asturias*, se define como “aquella actividad que se realiza para el entretenimiento o competición, sin retribución alguna o ánimo de lucro”.

En el Concejo de Tapia de Casariego la pesca marítima recreativa se realiza en las tres modalidades existentes además del marisqueo a pie:

Pesca recreativa desde embarcación

Pesca recreativa submarina

⁶ CARACTERIZACIÓN DE LA PESCA MARITIMA DE RECREO EN EL PRINCIPADO DE ASTURIAS 2.- ANÁLISIS SOCIOECONÓMICO (Síntesis de resultados) Fuente CEP.

Pesca recreativa desde costa

A finales de 2010 el Principado tenía registradas en vigor alrededor de 71 000 licencias de pesca con caña y marisqueo en pedreros y algo más de 2.600 de pesca submarina, además de una flota de más de 2.500 embarcaciones de recreo. Por otra parte, cabe destacar la relevancia de esta actividad en términos de capturas, y su interesante capacidad para crear valor añadido (renta), actividad y empleo, así como dinamizar las zonas costeras.

En Asturias, en 2015, el Centro de Experimentación Pesquera (CEP) junto con el Instituto de Recursos Naturales y Ordenación del Territorio (INDUROT) de la Universidad de Oviedo, realizaron un estudio sobre la importancia socioeconómica de la pesca marítima recreativa en el Principado, y al compararlo con la pesca extractiva profesional concluyeron que:

*Desde el punto de vista de la producción y el valor añadido bruto generado, la pesca marítima recreativa tiene una **dimensión equivalente a algo más de la mitad del tamaño del sector pesquero extractivo profesional en Asturias**. En 2010, se estimó un impacto económico directo e indirecto generado por el sector pesquero extractivo profesional regional gracias a la demanda final de pescado y productos de la pesca, de casi 123 M€, frente a los 68 M€ de impacto atribuible al sector pesquero recreativo motivado por la demanda final interior derivada de esta práctica en sus diferentes modalidades.*

*Desde el punto de vista del empleo creado, la pesca marítima recreativa tiene un peso equivalente a algo más del **40% del peso del sector pesquero extractivo profesional en Asturias**. El impacto directo e indirecto que ejerce el sector pesquero profesional sobre la creación de puestos de trabajo en Asturias se estimó en 2.475 empleos en 2010, mientras que el sector recreativo ha sido el responsable de la creación de otros 1.080 puestos de trabajo, teniendo en cuenta tanto a personas contratadas por cuenta ajena como por cuenta propia.*

Cabe destacar que este estudio ha puesto de manifiesto que en Asturias hay un importante grado de interrelación entre la actividad náutica y la pesca recreativa, ya que una parte sustancial de la actividad náutica de los propietarios de embarcaciones de recreo en el Principado es indisoluble de la pesca recreativa, siendo esta última la principal afición y la motivación para tener barco. Esta cuestión ha resultado clave para determinar el gasto generado por la pesca recreativa desde embarcación y submarina, ya que los pescadores que las practican asumen tanto determinados gastos náuticos como los gastos propios de la pesca:

Existen grandes diferencias en los gastos anuales personales dependiendo, fundamentalmente, del hecho de poseer (o no) embarcación de recreo propia para pescar. Así, los propietarios de embarcaciones de recreo en Asturias que tienen el barco para poder ir a pescar con caña o línea de mano soportaron un gasto medio anual de 3.641 € en 2011 por practicar esta modalidad pesquera, debiéndose el 68% del mismo a los desembolsos derivados de la tenencia de la embarcación. El segundo mayor coste medio lo soportan los pescadores recreativos submarinos que también poseen embarcación de recreo propia para practicar esta modalidad deportiva, con un desembolso medio de casi 3.000 euros por licencia al año (2.954 € en 2011) donde los gastos derivados de la tenencia del barco representan el 61% del gasto pesquero total. El puerto de Tapia de Casariego cuenta con 20 amarres, aunque en las fotografías aéreas en el periodo estival, se puede observar el doble de embarcaciones fondeadas. Estas 20 embarcaciones recreativas, dedicadas principalmente a la pesca recreativa generarían por tanto un gasto de 3.000-3.600 € anuales (datos de 2010), es decir, unos 60.000 y 72.000 € anuales.

En el extremo contrario, los pescadores recreativos desde costa, tanto los que pescan a pie con caña y/o marisquean como los que hacen pesca submarina sin embarcación, soportan un gasto anual medio de 694 € y 512 € respectivamente. La diferencia entre ambos importes se debe, en gran medida, a que los pescadores submarinos desde costa no tienen gastos de carnada y parecen soportar menores costes de manutención y desplazamiento.

Si se tiene en cuenta que aproximadamente, en términos generales, algo menos del 80% de la pesca recreativa se realiza desde costa⁷, según el número de licencias del principado, se puede decir que el número de licencias de pesca desde costa en Tapia se aproxima a 80, cuyo gasto anual aproximado se estima entre 56.000 y 40.000 €.

Poniendo atención al impacto sobre el empleo, los multiplicadores estimados muestran que un aumento de la demanda final recreativa de 100.000 euros genera unas necesidades directas e indirectas de empleo en todo el sistema económico regional de 2,24 puestos de trabajo, o lo que es lo mismo, se necesitan 44.643 € de gasto recreativo para generar un empleo en Asturias. En este caso

⁷ En los registros constaban originalmente unas 82 000 licencias de pesca con caña y marisqueo en pedreros, algo más de 2 600 de pesca submarina y 14 300 desde embarcación, aunque se trata de datos sin depurar.

se ha calculado un gasto derivado de la pesca recreativa en el municipio de entre 100.000 y 128.000 €, lo que supondría la generación de 2-3 empleos.

5.4.2 Capturas y esfuerzo pesquero

Para determinar las capturas y esfuerzo pesquero relativo a la pesca recreativa en el principado de Asturias el CEP elaboró en 2012 un estudio de “CARACTERIZACIÓN DE LA PESCA MARÍTIMA DE RECREO EN EL PRINCIPADO DE ASTURIAS 1.- ANÁLISIS PESQUERO”, cuyas conclusiones se citan a continuación:

....Se ha evaluado la captura media por pescador y día para distintas modalidades: el marisqueo (analizándose en exclusiva el caso del oricio por ser la especie de mayor interés), la pesca con caña desde costa, la pesca nocturna del calamar, la pesca submarina y la pesca desde embarcación. Se concluye que de todas ellas, la que presentó mayores capturas por unidad de esfuerzo fue la del oricio, con una media de 4,8 kg por pescador y día, seguida de la pesca submarina, con 3,0 kg por pescador y día, y de la pesca desde embarcación, con cerca de 1,9 kg por pescador y día. La pesca con caña, tanto diurna para todas las especies, como nocturna al calamar, presentó valores muy inferiores, de 0,5 kg por pescador y jornada cada una de ellas.

Respecto al número de jornadas de pesca anual, se han observado diferencias según el año del estudio para el caso de la pesca desde embarcación, manteniéndose los valores más estables en el resto de las modalidades. La actividad a la que menos jornadas le dedicaron los pescadores fue el marisqueo desde costa (20 jornadas anuales por pescador) y a la que más, la pesca desde embarcación en el año 2011 (60 jornadas anuales por pescador). El resto de las actividades oscilaron entre los 41 y 46 días anuales por pescador.

Como parte de este estudio en 2015 se publicó el punto 2.- ANÁLISIS SOCIOECONÓMICO (Síntesis de resultados), en la que puede verse el impacto de la pesca recreativa sobre la *producción, creación de renta regional y empleo*:

Los resultados relativos al año 2010 indican que el sector pesquero recreativo tiene una capacidad para inducir la producción y creación de renta regional (salarios, sueldos, beneficios, etc.) algo mayor que la del sector pesquero profesional, pero muestra una menor capacidad de creación de empleo. En efecto, los multiplicadores indican que cada euro de aumento de la demanda final recreativa (gasto en consumo final de los pescadores recreativos en Asturias)

ejerce un efecto multiplicador directo e indirecto sobre la totalidad del tejido económico asturiano de 1,41 euros en términos de producción final de bienes y servicios...

...Poniendo atención al impacto sobre el empleo, los multiplicadores estimados muestran que un aumento de la demanda final recreativa de 100.000 euros genera unas necesidades directas e indirectas de empleo en todo el sistema económico regional de 2,24 puestos de trabajo, o lo que es lo mismo, se necesitan 44.643 € de gasto recreativo para generar un empleo en Asturias...

5.4.3 La pesca recreativa en la zona de estudio

En los puntos anteriores se ha visto como la pesca recreativa tiene una relativa importancia si se compara con la pesca profesional en el principado de Asturias y por consiguiente en la zona de estudio, ya que esta, cuenta con zonas rocosas acantiladas propicias para la pesca con caña desde costa y marisqueo, zonas con petones, favorables para la pesca desde embarcación con caña y submarina y playas rocosas también propicias para el marisqueo a pie.

En este concejo, según García Flórez *et al.* (2012), la pesca recreativa desde costa se considera de importancia alta en lo relativo a la vertiente social, calculado como el peso recreativo de cada municipio respecto a su peso demográfico.

Otro factor que indica la relevancia de la pesca recreativa en la zona de estudio es la presencia de dos clubes en Tapia de Casariego, El Orrio y el Cantil.

En los planos que se presentan a continuación se muestran dicha relevancia:

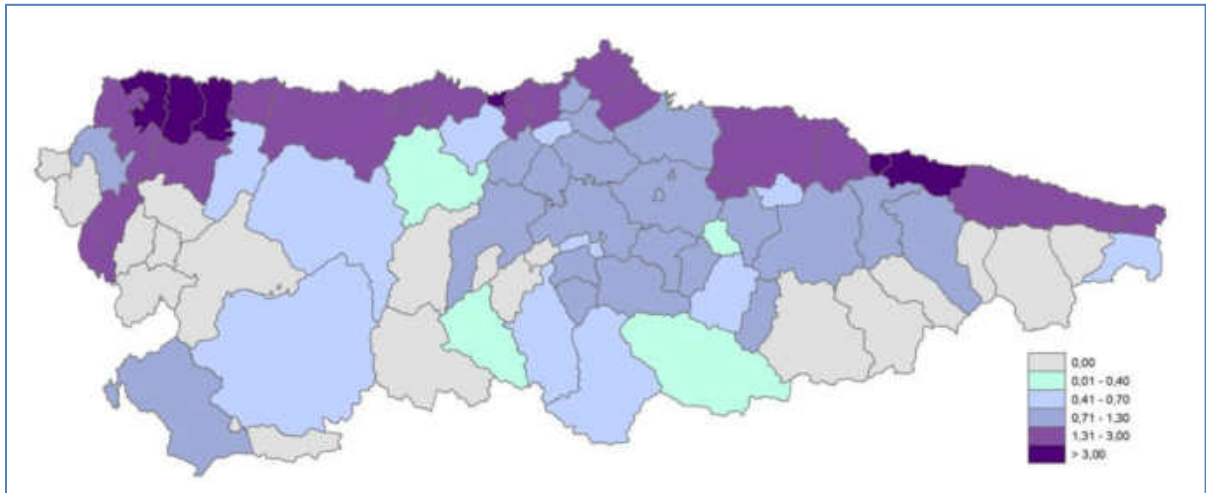


Ilustración 31. Valor del indicador de importancia social de la pesca recreativa desde costa en los municipios asturianos en 2013. Peso recreativo de cada municipio (% de las licencias de pesca recreativa desde costa de residentes en Asturias cuyos titulares residen en el concejo) respecto a su peso demográfico (% de población asturiana residente en el concejo).

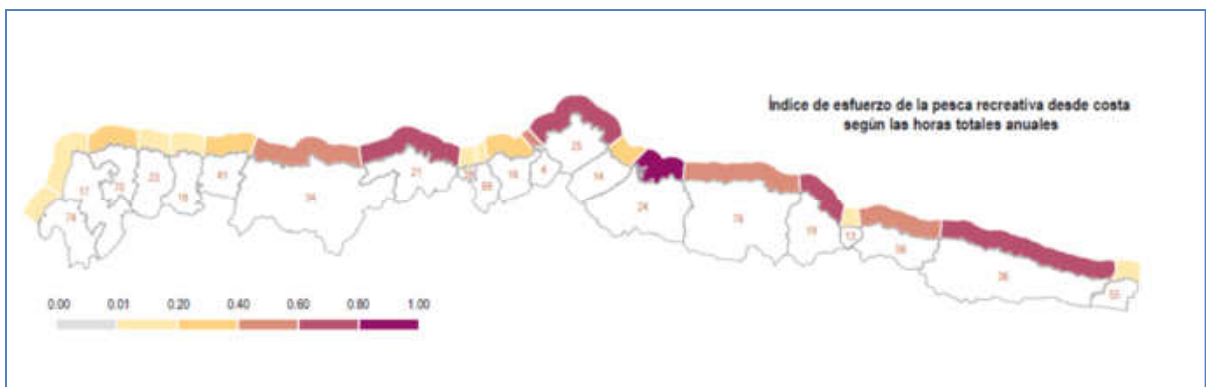


Ilustración 32. Distribución municipal del índice global de esfuerzo de la pesca recreativa desde costa en Asturias en base a horas totales anuales (pesca con caña desde costa + marisqueo en pedreros).

En la zona de estudio están presentes petones en los caladeros “El Coitelo y Dondel” al noreste de Tapia de Casariego y “El Petón de Viavélez” al norte de la desembocadura del río Porcía. Ambos son zonas propicias para las pesca con caña o submarina donde son típicas las capturas de pulpo, lubina, sargo, congrio, maragota, pinto y cabracho.

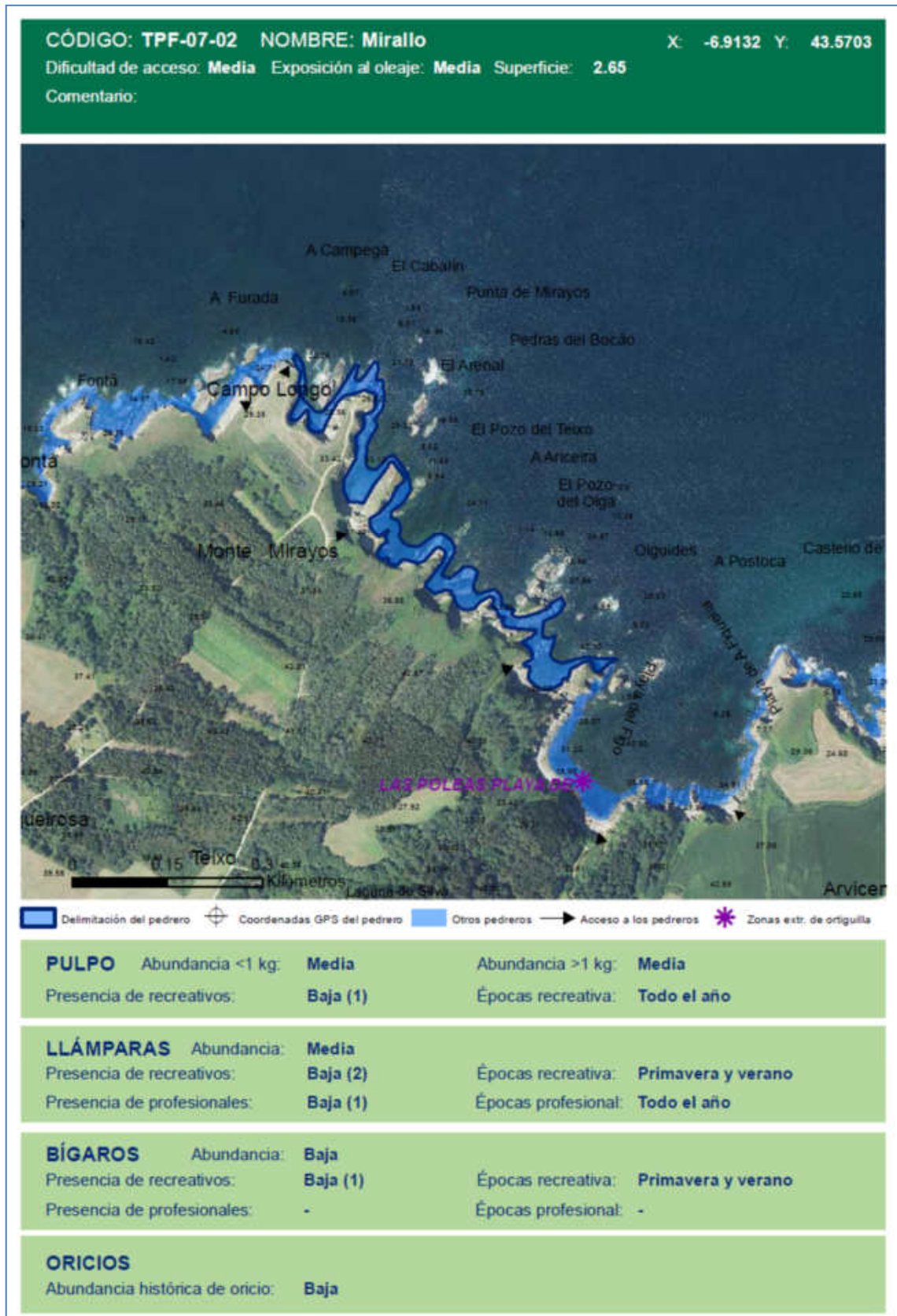
En los pedreros costeros se practica la pesca con caña para la captura de lubinas y sargos en la rompiente, aunque esta pesca obtiene menos rendimientos que la que se lleva a cabo en los petones con embarcación.

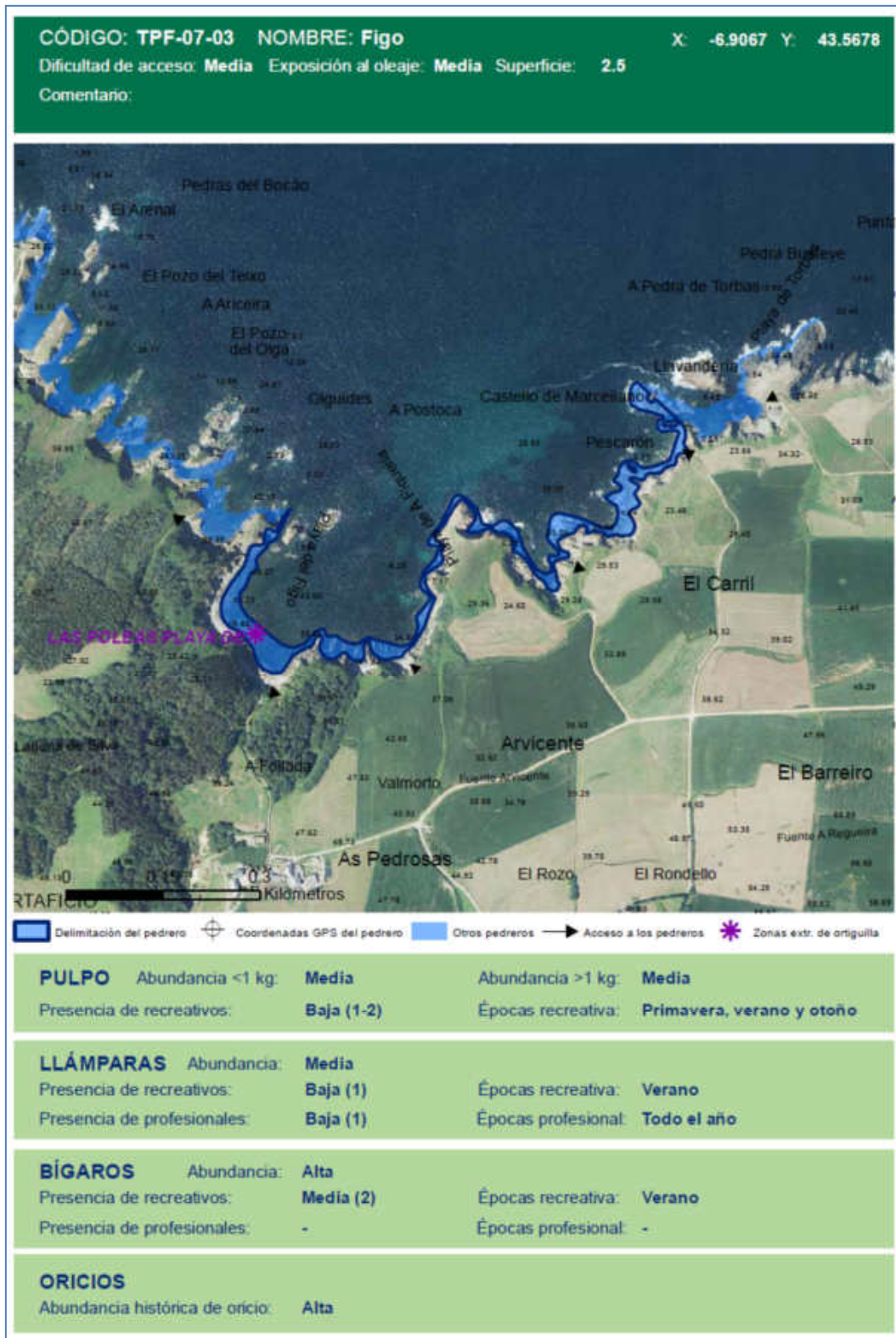
El marisqueo a pie se realiza en roquedos costeros para los que existe información recogida en el proyecto “CARTOGRAFÍA DE LOS PEDREROS DE LA ZONA OCCIDENTAL DE ASTURIAS” del CEP. En este

proyecto se establece para los pedreros en las inmediaciones del emisario (Mirallo y Figo), información sintetizada a modo de fichas.

Para el pedrero de Mirallo se establece una abundancia media para el pulpo y la llámpera pero una actividad baja para su captura por pescadores recreativos.

Para el pedrero de Figo se establece una abundancia media para el pulpo y la llámpera pero una actividad baja para la pesca recreativa y una abundancia alta de bígaros y oricios con una actividad media para la pesca recreativa.





6 Conclusiones

6.1 Proyecto

El proyecto consiste en la extracción de la mineralización de un yacimiento subterráneo situado en el área litoral de Salave, perteneciente al Concejo de Tapia de Casariego (Asturias), para acceder al oro contenido en los sulfuros.

Para la evacuación del agua excedentaria procedente de la explotación, el proyecto prevé la construcción de un emisario submarino, el cual se encontraría concretamente entre Punta del Pedrón y Punta de la Furada. En las siguientes imágenes se muestra el ámbito general de la zona de estudio, así como el trazado del emisario submarino propuesto y la zona de trabajo para las campañas de campo realizadas.

La interacción directa e indirecta del proyecto sobre la zona marina, y por lo tanto, sobre los recursos y la actividad pesquera que se lleva a cabo en la zona derivará exclusivamente de la construcción y funcionamiento de dicho emisario.

Se barajan tres posibles alternativas:

- Emisario de 830 m de longitud y vertido de aguas a 16,5 m de profundidad. (P01)
- Emisario de 1430 m de longitud y vertido aguas y lodos a 24,5 m de profundidad. (P02)
- Emisario de 1920 m de longitud y vertido aguas y lodos 35,5 m de profundidad. (P03)

El emisario submarino será enterrado en los primeros 800 m desde la costa, ejecutado con la técnica de microtunelación denominada Perforación Horizontal Dirigida (en adelante PHD), que permite ejecutar un túnel desde el punto de arranque en tierra, y salir al lecho marino en la posición deseada. Esta técnica permite por lo tanto evitar toda la zona de interfaz tierra-mar, y la zona costera más somera, en la que la dinámica es más activa, garantizando la estabilidad del emisario y la ausencia de interacción de éste con la dinámica litoral en toda esta zona. El emisario irá enterrado mediante microtunelación hasta 800 m de la costa en todas las alternativas y luego irá tendido sobre el fondo.

6.2 Actividad pesquera y marisquera profesional

6.2.1 Capturas

El presente estudio se ha centrado en las capturas y a la actividad pesquera que realiza la flota pesquera de Tapia de Casariego, ya que es la que podría verse afectada principalmente por la

actuación, junto a los mariscadores (perceberos) de la zona, que se dedican principalmente a la captura de percebe (*Pollicipes pillicipes*), dentro del plan de explotación de Tapia/Figueras para esta especie.

Adicionalmente se ha llevado a cabo una síntesis de la actividad pesquera recreativa de la zona.

Las embarcaciones potencialmente afectadas por la construcción y vertido del emisario son las 6 embarcaciones pesqueras con amarre en el puerto de Tapia de Casariego que se dedican principalmente a la captura de pulpo con nasa.

Los mariscadores de la zona se dedican fundamentalmente a la captura de percebe dentro del plan de explotación de esta especie para Tapia/Figueras. Según la *Resolución de 16 de septiembre de 2020, de la Consejería de Medio Rural y Cohesión Territorial, por la que se regula la campaña 2020/2021 de extracción del percebe y se aprueban los planes de explotación* el número máximo de mariscadores admitido en la campaña 2020/2021 para el Plan de Tapia/Figueras es de 24. Los perceberos usan exclusivamente la cavadoira para la captura del percebe.

El periodo de captura analizado abarca los años 2016-2020 para la flota pesquera de Tapia de Casariego, empleando los datos de captura subastada en la lonja de dicha población (Fuente: DGPM). En este periodo no se han producido grandes cambios en el número de embarcaciones presentes (6-8) y por lo tanto, se estima la ausencia de grandes variaciones en el esfuerzo pesquero, durante el periodo analizado.

En este periodo se observa como las capturas de moluscos y concretamente de pulpo, dominan frente al resto (93% en peso y 96% en €). Se observa una disminución de las capturas en el año 2020 debido a una disminución del volumen de pulpo desembarcado. Esto puede ser debido a dos causas fundamentalmente, una disminución del esfuerzo pesquero por el aumento de días de mala mar o la disminución del recurso, que presenta un stock anual muy variable debido al corto ciclo de vida que posee esta especie.

En 2016 era también reseñable la captura de peces, aunque actualmente no suponen más el 2% del volumen de captura de la flota de Tapia. En este sentido, la segunda especie en importancia para la flota local sería el bonito del norte, capturado mediante artes de anzuelo.

Para el percebe se han empleado los datos de captura del periodo 1999-2020 (Fuente: CEP), en el plan de explotación de Tapia/Figueras.

En este plan de explotación, el número de percebeiros ha ido disminuyendo ligeramente a lo largo de estos años apreciándose dos periodos: En la primera década del siglo XXI, el número variaba entre 29 y 31 percebeiros mientras que, en la segunda década, este número ha sido algo inferior, variando entre los 28 y los 23, según año. El promedio es de 28 percebeiros frente a los 24 actuales.

El promedio de capturas en el plan de explotación de Tapia/Figueras es de 8.621 kg. Existe una clara relación entre el volumen de capturas y los días de mar, ya que los rendimientos por percebeiro y día se mantienen prácticamente constantes y aproximados a los cupos diarios (6-8 Kg/día/marea), a lo largo de los últimos años.

Por otro lado, existe cierto descenso, durante el periodo analizado, en el porcentaje de capturas de percebe que se realizan en las inmediaciones de la zona de estudio pasándose de más de un 10% del total del área del Plan de explotación de Tapia/Figueras a tan sólo el 4 % en la última campaña. Las capturas promedio en dicha zona ascienden a 1.154 kg/año.

No se dispone de datos de valor de venta para el percebe ya que la mayor parte de las capturas no se venden en lonja. Los precios de lonja del percebe allí vendido rondan los 15 €/kg, aunque en momentos de la campaña como los coincidentes con el periodo navideño, el valor de venta al público de de estos, llega a superar los 200€/Kg.

Por todo lo visto se puede decir que las capturas de la flota y mariscadores de Tapia de Casariego se centran en el pulpo (96% del valor total de las capturas 2018-2020) con nasa y el percebe, siendo el resto capturas complementarias, dirigidas a bonito del norte o la caballa con artes de anzuelo.

6.2.2 Caladeros

Para la captura de pulpo en la zona se pueden identificar los caladeros 15 y 17, “El Coitelo y Dondel” y “Las Furadas” como las áreas de mayor esfuerzo pesquero. Los otros dos caladeros El Petón de Viavélez y la Playa de Porcía, cercanos también a la zona de estudio, son zonas de baja actividad para esta especie y por tanto, para las capturas generales de la flota de Tapia. Los esfuerzos pesqueros de la flota de Tapia para la captura de este cefalópodo se llevan a cabo en las inmediaciones del puerto de Tapia de Casariego (<5km) y principalmente por encima de los 50 m de profundidad.

Además del pulpo, las principales especies capturadas por flota pesquera de Tapia son el bonito del norte y la caballa, pescadas mediante artes de anzuelo. La flota de Tapia podría emplear en la zona el caladero el Petón de Viavélez para la captura de bonito del norte y caballa mediante línea de mano o

cacea. El resto de caladeros de la zona de estudio, al tratarse de fondos rocoso/arenoso carentes de petones (bajos rocosos), al igual que la zona de instalación del emisario y área de influencia del vertido, son más adecuados para las artes de enmalle, artes no empleados o empleados con poca frecuencia por la flota de Tapia, según los datos de captura de esta.

En general, las artes menores de enmalle, anzuelo y nasa que se calan cerca de costa se realizan en las proximidades de cada puerto (Ver Ilustración 22. Actividad de barcos radiomarcados durante el período 2015-2020 para Plan de Explotación del Pulpo (*Octopus vulgaris*). Fuente: Centro de Experimentación Pesquera (CEP)). Tras Tapia de Casariego, el otro puerto con flota pesquera más cercano a la zona de estudio sería el de Viavélez. Este puerto no cuenta con embarcaciones de artes mayores, dedicándose las embarcaciones de artes menores principalmente a la captura de pulpo y a mariscos como el centollo o la nécora, mediante nasas y por tanto, son capturas que se llevan a cabo en las inmediaciones de dicho puerto y no en la zona de estudio.

En la zona de estudio, de todas las especies establecidas en la *Resolución de 29 de abril de 2009, de la Consejería de Medio Rural y Pesca, por la que se declaran y clasifican las zonas de producción de moluscos bivalvos y otros invertebrados marinos en aguas competencia del Principado de Asturias*, únicamente se capturarían llámparas o bígáros en la línea de costa. Las capturas de estas especies, según los datos de lonja, son muy poco significativas.

La captura de percebes se realiza exclusivamente a pie sobre roca en las zonas de rompiente de la zona de estudio, incluida en el Área del Plan de Gestión de Tapia-Figueras. Las zonas vedas se establecen para cada campaña anual en dicho plan y varía cada año.

La zona de entrada del emisario en la franja sublitoral se lleva a cabo a través de la playa de Las Poleas, donde no existe sustrato rocoso mediolitoral, además se realizará mediante Perforación Horizontal Dirigida (PHD) (técnica que evita la apertura de zanjas o voladuras, interactuando exclusivamente con el subsuelo, sin afectar a las zonas superficiales), por lo que el discurrir del emisario no interaccionará de forma directa con los caladeros de percebes, llámparas y bígáros o con la propia actividad extractiva. En este caso únicamente habrá que tener en cuenta la incidencia indirecta del proyecto sobre dichas especies.

6.3 Interés socioeconómico de la pesca profesional

Se puede decir que la pesca profesional en la zona de estudio se centra en la captura de pulpo con nasa, siendo una actividad con una baja rentabilidad para la flota de Tapia de Casariego, que debe

complementarse con otras actividades económicas para la obtención de un ingreso igual o superior al salario mínimo profesional para cada tripulante. Las capturas de percebe presentan una mayor rentabilidad, pero también es una actividad económica complementaria debido al número limitado de días que se produce. Consecuentemente los empleos directos e indirectos sin incluir a la tripulación, también se consideran limitados.

6.4 Pesca recreativa

La pesca recreativa tiene una relativa importancia si se compara con la pesca profesional en el principado de Asturias y por consiguiente en la zona de estudio, ya que esta, cuenta con zonas rocosas acantiladas propicias para la pesca con caña desde costa y marisqueo, zonas con petones, favorables para la pesca desde embarcación con caña y submarina y playas rocosas también propicias para el marisqueo a pie.

En la zona de estudio están presentes petones en los caladeros “El Coitelo y Dondel” al noreste de Tapia de Casariego y “El Petón de Viavélez” al norte de la desembocadura del río Porcía. Ambos son zonas propicias para la pesca con caña o submarina donde son típicas las capturas de pulpo, lubina, sargo, congrio, maragota, pinto y cabracho.

En los pedreros costeros se practica la pesca con caña para la captura de lubinas y sargos en la rompiente, aunque esta pesca obtiene menos rendimientos que la que se lleva a cabo en los petones con embarcación.

El marisqueo a pie se realiza en roquedos costeros para los que existe información recogida en el proyecto “CARTOGRAFÍA DE LOS PEDREROS DE LA ZONA OCCIDENTAL DE ASTURIAS” del CEP. En este proyecto se establece para los pedreros en las inmediaciones del emisario (Mirallo y Figo), información sintetizada a modo de fichas. Para el pedrero de Mirallo se establece una abundancia media para el pulpo y la llámpara pero una actividad baja para su captura por pescadores recreativos. Para el pedrero de Figo se establece una abundancia media para el pulpo y la llámpara pero una actividad baja para la pesca recreativa y una abundancia alta de bígamos y oricios con una actividad media para la pesca recreativa.

El puerto de Tapia de Casariego cuenta con 20 amarres, aunque en las fotografías aéreas en el periodo estival, se puede observar el doble de embarcaciones fondeadas. Estas 20 embarcaciones recreativas, dedicadas principalmente a la pesca recreativa generarían un gasto aproximado de 3.000-3.600 € anuales (datos de 2010), es decir, unos 60.000 y 72.000 € anuales.

Si se tiene en cuenta que aproximadamente, en términos generales, algo menos del 80% de la pesca recreativa se realiza desde costa⁸, según el número de licencias del principado, se puede decir que el número de licencias de pesca desde costa en Tapia se aproxima a 80, cuyo gasto anual aproximado se estima entre 56.000 y 40.000 €.

Poniendo atención al impacto sobre el empleo, los multiplicadores estimados muestran que un aumento de la demanda final recreativa de 100.000 euros genera unas necesidades directas e indirectas de empleo en todo el sistema económico regional de 2,24 puestos de trabajo, o lo que es lo mismo, se necesitan 44.643 € de gasto recreativo para generar un empleo en Asturias. En este caso se ha calculado un gasto derivado de la pesca recreativa en el municipio de entre 100.000 y 128.000 €, lo que supondría la generación de 2-3 empleos.

⁸ En los registros constaban originalmente unas 82 000 licencias de pesca con caña y marisqueo en pedreros, algo más de 2 600 de pesca submarina y 14 300 desde embarcación, aunque se trata de datos sin depurar.

7 Firmas

Realizado por:



Fdo.: Sergio Mestre López

Lcdo. Ciencias del Mar

A Coruña, 23 de diciembre de 2020

8 Bibliografía

Acuña J.L., Rivera A., González Gil R., del Pino Fernández M. y García Flórez L. (2018). Nuevas herramientas de gestión basadas en evaluaciones científicas para la pesquería del pulpo (*Octopus vulgaris*) y de percebe (*Pollicipes pollicipes*). Parte I: pulpo. Comisión de seguimiento del Plan de Gestión del pulpo. Luarca.

Arechavala-Lopez, P., Minguito-Frutos, M., Follana-Berná, G. y Palmer, M. (2019). Pulpo común asentado en aguas costeras mediterráneas alteradas por humanos: desde el área de distribución individual hasta la dinámica de la población. *Revista ICES de Ciencias Marinas*, 76 (2), 585-597.

Centro de Experimentación Pesquera (CEP)

Coleman, F., Figueira, W.F., Ueland, J.S. y Crowder, L.B. (2004). *The impact of United States recreational fisheries on marine fish populations*. *Science*, 305: 1958 – 1959.

Dirección General de Pesca Asturiana → SADEI Sociedad Asturiana de Estudios Económicos e Industriales

De Domenico, E., Mauceri, A., Giordano, D., Maisano, M., Giannetto, A., Parrino, V., ... y Fasulo, S. (2013). Respuestas biológicas de juveniles de lubina europea (*Dicentrarchus labrax*) expuestos a sedimentos contaminados. *Ecotoxicología y seguridad ambiental*, 97, 114-123.

Federación Asturiana de Concejos (FFAC) <https://www.facc.info/?p=429> (activ. Económicas)

Garcés, A. H., & Carvajal, C. R. (2014). Caracterización de los concejos asturianos a partir de su participación en la economía social. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, (64), 177-199.

Guerra, A. (1982, September). Reflexiones sobre la distribución geográfica de *Octopus vulgaris* (Cephalopoda: Octopoda). In *Actas del IV Congreso Nacional de Malacología*. Gijón (Vol. 11).

Jebali, J., Chouba, L., Banni, M. y Boussetta, H. (2014). Estudio comparativo de la bioacumulación y eliminación de metales traza (Cd, Pb, Zn, Mn y Fe) en la glándula digestiva, branquias y músculo de bivalvos *Pinna nobilis* durante un experimento de trasplante de campo. *Revista de oligoelementos en medicina y biología*, 28 (2), 212-217.

Rodríguez Gutiérrez, F. (2016). Las actividades económicas y la organización funcional del territorio litoral de Asturias. In *Anales de geografía de la Universidad Complutense*.

- Pierce, GJ, Valavanis, VD, Guerra, A., Jereb, P., Orsi-Relini, L., Bellido, JM, ... y Sobrino, I. (2008). Una revisión de las interacciones cefalópodos-medio ambiente en los mares europeos. *Hydrobiologia*, 612 (1), 49-70.
- Pollok, B., 1980. *Surprises in Queensland angling study*. Australian Fisheries 39 (4): 17 – 19.
- Raimundo, J., Caetano M., Vale, C. (2003). Geographical variation and partition of metals in tissues of *Octopus vulgaris* along the Portuguese coast.
- Reis, P.A., Salgado M.A., Vasconcelos, V. (2011). Goose barnacle *Pollicipes pollicipes* as biomonitor of metal contamination in the northwest coast of Portugal.
- Semedo, M., Reis-Henriques, M., Rey-Salgueiro, L., Oliveira, M, Delerue-Matos, C., Morais, S. y Ferreira, M. (2012). Metal accumulation and oxidative stress biomarkers in octopus (*Octopus vulgaris*) from Northwest Atlantic. *The Science of the total environment*. 433. 230-7. 10.1016/j.scitotenv.2012.06.58
- Sillero-Ríos, J., Sureda, A., Capó, X., Oliver-Codorniú, M. y Arechavala-Lopez, P. (2018). Biomarkers of physiological responses of *Octopus vulgaris* to different coastal environments in the western Mediterranean Sea. *Marine Pollution Bulletin*. 128. 10.1016/j.marpolbul.2018.01.32
- Sobrino, I., Rueda, L., Tugores, MP, Burgos, C., Cojan, M. y Pierce, GJ (2020). Predicción de la abundancia e influencia de parámetros ambientales en la abundancia de pulpo (*Octopus vulgaris* Cuvier, 1797) en el golfo de Cádiz. *Investigación pesquera*, 221, 105382.

9 Anexo I. Normativa

La pesca marítima en Asturias se encuentra regulada por legislación autonómica, estatal y comunitaria. En este apartado se sintetiza la legislación vigente en el momento de la realización del estudio, en lo relativo a limitaciones espaciotemporales que presenta la actividad pesquera en el Principado de Asturias.

Normativa comunitaria:

Reglamento (CE) Nº 43/2009 del Consejo de 16 de enero de 2009 por el que se establecen, para 2009, las posibilidades de pesca y las condiciones correspondientes para determinadas poblaciones y grupos de poblaciones de peces, aplicables en aguas comunitarias y, en el caso de los buques comunitarios, en las demás aguas donde sea necesario establecer limitaciones de capturas.

Reglamento (CE) Nº 1288/2009 del Consejo de 27 de noviembre de 2009 por el que se establecen medidas técnicas transitorias desde el 1 de enero del 2010 hasta el 30 de junio de 2011.

Normativa estatal:

En España, la regulación de la pesca marítima está fundamentalmente recogida en la **Ley 3/2001, de 26 de marzo, de Pesca Marítima del Estado** siendo ésta la base alrededor de la cual se construye el ordenamiento jurídico de la actividad. Paralelamente existen otras normas que en cada una de las Comunidades Autónomas regulan y establecen las bases de su funcionamiento. Esta ley establece entre sus fines los de velar por la explotación equilibrada y responsable de los recursos pesqueros, favoreciendo su desarrollo sostenible y adoptando las medidas precisas para proteger, conservar y regenerar dichos recursos y sus ecosistemas, al adaptar el esfuerzo de la flota a la situación de los recursos pesqueros.

El reglamento sobre actividad pesquera para el caladero nacional cantábrico-noroeste se centra especialmente en la pesca de arrastre, buques de gran tamaño y en la gestión sostenible de los recursos marinos.

Normativa provincial:

Ley 2/93, de 29 de octubre, de la Comunidad Autónoma del Principado de Asturias, por la que se regula la Pesca Marítima en Aguas Interiores y el Aprovechamiento de Recursos Marinos.

Cuyo artículo 7 establece la posibilidad de realizar planes anuales en los que se fijará la capacidad extractiva en función de la evolución de los recursos.

Ley 2/93, modificada por la Ley del Principado de Asturias 15/2002, de 27 de diciembre de Pesca Marítima en Aguas Interiores y Aprovechamiento de Recursos Marinos con el fin de obtener una gestión sostenible de los recursos de marisqueo, se regula la explotación racional y eficaz de los mismos por profesionales mediante técnicas submarinas.

Decreto 35/1998, de 18 de junio, por el que se regula la actividad de marisqueo a pie en aguas competencia del Principado de Asturias, prevé en su artículo 9 la posibilidad de establecer cupos de captura en aquellas áreas que por sus características biológicas fuera conveniente y la creación de zonas de pesca restringida

Resolución de 18 de junio de 1998, de la Consejería de Agricultura, por la que se crea el Censo oficial de la flota pesquera del Principado de Asturias.

9.1 Normativa según la modalidad de pesca

Normativa estatal:

Real Decreto 1441/1999, de 10 de septiembre, por el que se regula el ejercicio de la pesca con artes de arrastre de fondo en el Caladero Nacional del Cantábrico y Noroeste (BOE núm. 255, de 20 de octubre de 1999). (...) Los buques autorizados a ejercer la pesca de arrastre de fondo en el caladero nacional del Cantábrico y Noroeste deberán tener, como mínimo, una eslora entre perpendiculares igual o superior a 20 metros o una eslora total, igual o superior a 24 metros. Además, la pesca de arrastre de fondo sólo podrá ejercerse en fondos superiores a 100 metros.

Real Decreto 410/2001, de 20 de abril, por el que se regula la pesca con artes fijos en el Caladero Nacional del Cantábrico y Noroeste: Las modalidades de pesca que se practican con artes fijos tienen gran importancia, económica y social, en el litoral del Cantábrico y Noroeste, afectando a un elevado número de embarcaciones, la mayoría de pequeño porte, con una notable repercusión sobre los recursos pesqueros de dicho caladero.

Real Decreto 347/2011, de 11 de marzo, por el que se regula la pesca marítima de recreo en aguas exteriores. Es evidente que este tipo de actividades, tanto por su propia naturaleza como por la incidencia en los recursos pesqueros, exigen un régimen de control específico y unas limitaciones específicas, que por supuesto no sustituyen, sino que se suman a las

medidas de conservación y protección de los recursos establecidos con carácter general en la regulación sectorial.

Orden AAA/1510/2014, de 1 de agosto, por la que se establece un plan de gestión para los buques de los censos de las flotas de altura, gran altura y buques palangreros mayores y menores de 100 toneladas de registro bruto, que operan dentro de los límites geográficos de la Comisión de Pesca del Atlántico Nordeste. Tiene como objetivo fundamental garantizar que las actividades de la pesca sean sostenibles ambientalmente a largo plazo y se gestionen de forma coherente con los objetivos de generar beneficios económicos, sociales y de empleo, y de contribuir a la disponibilidad de productos alimenticios.

Orden AAA/2534/2015, de 17 de noviembre, por la que se establece un Plan de gestión para los buques de los censos del Caladero Nacional del Cantábrico y Noroeste. Tiene como objetivo fundamental garantizar que las actividades de la pesca y la acuicultura sean sostenibles ambientalmente a largo plazo y se gestionen de forma coherente con los objetivos de generar beneficios económicos, sociales y de empleo, y de contribuir a la disponibilidad de productos alimenticios. Para ello, dispone de instrumentos de gestión como la fijación de posibilidades de pesca asignadas a los Estados miembro, que garantizarán la estabilidad relativa de cada uno de ellos en relación con cada población de peces o pesquería.

Normativa autonómica:

Resolución de 24 de abril de 1990, de la Consejería de Agricultura y Pesca, por la que se establece veda permanente para artes de enmalle en la desembocadura de los ríos. (BOPAP 13-6-1990 / corrección de errores 30-6-1990). Debido a la necesidad de proteger los juveniles de las especies marinas y piscícolas anádromas y catádromas se prohíbe la utilización de todas las artes de enmalle a menos de una milla de la desembocadura de los ríos.

Decreto 35/1998, de 18 de junio, por el que se regula la actividad de marisqueo a pie en aguas competencia del Principado de Asturias. (BOPA 4-7-98). Dicha actividad está reservada a las personas que estén en posesión de la licencia, la cual tiene vigencia durante 1 año, se debe ejercer en el horario de pesca y en el ámbito establecido en el decreto. Además, prevé en su artículo 9 la posibilidad de establecer cupos de captura en aquellas áreas que por sus características biológicas fuera conveniente y la creación de zonas de pesca restringida, previsión esta que ha sido contemplada en el artículo 29 de la citada Ley 2/1993.

Resolución de 25 de enero de 2002, de la Consejería de Medio Rural y Pesca, por la que se regula la pesca con arte de cerco en aguas interiores del Principado de Asturias. (BOPA 5-2-2002). Las embarcaciones que pesquen con cerco deben estar censadas y autorizadas, la malla mínima será de 14 mm y las dimensiones no rebasarán los 450 metros de longitud ni los 80 metros de altura. Se establecen las tallas mínimas y cupos de captura por embarcación y día y las zonas de veda, la pesca podrá realizarse en todas las áreas menos en zonas portuarias, a menos de 500 metros de la zona de baño y las situadas dentro de las líneas de referencia indicadas en el anexo I de la resolución.

Decreto 25/2006, de 15 de marzo, por el que se regula la pesca marítima de recreo en el Principado de Asturias. El Estatuto de Autonomía del Principado de Asturias atribuye en su artículo 10.1.13 al Principado de Asturias la competencia exclusiva en materia de pesca marítima en aguas interiores. En ejercicio de dicha competencia, se ha aprobado la Ley del Principado de Asturias 2/93, de 29 de octubre, de Pesca Marítima en Aguas Interiores y Aprovechamiento de Recursos Marinos, que en su título VI hace referencia a la pesca marítima de recreo, remitiendo a un posterior desarrollo reglamentario la regulación de los distintos aspectos de esta actividad. La pesca marítima de recreo es aquella que se realiza para entretenimiento o competición, sin retribución alguna o ánimo de lucro, la cual puede ser ejercitada desde embarcación, desde costa o submarina. En este Decreto se establecen las artes autorizadas, los tipos, requisitos y validez de las licencias, las capturas máximas autorizadas y los concursos y campeonatos, entre otros.

Resolución de 24 de noviembre de 2011, de la Consejería de Agroganadería y Recursos Autóctonos, de segunda modificación de la Resolución de 25 de enero de 2002, de la Consejería de Medio Rural y Pesca, por la que se regula la pesca con arte de cerco en aguas interiores del Principado de Asturias. Modifica las tallas mínimas y cupos de captura de la caballa y del jurel.

9.2 Normativa según la especie

Normativa estatal:

Orden ARM/2243/2011, de 22 de julio, por la que se publican las nuevas relaciones de zonas de producción de moluscos y otros invertebrados marinos en el litoral español. El Reglamento nº(CE) 854/2004 prevé que la autoridad competente debe determinar la ubicación y los límites de las zonas de producción y de reinstalación de moluscos bivalvos vivos y su

clasificación en tres categorías de acuerdo con el grado de contaminación fecal. Es una actualización desde la última Orden del 2009.

Normativa autonómica:

Resolución de 13 de marzo de 1997, de la Consejería de Agricultura, por la que se regulan las tallas, pesos mínimos de captura y épocas de veda. (BOPA 7-4-1997). Modificada en: Rectificación de Errores Resolución de 2 de mayo de 1997.

Resolución de 5 de mayo de 1997.

Resolución de 10 de marzo de 2004, de la Consejería de Medio Rural y Pesca, por la que se aprueba el Plan de Explotación del Marisqueo. El artículo 10.1.13 del Estatuto de Autonomía atribuye al Principado de Asturias la competencia exclusiva en materia de pesca en aguas interiores y marisqueo. En desarrollo de estas previsiones se elabora el Plan de Explotación del Marisqueo con el objeto de preservar los recursos y mejorar su comercialización, todo ello previa consulta con las Cofradías de Pescadores del Principado de Asturias agrupadas en su Federación.

Resolución de 29 de abril de 2009, de la Consejería de Medio Rural y Pesca, por la que se declaran y clasifican las zonas de producción de moluscos bivalvos y otros invertebrados marinos en aguas competencia del Principado de Asturias. De acuerdo a lo establecido en el Reglamento (CE) 854/2004 se declara zona de producción de erizo de mar y moluscos gasterópodos (AST1-03) el litoral asturiano entre la ría del Eo (43º 32,05' N; 7º 01,38' W) y la ría de Tinamayor (43º 23,52' N; 4º 30,80' W), la cual tiene la categoría de Zona "Tipo A".

El artículo 7 de la **Ley del Principado de Asturias 2/1993** establece la posibilidad de realizar planes anuales en los que se fije la capacidad extractiva en función de la evolución de los recursos, por lo que cada año la Consejería de Desarrollo Rural y Recursos Naturales realizan resoluciones que regulan las campañas de pesca del pulpo común (*Octopus vulgaris*) y de extracción del percebe (*Pollicipes pollicipes*). Las últimas fueron:

Resolución de 19 de noviembre de 2020, de la Consejería de Medio Rural y Cohesión Territorial, por la que se regula la pesca del pulpo común (*Octopus vulgaris*) durante la campaña 2020/2021. Necesaria para poder mantener, ampliar y mejorar la recogida de datos de la pesquería y establecer un sistema de cogestión que implique a todos los actores para que la sostenibilidad biológica del recurso esté asociada a mejoras sociales y económicas del sector pesquero.

Resolución de 16 de septiembre de 2020, de la Consejería de Medio Rural y Cohesión Territorial, por la que se regula la campaña 2020/2021 de extracción del percebe y se aprueban los planes de explotación.

Resolución de 10 de marzo de 2004, de la Consejería de Medio Rural y Pesca, por la que se aprueba el Plan de Explotación del Marisqueo. El artículo 10.1.13 del Estatuto de Autonomía atribuye al Principado de Asturias la competencia exclusiva en materia de pesca en aguas interiores y marisqueo. En desarrollo de estas previsiones se elabora el Plan de Explotación del Marisqueo con el objeto de preservar los recursos y mejorar su comercialización, todo ello previa consulta con las Cofradías de Pescadores del Principado de Asturias agrupadas en su Federación.

Resolución de 13 de marzo de 1997, de la Consejería de Agricultura, por la que se regulan las tallas, pesos mínimos de captura y épocas de veda. (BOPA 7-4-1997). Modificada en: Rectificación de Errores Resolución de 2 de mayo de 1997.

Para la anguila:

Resolución de 5 de mayo de 1997.

Decreto 92/84, de 28 de junio, por el que se aprueba el Reglamento de pesca de angula en aguas interiores del Principado de Asturias. (Parte derogado). Pesca sobre los individuos jóvenes de la anguila europea (*Anguilla anguilla*) que se lleva a cabo en la desembocadura de los ríos y zonas de influencia mareal.

Resolución de 19 de febrero de 1999, de la Consejería de Agricultura, por la que se establece la delimitación de zonas fluviales para pesca de angula.

Resolución de 22 de octubre de 2020, de la Consejería de Medio Rural y Cohesión Territorial, por la que se regula la campaña 2020/2021 de pesca de la angula y se aprueba el Plan de Gestión en la ría del Nalón.

4. Informe de compatibilidad con las estrategias marinas

ESTUDIO DE COMPATIBILIDAD CON LA ESTRATEGIA MARINA DE LA DEMARCACIÓN NORATLÁNTICA

PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE UN EMISARIO SUBMARINO PARA LA EVACUACIÓN
DE AGUA Y LODOS PROCEDENTES DE LA EXPLOTACIÓN SUBTERRÁNEA DEL
YACIMIENTO DE SALAVE

MARZO 2021

Promotor:

EXPLORACIONES MINERAS DEL

CANTÁBRICO S.L.

Término municipal: Tapia de Casariego



TECNOAMBIENTE

A TRADEBE COMPANY

Contenido

1.	INTRODUCCIÓN	4
1.1.	Antecedentes	4
1.2.	Objeto	5
1.3.	Legislación.....	6
1.4.	Objetivos ambientales y criterios específicos de las Estrategias Marinas que deben ser considerados	9
2.	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO DE EMISARIO.....	14
2.1.	Ubicación de las obras	14
2.2.	Descripción de las obras	16
2.2.1.	Origen del vertido	16
2.2.2.	Caracterización geométrica del emisario	17
2.2.3.	Instalación del emisario mediante Perforación Horizontal Dirigida.....	19
2.3.	Características del vertido	22
2.3.1.	Composición inicial del efluente	22
2.3.2.	Efectos del vertido	33
3.	INVENTARIO AMBIENTAL.....	35
3.1.	Clima marino.....	35
3.1.1.	Mareas	35
3.1.2.	Viento.....	36
3.1.3.	Corrientes.....	36
3.1.4.	Oleaje	38
3.2.	Estudio batimétrico y geomorfológico.....	41
3.3.	Caracterización fisicoquímica de los fondos marinos	42
3.3.1.	Caracterización granulométrica	43
3.3.2.	Caracterización química	44
3.4.	Caracterización de las masas de agua.....	46
3.4.1.	Descripción regional de las masas de agua cercanas.....	48
3.4.2.	Campaña de control de la calidad de la columna de agua.....	52
3.5.	Caracterización de las comunidades planctónicas.....	56
3.5.1.	Fitoplancton marino.....	57
3.5.2.	Zooplancton marino	58
3.6.	Caracterización de las comunidades bentónicas	59
3.6.1.	Comunidad de bosques de laminarias	61
3.6.2.	Comunidad de algas fotófilas en ambiente batido	62
3.6.3.	Comunidad de algas fotófilas en ambiente calmo	63

3.6.4.	Comunidad de algas esciáfilas.....	64
3.6.5.	Comunidad de las cuevas y los túneles submarinos	65
3.6.6.	Comunidad de la roca circalitoral.....	67
3.6.7.	Comunidad de las arenas infralitorales.....	68
3.6.8.	Comunidad de los fondos detríticos costeros	69
3.6.9.	Comunidad de las arenas fangosas Circalitorales	71
3.6.10.	Valoración ecológica de las comunidades.....	71
3.7.	Red Natura 2000 en el área de actuación y sus inmediaciones.....	73
3.7.1.	ZEC-ZEPA Penarronda-Barayo (ES0000317).....	75
3.7.2.	Otras figuras de protección en el ámbito.....	82
3.8.	Elementos socioeconómicos.....	83
3.8.1.	Actividad Pesquera.....	83
3.8.2.	Caladeros de pulpo.....	86
3.8.3.	Tráfico marítimo.....	93
3.8.4.	Elementos antrópicos preexistentes.....	94
4.	ESTUDIO DE LA COMPATIBILIDAD DEL PROYECTO CON LA ESTRATEGIA MARINA DE LA DEMARCACIÓN NORATLÁNTICA	96
4.1.	Caracterización de los impactos asociados a la ejecución del proyecto.....	96
4.2.	Valoración de los impactos y su compatibilidad con los objetivos de la estrategia marina	98
4.2.1.	Objetivo Ambiental A.1.1	98
4.2.2.	Objetivo Ambiental A.1.4	106
4.2.3.	Objetivo Ambiental B.1.1	113
4.2.4.	Objetivo Ambiental B.1.2	117
4.2.5.	Objetivo Ambiental B.1.5	119
4.2.6.	Objetivo Ambiental B.1.10	120
4.2.7.	Objetivo Ambiental B.2.4	122
4.2.8.	Objetivo Ambiental C.2.1	125
4.2.9.	Objetivo Ambiental C.2.2	127
4.2.10.	Objetivo Ambiental C.3.5	129
5.	CONCLUSIONES.....	130
6.	AUTORES.....	131

1. INTRODUCCIÓN

1.1. ANTECEDENTES

La **Ley 41/2010, de 29 de diciembre, de protección del medio marino**, constituye el marco normativo dirigido a garantizar la articulación de las actividades humanas en el mar, de manera que no se comprometa la conservación de los ecosistemas marinos, con el principal objetivo de lograr o mantener un buen estado ambiental del medio marino. Una de las principales medidas contenidas en la Ley 41/2010, de 29 de diciembre, es la **regulación de las estrategias marinas**, como **instrumentos de planificación** de cada una de las cinco **demarcaciones marinas** en las que la citada Ley subdivide el medio marino español (Real Decreto 1365/2018, de 2 de noviembre, por el que se aprueban las estrategias marinas).

El ámbito objeto de la ejecución de un emisario submarino para la evacuación de agua y lodos en el marco del PROYECTO DE EXPLOTACIÓN SUBTERRÁNEA DEL YACIMIENTO DE SALAVE se encuentra en la **Demarcación Marina Noratlántica**, que abarca el medio marino en el que España ejerce soberanía o jurisdicción comprendido entre el límite de las aguas jurisdiccionales entre España y Francia en el Golfo de Vizcaya y el límite septentrional de las aguas jurisdiccionales entre España y Portugal.

El artículo 3.3 de la Ley 41/2010 establece que «la autorización de cualquier actividad que requiera, bien la ejecución de obras o instalaciones en las aguas marinas, su lecho o su subsuelo, bien la colocación o depósito de materias sobre el fondo marino, así como los vertidos regulados en el título IV de dicha ley, deberá contar con el **informe favorable del Ministerio para la Transición Ecológica respecto de la compatibilidad de la actividad o vertido con la estrategia marina** correspondiente de conformidad con los criterios que se establezcan reglamentariamente».

Para lo cual se aprueba el **Real Decreto 79/2019, de 22 de febrero, por el que se regula el informe de compatibilidad y se establecen los criterios de compatibilidad con las estrategias marinas**, que desarrolla el procedimiento de **tramitación de los informes de compatibilidad** que ha de emitir el Ministerio para la Transición Ecológica y establece los criterios de compatibilidad de las actividades señaladas en el artículo 3.3 de la Ley con las estrategias marinas.

Las estrategias marinas tienen un periodo de actualización, definido como ciclo, de seis años de duración.

El **primer ciclo de las estrategias marinas** en España comenzó en **2012**, con la evaluación del medio marino, la definición de Buen Estado Ambiental (BEA) y el establecimiento de los objetivos ambientales. En 2014 se diseñaron los programas de seguimiento y en 2015 los programas de medidas. Las estrategias marinas, incluyendo su correspondiente Programa de Medidas, se aprobaron en 2018 por Real Decreto, siguiendo lo estipulado en el artículo 15 de la Ley 41/2010.

El **segundo ciclo de las estrategias marinas en España** comenzó en **2018**, con la evaluación del medio marino, la definición de Buen Estado Ambiental, BEA y el establecimiento de los objetivos ambientales. Si bien inicialmente se debía diseñar durante el año 2020 los programas de seguimiento, a día de elaboración de este informe aún está pendiente su publicación definitiva. En relación a los programas de medidas la previsión es disponer de ellos durante el presente año 2021, aún sin fecha concreta.

1.2. OBJETO

El objetivo del presente Informe de Compatibilidad Ambiental es analizar los posibles efectos sobre los objetivos ambientales de la estrategia marina correspondiente, de tres alternativas de proyecto de emisario submarino que se plantean en este informe para el Proyecto de explotación subterránea del yacimiento de Salave, en Tapia de Casariego (Asturias). Los objetivos se establecen en el anexo II del Real Decreto 79/2019, mediante la aplicación de los criterios de compatibilidad recogidos en el anexo III del citado decreto. Si bien la construcción del emisario consta de una parte terrestre, este estudio se centrará solamente en la evaluación de los efectos de la actuación sobre el medio marino.

1.3. LEGISLACIÓN

A continuación, se enumera la legislación actual de aplicación que sirve de marco para el desarrollo de este informe:

❖ Normativa de Estrategias marinas

- Directiva 2008/56/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo, 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).
- Ley 41/2010, de 29 de diciembre, de **protección del medio marino**.
- Real Decreto 1365/2018, de 2 de noviembre, por el que se aprueban las **estrategias marinas**.
- Real Decreto 79/2019, de 22 de febrero, por el que se regula el informe de compatibilidad y se establecen los **criterios de compatibilidad** con las estrategias marinas.

❖ Normativa de aguas y vertidos

- Orden 13 de julio de 1993, por la que se aprueba la instrucción para el proyecto de **conducciones de vertidos desde tierra al mar**.
- Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, por el que se aprueba el texto refundido de la **Ley de Aguas**.
- Ley 10/2001, de 5 de julio, del **Plan Hidrológico Nacional**.
- Real Decreto 907/2007, de 6 de julio, por el que se aprueba el **Reglamento de la Planificación Hidrológica**.
- Real Decreto 1341/2007, de 11 de octubre, sobre la gestión de la calidad de las **aguas de baño**.
- Orden ARM/2656/2008, de 10 de septiembre, por la que se aprueba la **instrucción de planificación hidrológica**.
- Real Decreto 60/2011, de 21 de enero, sobre las normas de calidad ambiental en el ámbito de la **política de aguas**.
- Real Decreto 399/2013, de 7 de junio, por el que se aprueba el **Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica del Cantábrico Occidental**.

- Real Decreto 817/2015, de 11 de septiembre, por el que se establecen los criterios para el seguimiento y la evaluación del **estado de las aguas superficiales** y las **normas de calidad ambiental**.
- Real Decreto 1/2016, de 8 de enero, por el que se aprueba la **revisión de los Planes Hidrológicos de las demarcaciones hidrográficas**.
- ❖ Normativa de Costas
 - Real Decreto 3392/1983, de 16 de noviembre, sobre el traspaso de funciones y servicios al Principado de Asturias en materia de **ordenación de zonas costeras y vertidos al mar**.
 - Decreto 107/93, de 16 de diciembre, por el que se aprueban las directrices subregionales de **Ordenación del Territorio para la Franja Costera**.
 - Ley 2/2013, de 29 de mayo, de **Protección y Uso Sostenible del Litoral** y de Modificación de la Ley 22/1988, de 28 de julio, de Costas.
 - Real Decreto 876/2014, de 10 de octubre, por el que se aprueba el **Reglamento General de Costas**.
- ❖ Normativa de producción productos alimenticios
 - Real Decreto 345/1993, de 5 de marzo, por el que se establecen las normas de calidad de las aguas y la **producción de moluscos y otros invertebrados marinos**. Parcialmente derogado por el Real Decreto 571/1999, de 9 de abril, por el que se aprueba la Reglamentación Técnico-Sanitaria que fija las normas aplicables a la producción y comercialización de moluscos bivalvos vivos destinados al consumo humano inmediato.
 - Real Decreto 640/2006, de 26 de mayo, por el que se regulan determinadas condiciones de aplicación de las disposiciones comunitarias en **materia de higiene**, de la producción y comercialización de los productos alimenticios.
 - Directiva 2006/113/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 12 de diciembre, relativa a la **calidad exigida a las aguas para la cría de moluscos**.
- ❖ Normativa de protección
 - Ley autonómica 5/91 de **Protección de los Espacios Naturales**.
 - Directiva 92/43/CEE, del 21 de mayo de 1992, relativa a la conservación de los **hábitats naturales** y de la fauna y flora silvestres.
 - Decreto 38/94, de 19 de mayo, por el que se aprueba el **Plan de Ordenación de los Recursos Naturales del Principado de Asturias (PORN)**.
 - Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del **Patrimonio Natural y de la Biodiversidad**.

- Directiva 2009/147/CE relativa a la conservación de las aves silvestres, que designa las **Zonas de Especial Protección para las Aves (ZEPA)**.
- Real Decreto 139/2011, de 4 de febrero, para el desarrollo del Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial y del **Catálogo Español de Especies Amenazadas**.
- Decreto 131/2014, de 17 de diciembre, por el que se declara la **Zona de Especial Conservación Río Porcía (ES1200024)**.
- Decreto 160/2014, de 29 de diciembre, por el que se declara la **Zona Especial de Conservación Penarronda-Barayo (ES0000317)**.
- Decreto 166/2014, de 29 de diciembre, por el que se declara **Zona Especial de Conservación Ría del Eo (ES1200016)**.

1.4. Objetivos ambientales y criterios específicos de las Estrategias Marinas que deben ser considerados

En los documentos de las estrategias marinas españolas se hace referencia a los **descriptores del buen estado ambiental** con los que guardan relación los objetivos ambientales. Estos descriptores, que están definidos en el Anexo II de la Ley 41/2010, son la base sobre la que se ha elaborado la evaluación inicial y se ha definido el BEA (Buen Estado Ambiental) de las estrategias marinas españolas.

A continuación, se enumeran los 11 descriptores de las estrategias marinas:

- D1. Biodiversidad
- D2. Especies alóctonas
- D3. Especies explotadas comercialmente
- D4. Redes tróficas
- D5. Eutrofización
- D6. Fondos marinos
- D7. Condiciones hidrográficas
- D8. Contaminación y sus efectos
- D9. Contaminantes en los productos de la pesca
- D10. Basuras marinas
- D11. Ruido submarino

Aunque los descriptores están íntimamente ligados entre sí, de forma genérica se considera que:

- Los descriptores 1, 2, 3, 4 y 6 tienen una relación mayor con la biodiversidad/ características naturales del medio marino.
- Los descriptores 5, 7, 8, 9, 10 y 11 están ligados a las presiones que las actividades humanas ejercen sobre los ecosistemas marinos.

Como se detalló en el apartado 1.1 del presente documento, si bien en la actualidad se encuentran publicados ya los objetivos ambientales correspondientes al segundo ciclo de la

Demarcación Noratlántica, mediante *Resolución de 11 de junio de 2019, de la Secretaría de Estado de Medio Ambiente, por la que se publica el Acuerdo del Consejo de Ministros de 7 de junio de 2019, y por el que se aprueban los objetivos ambientales del segundo ciclo de las estrategias marinas españolas*, se ha optado por valorar la compatibilidad del proyecto con los objetivos ambientales del primer ciclo por dos motivos principales:

1. Tanto el nuevo programa de seguimiento como el de medidas, que constituyen la parte ejecutiva de las estrategias marinas y suponen el compromiso formal de todas las autoridades competentes implicadas, está previsto que se apruebe durante el año 2021, sin una fecha aún definida.
2. Para el segundo ciclo de la estrategia marina no existe un documento legislativo que establezca los objetivos ambientales que deben ser considerados en el análisis de compatibilidad de las actuaciones según su tipología.

Los objetivos generales del primer ciclo y específicos de la Demarcación Noratlántica se recogen en el documento “Estrategia Marina Demarcación Marina Noratlántica. Parte V. Objetivos ambientales” elaborado en 2012 por el Ministerio para la transición ecológica (MITECO) - Dirección General de la Sostenibilidad de la Costa y el Mar (DGSCM) - Subdirección General para la protección del mar (SGPM) (https://www.miteco.gob.es/es/costas/temas/proteccion-medio-marino/em_noratlantica_objetivos_tcm30-130874.pdf).

El **Real Decreto 79/2019** determina, en su anexo II, los objetivos ambientales del primer ciclo de las estrategias marinas que deben ser considerados en el análisis de compatibilidad de las actuaciones.

Para las actuaciones de Instalación de conducciones para vertidos desde tierra al mar o captaciones de agua de mar sobre el lecho marino o enterrados bajo el mismo, los objetivos medioambientales específicos son los que se resumen en la Tabla 1 a continuación. Asimismo, el Anexo III del Real Decreto 79/2019 determina que las instalaciones de conducciones para vertidos desde tierra al mar o captaciones de agua de mar tendrán en cuenta las directrices correspondientes que 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, para valorar la compatibilidad del proyecto con los objetivos ambientales.

Tabla 1. Objetivos ambientales de la demarcación Noratlántica para actividades de instalación de conducciones para vertidos desde tierra al mar. Fuente: Anexo II del R.D. 79/2019 y *Estrategia marina de la demarcación Noratlántica: parte V; Objetivos ambientales (2012)*

Objetivo general	Objetivo específico	Objetivo ambiental	Indicadores
<p>A: Proteger y preservar el medio marino, incluyendo su biodiversidad, evitar su deterioro y recuperar los ecosistemas marinos en las zonas que se hayan visto afectados negativamente.</p>	<p>A.1. Asegurar la conservación y recuperación de la biodiversidad marina a través de instrumentos y medidas efectivas.</p>	<p>A.1.1 Reducir la intensidad y área de influencia de las presiones antropogénicas significativas sobre los hábitats bentónicos, con especial atención a los hábitats biogénicos y/o protegidos que representan puntos calientes de biodiversidad y son clave para asegurar los servicios y funciones del medio marino: fondos de maërl, comunidades de laminarias, comunidades de corales de aguas frías, comunidades dominadas por pennatuláceos, agregaciones de esponjas circalitorales y profundas y jardines de coral. En particular evitar la pesca con artes y aparejos de fondo sobre los hábitats más sensibles, como los montes submarinos, comunidades de coralígeno y maërl y corales de aguas frías; evitar o reducir la construcción de infraestructuras que puedan afectar a hábitats sensibles; evitar/reducir los efectos directos e indirectos de los dragados sobre los hábitats bentónicos vulnerables; y evitar los efectos adversos de la explotación de recursos marinos no renovables sobre los hábitats biogénicos y/o protegidos.</p>	<p>Superficie (o cualquier tipo de indicador apropiado) de hábitats biogénicos y/o hábitats protegidos potencialmente afectados por actividades humanas y sus tendencias</p>
		<p>A.1.4 Reducir las principales causas de mortalidad y disminución de las poblaciones de grupos de especies no comerciales en la cima de la cadena trófica (mamíferos marinos, reptiles, aves marinas, elasmobranquios pelágicos y demersales), tales como capturas accidentales, colisiones con embarcaciones, ingestión de basuras marinas, depredadores terrestres introducidos, contaminación, destrucción de hábitats y sobrepesca.</p>	<p>Mortalidad de las poblaciones de grupos de especies en la cima de la cadena trófica</p>

Objetivo general	Objetivo específico	Objetivo ambiental	Indicadores
<p>B. Prevenir y reducir los vertidos al medio marino, con miras a eliminar progresivamente la contaminación del medio marino, para velar por que no se produzcan impactos o riesgos graves para la biodiversidad marina, los ecosistemas marinos, la salud humana o los usos permitidos del mar.</p>	<p>B.1 Adoptar y aplicar las medidas necesarias para que la introducción de materia o energía en el medio marino no produzca efectos negativos significativos sobre los ecosistemas ni los bienes y servicios provistos por el medio marino.</p>	<p>B.1.1. Reducir el volumen de vertidos directos o indirectos sin tratamiento adecuado (vertidos industriales, aguas residuales, descargas desde ríos, escorrentías, ...) al medio marino, así como mejorar la eficiencia de las estaciones de depuración y redes de alcantarillado para minimizar el aporte de basuras, contaminantes y nutrientes al medio marino.</p>	<p>Volumen de vertidos directos e indirectos</p>
		<p>B.1.2 Reducir la frecuencia de vertidos sin tratamiento adecuado al mar desde embarcaciones y plataformas.</p>	<p>Frecuencia de vertidos sin tratamiento adecuado desde embarcaciones y plataformas</p>
		<p>B.1.5. Reducir la cantidad de basuras marinas generadas por fuentes tanto terrestres como marítimas.</p>	<p>Cantidad de basuras marinas en las costas y/o la plataforma continental</p>
		<p>B.1.10. Garantizar que los niveles de ruido submarino no generan impactos significativos en la biodiversidad marina.</p>	<p>Casos registrados de impacto del ruido sobre la biodiversidad marina</p>
	<p>B. 2. Adoptar y aplicar las medidas necesarias para lograr que las concentraciones de contaminantes se encuentren en niveles que no produzcan efectos de contaminación.</p>	<p>B.2.4. Minimizar la incidencia y magnitud de los eventos significativos de contaminación aguda (por ejemplo, vertidos accidentales de hidrocarburos o productos químicos) y su impacto sobre la biota, a través de procesos adecuados de análisis de riesgos.</p>	<p>Existencia de procesos de análisis de riesgos</p>

Objetivo general	Objetivo específico	Objetivo ambiental	Indicadores
C. Garantizar que las actividades y usos en el medio marino sean compatibles con la preservación de su biodiversidad	C.2 Adoptar y aplicar las medidas necesarias para minimizar el impacto de las actividades humanas en las condiciones físicas del medio marino.	C.2.1. Garantizar que la superficie afectada por alteraciones físicas permanentes causadas por actividades humanas sea una proporción reducida del área total de la demarcación noratlántica.	Superficie afectada por alteraciones físicas permanentes causadas por actividades humanas
		C.2.2. Garantizar que las alteraciones físicas localizadas y permanentes causadas por actividades humanas no amenacen la perdurabilidad y funcionamiento de los hábitats biogénicos y/o protegidos, ni comprometan el logro o mantenimiento del BEA para estos hábitats.	Afección de hábitats
	C.3 Promover un mejor grado de conocimiento de los ecosistemas marinos españoles y de su respuesta ante las actividades humanas, así como un mejor acceso a la información ambiental disponible	C.3.5. Ampliar el conocimiento sobre el efecto de las actividades humanas sobre los hábitats, especialmente los biogénicos y protegidos, sus especies, poblaciones y comunidades, su sensibilidad, límites de tolerancia y capacidad adaptativa y de aclimatación, especialmente en relación a las actividades pesqueras, las construcción de infraestructuras, los dragados, la extracción de recursos marinos no renovables, la contaminación y la interacción con los efectos del cambio climático (acidificación, calentamiento, etc.).	Número de estudios y proyectos científicos sobre estas materias

2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO DE EMISARIO

A continuación, se describen los aspectos generales de los trabajos relacionados con la ejecución de un emisario submarino para la evacuación de agua y lodos en el marco del Proyecto de explotación subterránea del yacimiento de Salave.

El proyecto presenta tres alternativas de ejecución objeto de evaluación. Las alternativas difieren en la longitud del emisario y la composición del vertido, siendo de aguas y lodos de flotación o únicamente de aguas.

Tabla 2. Resumen de las alternativas contemplada

	Alternativa P01	Alternativa P02	Alternativa P03
Tipo de vertido	Pozos de drenaje	Aguas y lodos de flotación	Aguas y lodos de flotación
Longitud tramo submarino	830 m	1430 m	1920 m
Cota punto descarga	- 16,5 m	- 24,5 m	- 35,5 m
Coordenadas punto de descarga (UTM: ETRS89 29N)	669153,626 m E 4826538,775 m N	669457,668 m E 4827065,55 m N	669698,073 m E 4827482,723 m N
Distancia del punto de descarga con la ZEPA Penarronda-Barayo	Se halla dentro de la ZEPA	153 m	635 m

2.1. UBICACIÓN DE LAS OBRAS

La ubicación de las obras se establece en el extremo occidental del Principado de Asturias, en la franja costera del término municipal de Tapia de Casariego, entre Punta del Pedrón y Punta de la Furada, con una superficie aproximada de unas 300 ha:

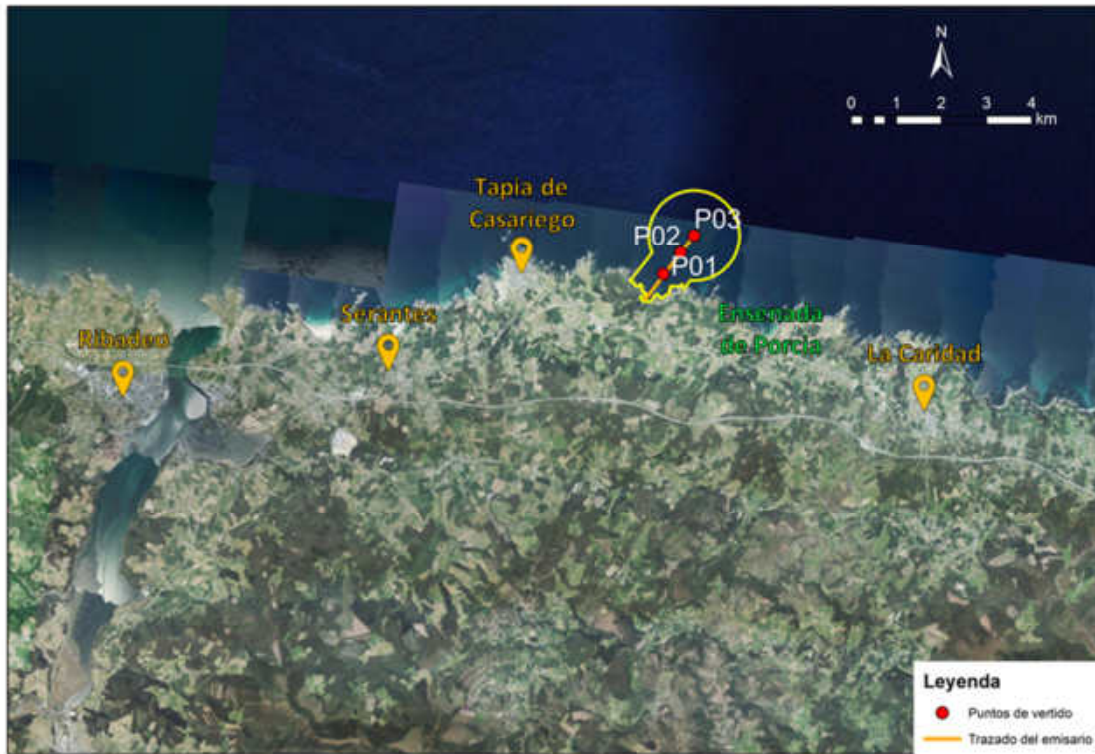


Figura 1. Ámbito de estudio.



Figura 2. Ampliación de la zona de estudio.

El “Proyecto de explotación subterránea del yacimiento de Salave” se desarrollará en el ámbito terrestre, por lo que no tiene ningún tipo de afección sobre el medio marino, a excepción del emisario submarino objeto de estudio de este informe. El presente estudio de la compatibilidad

del proyecto con la Estrategias Marina se centrará únicamente en la valoración de los efectos sobre el ámbito marino correspondiente a la ejecución del emisario submarino de evacuación de aguas o de aguas y lodos de minería.

2.2. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS

2.2.1. Origen del vertido

El objetivo principal de la futura explotación es la extracción de la mineralización subterránea de sulfuros en el área de Salave. El objeto productivo de la actividad sería la obtención de un concentrado de sulfuros, a través de un proceso de flotación, los cuales serían enviados, bien por vía terrestre o marítima, a otro emplazamiento para un ulterior tratamiento. El proyecto prevé una extracción subterránea aproximada de 700 kt/año durante unos 14 años de explotación, con un periodo de puesta en marcha de aproximadamente 18 meses.

Durante el proceso se generarán estériles de mina y de flotación. Los estériles de mina son producto de la excavación de zonas no mineralizadas; estas zonas pueden presentar leves concentraciones de sulfuros. No obstante, los estériles de mina se consideran materiales no peligrosos. Los estériles de flotación se generan a consecuencia de la separación física del mineral extraído.

Parte de los estériles serían empleados para rellenar los huecos generados por la explotación, mezclándolos con cemento en forma de pasta de baja humedad. Para la gestión del resto de lodos se plantea su acumulación en un depósito superficial de hasta 25 ha, como etapa previa a su posterior gestión.

Paralelamente, el proceso de explotación minera también extrae agua freática proveniente de los pozos de drenaje, de una concentración mineralógica mucho más baja asociada exclusivamente a la interacción natural del agua subterránea con los materiales geológicos. La composición del agua freática en ningún caso es alterada por la actividad de la explotación.

El emisario submarino que se proyecta sería empleado para el vertido al mar de los lodos de flotación (agua y estériles de flotación) o bien para el vertido de las aguas extraídas de la depresión freática.

2.2.2. Caracterización geométrica del emisario

Se proyectan tres alternativas de emisario en función del tipo de vertido que finalmente se disponga a mar: una para el vertido de las aguas extraídas de los pozos de drenaje y dos para los lodos de flotación, a distintas profundidades con tal de obtener distintos factores de dilución del fluido.

En el informe de “Análisis ambiental y estudios de detalle complementarios para un emisario submarino en Tapia de Casariego” elaborado por el Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria (IH Cantabria), se establecen las siguientes características para las tres alternativas de emisario:

Tabla 3. Características geométricas de las alternativas del emisario.

	Alternativa P01	Alternativa P02	Alternativa P03
Tipo de vertido	Pozos de drenaje	Lodos de flotación	Lodos de flotación
Diámetro del emisario	355 mm	355 mm	355 mm
Cota punto de inicio	40 m	40 m	40 m
Longitud tramo terrestre	348,44 m	590,94 m	610,58 m
Longitud tramo submarino	702,05 m	1.052,39 m	1.508,31 m
Cota punto descarga	- 16,5 m	- 24,5 m	- 35,5 m
Coordenadas punto de descarga (UTM: ETRS89 29N)	669153,626 m E 4826538,775 m N	669457,668 m E 4827065,55 m N	669698,073 m E 4827482,723 m N
Distancia del punto de descarga con la ZEPA Penarronda-Barayo	Se halla dentro de la ZEPA	153 m	635 m



Figura 3. Traza propuesta para el emisario.

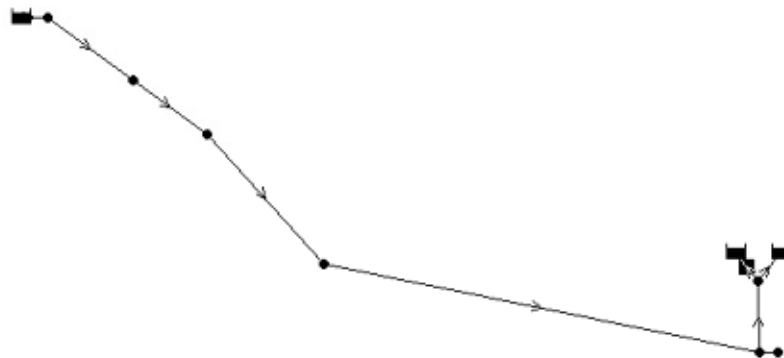


Figura 4. Esquema del perfil del emisario.

El tramo terrestre y submarino hasta el elevador se ha considerado de **acero**, por la posible abrasión al verter una alta concentración de sedimento y de un **diámetro de 355 mm**. El sistema de descarga está formado por un elevador con dos bocas de descarga en T de 125 mm situadas a 1,5 m sobre el fondo. Al tratarse de un difusor multiorificio se promueve la mezcla rápida y eficiente del efluente.

El difusor de la alternativa P01 es el único que se halla dentro **de la ZEC-ZEPA Peñarronda-Barayo**.



Figura 5. Salida gráfica tridimensional del efluente por el difusor multiorificio.

2.2.3. Instalación del emisario mediante Perforación Horizontal Dirigida

ATERRAJE COSTERO

El emisario proyectado en el DPMT requiere del tendido lineal a través de la zona costera acantilada, una zona expuesta a dinámicas marinas (oleaje, corrientes) intensas, suponiendo una afección de hábitats y comunidades bentónicas presentes en todo el ámbito de estudio y la afección visual.

Para minimizar estos impactos, así como para garantizar la protección del ducto en un área sujeta a cambios dinámicos (erosión costera), se plantea la transición del emisario por esta zona mediante técnica de **Perforación Horizontal Dirigida (PHD)**.

Esta técnica es un procedimiento constructivo de instalación de tuberías sin apertura de zanja, que permite un control preciso de la trayectoria.



Figura 6. Ejemplo de PHD para el aterraje de un ducto (fuente: Herrenknecht AG)

Este control permite librar obstáculos naturales o artificiales sin afectar al terreno, con lo que se garantiza la mínima repercusión ambiental. La PHD permite trayectorias curvas tanto en la vertical como la horizontal con un radio mínimo de 250 m, siendo adecuada para distancias de hasta 1 km y diámetros de hasta 1200 mm. En este proyecto se calcula una perforación de 800 m en el tramo sumergido. Este valor es la longitud mínima prevista con la seguridad de una correcta ejecución, poniéndonos en el caso más conservador para estimar el impacto sobre el lecho marino. A partir de los 800 m, el emisario emergería en superficie y estaría posado directamente sobre el fondo.

Una vez ejecutada la PHD se recuperan los lodos de bentonita empleados y se gestionan, junto con los materiales de rechazo de la perforación, mediante gestor autorizado.

La perforación dirigida se desarrolla habitualmente en cuatro etapas:

Etapa 1: Ejecución del Foso de ataque

La perforación se inicia desde un foso de ataque excavado en la zona terrestre, donde se debe disponer de espacio suficiente para la disposición de los equipos de perforación y accesorios. El tamaño de este foso depende principalmente de la tipología y tamaño de los equipos de perforación a utilizar y del radio de curvatura en ataque.

Etapa 2: Perforación piloto

Se introducen las barras de perforación desde el pozo de ataque, que se acoplan automáticamente unas a otras a medida que va avanzando la perforación. Existen diversos tipos de cabezales de perforación, adaptadas a los distintos tipos de materiales a perforar (sedimento, roca, etc.), así como a los radios de curvatura a adoptar.

Para facilitar la perforación se utiliza bentonita, inyectada a presión por el interior de las barras de perforación hasta el cabezal, con objeto de refrigerar y lubricar dicho cabezal y estabilizar la perforación, así como facilitar la perforación en una dirección determinada.

Etapa 3: Ensanche de la perforación

Una vez finalizada la perforación piloto, se recupera el cabezal en la zona de extracción y se sustituye por un cono escariador de mayor diámetro, que sigue una trayectoria inversa mientras incrementa el diámetro de la perforación, mediante diversas pasadas con diámetros crecientes.

Etapa 4: Instalación de Tuberías

Una vez finalizada la perforación y escariado, se introduce por tracción en el microtúnel la tubería del emisario, empleando bentonita a modo lubricante. Normalmente se instalan secciones de tubo fabricados en polietileno de alta densidad (PEHD) y soldados por termofusión.

OPERACIONES MARÍTIMAS

Una vez instalada la PHD se ensamblan por tramos los metros restantes del emisario (P01: 30 m; P02: 630 m; P03: 1120 m), apoyados directamente sobre el fondo.

En caso de irregularidad del fondo se instalan previamente piezas de apoyo para el correcto asentamiento del tubo, y posteriormente se colocan piezas de sujeción. Generalmente estos elementos se fabrican en hormigón y se funden con carácter previo o posterior con medios marítimos (embarcaciones de trabajo y buceo).

Todos los residuos generados por la actividad en las embarcaciones de trabajo se gestionarán según requisitos del Convenio MARPOL (MARPOL 73/78 y Protocolo 1997).

2.3. CARACTERÍSTICAS DEL VERTIDO

2.3.1. Composición inicial del efluente

Independientemente de la alternativa escogida, el caudal vertido por el emisario es constante y con un valor igual a 40 l/s y su temperatura de 30 °C.

2.3.1.1. Alternativa P01

La flotabilidad del efluente formado por el agua extraída de los pozos de drenaje es positiva, presentado una **densidad de 1000 kg/m³**. Consecuentemente la dilución inicial del vertido presenta un valor mínimo de 47, del lado de la seguridad, de acuerdo con resultados obtenidos en estudios con efluentes y características del sistema de vertido similares.

Las aguas extraídas de los pozos de drenaje en comparación con el presentan la concentración mineralógica que se presenta en la siguiente tabla. Al entrar en contacto con el medio marino, se dan procesos de dilución que reducen la concentración del vertido entre 47 y 1400 veces (fuente: IH Cantabria - *Análisis ambiental y estudios de detalle complementarios para un emisario submarino en Tapia de Casariego, ene-2019*).

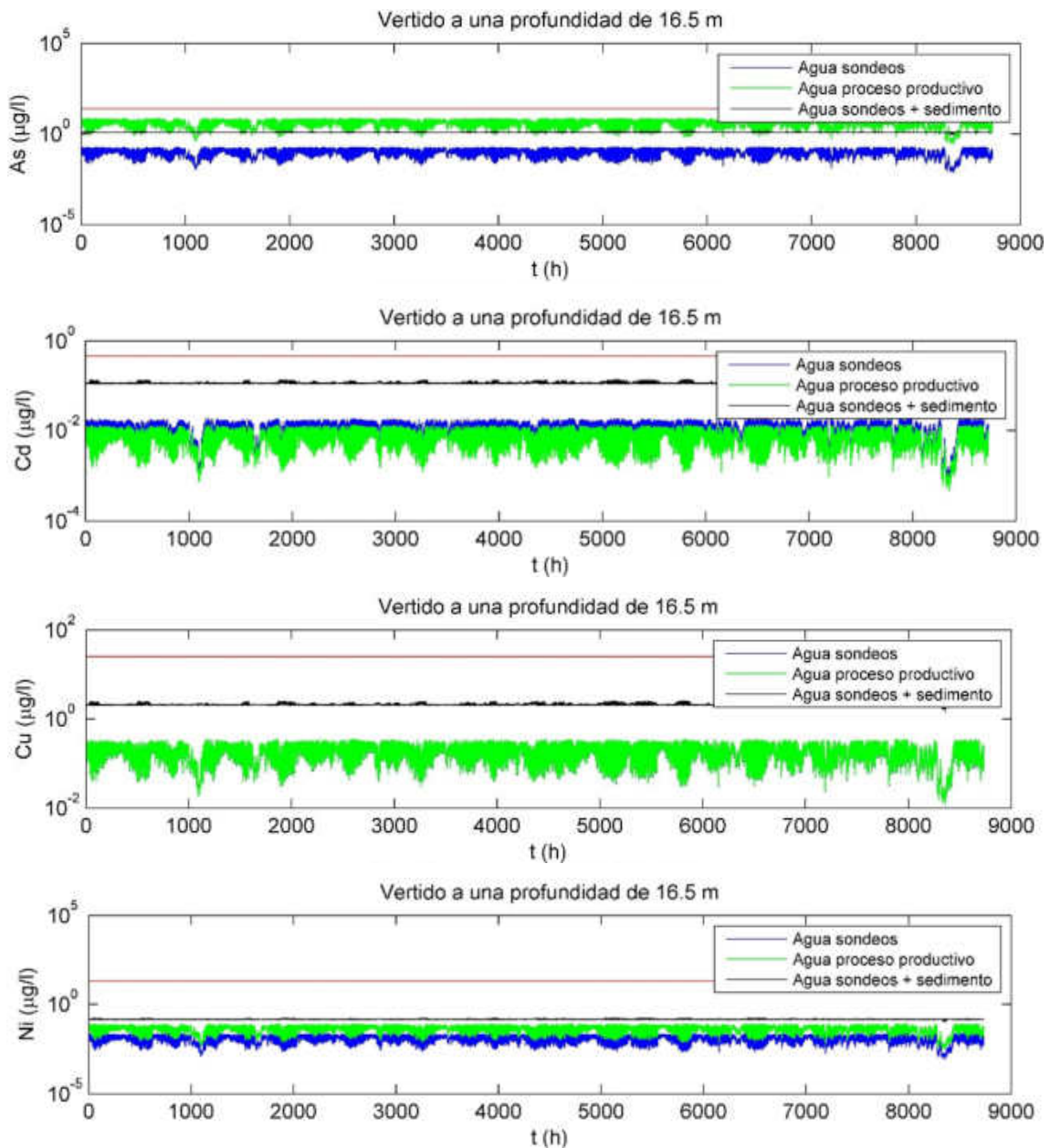
Tabla 4. Concentración que presentará el vertido formado por el agua extraída de los pozos de drenaje (Alternativa P01), concentración en la dilución inicial mínima, máxima y normas de calidad ambiental del RD 817/2015. Fuente: Exploraciones Mineras del Cantábrico.

Parámetros en agua	Concentración del vertido	Concentración tras la dilución inicial		NCA (RD 817/2015)
		Min. (:47)	Max. (:1400)	
Antimonio Total (µg/l)	0.2	0,004	0,000	No aplica
Arsénico Total (µg/l)	9.6	0,204	0,007	25
Cadmio Total (µg/l)	0.9	0,019	0,001	0.2
Calcio (mg/l)	12	0,255	0,009	No aplica
COT (mg/l)	2.3	0,049	0,002	No aplica
Cianuro Total (mg/l)	0	0,000	0,000	No aplica
Cloruros (mg/l)	47.7	1,015	0,034	No aplica
Cobalto total (µg/l)	14.4	0,306	0,010	No aplica
Cobre Total (µg/l)	16.6	0,353	0,012	25
Conductividad eléctrica (µS/cm a 25°C)	302.5	6,436	0,216	No aplica

Parámetros en agua	Concentración del vertido	Concentración tras la dilución inicial		NCA (RD 817/2015)
		Min. (:47)	Max. (:1400)	
Cromo Total (µg/l)	1.1	0,023	0,001	No aplica
DQO (mg/l)	9	0,191	0,006	No aplica
Estaño total (µg/l)	0	0,000	0,000	No aplica
Fluoruros (mg/l)	0	0,000	0,000	No aplica
Hierro total (µg/l)	5	0,106	0,004	No aplica
Magnesio (mg/l)	11.6	0,247	0,008	No aplica
Manganeso total (µg/l)	94.1	2,002	0,067	No aplica
Molibdeno total (µg/l)	2.8	0,060	0,002	No aplica
Níquel total (µg/l)	1.1	0,023	0,001	20
Plata total (µg/l)	0.2	0,004	0,000	No aplica
Plomo total (µg/l)	3.9	0,083	0,003	7.2
Potasio (mg/l)	1	0,021	0,001	No aplica
Selenio total (µg/l)	1.3	0,028	0,001	10
Silicio (mg/l)	13.8	0,294	0,010	No aplica
Sodio (mg/l)	35.9	0,764	0,026	No aplica
Sulfatos (mg/l)	8.9	0,189	0,006	No aplica
Sulfitos (mg/l)	0.5	0,011	0,000	No aplica
Zinc Total (µg/l)	80.3	1,709	0,057	60

Las concentraciones del efluente se han comparado con las concentraciones límite de las normas de calidad ambiental (NCA) del Real Decreto 817/2015, por el que se establecen los criterios de seguimiento y evaluación del estado de las aguas superficiales y las normas de calidad ambiental, en las masas de agua superficiales no continentales (categoría “Otras aguas superficiales”). En este Real Decreto, en el Anexo IV se detallan las NCA para las sustancias prioritarias y otros contaminantes, entre los cuales se hallan el cadmio, el níquel, el plomo y el selenio, mientras que en el Anexo V constan las NCA para sustancias preferentes (arsénico, cobre, zinc). El resto de sustancias analizadas en el efluente no están reguladas por esta normativa.

Todos los constituyentes del efluente cumplen con los criterios límite en agua que recoge el Real Decreto 817/2015 tras la dilución inicial. Adicionalmente, en el mismo estudio realizado por el IH Cantabria en 2019, se modelizó la dilución inicial en continuo de las sustancias incluidas en el Real Decreto 817/2015. Los resultados de la modelización corroboran el cumplimiento de las NCA. En la figura siguiente, la línea azul representa la dilución inicial en continuo del vertido de flotabilidad positiva contemplado en la alternativa P01:



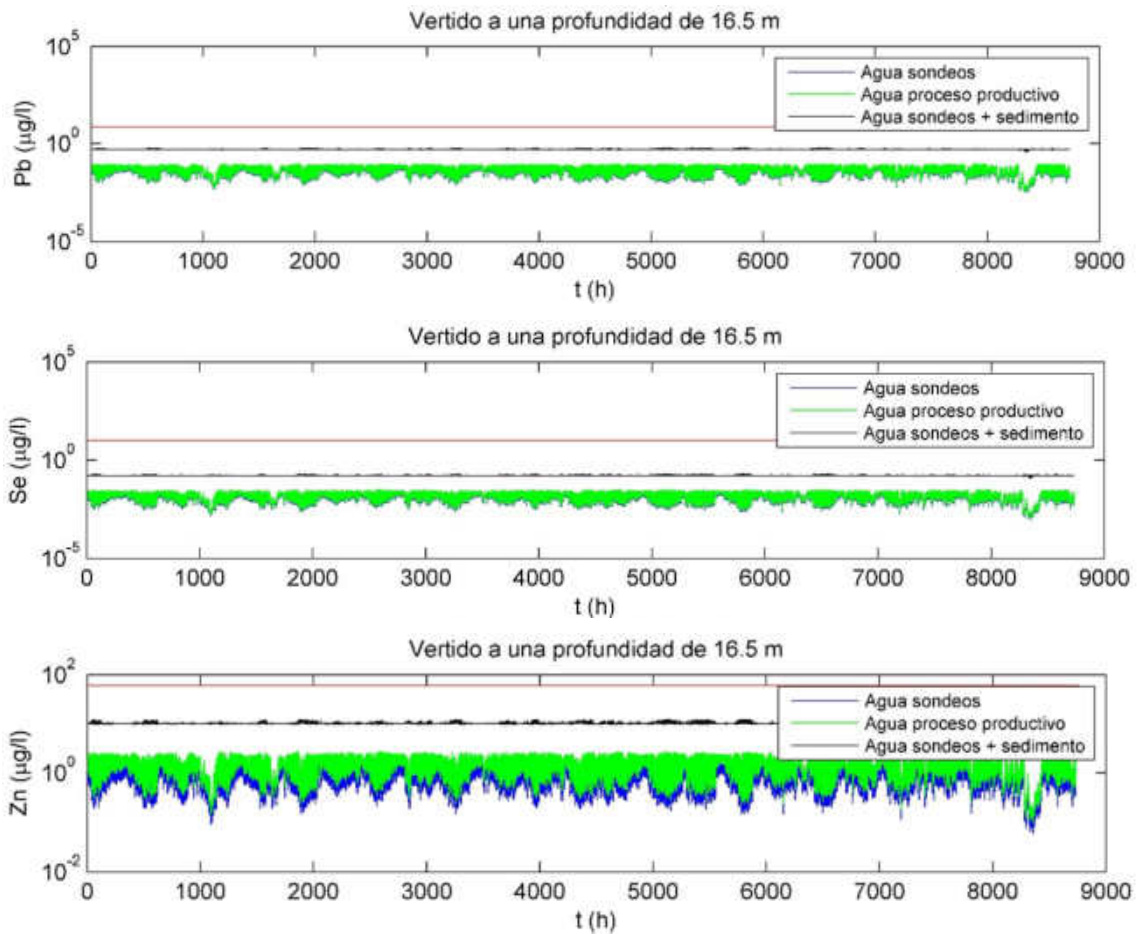


Figura 7. Comparación de la concentración de las sustancias reguladas por el RD 817/2015 tras el proceso de dilución en los casos de vertido del agua de los pozos de drenaje con el objetivo de calidad para dicha sustancia en el medio (línea roja).

2.3.1.2. Alternativas P02 y P03

Los tailings o relaves, son los materiales que quedan después del proceso de separación de la fracción valiosa de la fracción desechable (ganga) de un mineral (flotación espumante, basada en la diferencia de su hidrofobicidad del mineral de interés con respecto a las gangas). Los tailings proceden de la planta de tratamiento en la que se lleva a cabo el proceso de flotación, y están compuestos por partículas del tamaño de arenas o limos, transportándose en forma de lodos, mediante el bombeo desde planta hasta la balsa o depósito temporal, empleando una red de tuberías (Tailing Management Facilities, TMF), y de ahí, mediante el emisario submarino, al mar.

Los *tailings* se han caracterizado según el *Real Decreto 975/2009 de 12 de junio, sobre gestión de los residuos de las industrias extractivas y de protección y rehabilitación del espacio afectado*

por actividades mineras, sujeto a su vez a las modificaciones recogidas en el Real Decreto 777/2012, con el objetivo de **comprobar su calificación como inerte o no inerte** según la definición del Consejo sobre la gestión de los residuos de industrias extractivas (2009/359/CE):

«residuos inertes»: los residuos que no experimentan ninguna transformación física, química o biológica significativa. Los residuos inertes no son solubles ni combustibles, ni reaccionan física ni químicamente de ninguna otra manera, ni son biodegradables, ni afectan negativamente a otras materias con las cuales entran en contacto de forma que puedan provocar la contaminación del medio ambiente o perjudicar la salud humana. La lixiviabilidad total, el contenido de contaminantes de los residuos y la ecotoxicidad del lixiviado deberán ser insignificantes y, en particular, no deberán suponer un riesgo para la calidad de las aguas superficiales ni subterráneas;

Se han obtenido los siguientes resultados:

Tabla 5. Resultados de la caracterización de los residuos de *tailing* según el R.D. 975/2009 para la consideración de residuo inerte. Fuente: Exploraciones Mineras del Cantábrico.

Características	Resultado	Calificación según R.D.
Inflamabilidad	No inflamable	Conforme
Degradabilidad	No se ha llevado a cabo el ensayo debido a que la muestra presenta una granulometría muy fina. Se espera baja degradabilidad por el tamaño.	-
S sulfuro (%) y potencial de generación de aguas ácidas (NPR)	% de S sulfuro = < 0,1 NPR aceptable	Conforme
Contenido metálico total	El arsénico supera el NGR ¹	No conforme
Ecotoxicidad	No ecotóxico. No peligroso.	Conforme
Admisión Vertedero de Inertes (Lixiviabilidad)	Las concentraciones de As y Sb superan los límites de lixiviación ²	No admisible
CARÁCTER	NO INERTE	

¹ NGR: Nivel Genérico de Referencia (Uso Industrial) según la Resolución de 20 de marzo de 2014, de la Consejería de Fomento, Ordenación del Territorio y Medio Ambiente, por la que se establecen los Niveles Genéricos de Referencia para metales pesados en Suelos del Principado de Asturias.

² según la Orden AAA/661/2013, de 18 de abril, por la que se modifican los anexos I, II y III del Real Decreto 1481/2001, de 27 de diciembre, por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero.

Los estériles, compuestos mayoritariamente por granodioritas, presentan un porcentaje de 0,4 % de sulfuros refractarios, que no implican desorción hacia el medio marino. Solamente se

consideran no inertes debido a las concentraciones de arsénico y antimonio. No obstante, el ensayo de ecotoxicidad demuestra que estos no son peligrosos.

A continuación, se detallan las características del vertido compuesto por las aguas de flotación y los tailings del proceso productivo:

- El efluente presenta flotabilidad negativa. En el efluente con la concentración máxima de sedimentos se produce un cambio en la hidráulica de la descarga haciéndola funcionar como un efluente más denso que el agua de mar tomando un valor mínimo para su dilución inicial de 10, de acuerdo con resultados obtenidos en estudios con efluentes y características del sistema de vertido similares.
- La densidad de las partículas del efluente se ha supuesto igual a 2700 kg/m³.
- La descarga está formada por el agua extraída de los pozos de drenaje y la concentración máxima de sedimentos (300000 t/año). El fluido resultante es hiperdenso (similar a una salmuera) y presenta una densidad de 1149 kg/m³.
- El 99% de partículas de sedimento presentan un diámetro inferior a 63 µm.
- Los sólidos vertidos son sulfuros refractarios que no reaccionan con el agua y, por lo tanto, no liberan concentraciones de sustancias tóxicas al medio acuático. Los sólidos presentan las siguientes concentraciones de metales. Para la muestra objeto de análisis, la concentración de arsénico obtenida es superior al nivel genérico establecido en el Principado de Asturias.

Tabla 6. Concentración de metales la muestra sólida de *tailing*. Fuente: “Informe de Caracterización, según el Real Decreto 975/2009, de una muestra de tailings”. AGQ. Diciembre 2019.

Parámetro	Concentración en la muestra de tailing	Parámetro	Concentración en la muestra de tailing
Aluminio (mg/kg m.s.)	70.700,14	Magnesio (mg/kg m.s.)	18.411,42
Antimonio (mg/kg m.s.)	83,63	Manganeso (mg/kg m.s.)	666,28
Arsénico (mg/kg m.s.)	1.097,94	Mercurio (mg/kg m.s.)	10,00
Azufre (mg/kg m.s.)	615,78	Molibdeno (mg/kg m.s.)	6,40
Bario (mg/kg m.s.)	1.214,10	Níquel (mg/kg m.s.)	5,00
Cadmio (mg/kg m.s.)	5,00	Plata (mg/kg m.s.)	2,00
Calcio (mg/kg m.s.)	29.419,53	Plomo (mg/kg m.s.)	28,55
Cobalto (mg/kg m.s.)	5,00	Potasio (mg/kg m.s.)	39.065,84

Parámetro	Concentración en la muestra de tailing	Parámetro	Concentración en la muestra de tailing
Cobre (mg/kg m.s.)	32,19	Selenio	10,00
Cromo (mg/kg m.s.)	11,89	Titanio	1.227,79
Estroncio (mg/kg m.s.)	320,92	Vanadio	36,02
Hierro (mg/kg m.s.)	15.973,74	Zinc	50,00
Litio (mg/kg m.s.)	18,71		

- El producto final del vertido fruto de la mezcla de los sedimentos con las aguas empleadas para el proceso de flotación:

Tabla 7. Concentración que presentará el vertido formado por las aguas de flotación del proceso productivo, concentración en la dilución inicial mínima, máxima y normas de calidad ambiental del RD 817/2015. Fuente: Exploraciones Mineras del Cantábrico.

Parámetros en agua	Concentración del vertido	Concentración tras la dilución inicial		NCA (RD 817/2015)
		Min. (:6)	Max. (:10)	
Antimonio Total (µg/l)	278,25	46,38	27,83	No aplica
Arsénico Total (µg/l)	370,4	61,73	37,04	25
Cadmio Total (µg/l)	0,65	0,11	0,07	0,2
Calcio (mg/l)	45,9	7,65	4,59	No aplica
COT (mg/l)	4,15	0,69	0,42	No aplica
Cianuro Total (mg/l)	0	0	0	No aplica
Cloruros (mg/l)	58,6	9,77	5,86	No aplica
Cobalto total (µg/l)	11,85	1,98	1,19	No aplica
Cobre Total (µg/l)	16,9	2,82	1,69	25
Conductividad eléctrica (µS/cm a 25°C)	553,2	92,20	55,32	No aplica
Cromo Total (µg/l)	7,5	1,25	0,75	No aplica
DQO (mg/l)	70	11,67	7	No aplica
Estaño total (µg/l)	0,7	0,12	0,07	No aplica
Fluoruros (mg/l)	0,25	0,04	0,03	No aplica
Hierro total (µg/l)	329,55	54,93	32,96	No aplica

Parámetros en agua	Concentración del vertido	Concentración tras la dilución inicial		NCA (RD 817/2015)
		Min. (:6)	Max. (:10)	
Magnesio (mg/l)	16,35	2,73	1,64	No aplica
Manganeso total (µg/l)	105,45	17,58	10,55	No aplica
Molibdeno total (µg/l)	16	2,67	1,60	No aplica
Níquel total (µg/l)	3,8	0,63	0,38	20
Plata total (µg/l)	0,9	0,15	0,09	No aplica
Plomo total (µg/l)	4,4	0,73	0,44	7,2
Potasio (mg/l)	12,4	2,07	1,24	No aplica
Selenio total (µg/l)	1,5	0,25	0,15	10
Silicio (mg/l)	13,6	2,27	1,36	No aplica
Sodio (mg/l)	46,6	7,77	4,66	No aplica
Sulfatos (mg/l)	109,9	18,32	10,99	No aplica
Sulfitos (mg/l)	0,75	0,13	0,08	No aplica
Zinc Total (µg/l)	130,5	21,75	13,05	60

De acuerdo con las conclusiones obtenidas del Estudio Hidrológico del IH Cantabria (*Análisis ambiental y estudios de detalle complementarios para un emisario submarino en Tapia de Casariego, ene-2019*), a raíz de los procesos turbulentos asociados a los componentes hidrodinámicos, el vertido se diluiría entre 6 y 10 veces en un radio de 3,3 m desde el punto de vertido. Al entrar en contacto con el medio marino, el arsénico supera el límite de la NCA del Real Decreto 817/2015. Sin embargo, mediante la modelización y aplicación de los valores de dilución inicial en continuo se ha analizado el cumplimiento de los objetivos de calidad en el medio de las sustancias disueltas recogidas en los Anexos IV y V del Real Decreto 817/2015. Los resultados se representan en la siguiente figura con la línea negra correspondiente al vertido de flotabilidad negativa de agua y sedimento asociado a las alternativas P02 y P03:

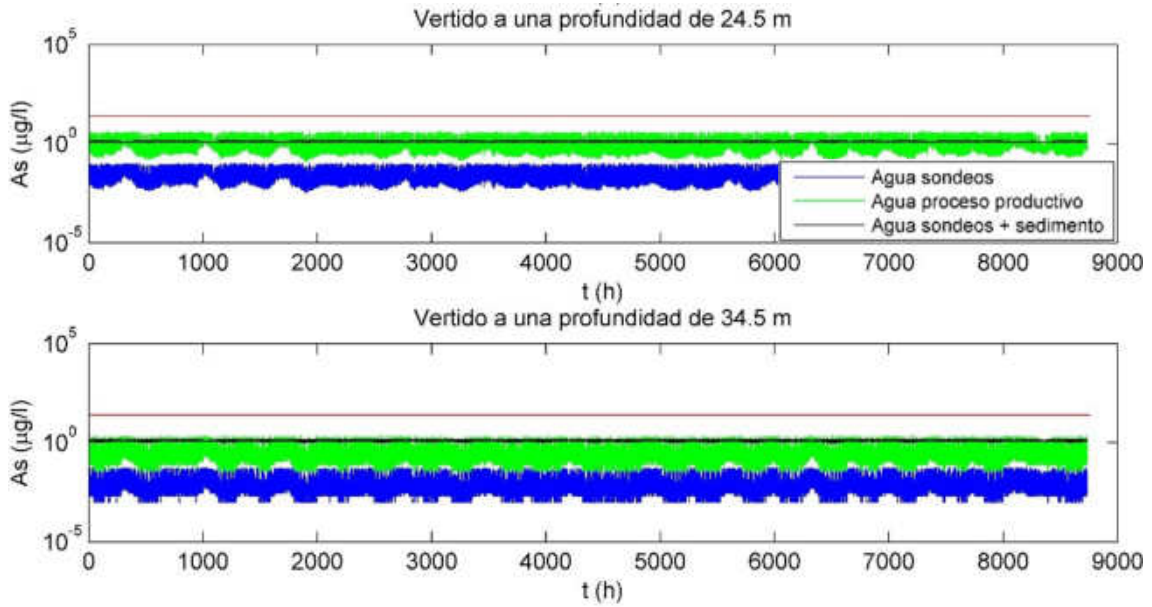


Figura 8. Comparación de la concentración de arsénico tras el proceso de dilución en los casos de vertido del y sedimento con el objetivo de calidad para dicha sustancia en el medio (línea roja).

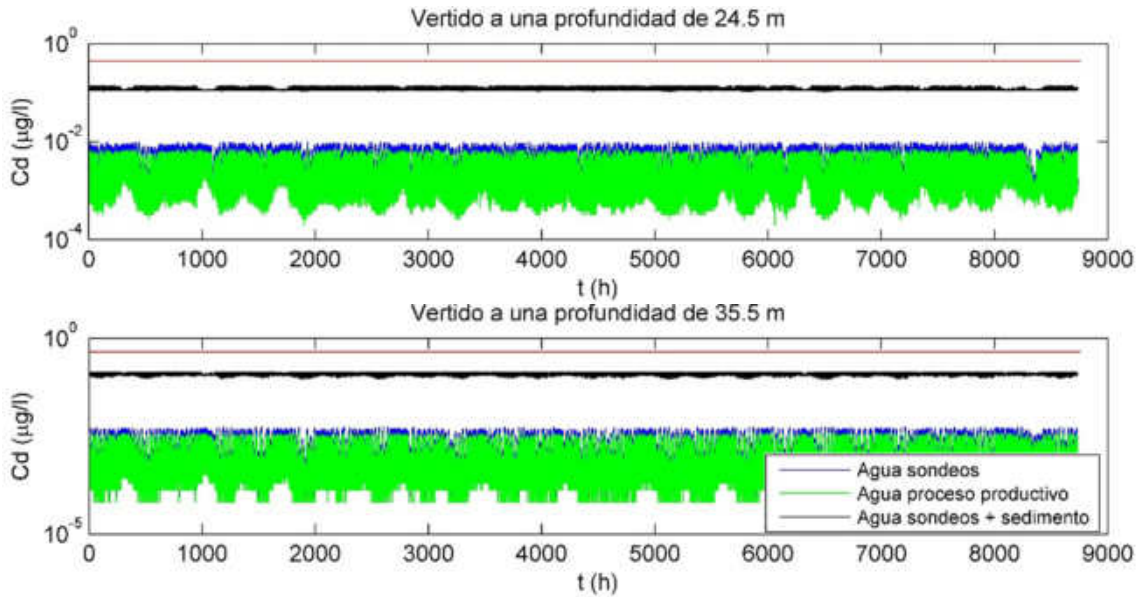


Figura 9. Comparación de la concentración de cadmio tras el proceso de dilución en los casos de vertido del y sedimento con el objetivo de calidad para dicha sustancia en el medio (línea roja).

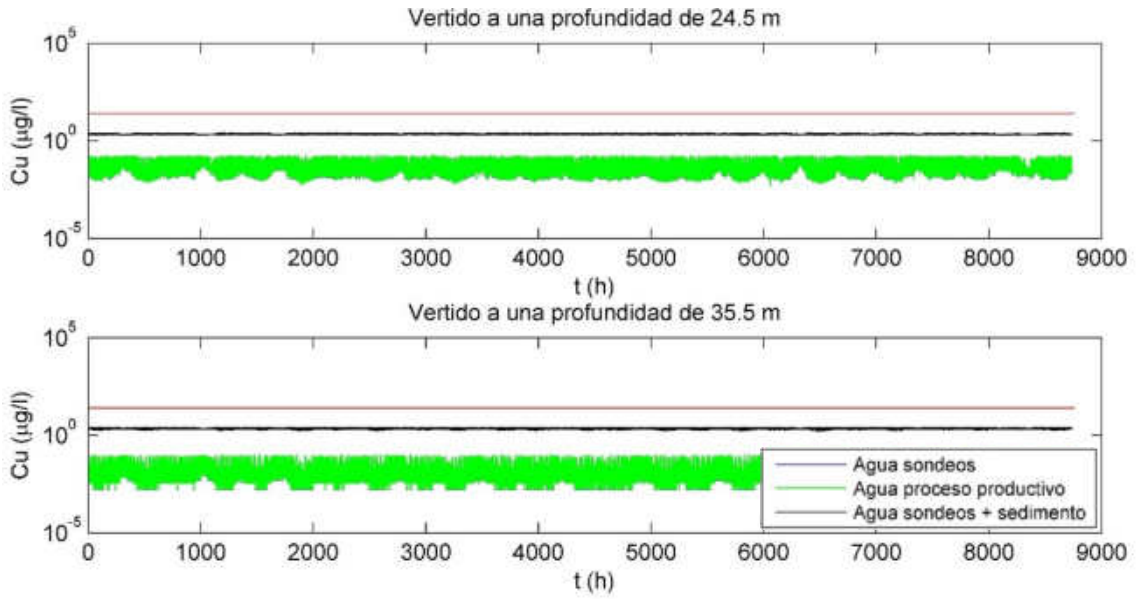


Figura 10. Comparación de la concentración de cobre tras el proceso de dilución en los casos de vertido del y sedimento con el objetivo de calidad para dicha sustancia en el medio (línea roja).

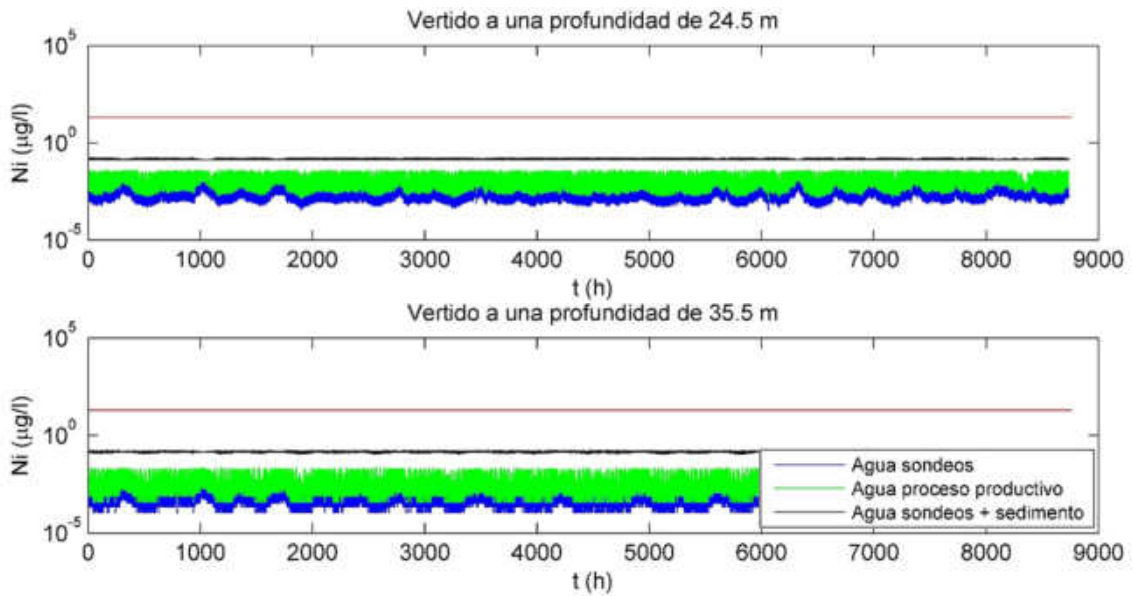


Figura 11. Comparación de la concentración de níquel tras el proceso de dilución en los casos de vertido del y sedimento con el objetivo de calidad para dicha sustancia en el medio (línea roja).

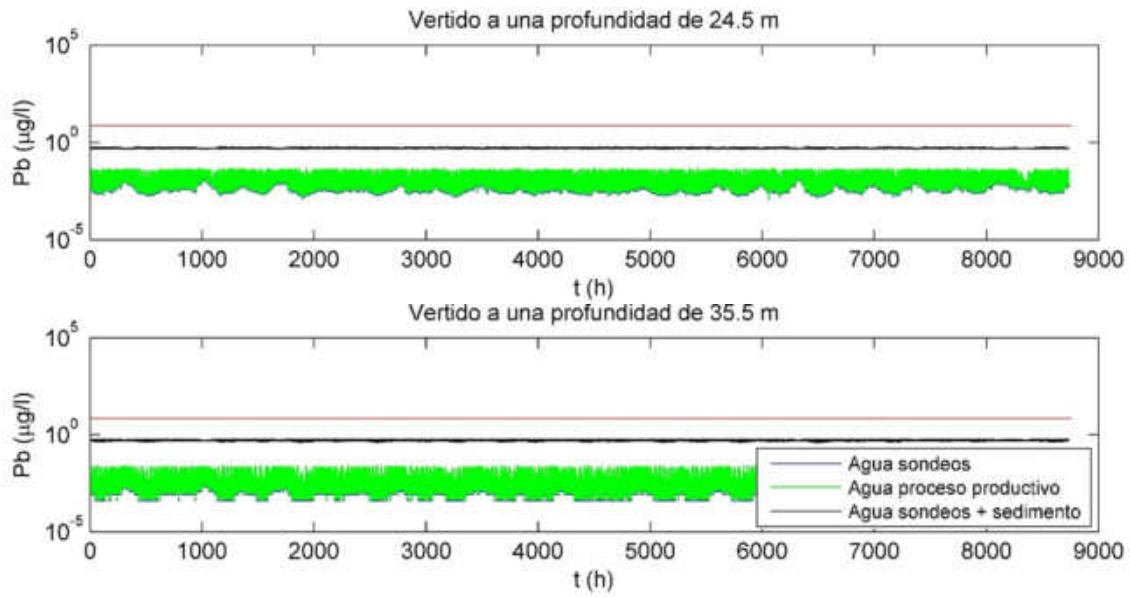


Figura 12. Comparación de la concentración de plomo tras el proceso de dilución en los casos de vertido del y sedimento con el objetivo de calidad para dicha sustancia en el medio (línea roja).

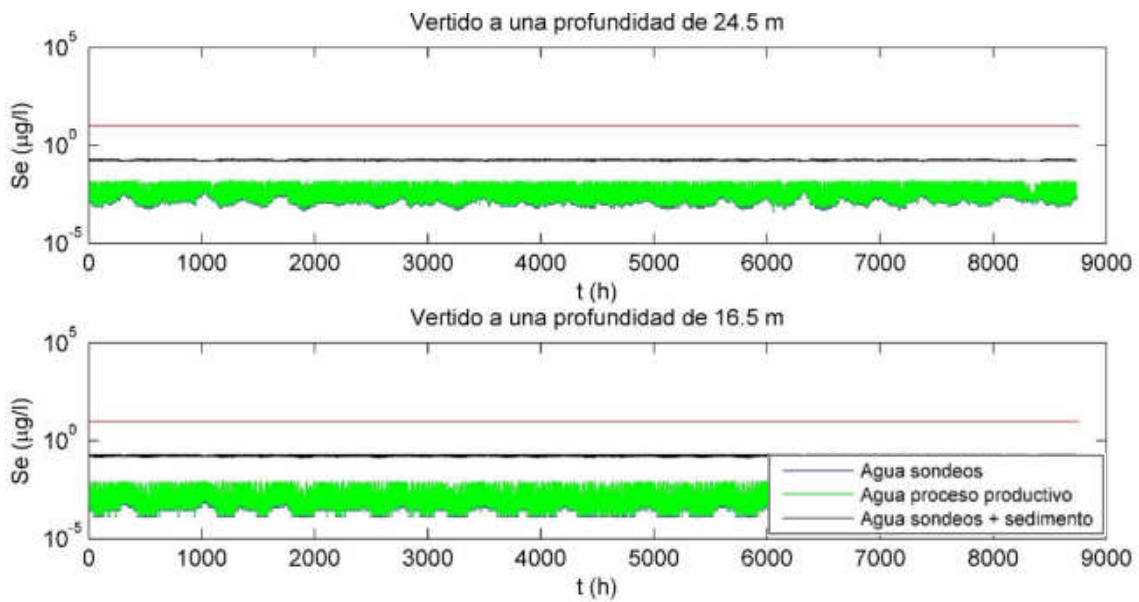


Figura 13. Comparación de la concentración de selenio tras el proceso de dilución en los casos de vertido del y sedimento con el objetivo de calidad para dicha sustancia en el medio (línea roja).

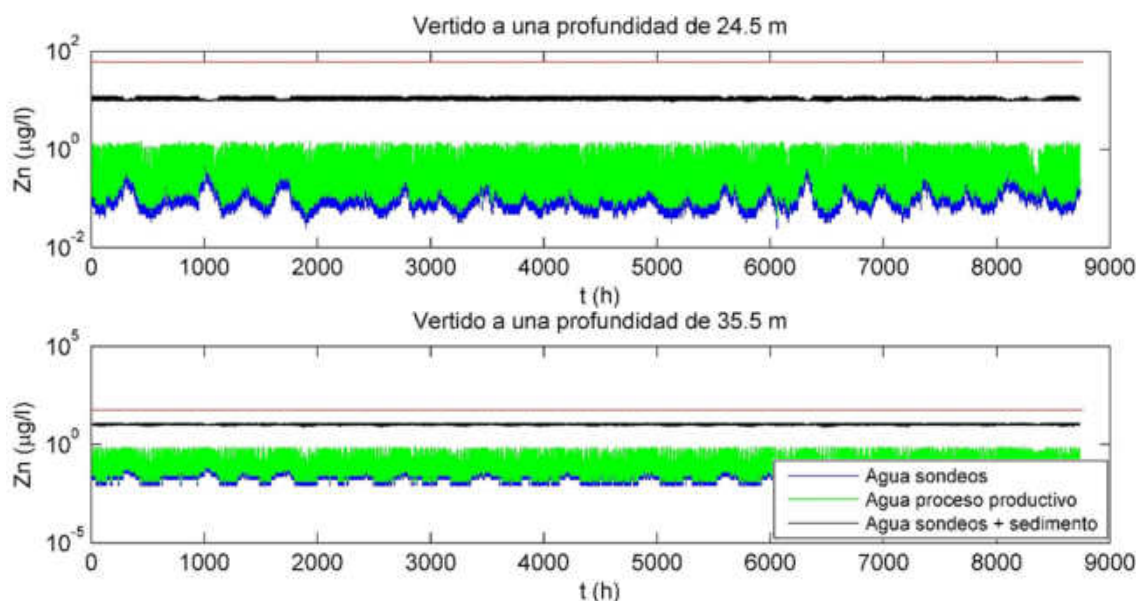


Figura 14. Comparación de la concentración de zinc tras el proceso de dilución en los casos de vertido del y sedimento con el objetivo de calidad para dicha sustancia en el medio (línea roja).

La modelización muestra como las sustancias del efluente de la mina de Salave que presentan criterios límite en agua aplicables de acuerdo con el Real Decreto 817/2015 (arsénico (As), cadmio (Cd), cobre (Cu), níquel (Ni), plomo (Pb), selenio (Se) y zinc (Zn)) cumplen con los límites de las NCA tras este proceso de mezcla física tanto en la alternativa P02 como en la P03.

2.3.2. Efectos del vertido

2.3.2.1. Sedimentación potencial

El vertido de los **lodos de flotación** puede provocar una sedimentación de los materiales constituyentes sobre los fondos marinos. El estudio hidrológico de IH Cantabria (2019) revela el siguiente comportamiento del vertido, teniendo en cuenta que el 99 % de las partículas son menores a 63 micras:

- La concentración de sólidos en suspensión en la columna de agua disminuye rápidamente al alejarse del difusor, siendo despreciable la concentración que alcanza la costa.
- La sedimentación se produce en gran parte en las cercanías del difusor.
- La masa de sólidos sedimentada respecto a la total descargada durante un año representa:

- Un 0,7% de la total en la alternativa P02, traducida en un incremento medio de sedimento en el área de estudio de 0,10 kg/m.
- Un 0,6% de la total en la alternativa P03, traducida en un incremento medio de sedimento en el área de estudio de 0,09 kg/m².
- Dentro del ciclo de vida de la mina (del entorno de 15-20 años), no se producirían acumulaciones significativas de sedimentos.
- El efecto del vertido continuo a lo largo de un año generaría concentraciones máximas de sulfuro en estado sólido en la zona de descarga de 2,75 kg/m².

El vertido del **agua extraída de los pozos de drenaje** (alternativa P01) no implica ninguno de los efectos mencionados anteriormente al no contener concentraciones significativas de sólidos en suspensión.

2.3.2.2. Zona de mezcla ambiental

El vertido del efluente de cualquiera de las tres alternativas implica en menor o mayor medida el aporte de agua con una composición distinta a la del medio receptor, por lo que se ha evaluado a qué distancia desde el punto de vertido se alcanzan las Normas de Calidad Ambiental (NCA) establecidas por el Real Decreto 817/2015, de 11 de septiembre, por el que se establecen los criterios para el seguimiento y la evaluación del estado de las aguas superficiales y las normas de calidad ambiental. De acuerdo con el Real Decreto 817/2015, las zonas de mezcla adyacentes a los puntos de vertido son zonas dentro de las cuales las concentraciones de uno o más contaminantes podrán superar las NCA, siempre que el resto de la masa de agua siga cumpliendo dichas normas. Dichas zonas se denominan Zonas de Mezcla Ambiental (ZMA).

El alcance de las ZMA varía en función de la densidad del vertido, la profundidad, el gradiente de concentración de los distintos minerales disueltos y otros factores hidrodinámicos. Para las tres alternativas de proyecto de emisario submarino, los radios de las ZMA calculadas en el Estudio Hidrológico del IH Cantabria (2019) son los siguientes:

- ALTERNATIVA P01, flotabilidad positiva (sin carga de sedimento): 12 m
- ALTERNATIVA P02, flotabilidad negativa (alto contenido de sedimento): 3,3m
- ALTERNATIVA P03, flotabilidad negativa (alto contenido de sedimento): 3,3m

3. INVENTARIO AMBIENTAL

3.1. CLIMA MARINO

El campo de la hidrodinámica o clima marino es clave para el conocimiento del estado actual y futuro del fondo marino y de la dispersión y deposición de los materiales vertidos por el emisario submarino. Para el estudio de la hidrodinámica, es necesario comprender la dinámica de las mareas, vientos, corrientes y oleaje.

La descripción de los tres últimos parámetros se ha realizado a partir del estudio realizado por IH Cantabria en 2019 “Análisis ambiental y estudios de detalle complementarios para un emisario submarino en Tapia de Casariego”.

3.1.1. Mareas

Existen factores que influyen en las mareas, como la geografía de la costa, la profundidad del mar, las corrientes marinas, la presión atmosférica, etc., que perturban la periodicidad, amplitud e intensidad de las mismas. De acuerdo con el Anuario de Mareas de 2019 emitido por la Dirección General de Pesca, en la costa de Asturias la máxima carrera de marea es de 4,39m, valor típico en el mar Cantábrico.

ORTO	PLEAMARES						BAJAMARES						OCASO
	MAÑANA		DIAS		TARDE		MAÑANA		DIAS		TARDE		
	Horas H.	Altura m.	Del mes	De la sem.	Horas H.	Altura m.	Horas H.	Altura m.	Del mes	De la sem.	Horas H.	Altura m.	
5:12	3:17	4,14	1	J	15:35	4,39	8:16	0,63	1	J	21:50	0,41	19:46
5:13	4:05	4,26	2	V	16:22	4,50	10:02	0,49	2	V	22:37	0,29	19:45
5:14	4:52	4,26	3	S	17:10	4,51	10:48	0,43	3	S	23:24	0,29	19:43
5:15	5:39	4,21	4	D	17:59	4,41	11:35	0,47	4	D	—	—	19:42
5:18	6:27	4,06	5	L	18:48	4,22	0:12	0,42	5	L	12:24	0,63	19:41
5:17	7:14	3,86	6	M	19:41	3,86	1:01	0,65	6	M	13:15	0,85	19:40
5:18	8:12	3,63	7	X	20:40	3,67	1:53	0,83	7	X	14:12	1,10	19:38
5:19	9:16	3,44	8	J	21:48	3,42	2:52	1,21	8	J	15:18	1,32	19:37
5:20	10:29	3,34	9	V	23:07	3,29	3:59	1,41	9	V	16:33	1,45	19:36
5:22	11:44	3,37	10	S	—	—	5:14	1,49	10	S	17:51	1,44	19:34
5:23	0:22	3,31	11	D	12:49	3,50	6:24	1,45	11	D	18:57	1,33	19:33
5:24	1:22	3,41	12	L	13:41	3,55	7:21	1,33	12	L	19:50	1,18	19:31
5:25	2:10	3,53	13	M	14:23	3,78	8:07	1,18	13	M	20:34	1,02	19:30
5:26	2:49	3,64	14	X	15:01	3,91	8:46	1,04	14	X	21:11	0,90	19:28
5:27	3:24	3,72	15	J	15:35	3,99	9:22	0,84	15	J	21:45	0,83	19:27
5:28	3:56	3,79	16	V	16:08	4,04	9:55	0,89	16	V	22:18	0,81	19:25
5:29	4:26	3,82	17	S	16:39	4,04	10:26	0,89	17	S	22:49	0,83	19:24
5:30	4:56	3,81	18	D	17:10	4,00	10:58	0,93	18	D	23:19	0,89	19:22
5:32	5:26	3,76	19	L	17:42	3,91	11:29	1,00	19	L	23:51	0,98	19:21
5:33	5:58	3,67	20	M	18:15	3,78	—	—	20	M	12:02	1,10	19:19
5:34	6:31	3,55	21	X	18:52	3,62	0:24	1,09	21	X	12:38	1,23	19:17
5:35	7:11	3,41	22	J	19:36	3,44	1:01	1,24	22	J	13:21	1,38	19:16
5:36	8:00	3,28	23	V	20:32	3,27	1:46	1,39	23	V	14:15	1,52	19:14
5:37	9:07	3,16	24	S	21:46	3,17	2:43	1,54	24	S	15:25	1,62	19:13
5:38	10:30	3,19	25	D	23:10	3,21	3:57	1,61	25	D	16:47	1,59	19:11
5:39	11:47	3,36	26	L	—	—	5:17	1,54	26	L	18:04	1,40	19:09
5:41	0:24	3,40	27	M	12:51	3,84	6:27	1,34	27	M	19:08	1,12	19:08
5:42	1:23	3,69	28	X	13:44	3,97	7:24	1,07	28	X	19:59	0,79	19:06
5:43	2:15	3,99	29	J	14:33	4,29	8:13	0,78	29	J	20:47	0,48	19:04
5:44	3:02	4,24	30	V	15:19	4,53	9:00	0,51	30	V	21:33	0,24	19:02
5:45	3:48	4,39	31	S	16:05	4,67	9:45	0,31	31	S	22:18	0,13	19:01

Figura 15. Coeficiente de mareas Asturias, 2019 (Anuario de mareas emitido por la DG de Pesca).

3.1.2. Viento

Para la descripción de los vientos predominantes en la zona se recurre a la simulación de la dinámica atmosférica, utilizándose el sistema IHData desarrollado por IHCantabria que engloba un conjunto de bases de datos relativas a la reconstrucción de las condiciones atmosféricas. Dentro del alcance de este estudio se ha utilizado la base de datos de reanálisis 'Climate Forecast System Reanalysis' (CFSR) que es una iniciativa conjunta del 'National Centers for Environmental Prediction' (NCEP) y 'National Center for Atmospheric Research' (NCAR).

En la Figura 16 se muestra la rosa de vientos en la zona de estudio correspondiente al año 2011, elegido como año medio para realizar la simulación, obtenida de la base de datos IHData.

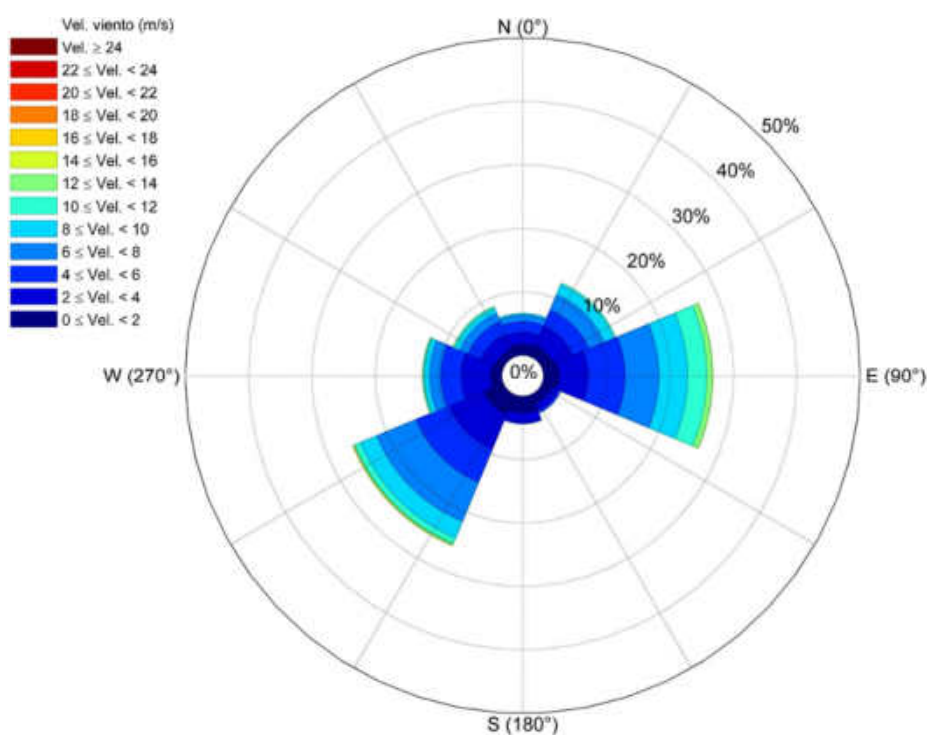


Figura 16. Rosa de vientos en la zona de estudio en el año 2011. Fuente: base de datos IHData.

Como puede observarse en la Figura 16, la mayoría del tiempo se registra vientos procedentes del Este y Sudoeste con intensidades comprendidas entre los 6 y 8 m/s.

3.1.3. Corrientes

Los datos oceanográficos se han obtenido del servicio europeo Copernicus Marine Environment Monitoring Service (CMEMS, <http://maine.copernicus.eu/>). Para el desarrollo de este trabajo se han empleado datos horarios de **superficie libre y velocidad de la corriente**, y datos diarios de

temperatura y salinidad procedentes de la base de datos histórica que posee CMEMS en la zona IBI (Iberian-Biscay-Ireland) en el periodo 2003-2014.

Los resultados de la modelización en la malla de detalle con el modelo Delft3D, han presentado en la zona de vertido del emisario, unos valores de velocidad máximos de 0,42 y 0,17 m/s en superficie y fondo, respectivamente.

En dicha zona, se ha registrado una velocidad media durante el periodo de simulación de 0,1 y 0,03 m/s en superficie y fondo, respectivamente.

En la Figura 17 y la Figura 18 se muestra, a modo de ejemplo, el campo de velocidades promediadas en profundidad, para dos instantes de tiempo diferentes.

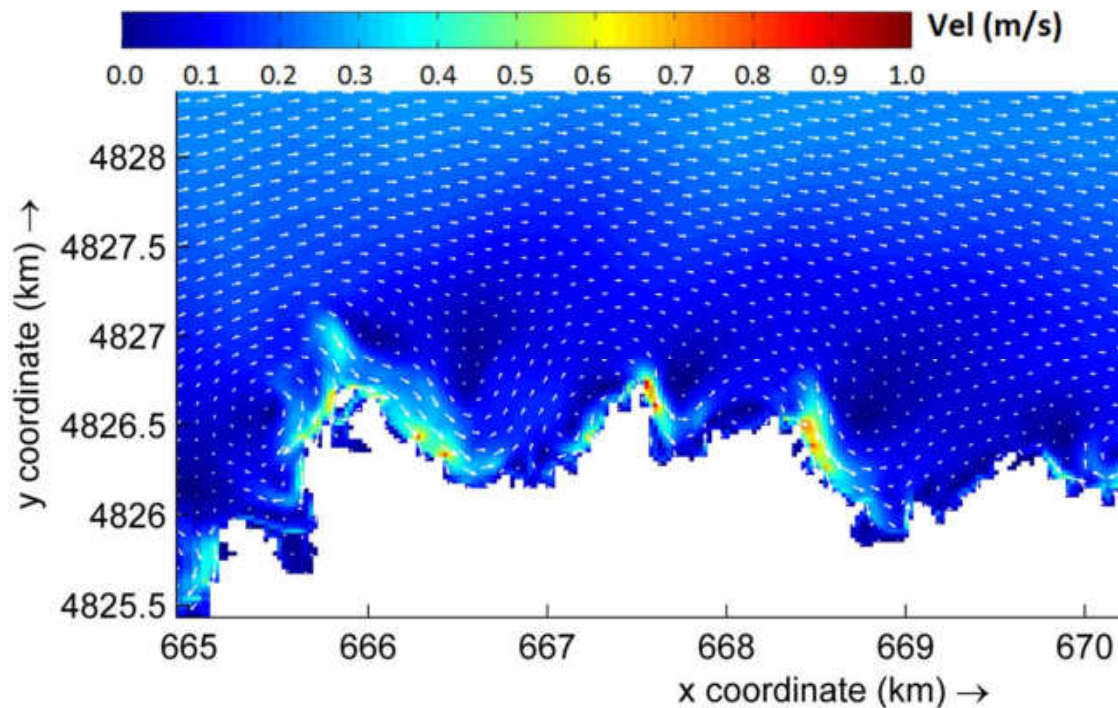


Figura 17. Ejemplo del campo de corrientes promediadas en profundidad en la zona de estudio, en un instante del periodo de simulación (marea llenante).

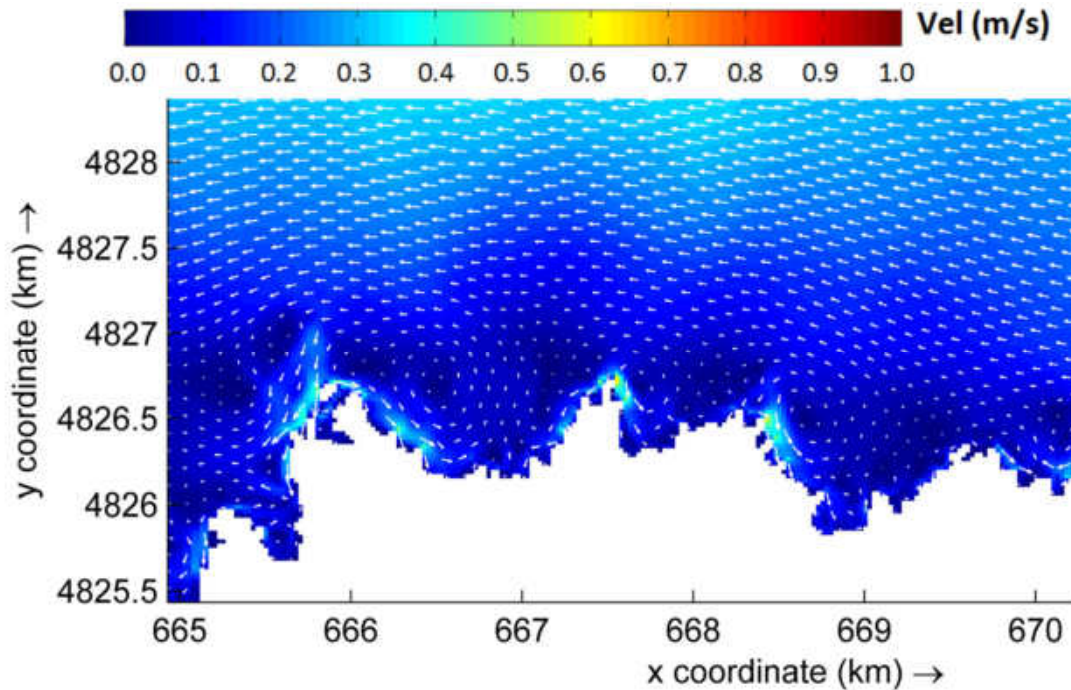


Figura 18. Ejemplo del campo de corrientes promediadas en profundidad en la zona de estudio, en un instante del periodo de simulación (marea vaciante).

3.1.4 Oleaje

Para caracterizar el oleaje en las proximidades del litoral español se dispone de la base de datos de reanálisis DOW (Downscaled Ocean Waves, Camus et al., 2011). La serie temporal de los estados de mar propagados pueden ser reconstruidas en cada punto de la malla entre las fechas 01/02/1948–31/07/2014.

En la Figura 19 se muestran las mallas empleadas en la generación de la base de datos DOW en la zona cantábrica cercana a Tapia de Casariego.

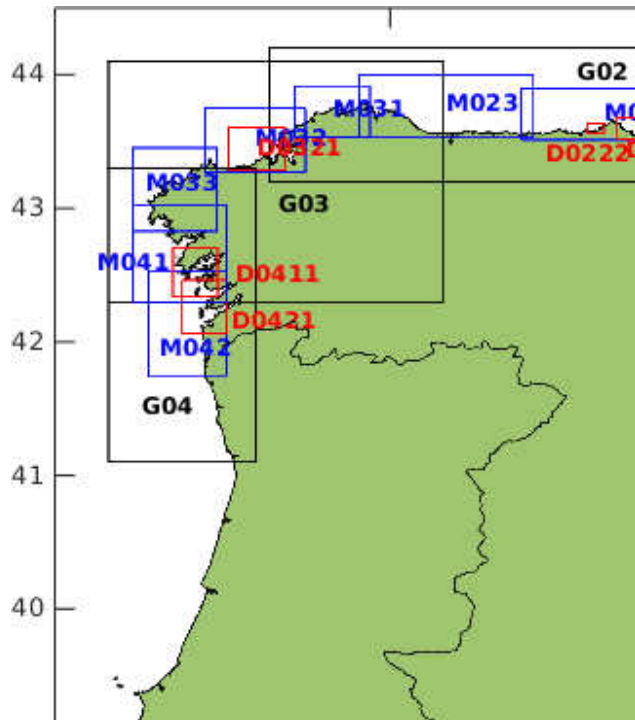


Figura 19. Mallas de propagación de oleaje del sistema DOW en la zona cantábrica cercana a Tapia de Casariego.

En la Figura 20 se muestran las series temporales de altura de ola significativa (H_s), periodo de pico (T_p) y dirección media del oleaje (Dir) en la zona de ubicación propuesta para la traza del emisario submarino obtenidas de la propagación de oleaje con el modelo SWAN en la zona de estudio. La altura de ola significativa en el punto de vertido del emisario durante el año 2011 se encuentra comprendida en un rango entre 0,1 y 5,22 m. En el caso del periodo de pico, este se encuentra comprendido en un rango entre 2,54 y 17,58 s. A su vez, en este gráfico puede apreciarse que las direcciones predominantes del oleaje en este punto durante la totalidad del periodo estudiado son Nornoroeste y Noreste.

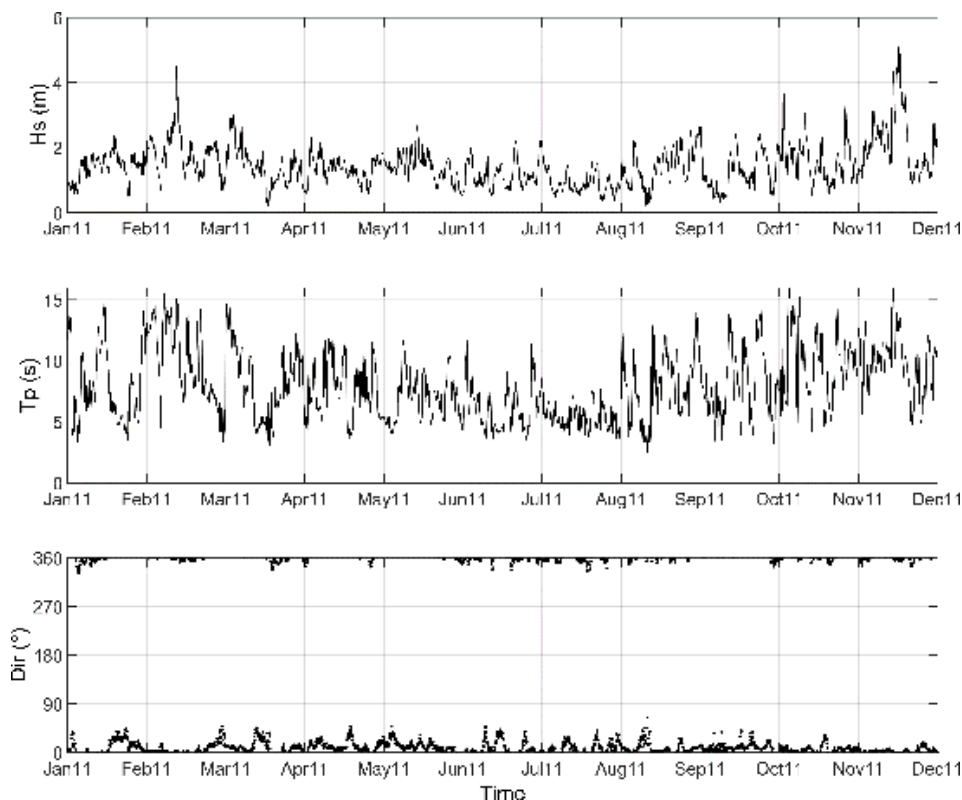


Figura 20. Series temporales de altura de ola significativa (Hs), periodo de pico (Tp) y dirección media del oleaje (Dir) en la zona de ubicación del difusor del emisario durante el año 2011.

En la Figura 21 se muestran las funciones de distribución acumuladas en la zona de ubicación del difusor del emisario submarino para la altura de ola significativa y el periodo de pico, respectivamente. De estos gráficos puede extraerse que el 50% del tiempo en la zona de vertido se encuentra una altura ola significativa menor o igual a 1,36 m y que el 95% del mismo no supera los 2,58 m. En cuanto al periodo de pico, este no supera los 7,54 y 13,25 s el 50 y el 95% del tiempo en el periodo analizado.

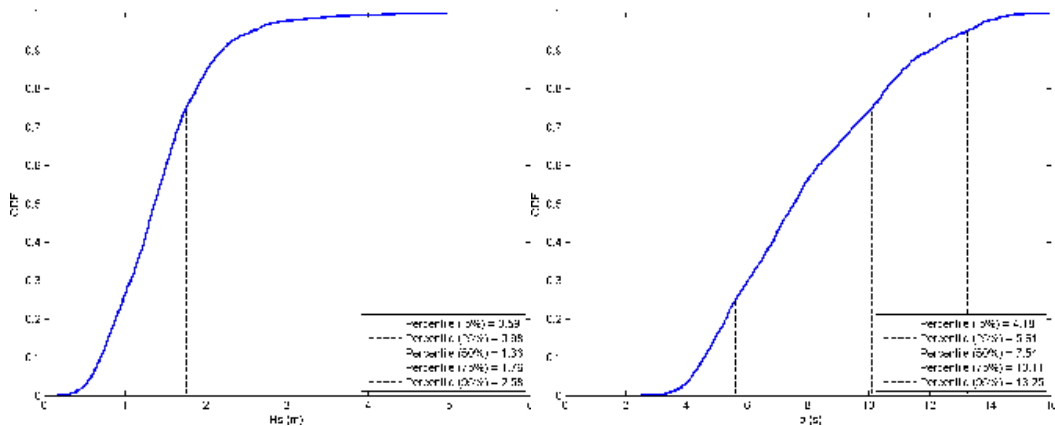


Figura 21. Función de distribución acumulada de altura de ola significativa (Hs) (derecha) y periodo de pico (izquierda) en la zona de ubicación del difusor del emisario en el año 2011.

3.2. ESTUDIO BATIMÉTRICO Y GEOMORFOLÓGICO

Los estudios batimétricos tienen como fin principal determinar con exactitud las características del relieve y morfológicas de la zona de estudio. Tecnoambiente ha realizado en agosto de 2020 una batimetría multihaz con el fin de determinar la batimetría del entorno del trazado previsto para el emisario submarino.

A partir de los resultados del levantamiento se ha realizado un modelo digital del terreno (en adelante, MDT) para una mejor visualización del estado del fondo. A continuación, se muestra una serie de imágenes apoyadas en el Google Earth donde se observa el fondo actual con referencia del Cerro del Puerto de Avilés.

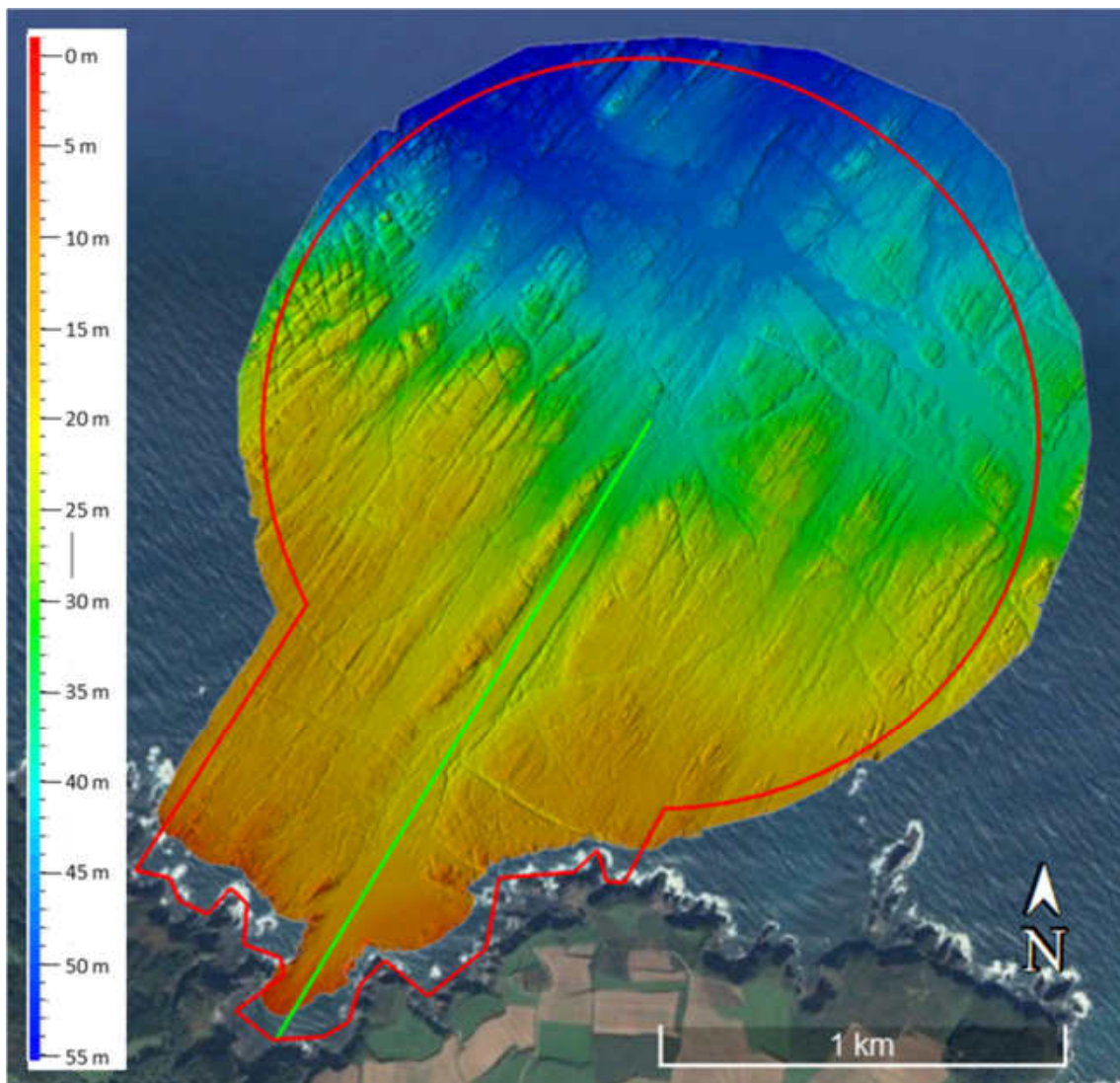


Figura 22. Mapa batimétrico del área de estudio.

El área de estudio se desarrolla en profundidades comprendidas entre la cota 0 y la -55 m. La pendiente del lecho marino es relativamente constante en toda la zona estudiada, oscilando entre 0° y 8° de inclinación. Sin embargo, las hendiduras longitudinales que se aprecian en el mapa presentan pendientes mucho más pronunciadas que alcanzan los 78° en las vertientes más abruptas.

Dichas marcas que otorgan el fondo de una apariencia fragmentada corresponden a fracturas rectilíneas generalmente asociadas al sustrato rocoso. Los resultados muestran que prácticamente la totalidad de la zona estudiada está compuesta por un lecho rocoso, encontrándose únicamente sedimento en un banco de arena costero a los 10 m de profundidad y a unos 500 metros mar adentro de la parte final del emisario, a lo largo de un paleocanal transversal al trazado del emisario.

Tal como se aprecia en la figura siguiente, la profundidad máxima del emisario es de -35,5 m.

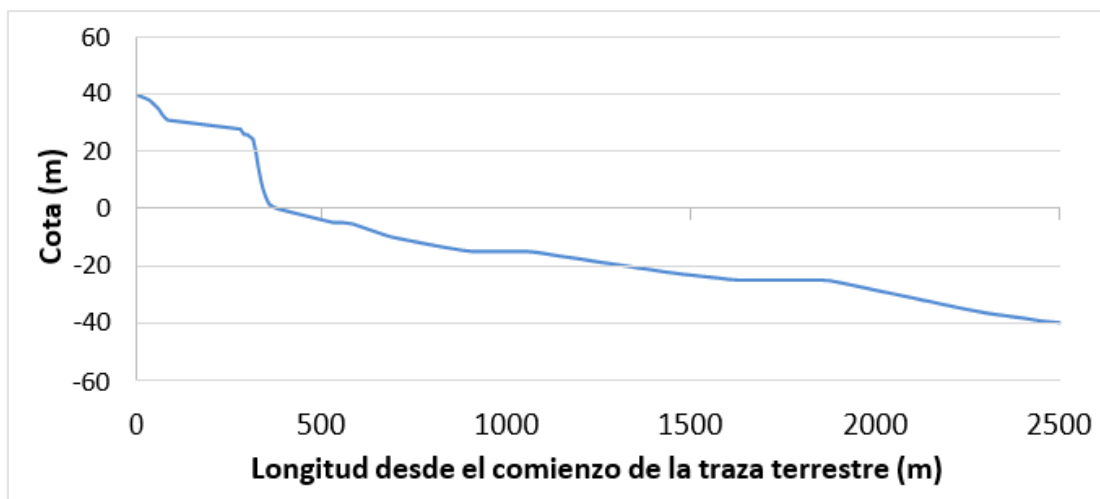


Figura 23. Perfil de la traza total del emisario (tramo terrestre y submarino)

3.3. CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE LOS FONDOS MARINOS

Las muestras de sedimento se recogieron en puntos situados longitudinalmente a lo largo del citado paleocanal, equidistantes entre sí. En total se muestreó sedimento en tres (3) puntos, que se muestran representados en la siguiente figura:

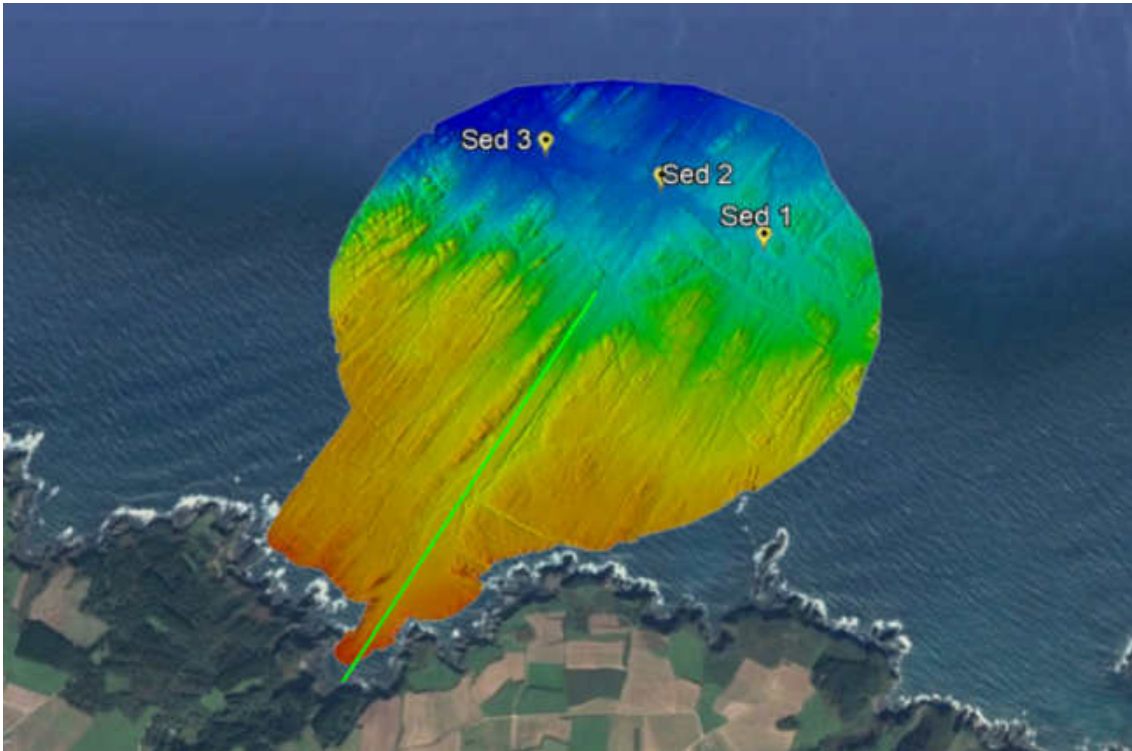


Figura 24. Ubicación puntos de muestreo campaña control de la calidad del sedimento.

El control de calidad de los sedimentos se ha llevado a cabo el día 13 de agosto de 2020, coincidente con el control de la calidad de la columna de agua, tras haber comprobado que las condiciones del mar eran aptas para el desarrollo de los trabajos. El estudio completo se puede consultar en el informe “Estudio de la calidad Sedimentológica e Hidrológica de la Columna de Agua” (Tecnoambiente, 2020).

El muestreo se ha llevado a cabo desde embarcación, mediante draga tipo Van Veen con una abertura de 20x20 cm, capaz de penetrar 15 cm en sustratos limosos arcillosos y entre 5 y 10 cm en los arenosos.

3.3.1. Caracterización granulométrica

En la siguiente tabla se presentan las características granulométricas del conjunto de muestras recogidas. El sumatorio del porcentaje de las distintas fracciones puede no ser exactamente del 100% debido a que el límite de cuantificación validado y acreditado por ENAC (ISO 17025) para cada tamiz es del 0,5%. En caso de no detectarse partículas, por limitación del método, se adscribe a dicha fracción un valor <0,5%.

Tabla 8. Resultados granulométricos de las 3 muestras de sedimento.

Tamiz	Un.	SED1	SED2	SED3
Granulometría tamiz 2,00 mm	%	5,2	75,0	32,3
Granulometría tamiz 1,00 mm	%	14,2	22,0	49,7
Granulometría tamiz 0,50 mm	%	47,7	1,9	14,3
Granulometría tamiz 0,25 mm	%	21,8	< 0,5	1,4
Granulometría tamiz 0,12 mm	%	2,4	< 0,5	< 0,5
Granulometría tamiz 0,063 mm	%	5,9	< 0,5	< 0,5
Finos	%	2,7	0,6	1,9
Porcentaje de Gruesos (PG) (> 2 mm)	%	5,20	75,00	32,30
Porcentaje de Arenas (PA) (0,063-2 mm)	%	92,0	24,4	65,8
Porcentaje de Finos (PF) (< 0,063 mm)	%	2,7	0,6	1,9
Granulometría moda		AG	G	AMG
Granulometría D50	mm	0,68	> 2	1,6
CONCENTRACIÓN DE SÓLIDOS		1,7	1,8	1,7

La fracción de arenas y gravas (sedimento grueso) presenta una alta variabilidad entre las tres estaciones. La muestra SED1 tiene una moda de arenas gruesas (AG), con un contenido de gravas del 5 %. La muestra SED2, en cambio, contiene solamente un 24,4 % de arenas y la moda granulométrica es de gravas (G). Finalmente, la muestra SED3 se asemeja más a la SED1 y tiene una moda de arenas muy gruesas (AMG) y contiene un 32,3 % de gravas.

El tamaño medio de partícula es mayor en SED1 (0,68 mm) y decrece en SED3 (1,9 mm) y SED2 (0,6 mm).

Todas las muestras contienen menos de un 3 % de materiales arcillosos. Los valores oscilan entre 0,6 % en la muestra SED2 y 2,7 % en la muestra SED1. El bajo contenido en arcillas es indicador de una menor capacidad del sedimento de adsorción de contaminantes.

3.3.2. Caracterización química

La tabla siguiente muestra los resultados obtenidos en el análisis químico de las muestras de sedimento.

Tabla 9. Resultados de la caracterización química de las 3 muestras de sedimento.

Parámetro	Un.	SED1	SED2	SED3
Metales				
Arsénico	mg/kg	6,83	8,22	5,96
Cadmio	mg/kg	< 0,120	< 0,120	< 0,120
Cobre	mg/kg	< 2,50	< 2,50	< 2,50
Cromo	mg/kg	3,78	2,79	< 2,50
Mercurio	mg/kg	< 0,250	< 0,250	< 0,250
Níquel	mg/kg	< 2,50	< 2,50	< 2,50
Plomo	mg/kg	3,97	7,10	4,6
Zinc	mg/kg	9,9	14,8	8,6
Policlorobifenilos (PCBs)				
PCB (28)	mg/kg	< 0,0015	< 0,0015	< 0,0015
PCB (52)	mg/kg	< 0,0015	< 0,0015	< 0,0015
PCB (101)	mg/kg	< 0,0015	< 0,0015	< 0,0015
PCB (118)	mg/kg	< 0,0015	< 0,0015	< 0,0015
PCB (138)	mg/kg	< 0,0015	< 0,0015	0,00182
PCB (153)	mg/kg	< 0,0015	< 0,0015	< 0,0015
PCB (180)	mg/kg	< 0,0015	< 0,0015	< 0,0015
Σ 7 PCBs	mg/kg	< 0,011	< 0,011	< 0,011
Hidrocarburos Policíclicos Aromáticos (HAP's)				
Naftaleno	mg/kg	< 0,015	< 0,015	< 0,015
Acenaftileno	mg/kg	< 0,015	< 0,015	< 0,015
Acenaftaleno	mg/kg	< 0,015	< 0,015	< 0,015
Fluoreno	mg/kg	< 0,015	< 0,015	< 0,015
Fenantreno	mg/kg	< 0,015	< 0,015	< 0,015
Antraceno	mg/kg	< 0,015	< 0,015	< 0,015
Fluoranteno	mg/kg	< 0,015	< 0,015	< 0,015
Pireno	mg/kg	< 0,015	< 0,015	< 0,015
Benzo (a) antraceno	mg/kg	< 0,015	< 0,015	< 0,015
Criseno	mg/kg	< 0,015	< 0,015	< 0,015
Benzo (b) + (k) fluoranteno	mg/kg	< 0,030	< 0,030	< 0,030
Benzo (a) pireno	mg/kg	< 0,015	< 0,015	< 0,015
Indeno (1,2,3,cd) pireno	mg/kg	< 0,015	< 0,015	< 0,015
Dibenzo (a,h) antraceno	mg/kg	< 0,015	< 0,015	< 0,015
Benzo (g,h,i) perileno	mg/kg	< 0,015	< 0,015	< 0,015
Σ 15 HAPs	mg/kg	< 0,240	< 0,240	< 0,240
COT	%	< 1,50	< 1,50	< 1,50

Como se puede comprobar, los resultados muestran una muy baja carga contaminante, estando la mayor parte de ellos por debajo del Límite de cuantificación del Laboratorio. A modo de guía, se muestran a continuación los valores de referencia de las “Directrices para la caracterización del material dragado y su reubicación en aguas del dominio público marítimo-terrestre” (CEDEX, 2017), donde se confirma que todas las muestras presentan niveles inferiores de contaminación al Nivel de Acción menos contaminante (nivel de acción A):

Tabla 10. Límites de contaminación según las DCMD (CEDEX, 2017).

Tabla 1. NIVELES DE ACCIÓN			
PARÁMETRO	N.A.A (Nivel de Acción A)	N.A.B (Nivel de Acción B)	N.A.C (Nivel de Acción C)
Hg (mg/kg)	0,35	0,71	2,84
Cd (mg/kg)	1,20	2,40	9,60
Pb (mg/kg)	80	218	600
Cu (mg/kg)	70	168	675
Zn (mg/kg)	205	410	1640
Cr (mg/kg)	140	340	1000
Ni (mg/kg)	30	63	234
As (mg/kg)	35	70	280
Σ 7 PCBs (mg/kg) ⁽¹⁾	0,05	0,18	0,54
Σ 9 HAPs (mg/kg) ⁽²⁾	1,88	3,76	18,80
TBT ⁽³⁾ (mg Sn/kg)	0,05-0,10	0,10-0,20	0,20-1,0

(1) Suma de los congéneres IUPAC números 28, 52, 101, 118, 138, 153 y 180.
(2) Suma de los nueve recomendados por OSPAR (Antraceno, Benzo(a)antraceno, Benzo(ghi)perileno, Benzo(a)pireno, Criseno, Fluoranteno, Indeno(1,2,3-cd)pireno, Pireno y Fenantreno)
(3) TBT y sus productos de degradación (DBT y MBT)

3.4. CARACTERIZACIÓN DE LAS MASAS DE AGUA

La caracterización de las masas de agua del ámbito de estudio se ha realizado mediante dos enfoques distintos. Primeramente, se han descrito a nivel regional las principales masas de agua que se encuentran en las cercanías de la ejecución del proyecto. Los datos empleados para ello proceden de dos documentos facilitados por el promotor: el “Análisis ambiental y estudios de detalle complementarios para un emisario submarino en Tapia de Casariego” (IH Cantabria, 2019) y el “Estudio de la calidad Sedimentológica e Hidrológica de la Columna de Agua” (Tecnoambiente, 2020). Ambos informes están basados en la Directiva Marco del Agua (DMA;

Directiva 2000/60/CE) y el Reglamento de Planificación Hidrológica (RPH; Real Decreto 907/2007).

Posteriormente se han estudiado en más detalle las propiedades fisicoquímicas del agua en el área de construcción del emisario submarino, juntamente con la estructura termohalina de la columna de agua, a partir de la campaña de muestreo realizada por Tecnoambiente y que se recogen en el mismo “Estudio de la calidad Sedimentológica e Hidrológica de la Columna de Agua” de 2020.

Ambas evaluaciones del estado de las masas de agua (regionales y en las inmediaciones del emisario) se han llevado a cabo mediante la evaluación de su estado ecológico y químico, a partir de la información contenida en el Plan Hidrológico de la DHC Occidental. Dicha evaluación se lleva a cabo en dos etapas: evaluación del estado ecológico y evaluación del estado químico.

A modo aclaratorio, para determinar el estado ecológico de las masas de agua superficial se emplean elementos de calidad biológicos, hidromorfológicos y fisicoquímicos establecidos en la aplicación de la normativa vigente.

La Directiva Marco del Agua (DMA) establece los siguientes objetivos medioambientales para la clasificación de calidad de las masas de agua, de tipología AC-T14 “Aguas costeras atlánticas del cantábrico oriental expuestas con afloramiento bajo”:

Tabla 11. Umbrales para los indicadores fisicoquímicos. A falta de indicadores establecidos para las masas de agua costeras de tipología AC-T14 en el RD 817/2015, se muestran los indicadores establecidos en la revisión 2015-2021 del PH de la DHC Occidental.

Elemento de Calidad		Indicador	Condición de Referencia		Valores del Limite	
					Muy Bueno-Bueno	Bueno-Moderado
FÍSICO - QUÍMICOS	Nutrientes	NO ₃ (µmol/l)	45-1.1429Sal		CR/0.83	CR/0.67
		NH ₄ (µmol/l)	4.5-0.0771Sal	1.8 ⁽²⁾	CR/0.83	CR/0.67
		PO ₄ (µmol/l)	0.7-0.0086Sal	0.4 ⁽²⁾	CR/0.83	CR/0.67
	Oxigenación	Saturación de O ₂ (%)	88		73	59
	Transparencia	Turbidez (NTU) ⁽¹⁾	4-8		5-10	6-12

(1) CR obtenidas en Asturias (izquierda) y Cantabria (derecha), con base en los valores del P90 registrados en estaciones no alteradas de dichas zonas costeras.

(2) CR para una salinidad media de 35‰. Puede aplicarse en aquellos casos en los que se considere que no existen razones suficientes para tener que corregir la concentración de nutrientes en función de la salinidad.

Tabla 12. Umbrales para los indicadores biológicos masa de agua costera AC-T14

Estado	Fitoplancton. Indicador de biomasa: Clorofila a (tipo AC-T14)	
	CR	Límite entre clases (µg/l)
Muy bueno/Bueno	0,81	3,0
Bueno/Moderado	0,60	6,0

Con referencia a la calidad de las aguas de baño, la Directiva 2006/7/CEE, de 15 de febrero, relativa a la gestión de la calidad de las aguas de baño establece las normas de calidad que deben satisfacer las aguas superficiales para ser aptas para el baño con el fin de proteger la salud pública y el medio ambiente.

Según la directiva, la clasificación de la calidad de las aguas de baño debe efectuarse en base a dos indicadores microbiológicos: *Escherichia Coli* y Enterococos intestinales. Para estos parámetros define unos estándares de calidad que permiten clasificar las aguas de baño como: Aguas de calidad insuficiente, Aguas de calidad suficiente, Aguas de calidad buena y Aguas de calidad excelente.

En la Tabla 13 se recogen los estándares obligatorios de calidad de las aguas de baño, según se indica en el anexo I del citado Real Decreto 1341/2007.

Tabla 13. Estándares obligatorios de calidad de las aguas de baño, según se indica en el anexo I del RD 1341/2007

	Calidad excelente	Calidad buena	Calidad suficiente
<i>E. coli</i> (UFC/100 ml)	250	500	500
Enterococos intestinales (UFC/100ml)	100	200	185

3.4.1. Descripción regional de las masas de agua cercanas

De acuerdo con el Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica del Cantábrico Occidental, las masas de agua que podrían verse afectadas por el vertido producido en Tapia de Casariego, serían las masas de agua “Costa Oeste Asturias” (Código: ES000MAC000020) y “Eo costa” (Código: ES000MAC000021). Ambas masas de agua, de tipología AC-T14 “Aguas costeras atlánticas del cantábrico oriental expuestas con afloramiento bajo”, deberían cumplir los objetivos medioambientales para el estado ecológico y el químico en 2015. Los criterios para el

seguimiento y la evaluación del estado de las aguas superficiales y las Normas de Calidad Ambiental (NCA), se establecen en el *Real Decreto 817/2015, de 11 de septiembre*.

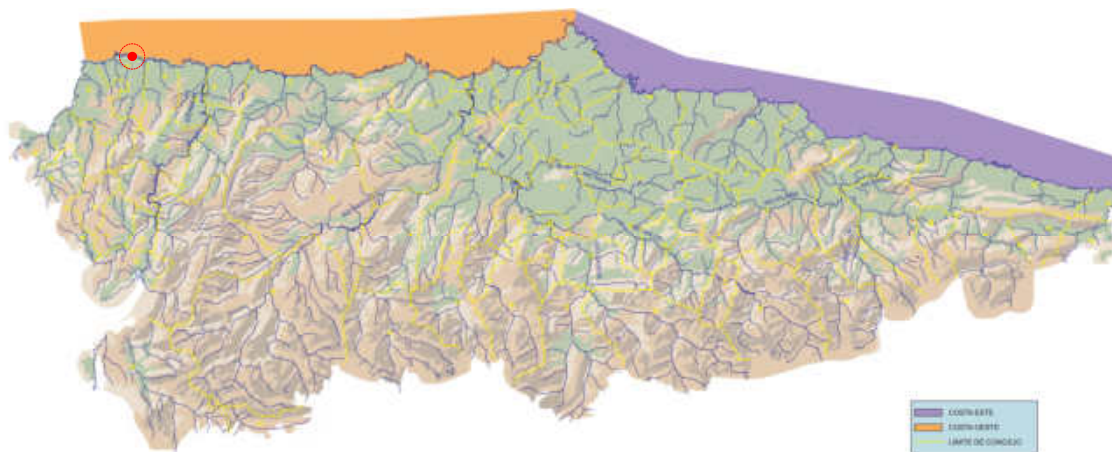


Figura 25. Masas de agua costeras del Principado de Asturias.

Cabe mencionar que no hay masas de agua superficiales muy modificadas en el entorno de afección del vertido.

La evaluación del estado de las masas de agua “Costa Oeste Asturias” y “Eo costa” de acuerdo con los criterios del Plan Hidrológico de la DHC Occidental es la siguiente:

Tabla 14. Evaluación del estado de las masas de agua regionales de acuerdo con el PH DHC Occidental.

ESTADO	Masa de agua	
	Costa Oeste Asturias	Eo costa
Estado ecológico	Muy Bueno	Bueno
Estado químico	Bueno	Bueno
Estado global:		
Estado potencial ecológico	Muy Bueno	Bueno
Estado químico	Bueno	Bueno
ESTADO TOTAL	BUENO	BUENO

3.4.1.1. Aguas de baño

En el entorno próximo al área de estudio se encuentran las siguientes zonas de baño:



Figura 26. Zonas de Baño principales más cercanas a la zona de ejecución del proyecto.

Según los datos publicados en la página web del Sistema de Información Nacional de Aguas de Baño (Náyade) del Ministerio de Sanidad, Consumo y Bienestar Social (<https://nayadeciudadano.msssi.es/>), en la zona de estudio se dispone de datos de seguimiento de 5 zonas de baño. Estas serían las playas de Anguileiro y Serantes, en el municipio de Tapia de Casariego, de Peñarronda y Arnao, en el municipio de Castropol, y de Porcia, en el municipio de El Franco.

En todos los casos, las playas han sido declaradas aptas para el baño según los resultados de las analíticas realizadas durante los últimos 4 años, destacando únicamente un incidente puntual en la playa de Anguileiro en julio de 2018.

3.4.1.2. Presión de vertidos industriales en la DHC Occidental

En la Demarcación del Cantábrico Occidental existen 215 puntos de vertidos industriales, 99 de los cuales aproximadamente se dan en aguas de transición y costeras. La mayoría de los vertidos están regulados por la Directiva 2008/1/CE, conocida como Directiva IPPC, que tiene por objeto la prevención y la reducción integradas de la contaminación procedente de las actividades industriales con una mayor potencialidad contaminante. En ella se establecen medidas para evitar o, cuando ello no sea posible, reducir los aportes de las actividades industriales al agua,

con el fin de alcanzar un nivel elevado de protección del medio ambiente considerado en su conjunto.

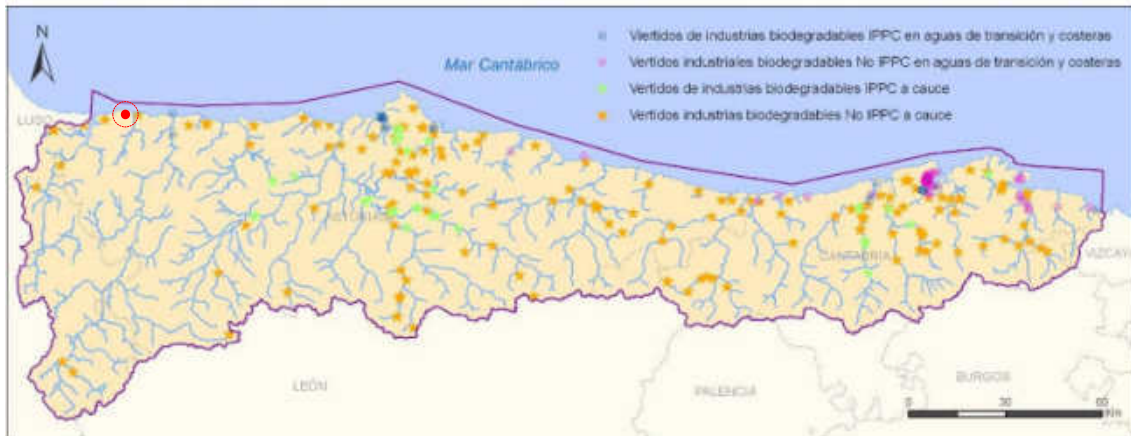


Figura 27. Vertidos industriales biodegradables, atendiendo a si son o no industrias IPPC.



Figura 28. Vertidos industriales no biodegradables, atendiendo a si son o no industrias IPPC

Tal y como se observa en estas figuras, las principales zonas en las que se localizan las empresas afectadas por la Directiva IPPC son las cuencas del Aboño, el Nora, el Nalón medio y el Alvares y el río Besaya. La presencia de actividades IPPC en zonas con influencia en aguas de transición (masas de Avilés, Gijón y Santander) es también relevante.

En la región comprendida entre el Río Eo y el Río Porcía, la densidad de puntos de vertido es mucho más baja, siendo todos ellos directos al cauce de los ríos y de contenido biodegradable.

5.4.2 Campaña de control de la calidad de la columna de agua

Se han seleccionado un total de nueve (9) estaciones de muestreo, repartidas en grupos de tres a lo largo de otros tantos transectos verticales a la costa, coincidentes uno de ellos con el trazado del emisario, y los otros dos a ambos lados de este a una separación de unos 500 metros.

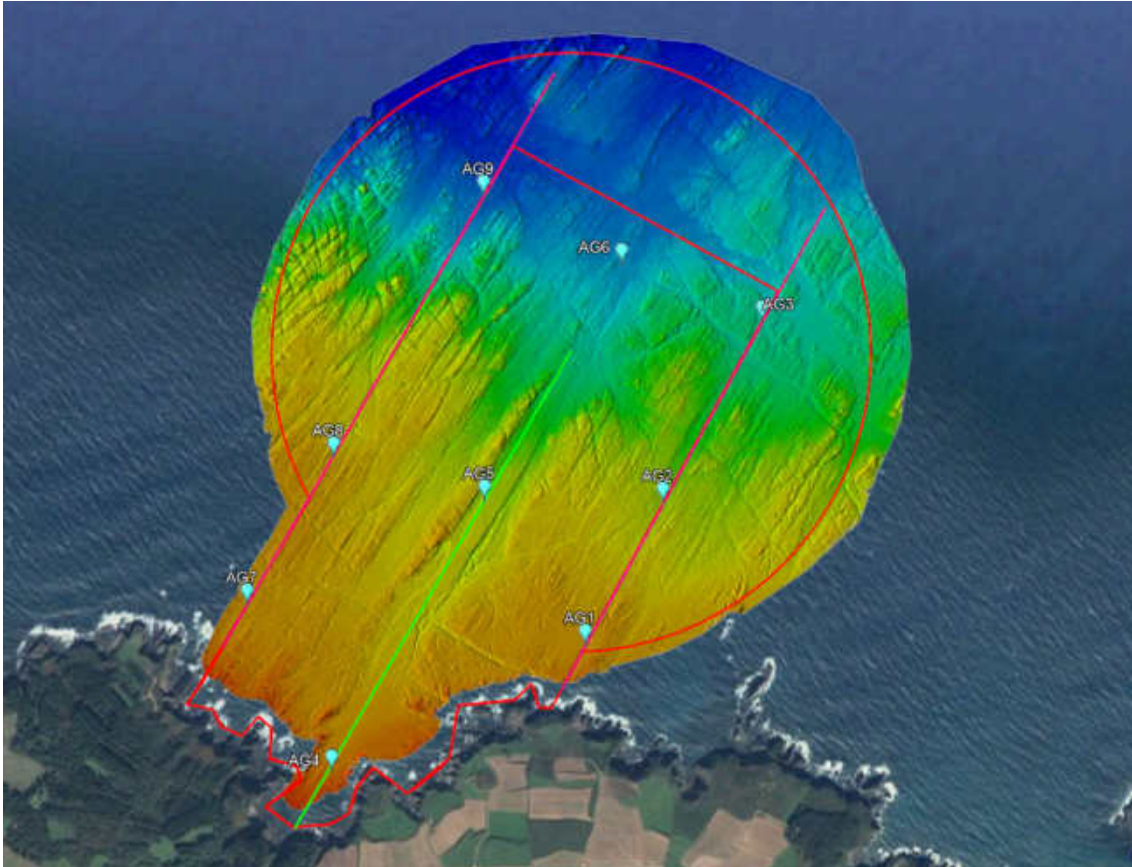


Figura 29. Ubicación puntos de muestreo campaña control de la calidad de la masa de agua costera asociada a la zona de vertido.

En cada estación de muestreo se han tomado tres muestras de agua (en superficie, a media profundidad y en el fondo) para los ensayos de nutrientes mediante una botella hidrográfica tipo Niskin de 2,5 L de capacidad, siendo finalmente integradas en una única muestra representativa del estado de la columna de agua.

Adicionalmente se ha empleado una sonda multiparamétrica HYDROLAB DATASONDE DS5X para realizar un perfilado continuo de la columna de agua en todas las estaciones.

Se han seleccionado los siguientes parámetros indicadores en base a los objetivos de calidad del agua establecidos el Real Decreto 345/1993 y el Real Decreto 817/2015:

Tabla 15. Resultados analíticos de la masa de agua circundante del emisario

Parámetro	AG1	AG2	AG3	AG4	AG5	AG6	AG7	AG8	AG9	Promedio
Calidad biológica (fitoplancton)										
Clorofila a (µg/l)	1,7	2,4	1,4	4,0	2,0	5,0	3,0	2,0	5,5	3,0
Calidad fisicoquímica										
Nitratos (mg/l)	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Nitritos (mg/l)	0,011	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
N total (mg/l)	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00
Fosfatos (mg/l)	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
% Saturación oxígeno	95,24	92,73	89,72	94,62	86,43	89,37	95,65	93,95	78,53	90,69
Turbidez (NTU)	0,88	0,85	0,94	1,09	0,79	0,93	1,04	0,92	0,82	0,92
Salinidad (‰)	35,8	35,81	35,87	35,75	35,74	35,87	35,72	35,87	35,75	35,80
Sustancias prioritarias (anexo IV RD 817/2015)										
Arsénico (µg/l)	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0
Cadmio (µg /l)	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
Cobre (µg /l)	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0
Cromo (µg /l)	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0
Mercurio (µg /l)	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
Níquel (µg /l)	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0
Plomo (µg /l)	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0
Zinc (µg /l)	15,5	8,05	6,95	6,8	< 5,0	< 5,0	11,1	< 5,0	5,9	6,87
Contaminantes microbiológicos										
<i>E. coli</i> (UFC/100 ml)	30	20	20	50	20	30	10	20	30	25,56
Enterococos intestinales (UFC/100 ml)	90	40	50	110	40	80	30	60	90	65,56

La concentración de metales (sustancias prioritarias) está por debajo de los límites de cuantificación, es decir, que las muestras de agua presentan valores inferiores a 1 µg/l (para el cadmio y el mercurio), 3 µg/l (para el cromo) o 5 µg/l (para el cobre, arsénico, níquel, plomo y zinc). Estos valores garantizan una buena calidad del agua en lo referente a la contaminación por metales.

Los resultados muestran concentraciones de nutrientes (nitratos, nitritos, y fosfatos) muy bajas, por debajo de los límites de cuantificación prácticamente en todas las muestras. La turbidez es muy baja, superando apenas 1 NTU. Estos valores indican que no hay eutrofización de las aguas en la zona.

Comparando los resultados obtenidos, tenemos la siguiente evaluación de la masa de agua:

Tabla 16. Evaluación de los indicadores biológicos

Parámetros en agua	Resultado	Estado
Clorofila a ($\mu\text{g/l}$)	3,0	Muy bueno - bueno

Tabla 17. Evaluación de los indicadores fisicoquímicos

Parámetros en agua	Resultado	CR ($S=35,80 \text{ ‰}$)	Valores límite		Estado
			Muy bueno- Bueno	Bueno- Moderado	
Saturación O ₂ (%)	90,7	88	73	59	Muy bueno
Turbidez (NTU)	0,92	4	5	6	Muy bueno
Nitratos ($\mu\text{mol/l}$)	< 4,8	4,08	4,92	6,09	Muy bueno
Fosfatos ($\mu\text{mol/l}$)	< 0,1	0,39	0,47	0,58	Muy bueno

Tabla 18. Evaluación de la calidad de las aguas de baño según la contaminación microbiológica.

Parámetros en agua	Resultado	Calidad
<i>E. coli</i> (UFC/100 ml)	2,56	Excelente
Enterococos intestinales (UFC/100 ml)	65,56	Excelente

En cuanto a la estructura vertical de la columna de agua, a continuación se presentan los resultados de la estación más cercana al punto de vertido (AG6):

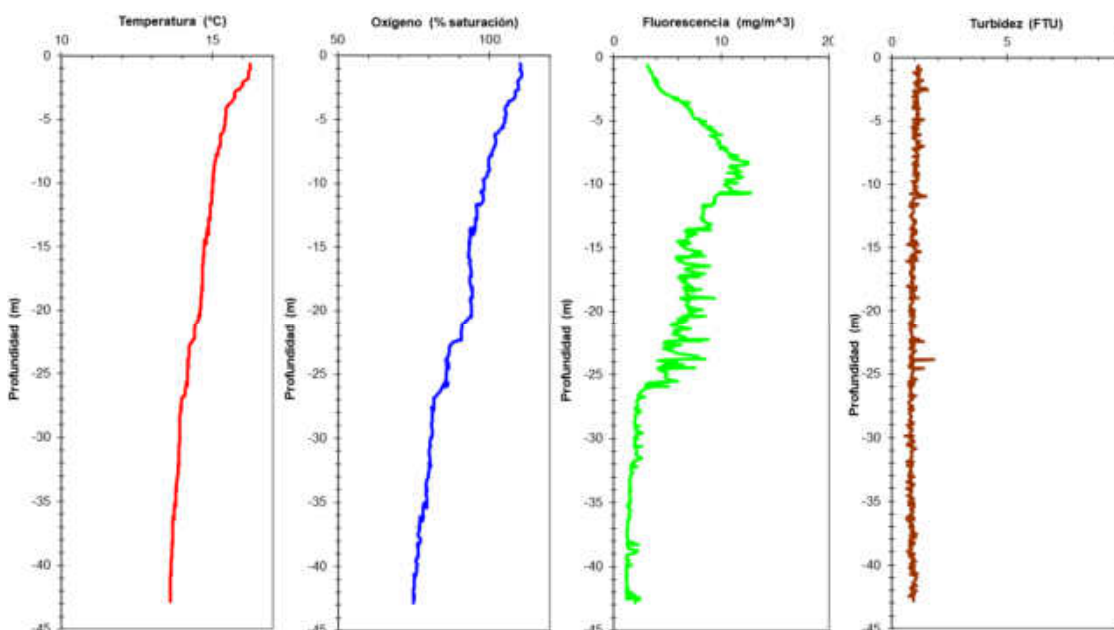


Figura 30. Perfilado de la columna de agua de la estación AG6.

La temperatura desciende de 16,7 °C en superficie hasta 14,5 °C a los 43 m de profundidad. Aunque se observa una leve termoclina a los 3 m, el descenso de la temperatura es muy lineal. La saturación de oxígeno presenta un comportamiento similar. Los primeros 5 m se encuentran sobresaturados de oxígeno, mientras que al fondo la saturación es del 75%. La fluorescencia, parámetro asociado al fitoplancton, alcanza su máximo subsuperficial a 8 m de profundidad, alrededor de 12 mg/m³, y a partir de los 25 m disminuye hasta concentraciones de 2 mg/m³ aproximadamente. Por último, el perfil de turbidez muestra que se trata de aguas muy transparentes, dado que los valores son inferiores a 2 FTU en toda la columna de agua.

Todos los valores son normales para la época del año y su situación.

3.5. CARACTERIZACIÓN DE LAS COMUNIDADES PLANCTÓNICAS

La producción primaria en el mar es determinada por la disponibilidad de luz y nutrientes. En las comunidades de macrófitos, la luz puede llegar a ser un factor limitante del crecimiento, especialmente en aquellas zonas en que la transparencia de la columna de agua es tal que limita significativamente la penetración de la luz. En las áreas marinas no afectadas significativamente por vertidos, la penetración de la luz en el agua depende de la biomasa de fitoplancton. Consecuentemente, si el enriquecimiento antropogénico de nutrientes tiene como efecto directo un aumento de la biomasa de fitoplancton, la transparencia de la columna de agua resultará disminuida de manera proporcional, lo que afectará a las comunidades de macrófitos.

En el marco de la Estrategia Marina, el ecotipo plancton (fitoplancton y zooplancton) se relaciona con aspectos propios de distintos descriptores.

- **Descriptor D2 (Especies no indígenas):** Las especies planctónicas no indígenas pueden actuar como agentes de presión e impacto que inciden, por ejemplo, a través de fenómenos de competencia, en la dinámica de los componentes nativos del plancton.
- **Descriptor D4 (Redes tróficas) y Descriptor D3 (Especies explotadas comercialmente):** tanto el fitoplancton como el zooplancton se encuentran en la base de la red trófica marina y son muy relevantes en aspectos relativos a la productividad, abundancia y distribución de grupos tróficos o especies clave en el mantenimiento de la productividad a niveles tróficos superiores (p.ej. en especies de peces explotadas comercialmente) y a nivel del ecosistema.
- **Descriptor D5 (Eutrofización):** La respuesta del ecotipo fitoplancton a la eutrofización puede diferir dependiendo de las relaciones estequiométricas entre nutrientes ya que los requerimientos de nutrientes varían según el grupo taxonómico. Como respuesta a los niveles de biomasa de fitoplancton incrementados por la eutrofización, es posible observar una propagación de efectos a niveles tróficos superiores. Estos efectos pueden ser positivos, induciendo aumentos en la producción, o negativos, como consecuencia de la modificación de las características físico-químicas del hábitat (p.ej. induciendo episodios de hipoxia-anoxia asociados a la regeneración de la materia orgánica particulada producida por efecto de la eutrofización).

- **Descriptor D7 (Condiciones hidrográficas):** las condiciones físico-químicas del medio determinan el hábitat del plancton.
- **Descriptor D8 y D9 (Contaminantes):** El conjunto de compuestos químicos denominados contaminantes pueden actuar como agentes de presión e impacto sobre la dinámica de este ecotipo. Estas sustancias pueden afectar a distintos procesos fisiológicos de los organismos con consecuencias letales o subletales. Hay que tener en cuenta que la bibliografía sobre efectos de contaminantes sobre el plancton es escasa, sobre todo considerando la alta diversidad de organismos que lo componen y cuya respuesta a un contaminante puede diferir notablemente.

OCEANSNELL ha realizado un seguimiento de la comunidad de plancton de la zona de estudio con el objetivo de caracterizar las comunidades de fitoplancton y zooplancton locales y detectar especies tóxicas o especialmente sensibles que pudieran ser afectadas por el funcionamiento del emisario. Se ha planteado en estudio en tres (3) campañas de muestreo en época estival y otoñal. En concreto se han llevado a cabo en los meses de agosto, octubre y noviembre de 2020.

3.5.1. Fitoplancton marino

Los datos han sido obtenidos del “Estudio de fitoplancton marino” realizado por OCEANSNELL.

Atendiendo a los resultados mostrados, se puede afirmar que la abundancia y composición de grupos taxonómicos es relativamente homogénea en las 3 campañas de muestreo realizadas. Los resultados de las identificaciones y recuentos muestran la presencia de un máximo 120 taxones distintos en la zona de estudio, alcanzados en el periodo estival. La mayoría de las especies presentes pertenecen al grupo de los dinoflagelados, seguido del grupo de las diatomeas. No obstante, es el grupo de los nanoflagelados el que presenta la mayor abundancia celular seguido de las diatomeas en todas las muestras analizadas.

En general la abundancia total oscila entre valores normales las distintas épocas del año, no habiendo alcanzado en ningún punto de muestreo una concentración celular lo suficientemente elevada como para producir una proliferación algal nociva o “marea roja”. Al predominar los nanoflagelados, la biomasa fitoplanctónica es baja debido a su reducido tamaño. En general, la mayoría de muestras superficiales presentan una concentración celular ligeramente superior a

las muestras de fondo, probablemente debido a la estratificación de la masa de agua. En el muestreo de noviembre algunas estaciones dejan de cumplir con este patrón.

A lo largo de todas las campañas, se han identificado especies potencialmente causantes de decoloraciones de las masas de agua y/o productoras de mucílago, así como especies productoras de biotoxinas. En cualquier caso, la concentración de éstas está dentro de los parámetros normales de referencia, por lo que el riesgo sobre el medioambiente marino y/o la salud humana es mínimo

3.5.2. Zooplancton marino

Las larvas de copépodos (nauplius de copépodos y copepoditos) seguidas por los copépodos adultos (subclase Copepoda) dominan la composición de la comunidad zooplanctónica. No obstante, en las campañas de agosto y octubre el porcentaje relativo de abundancia en cada una de las muestras de las larvas de copépodos, supera ampliamente el porcentaje relativo de abundancia de los copépodos adultos.

Según los resultados de abundancia obtenidos, es necesario destacar que la subclase Copepoda está dominada por pequeños copépodos planctónicos (< 1mm longitud), siendo *Microsetella*, *Oithona*, *Oncaea* y *Paracalanus* los géneros más influyentes. superan ampliamente la abundancia de los más grandes.

Por otro lado, al tratarse de una zona catalogada como banco marisquero, sería interesantes destacar los bajos porcentajes relativos de abundancia de las larvas de cirrípedos que, excepto en algunas estaciones, son inferiores al porcentaje relativo de abundancia del registrado en verano, en la región sur del golfo de Vizcaya por Poule *et al.* (1996). Este hecho podría deberse a los afloramientos de aguas profundas que tienen lugar en la plataforma cantábrica central, aguas ricas en nutrientes que potencian la productividad primaria en la zona.

También se ha detectado la presencia de organismos eurihalinos como el cladocero *Penilia avirostris* y el misidáceo *Siriella armata*.

La abundancia ha oscilado entre el valor más bajo de 97 ind/m³ obtenido en la campaña de octubre y los 18.353 ind/m³ obtenidos en agosto estaciones 085-1020 y 087-1020, respectivamente. El número total de individuos/m³, no muestra un gradiente negativo costa-océano motivado por la disminución del aporte de nutrientes. Los filamentos, formados por aguas surgentes, de agua fría superficial rica en nutrientes, se desplazan hacia el océano abierto.

Además, estos filamentos dispersan los organismos que no pueden evitar esta advección. La diversidad presenta un gradiente negativo costa-océano y está directamente influenciada por la equitatividad.

Las estaciones de muestreo cercanas a costa presentan comparativamente la menor riqueza respecto a las oceánicas, oscilando los valores de equitatividad y diversidad entre 0,81 y 3,08 bits/ind, respectivamente.

Los análisis comparativos al aproximadamente 50 %, denotaron en todas las campañas 2 grupos, uno constituido por las estaciones de muestreo costeras, con bajos valores de abundancia y el otro por las oceánicas, con altos valores de abundancia. Según los resultados obtenidos al realizar la rutina SIMPROF (Similarity profiles), estos grupos detectados no presentan grandes diferencias estadísticamente significativas, por lo que se puede considerar que en el conjunto de las campañas la comunidad zooplanctónica es muy similar en toda la zona de estudio.

3.6. CARACTERIZACIÓN DE LAS COMUNIDADES BENTÓNICAS

En el documento “Caracterización Bionómica. Estudio del medio marino asociado al estudio de impacto ambiental de la explotación submarina del yacimiento de Salave” (Tecnoambiente, 2020) aportado en el EIA, se describen las comunidades bentónicas que habitan los fondos de las inmediaciones del área de actuación a partir de las filmaciones de una serie de inmersiones puntuales y transectos. A continuación, se muestra su ubicación.

De las observaciones llevadas a cabo *in situ* y los resultados de los estudios **batimétricos**, se han llegado a reconocer las siguientes biocenosis del piso infralitoral.

Comunidades de sustrato rocoso:

- Comunidad de algas fotófilas en ambiente batido (AFB)
- Comunidad de algas fotófilas en ambiente calmo (AFC)
- Comunidad de bosques de laminarias (BL)
- Comunidad de algas esciáfilas (AE)
- Comunidad de las cuevas y túneles submarinos (CTS)
- Comunidad de la roca circalitoral (RC)

Comunidades se sustrato sedimentario:

- Comunidad de arenas infralitorales (AI)
- Comunidad de los fondos detríticos costeros (FDC)
- Comunidad de las arenas fangosas circalitorales (AFCI)

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

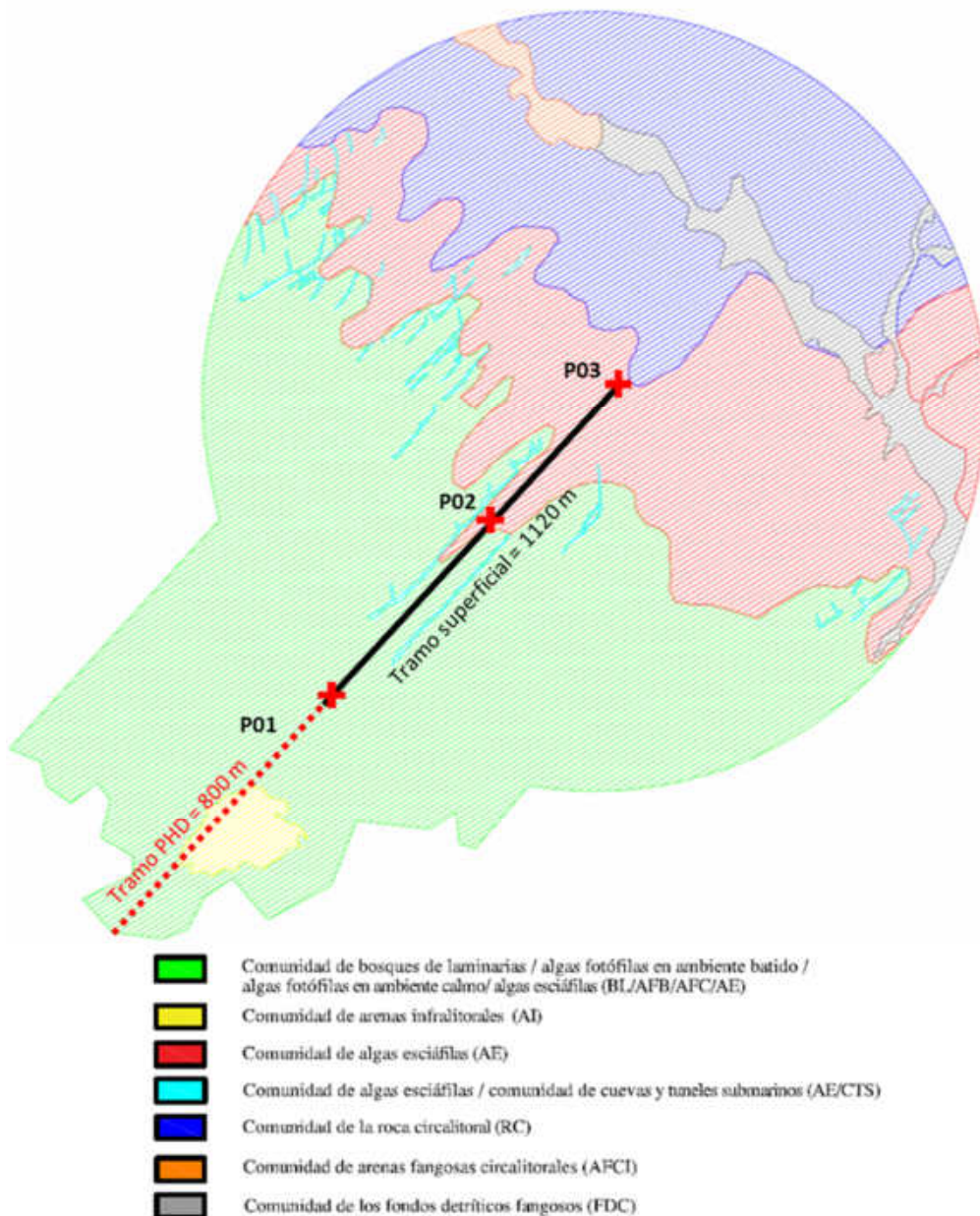


Figura 31. Cartografía bionómica (2020).

3.5.1 Comunidad de bosques de laminarias

En las costas atlánticas de la Península Ibérica y en las costas occidentales de Europa, el piso infralitoral rocoso se caracteriza por la presencia de grandes poblaciones de algas feofíceas laminariales, que reciben el nombre de “bosques de laminarias”. En la región atlántica española aparecen seis especies de laminarias con diferentes adaptaciones a la iluminación, temperatura e hidrodinamismo: *Laminaria hyperborea* y *L. saccharina*, que alcanzan en Galicia su límite meridional de distribución, *L. ochroleuca* y *Saccorhiza polyschides*, dos especies de aguas más templadas que llegan hasta Marruecos y el Mediterráneo occidental, y *Phyllariopsis purpurascens* y *P. brevipes*, que también se encuentran en el Mediterráneo y no forman “bosques”. Son una de las comunidades más productivas de todo el planeta, ya que pueden llegar a crecer hasta varios centímetros diarios y, por su estructura y longevidad, constituyen un sustrato idóneo para las especies epifitas.

La diversidad de fauna y flora es muy alta, y se cifra en unas 100 especies de algas de diferentes tallas (estratos arbóreo, arbustivo, herbáceo, musgoso e incrustante), y más de 500 de animales. Entre las algas, son comunes *Cystoseira tamariscifolia*, *Halidrys siliquosa*, *Desmarestia ligulata* y *Padina pavonica*, y entre la fauna epífita son comunes las esponjas *Tethya aurantium* y *Cliona celata*, gran variedad de poliquetos, gasterópodos (*Haliotis tuberculata*, *Ansates pellucida*, *Tectura virginea*, *Diodora reticulata*, *Gibbula cineraria*, *Calliostoma ziziphinum*, *Calyptrea chinensis*, *Trivia monacha*, *T. arctica*), anfípodos, isópodos y varias especies de decápodos, como *Pilumnus hirtellus* y *Porcellana platycheles*. Entre los equinodermos más frecuentes destacan los erizos *Echinus esculentus* y *Sphaerechinus granularis*, las ofiuras *Ophiocomina nigra*, el crinoideo *Antedon bifida*, y la holoturia *Holothuria forskali*, y, entre los tunicados, son habituales *Ascidia mentula*, *Phallusia mamillata*, *Ciona intestinalis* y *Dendrodoa grossularia*. Entre la fauna móvil característica de esta comunidad destacan diversas especies de interés pesquero, como la sepia (*Sepia officinalis*), el calamar (*Loligo vulgaris*), el pulpo (*Octopus vulgaris*), el erizo (*Paracentrotus lividus*), la nécora (*Necora puber*), el buey (*Cancer pagurus*), el centollo (Maja squinado), el bogavante (*Homarus gammarus*), la langosta (*Palinurus elephas*) o la quisquilla (*Palaemon serratus*).

En la zona de estudio ocupa toda la zona infralitoral compuesta por sustrato duro, y se extiende hasta los 26-29 metros aproximadamente. La densidad del bosque disminuye progresivamente al acercarse a su límite inferior, así como el tamaño de las especies de laminarias que lo

componen. La especie principal es *Saccorhiza polyschides*, aunque también es posible observar otras especies de laminarias como *Laminaria Ochroleuca* y *Laminaria hyrborea*. Como se ha comentado, se observa como al ir ganando profundidad el porte de laminaria va decreciendo. Aunque como se ha dicho, esta comunidad domina en toda la zona infralitoral, es común encontrar parches donde la densidad de estas es baja, predominando otras especies como es el caso de la feofita *Halidrys siliquosa* en las zonas más someras (10-12 metros; zonas fotófilas). Otras especies algales abundantes en la zona son *Dictyopteris membranacea*, *Plocamiun cartilaginum* o *Corallina elongata*. A mayor profundidad estas algas van siendo sustituidas por otras más típicas de ambiente esciafilos, observándose en la zona inferior del límite de estos bosques el predominio de la rodofita *Lithophyllum incrustans*. Entre la fauna destaca la presencia del briozoo *Menbranipora membranacea* sobre las frondes de las laminarias. A mayor profundidad de la indicada para el límite inferior (en torno a los 36 metros), se ha observado la presencia de laminarias de pequeño porte. No se ha podido identificar si se trata de juveniles de *S. polyschides* o bien de otra especie de laminaria del género *Phyllariopsis*.



Figura 32. Comunidad de bosques de laminarias (BL).

3.2. Comunidad de algas fotófilas en ambiente batido

Está bañada por aguas frías, ricas en nutrientes y sometida a un alto hidrodinamismo y a una elevada intensidad lumínica, por lo que la biomasa vegetal suele ser mayor que la animal. Los sustratos rocosos infralitorales sobre los que se asienta no presentan una estructura uniforme, sino que muestran variaciones locales en las condiciones físico-químicas y variaciones

estacionales, además de una estratificación vertical, por lo que esta comunidad tiene una elevada diversidad. Dependiendo del hidrodinamismo y de la profundidad pueden aparecer distintas facies dominadas por algas.

En zonas poco profundas y de fuerte hidrodinamismo es habitual la facies de *Corallina elongata*, o la de *Gelidium sesquipedale* y *Asparagopsis armata*. En zonas más resguardadas, aparece la facies de *Gigartina acicularis*. A mayor profundidad, entre los 10 y 20 m, se instala la facies de *Cystoseira baccata*. En esta comunidad son comunes otras especies de algas, como *Dictyota dichotoma*, *Gigartina acicularis*, *Jania rubens* y *Pterosiphonia complanata*, cnidarios como *Anemonia sulcata*, gasterópodos como *Patella ulyssiponensis*, *Tricolia pullus* y *Bittium reticulatum*, numerosos anélidos poliquetos, sipuncúlidos, crustáceos (como el cirrípedo *Balanus perforatus*), y equinodermos, como el erizo *Paracentrotus lividus*. Además, cada una de las facies contienen una flora y fauna asociada específica.

En la zona de estudio esta comunidad puede observarse en toda la zona infralitoral sobre sustrato duro, desde el límite superior del mismo hasta los 8-10 metros aproximadamente, allí donde los bosques de laminarias tienen una menor densidad. Las algas más comunes son *Halidrys siliquosa*, *Corallina elongata* y *Asparagopsis armata*.

3.6.3. Comunidad de algas fotófilas en ambiente calmo

Se instala en el piso infralitoral superior, en lugares bien iluminados, con escaso hidrodinamismo y sedimentación moderada. Predominan las algas feofíceas, como *Cystoseira tamariscifolia*, que suele estar acompañada de *C. foeniculacea* y *C. humilis*, *Codium spp.* y *Ulva lactuca*. La fauna es bastante diversa, y abundan los pequeños animales sésiles que se fijan a las algas (esponjas, briozoos, ascidias coloniales), y los móviles, que deambulan entre ellas (poliquetos, moluscos, picnogónidos, anfípodos, isópodos, ofiuras, etc.). Entre la macrofauna, pueden encontrarse los gasterópodos *Bolma rugosa* y *Aplysia punctata*, y el pez *Coris julis*.



Figura 33. Comunidad de bosques de laminarias (BL), algas fotófilas en modo calmo (AFC), y algas esciáfilas en modo calmo (AE)

Esta comunidad, en el área de estudio, ocupa desde el límite superior de la comunidad descrita anteriormente, allí donde la densidad de laminarias es baja, hasta aproximadamente los 20 metros de profundidad. Las especies algales que dominan son las feofita *Halidrys siliquosa* y *Dictyopteris membranacea*, así como las rodofita *Corallina elongata* *Plocamiun cartilagineum* y *Gelidium sesquipedales*.

3.5.4. Comunidad de algas esciáfilas

Aparece en zonas infralitorales con escasa iluminación y a profundidad variable, dependiendo de la transparencia del agua. Las algas más abundantes son las esciáfilas, adaptadas a ambientes umbríos. Pueden distinguirse dos facies, la de *Halopteris filicina* (acompañada de *Phyllophora crista* y *Peyssonnelia rubra*), presente entre 25 y 50 m en las costas del País Vasco, y la facies de *Calliblepharis ciliata*, presente en las costas atlánticas españolas, por debajo de la comunidad de laminarias. También pueden incluirse dentro de esta comunidad los organismos que habitan bajo las piedras estables de aguas más someras en condiciones esciáfilas. Estos organismos, como las algas calcáreas incrustantes y la fauna sésil fija a la cara inferior de las piedras, forman lo que suele denominarse comunidad o enclave infalapidícola.

Entre la fauna sésil destacan diversas esponjas (*Halichondria panicea*, *Hymeniacidon sp.*, *Cliona viridis*), anémonas (*Anemonia sulcata*), poliquetos (*Serpula vermicularis*, *Pomatoceros triqueter*), briozoos (*Electra pilosa*) y ascidias coloniales (*Didemnum sp.*, *Botryllus schlosseri* y *B. leachi*). Los animales móviles más comunes son poliquetos errantes de varias familias,

poliplacóforos (*Lepidochitona cinerea*, *Acanthochitona crinita*), gasterópodos (*Haliotis tuberculata*, *Diodora graeca*, *Trivia spp.* y numerosos opistobranquios), crustáceos decápodos (*Porcellana platycheles*, *P. longicornis*, *Necora puber*), isópodos (*Gnathia maxilaris*, *Sphaeroma sp.*), asteroideos (*Asterina gibbosa*, *Marthasterias glacialis*, *Asterias rubens*), ofiuroides (*Ophiothrix fragilis*, *Ophiocomina nigra*), equinoideos (*Psammechinus miliaris*, *Paracentrotus lividus*) y el pez *Lepadogaster lepadogaster*.

Esta comunidad, en el área de estudio, ocupa las zonas de sustrato rocoso infralitoral por debajo de los 20 metros y hasta el comienzo de la zona circalitoral (35 metros aproximadamente). También puede encontrarse conjuntamente con los bosques de laminarias más densos a menos profundidad, aprovechando los ambientes umbríos que se forman bajos sus frondes, o en aquellas zonas de relieve más escarpado que permite que se formen este tipo de ambiente. Las especies algales más características son *Lithophyllum Incrustans*, ejemplares de laminarias de pequeño porte y muy dispersas, *Dictyopteris membranacea* y *Dictyota sp.* Entre su fauna destaca la presencia del porífero *Cliona celta* y *Halichondria panicea*, y los equinodermos *Holoturia forskali*, *Sphaerchinus granularis* y *arbacia lixula*. También se han observado varios ejemplares del poliqueto *protula intestinales*.



Figura 34. Comunidad de algas esciáfilas con acumulaciones de arenas.

3.6.5. Comunidad de las cuevas y los túneles submarinos

Las cuevas son más frecuentes en las zonas kársticas o volcánicas (tubos) que en sustratos más duros como los graníticos, por lo que son raras en el norte de España. Pueden encontrarse

cuevas a cualquier profundidad, pero las sumergidas permanentemente (infralitorales y circalitorales) poseen unas condiciones muy similares entre sí, con una disminución gradual de la luz en la entrada y una oscuridad total en el interior, parecidas a las condiciones de las comunidades circalitorales. El resto de los factores (corrientes, oxígeno disuelto y alimento), depende de la forma y disposición de la cueva, ya que el suministro de oxígeno y alimento, la eliminación de los desechos y la dispersión de las larvas dependen del movimiento del agua. En las zonas kársticas puede haber un aporte de agua dulce, lo que empobrece el poblamiento de la cueva.

En la entrada de las cuevas infralitorales, donde existe alguna iluminación, suelen instalarse algas como *Plocamium cartilagineum*, *Kallymenia reniformis* y *Phyllophora crispa*; en algunos casos también aparecen laminarias, junto con algas coralíneas. En el interior de las cuevas hay una ausencia total de vegetales, por lo que no existen herbívoros y los depredadores son escasos. Abundan los animales filtradores, especialmente cuando las corrientes transportan alimento (plancton y detritos) al interior de la cueva, y los detritívoros son comunes. Predominan las esponjas (*Clathrina coriacea*, *Leucosolenia botryoides*, *Halichondria panicea*, *Acanthella acuta*), hidrozooos (*Nemertesia antennina*), anémonas (*Sagartia elegans* y *Metridium senile*), otros antozoos en el golfo de Cádiz (*Parazoanthus axinellae*, *Epizoanthus arenaceus* y *Gerardia savaglia*), algunos poliquetos espirórbidos, el cirrípedo *Balanus crenatus*, briozoos (*Pentapora fascialis* en el golfo de Cádiz), el crinoideo *Antedon bifida*, y ascidias (*Polyclinum aurantium*, *Dendrodoa grossularia*, *Clavelina lepadiformis* y otras de la familia Didemnidae). Entre los animales móviles, destacan el bogavante (*Homarus gammarus*), *Scyllarides latus* y *Scyllarus arctus*, y diversas especies de peces, como la brótola de fango (*Phycis blennioides*).

En la zona de estudio, si bien no existe túneles ni cuevas bien desarrolladas, existen varios corredores submarinos a modo de pequeños cañones. Éstos, debido a la pequeña anchura que presentan, provocan ambiente parecidos a los que se dan en las cuevas submarinas (paredes verticales y con muy poca luz). Se localizan sobre todo en la zona centro-occidental de la zona de estudio. La componente algal es casi nula, estando representado principalmente por rodofitas incrustantes, y el recubrimiento presente lo ofrecen principalmente esponjas, briozoos y cnidarios.).

3.3.6. Comunidad de la roca circalitoral.

Suele encontrarse entre 20 y 50 m de profundidad, pero puede aparecer en zonas más someras cuando la turbidez del agua impide que la luz penetre hasta dicha profundidad. En muchos casos, esta comunidad se asienta sobre bloques rocosos, aislados o en grupos, sobre fondos detríticos o fangosos, de forma similar a la comunidad circalitoral de plataforma del Mediterráneo. Debido a la escasez de luz, predominan los animales, aunque en los niveles superiores también aparecen algas esciáfilas; la fauna varía dependiendo del hidrodinamismo, la turbidez y la topografía del fondo. Es una comunidad compleja de clasificar, ya que las facies que la componen no están dominadas por una sola especie, y muchas de las especies son comunes en las distintas facies.

En los lugares con fuertes corrientes suelen predominar los invertebrados sésiles filtradores. Entre ellos destacan los alcionarios (*Alcyonium spp.*), las gorgonias (*Eunicella verrucosa*, *Lophogorgia sarmentosa* y *Paramuricea clavata*), esponjas, briozoos y ascidias de los géneros *Polycarpa*, *Molgula* o *Microcosmus*. En ocasiones, el poliqueto *Sabellaria spinulosa* puede llegar a formar arrecifes de sabeláridos. En los fondos protegidos del hidrodinamismo suelen sedimentarse limos y, si las condiciones lo permiten, aparecen algas incrustantes e invertebrados raspadores que se alimentan de ellas, braquiópodos (*Neocrania anomala*, *Megerlia truncata* y *Terebratulina retusa*), ascidias solitarias (*Ascidia spp.*, *Ascidella spp.*, *Ciona intestinalis*), algunas esponjas (de los géneros *Geodia* y *Pachastrella*), hidrozoos (*Nemertesia spp.*), ofiuras (*Ophiothrix fragilis*, *Ophiocomina nigra*, *Ophiopholis aculeata* y *Ophiura albida*) y antipatarios (*Antipathes sp.*). Frente a las costas de Cádiz, entre 20 y 70 m de profundidad y sobre bloques rocosos rodeados de sedimento, aparece una facies del coral *Dendrophyllia ramea*, sustituido por *D. cornigera* a mayor profundidad. Algunas de las especies móviles típicas de esta comunidad son la langosta (*Palinurus elephas*), el bogavante (*Homarus gammarus*) y el erizo *Centrostephanus longispinus* (en el golfo de Cádiz).

En la zona de estudio, se desarrolla sobre el sustrato rocoso a partir de los 35-38 metros. Presenta un relieve suave, con acumulaciones de sustrato sedimentario allí donde la configuración lo permite (cubetas submarinas). La vegetación erecta es nula, estando la roca cubierta en su mayoría por rodofitas incrustantes (principalmente *Lithophyllum incrustans*). Entre la fauna destaca el porífero *Cliona celata* y los equinodermos *Holoturia forskali* y *Arbacia lixula*.



Figura 35. Comunidad de la roca circalitoral.

3.5.7. Comunidad de las arenas infralitorales.

Las arenas infralitorales se encuentran en zonas someras de ambiente calmado o batido. La granulometría del sedimento y, por tanto, la fauna asociada a éste, dependen del hidrodinamismo de la zona. La ausencia de macrofitos es generalizada. En la parte superior del piso infralitoral, en ambiente calmo y en sedimentos de arenas medias o finas con poca materia orgánica y buena oxigenación, aparece una facies muy característica del litoral atlántico español denominada “comunidad boreal-lusitana de Tellina”, donde dominan los bivalvos *Tellina tenuis* y *Cerastoderma edule* y el poliqueto *Nephtys cirrosa*. La fauna acompañante la forman los poliquetos *Scolaricia tipica*, *Spio martinensis* o *S. decoratus*, y anfípodos de los géneros *Urothoe* y *Bathyporeia*.

En las zonas más profundas la fauna puede ser más variable, destacando por su abundancia y diversidad el grupo de los bivalvos, entre los que se encuentran varias especies de interés comercial, como el berberecho (*Cerastoderma edule*), la coquina (*Donax trunculus*), las navajas (*Ensis spp.* y *Solen marginatus*), el almejón (*Callista chione*) y las almejas (*Venerupis pullastra*, *Tapes rhomboides* y *T. decussatus*). Otros bivalvos frecuentes son *Acanthocardia aculeata*, *Spisula solida*, *Mactra corallina*, *Tellina tenuis* y *T. crassa*. Otras especies a destacar son los gasterópodos *Gibbula magus* y *Euspira catena*, los poliquetos *Lanice conchilega*, *Nephtys hombergii* y *Lumbrinereis impatiens*, los crustáceos *Carcinus maenas*, *Atelecyclus undecimdentatus*, *Portumnus latipes* y *Diogenes pugilator*, la estrella *Astropecten irregularis* y el erizo irregular *Echinocardium cordatum*.

Esta comunidad esta mínimamente representad en la zona de estudio, encontrándose localizada en la zona sureste, entre las batimétricas de 9 y 15 metros.



Figura 36. Comunidad de arenas infralitorales (AI).

3.3.3. Comunidad de los fondos detríticos costeros

Ocupa una gran parte de la plataforma continental (desde unos 30 a 100 m de profundidad) y se asienta sobre gravas biógenas procedentes de la destrucción de organismos (algas calcáreas y esqueletos calcáreos de equinodermos, moluscos y briozoos), además de una fracción arenoso-fangosa que rellena los intersticios. Si la deposición de sedimentos finos es elevada, los fondos detríticos costeros desaparecen y son reemplazados por los fondos de fangos detríticos o los fondos de fangos terrígenos de la plataforma. Esta comunidad posee una alta diversidad y abundancia de organismos, y en ella pueden aparecer numerosas facies.



Figura 37. Comunidad de los fondos detríticos costeros (FDC)

Además de las especies que forman estas facies, la comunidad de los fondos detríticos costeros tiene una composición específica característica donde dominan las algas y los equinodermos. Entre las algas se encuentran, además de las especies citadas, *Cryptonemia tunaiformis* y *Lithothamnion fruticosum*. Hay una gran diversidad de animales, como esponjas (*Cliona viridis*, *Hemimycale columella*, *Spongia agaricina*), hidrozooos (*Aglaophenia acacia*), ceriantarios (*Cerianthus membranaceus*), gorgonias (*Lophogorgia spp.*, *Paramuricea clavata*, *Eunicella spp.*, entre otras), gasterópodos (*Bolma rugosa*, *Turritella turbona*, *Charonia lampas*), bivalvos (*Pinna nobilis*, *Chlamys varia*, *Tapes decussatus*, *Venus spp.*), poliquetos (*Hyalinoecia tubicola* y *Sabella spallanzanii*), decápodos (*Calappa granulata*, *Dardanus calidus*, *Paguristes oculatus*, *Maja spp.*), briozoos (*Pentapora fascialis*, *Caberea boryi*, *Rynchozoon neapolitanum*, entre otros), foronídeos (*Phoronis australis*) y ascidias (*Phallusia fumigata*, *Aplidium spp.*, *Pseudodistoma spp.*, *Diazona violacea*, *Microcosmus sabatieri*). Entre los equinodermos, se hallan diversas estrellas de mar (*Anseropoda placenta*, *Astropecten spp.*, *Chaetaster longipes*, *Marthasterias glacialis*, *Echinaster sepositus*), ofiuras (*Ophioderma longicaudum*, *Ophiopsila spp.* y *Astrospartus mediterraneus*), erizos irregulares (*Spatangus purpureus* y *Brissus unicolor*), crinoideos (*Antedon bifida*) y holoturias (*Holothuria spp.*).

Si bien como se ha expuesto, esta comunidad presenta un gran diversidad y riqueza, el desarrollo en la zona de estudio es escaso. Ello se debe a que el sustrato está compuesto de detritos de pequeño tamaño (no más de 2-3 mm) y la ausencia de bolos o guijarros que permitan el asentamiento de otro tipo de organismos (algas calcáreas, etc...). Dentro de la zona de estudio

se localiza en el paleocanal que atraviesa desde el sureste al noroeste, entre la batimétricas de -35 y -50 metros aproximadamente.

3.6.9. Comunidad de las arenas fangosas Circalitorales

Aparece en lugares semirresguardados o protegidos, prácticamente sin corrientes, a profundidades de 10 a 50 m. Las especies más comunes son los poliquetos *Nephtys sp.* y *Spiophanes bombyx*, el bivalvo *Abra alba*, el gasterópodo *Charonia lampas*, ofiuras (*Amphiura spp.*, *Ophiura spp.*), y el erizo irregular *Echinocardium cordatum*. Se distinguen diferentes facies, como la de *Abra alba* y *Corbula gibba*, sobre sedimentos arenoso-fangosos o mixtos, la de *Amphiura filiformis* y *Echinocardium cordatum*, en arena limpia o ligeramente fangosa y la de *Virgularia mirabilis*, *Ophiura albida* y *O. ophiura*, que tiene una diversidad alta, sobre todo si hay sedimento grueso donde puedan establecerse epibiontes.

En la zona de estudio, esta comunidad se localiza entre las batimétricas de -50 y -55 metros, en la zona noroccidental, formando parte del paleocanal descrito anteriormente.

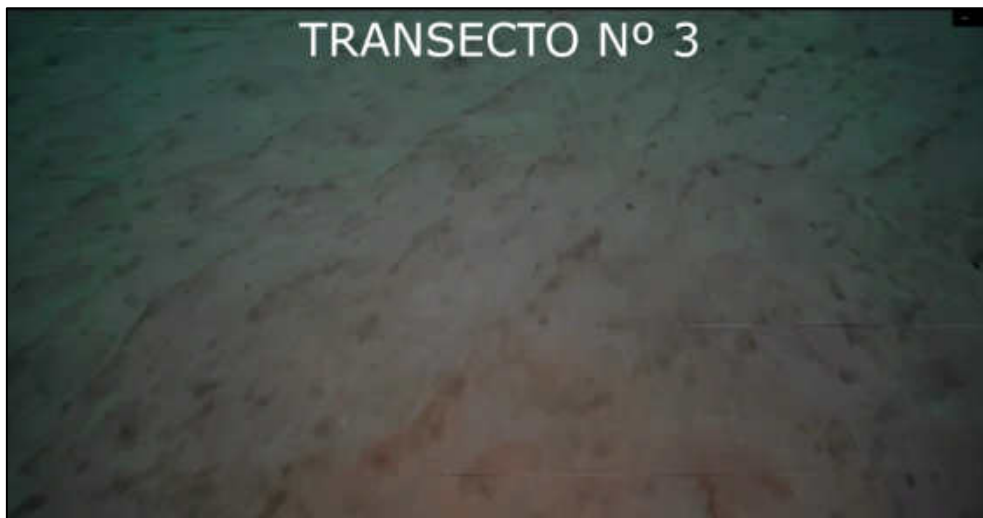


Figura 38. Comunidad de arenas fangosas circalitorales (AFCI).

3.6.10. Valoración ecológica de las comunidades

Para valorar la fragilidad ecológica de las comunidades descritas se han empleado los siguientes criterios ponderados:

- Importancia ecológica intrínseca de la comunidad.
- Estado de desarrollo de la comunidad.
- Amplitud relativa de la comunidad en la zona.

- Singularidad.
- Presencia de especies indicadoras de una buena calidad del medio.
- Presencia de especies protegidas o de especial interés.
- Poblamiento íctico y recursos vivos.
- Capacidad de recuperación.
- Paisaje submarino y valor testimonial.
- Valor científico.

La escala aplicada es la siguiente:

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

- Según la escala de valoración aplicada 3 comunidades, AI, AFCI y FDC, presentarían una fragilidad ecológica Baja-Muy baja:

Ambas están constituidas por arenas sin vegetar. La primera de ellas, se ve sometida a la influencia del oleaje, que le confiere un grado de desarrollo intrínseco bajo o muy bajo. Además, el bajo poblamiento íctico, la alta capacidad de recuperación, y la ausencia de especies indicadores de buena calidad, así como de especies protegidas, indican su escaso grado de desarrollo.

- Según la escala de valoración aplicada la comunidad CTS presentarían una fragilidad ecológica Baja:

Como ya se ha comentado, esta comunidad tiene un escaso grado de desarrollo, ya que la orografía de la zona no hace que las condiciones sean idóneas para que se desarrolle. Puede observarse como las especies presentes en él son muy parecidas a las de la comunidad AE, pero con menor riqueza específica, por lo que su fragilidad ecológica será algo menor a la de dicha comunidad. Su extensión en la zona es testimonial y además la ausencia de especies protegidas o indicadoras de calidad, así como el bajo poblamiento íctico y recursos vivos presentes, limitan su fragilidad ecológica.

- Según la escala de valoración aplicada la comunidad, RC presentarían una fragilidad ecológica Media-Baja:

A pesar de su extensión y el grado de desarrollo medio que presentan, la ausencia de especies protegidas o indicadoras de calidad, la baja singularidad, así como el bajo poblamiento íctico y recursos vivos presentes, limitan su fragilidad ecológica.

- Según la escala de valoración aplicada la combinación de las comunidades AFB+AFC+BL, y AE+BL presentaría una fragilidad ecológica Media:

A pesar de su extensión y el grado de desarrollo medio que presenta, la ausencia de especies protegidas, especies ictiológicas y su baja singularidad en la zona, limitan su fragilidad ecológica.

3.7. RED NATURA 2000 EN EL ÁREA DE ACTUACIÓN Y SUS INMEDIACIONES

Los espacios protegidos son aquellas áreas terrestres o marinas que, en reconocimiento de sus valores sobresalientes, están específicamente dedicadas a la conservación de la naturaleza y sujetas, por lo tanto, a un régimen jurídico especial para su protección.

En España, los espacios protegidos están definidos y regulados con carácter básico por la Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad, que los agrupa en tres tipos distintos, atendiendo a sus respectivos marcos jurídicos de origen:

- Espacios Naturales Protegidos
- Espacios protegidos Red Natura 2000
- Áreas protegidas por instrumentos internacionales

En todo caso, ya sean Espacios Naturales Protegidos, Espacios de la Red Natura 2000 o Áreas protegidas por instrumentos internacionales, deben ser declarados normativamente por la Administración competente, que debe también desarrollar la planificación y gestión adecuada para alcanzar sus objetivos de conservación.

En Asturias, a través del Decreto 107/93 se establecen las Directrices subregionales de Ordenación del territorio para la franja costera de Asturias y mediante el Decreto 38/94 se aprueba el Plan de ordenación de los Recursos Naturales de Asturias. En el Principado cada Zona de Especial Conservación (ZEC) y/o Zona de Protección de Aves (ZEPA) se regula a través de Decretos propios, en los que cada una cuenta con su propio Instrumento de Gestión.

En este caso, por proximidad a la zona de estudio, los Espacios Protegidos pertenecientes a la Red Natura que podrían verse afectados por los vertidos del emisario serían:

- ZEC Río Porcía (ES1200024)
- ZEC-ZEPA Penarronda-Barayo (ES0000317)
- ZEC-ZEPA Ría del Eo (ES1200016)
- ZEC Río Eo (ES1200016) y ZEPA Ribadeo (ES0000085), solapadas entre si
- LIC As Catedrais (ES1120005)

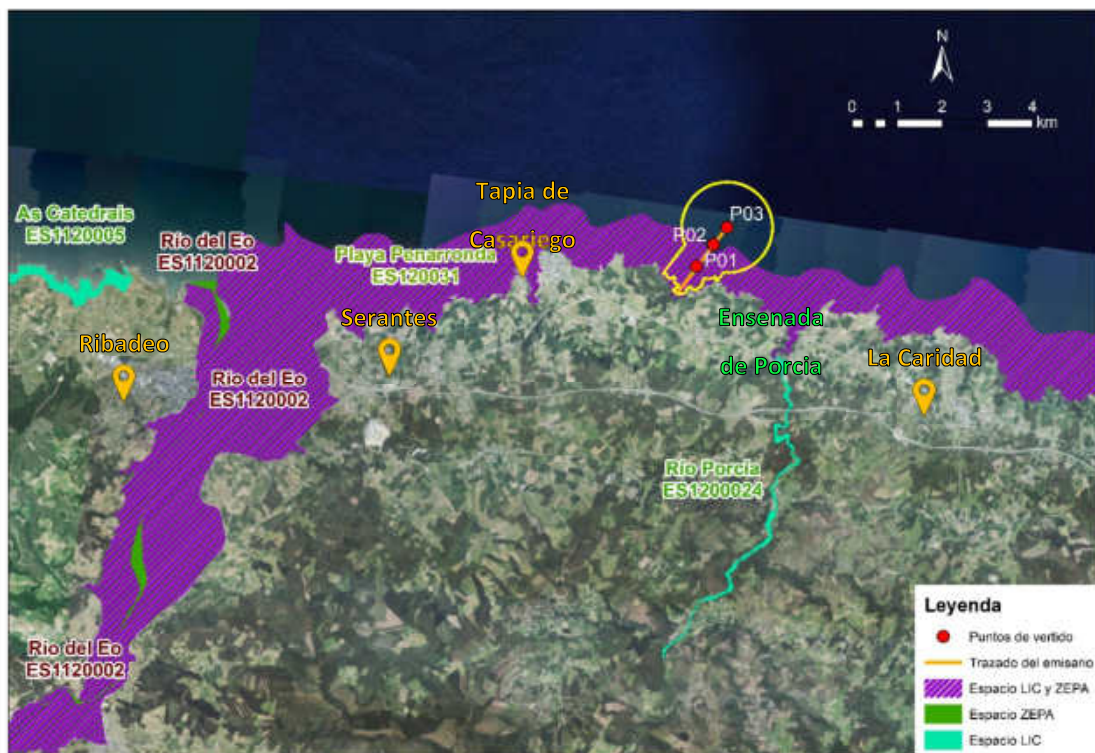


Figura 39. Ubicación de los espacios protegidos pertenecientes a la Red Natura próximos a la zona de estudio.

Entre todas las áreas naturales destacadas, la ZEPA Penarronda-Barayo es única que se encuentra en las inmediaciones del emisario. El trazado del emisario cruza la ZEPA Penarronda-Barayo, aunque únicamente el punto de vertido de la alternativa P01 se halla dentro de la ZEPA. El vertido de la alternativa P02, el punto de vertido se sitúa a 153 m de distancia y en la alternativa P03 a 635 m.

Se descartan las afecciones sobre el resto de espacios Red Natura 2000 cartografiados al encontrarse la mayoría de ellos a más de 5 km del área de actuación. A pesar de que la ZEC Río Porcía se halla a menor distancia, también se descarta cualquier tipo de impacto sobre esta dado que el curso del río de tierra a mar impediría la entrada de cualquier vertido del emisario hacia el Río Porcía.

3.7.1. ZEC-ZEPA Penarronda-Barayo (ES0000317)

Se establece mediante el Decreto 160/2014, de 29 de diciembre, por el que se declara la Zona Especial de Conservación Penarronda-Barayo (ES0000317) y se aprueba el I Instrumento de Gestión Integrado de diversos espacios protegidos en el tramo costero entre Penarronda y Barayo. En el ámbito territorial se superponen actualmente cinco figuras de protección de espacios naturales:

- Reserva Natural Parcial de Barayo.
- Monumento Natural de la Playa de Frexulfe.
- Monumento Natural de la Playa de Penarronda.
- ZEC Penarronda-Barayo (ES0000317).
- ZEPA Penarronda-Barayo (ES0000317).

La Zona de Especial Conservación y la Zona de Especial Conservación para las Aves se localiza en la zona costera occidental de Asturias ocupando una superficie de 4.317,46 ha, con un 77,42% de superficie marina. La importancia de los hábitats naturales costeros y de las especies existentes en este territorio ha supuesto también la inclusión de Penarronda-Barayo en la lista de Lugares de Interés Comunitario (LIC).



Figura 40. Límites de la ZEPA en la región de estudio

3.7.1.1. Hábitats de interés comunitario dentro del LIC

Los Hábitats de Interés Comunitario (HIC's) son aquellos recogidos en el anexo I de la Directiva 92/43/CEE del Consejo, de 21 de mayo de 1992, relativa a la conservación de los hábitats naturales y de fauna y flora silvestres (Directiva Hábitat), en razón a encontrarse amenazados de desaparición, presentar un área de distribución reducida o constituir ejemplos representativos de la región biogeográfica en que se desarrollan. Dicha directiva se traduce en el ordenamiento jurídico español en los anexos I, II y V de la Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad.

En la actualidad cinco tipos de hábitats marinos figuran en el Anexo I de la Directiva Hábitats (92/43/CEE) como HIC's: Aguas marinas y medios de marea:

- 1110: Bancos de arena cubiertos permanentemente por agua marina, poco profunda
- 1120*: Praderas de Posidonia (*Posidonium oceanicae*)
- 1170: Arrecifes
- 1180: Estructuras submarinas causadas por emisiones de gases

- 8330: Cuevas marinas sumergidas o semisumergidas

La totalidad de los HIC's dentro de la ZEC-ZEPA definidos dentro del instrumento de gestión del Decreto 160/2014 son del ámbito terrestre o de aguas de transición, por lo que quedarían excluidos del alcance de este proyecto.

Al no incluir la ZEC-ZEPA ningún hábitat de interés comunitario del medio marino, no se ha definido una zonificación de este medio ni existe regulación alguna sobre sus usos y actividades permitidas.

3.7.1.2. Hábitats de interés comunitario fuera del LIC

Mediante el levantamiento batimétrico y en el estudio de caracterización de las comunidades bentónicas se ha constatado la ausencia de bancos de arenas, fanerógamas marinas, o estructuras submarinas causadas por la emisión de gases, por lo que los únicos HICs que podrían estar presentes son el 1170 y 8330.

Respecto a los HIC 1170 y 8330 se asociarían al sustrato rocoso.

De acuerdo con las “Bases ecológicas preliminares para la conservación de los tipos de hábitat de interés comunitario en España” (Madrid: Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino, 2009), se consideran bajo la denominación de HIC 1170 “Arrecifes” todos aquellos sustratos duros compactos de origen biológico o geológico (se excluyen los arrecifes artificiales, espigones, etc.), cualquiera que sea su topografía o distribución batimétrica. Por lo tanto la casi totalidad de la zona estudiada (todo el sustrato rocoso) es considerada HIC 1170. El sustrato rocoso natural de la zona de estudio presenta zonas con veriles acusados localizados la mayoría de ellos en la zona más occidental, presentando pendientes en ocasiones que superan los 70 °, lo que hace que en esas zonas pueda localizarse el HIC 8330.

Las principales amenazas sobre la integridad del HIC 1170 a nivel nacional con un grado de impacto elevado son la pesca deportiva y de arrastre y el pisoteo excesivo del litoral rocoso. La contaminación del agua del medio marino, los deportes náuticos y los vertidos de petróleo al mar son también amenazas presentes, aunque de menor prioridad dadas las características del sustrato rocoso. No obstante, entre las principales medidas de conservación propuestas para el HIC 1170 se recomienda el control de los efluentes con tal de evitar el vertido de aguas residuales sin tratar al medio marino y se promueve que no se realicen operaciones de

mantenimiento, reparación y construcción de cualquier tipo de embarcación dentro de los límites del HIC.

3.7.1.3. Especies Red Natura

El espacio integrante de la Red Natura 2000 del Principado de Asturias denominado ZEC y ZEPA Penarronda-Barayo (ES0000317), alberga especie marinas de interés comunitario, incluidas en los anexos II, IV y V de la Directiva 92/43/CEE, las cuales se detallan a continuación.

Tabla 19. Especies incluidas en la Red Natura y evaluación del lugar donde se encuentran.

Nombre científico	Nombre común	Anexos directiva	T	Cat.	Población	Conserv.	Aislamiento	Global
PECES								
<i>Salmo salar*</i>	Salmón atlántico	II, V	r	C	C	B	C	B
<i>Alosa alosa</i>	Sábalo	II, V	r	C	C	B	C	B
<i>Petromyzon marinus*</i>	Lamprea marina	II	r	R	B	B	C	C
MAMÍFEROS								
<i>Tursiops truncatus</i>	Delfín mular	II, IV	p	P	C	B	C	B
<i>Phocoena phocoena</i>	Marsopa común	II	p	P	C	B	C	B
<i>Lutra lutra*</i>	Nutria europea	II, IV	p	C	C	C	C	B

* Especies incluidas en el Catálogo Regional de Especies Amenazadas del Principado de Asturias

T (ciclo de vida): permanente (p), reproductor (r), concentrados (c), invernantes (w)

Categoría (Cat.): Común (C), Rara (R), Muy rara (V), presente (P)

Población: tamaño y densidad de la población de la especie que esté presente en el lugar en relación con las poblaciones presentes en el territorio nacional: 100% ≥ p >15% (A), 15% ≥ p >2% (B), 2% ≥ p >0% (C), población no significativa (D)

Conservación: grado de conservación de los elementos del hábitat que sean relevantes para la especie de que se trate y posibilidad de restauración: Excelente (A), buena (B), intermedia o escasa (C).

Aislamiento: grado de aislamiento de la población existente en el lugar en relación con el área de distribución natural de la especie: casi aislada o aislada (A), no aislada, pero al margen de su área de distribución (B), no aislada integrada en su área de distribución (C).

Global: evaluación global del valor del lugar para la conservación de la especie que se trate: excelente (A), bueno (B), significativo (C).

Cabe destacar que las tres especies de peces se hallan preferentemente en las desembocaduras de ríos por lo que es poco probable que sean afectadas por la ejecución del proyecto.

Con referencia a los cetáceos *Tursiops truncatus* y *Phocoena phocoena*, sus principales amenazas y presiones son:

- Capturas accidentales en artes de pesca.
- Contaminación de las aguas por posibles accidentes marítimos.
- Molestias ocasionadas por embarcaciones tanto profesionales como recreativas.

Paralelamente, la *Lutra lutra* se ve amenazada por:

- Destrucción y degradación del hábitat. Causada por:
 - a) Contaminación de las aguas
 - b) Construcción de infraestructuras o actuaciones que alteran sus zonas de refugio.
- Molestias humanas.

En la siguiente tabla se incluye la adición a la lista de otras especies incluidas en la Directiva de Hábitats que, según la información aportada por las diferentes sociedades científicas de especies (SEBCP; SECEM y CIBIO) se encuentran común o localmente presentes en el tipo de HIC 1170 “Arrecifes”, a pesar de no estar incluidas en el instrumento de gestión. Se han citado únicamente las especies observadas puntualmente cerca de la zona de estudio de acuerdo con el Ocean Biodiversity Information System (OBIS).

Tabla 20. Especies Red Natura asociadas al HIC 1170 con presencia potencial en el LIC

Nombre científico	Nombre común	Anexos directiva	Afinidad hábitat
MAMÍFEROS			
<i>Delphinus delphis</i>	Delfín común	IV	No preferencial ¹
<i>Stenella coeruleoalba</i>	Delfín listado	IV	No preferencial ¹
<i>Globicephala melas</i>	Calderón común	IV	No preferencial ¹
<i>Balaenoptera physalus</i>	Rorcual común	IV	No preferencial ¹
<i>Physeter catodon</i>	Cachalote	IV	No preferencial ¹

¹. Afinidad no preferencial: el taxón se encuentra en menos del 50% de sus localizaciones en el tipo de hábitat considerado.

En la ZEPA se hallan las siguientes aves marinas incluidas en la Directiva 2009/147/CE (Directiva de Aves):

Tabla 21. Especies presentes en la ZEPA incluidas en la Directiva 2009/147/CE (Directiva de Aves).

Nombre científico	Nombre común	Anexos directiva
<i>Phalacrocorax aristotelis</i>	Cormorán moñudo	I
<i>Haematopus ostralegus</i>	Ostrero euroasiático	II
<i>Hydrobates pelagicus</i>	Paíño europeo	I
<i>Morus bassanus</i>	Alcatraz común	Migratoria regular

Nombre científico	Nombre común	Anexos directiva
<i>Melanitta nigra</i>	Negrón común	II, III
<i>Sterna sp</i>	Charrán patinegro, común, ártico y charrancito común	I
<i>Puffinus mauretanicus</i>	Pardela balear	I
<i>Uria aalge ibericus</i>	Arao común	I
<i>Alca torda</i>	Alca	Migratoria regular
<i>Fratercula arctica</i>	Frailecillo atlántico	Migratoria regular

Se descartan las afecciones sobre las especies de *Gavia sp.* al habitar preferentemente en lagunas y estuarios, que quedan fuera del alcance del proyecto.

Entre las principales amenazas de *Haematopus ostralegus* y *Hydrobates pelagicus* se encuentran:

- Existencia de molestias durante la época de cría debido al desarrollo de actividades humanas.
- Alteración de su hábitat por introducción o entrada de especies oportunistas.

Para el *Phalacrocorax aristotelis* son las siguientes:

- Mortalidad debida a accidentes con aparejos de pesca.
- Pérdida de las puestas por molestias humanas.
- Pérdida de las puestas por depredación.
- Modificación de las condiciones ambientales en las zonas de cría y en las zonas de alimentación.

El resto de las aves se ve amenazado por:

- Capturas accidentales en artes de pesca.
- Contaminación de las aguas por posibles accidentes marítimos

3.7.1.4. Especies amenazadas

Catálogo Español de Especies Amenazadas (CEEAA)

La Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad ha introducido de una forma inequívoca en su artículo 55 el concepto de “especie amenazada”, considerando como tales las incluidas en el Catálogo Español de Especies Amenazadas (CEEAA) en las categorías

de “En Peligro de Extinción” o “Vulnerable”. El actualmente vigente Código Penal (Ley Orgánica 10/1995, de 23 de noviembre, modificada por la Ley Orgánica 15/2003), tipifica como delito las acciones contra especies amenazadas.

Debido al área de distribución y al hábitat que ocupan estas especies, en la zona de estudio solo es posible encontrar 1 de las 5 especies catalogadas como amenazadas; *Charonia lampas*, no habiéndose observado ningún ejemplar de esta.

Al igual que en el caso anterior, existen 4 especies de invertebrados marinos (*Aplysina ssp*, *Axinella polipoides*, *Pholas dactylus*, y *Schilderia achantidea*) que tienen un régimen de protección especial por estar incluidos en el *Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial* y en el *Real Decreto 139/2011, de 4 de febrero* que desarrolla el mismo (LESRPE). Estos, por su área de distribución, así como por su hábitat, podrían encontrarse en la zona de estudio. Tras los muestreos llevados a cabo, no se ha observado ninguna de estas especies.

Catálogo Regional de Especies Amenazadas del Principado de Asturias

A parte de las especies *Petromyzon marinus*, *Lutra lutra* y *Salmo salar*, también incluidas en los anexos de la Directiva de Hábitats, el Catálogo Regional de Especies Amenazadas del Principado de Asturias incluye las siguientes especies marinas, todas ellas ya citadas en la Directiva de Aves:

Tabla 22. Especies marinas que figuran en el Catálogo Regional de Especies Amenazadas del Principado de Asturias.

Nombre científico	Nombre común	Categoría de especie	Plan de conservación o recuperación aprobado
<i>Haematopus ostralegus</i>	Ostrero euroasiático	Sensible a la alteración de su hábitat	Sí
<i>Phalacrocorax aristotelis</i>	Cormorán moñudo	Interés especial	Sí
<i>Hydrobates pelagicus</i>	Paíño europeo	Interés especial	Sí

3.7.1.5. Zonificación de la ZEC-ZEPA y regulación de usos

El área de ejecución de las obras y sus inmediaciones se hallan en la zona periférica de protección de la ZEC-ZEPA. En ella no existen restricciones específicas y se mantendrá un control de las actividades a través de los mecanismos preventivos que la normativa ambiental proporciona.

Las únicas restricciones de las actividades del sector industrial y extractivo se limitan a la Reserva Natural Parcial de Barayo, la cual queda fuera del alcance del proyecto (véase **Figura 40**).

3.7.2. Otras figuras de protección en el ámbito

3.7.2.1. Espacios naturales protegidos

Los espacios naturales protegidos (ENP) que se hallan en la región de estudio se solapan con los espacios Red Natura descritos en el apartado anterior.



Figura 41. Espacios Naturales Protegidos en el área de estudio.

3.8. ELEMENTOS SOCIOECONÓMICOS

3.8.1. Actividad Pesquera

3.8.1.1. Caladeros y especies de interés comercial

La zona de estudio pertenece al caladero nacional Cantábrico-Noreste y se encuentra incluido en la división VIIIc y IXa-norte del ICES. Comprende una zona muy productiva, y su plataforma es relativamente poco extensa.

No obstante, ninguno de ellos se sitúa en la zona de influencia del emisario submarino, ya que no dispone de una gran variedad y cantidad de especies. A pesar de ello, hay que recalcar que la pesca está permitida en esta zona, exceptuando artes que quedan excluidas por requisitos legales. En las siguientes imágenes se muestra el conjunto de caladeros más cercanos a la zona de instalación del emisario en Salave: El Coitelo y Dondel (15), Las Furadas (17), Playa de Porcía (21) y El Petón de Viavélez (22).

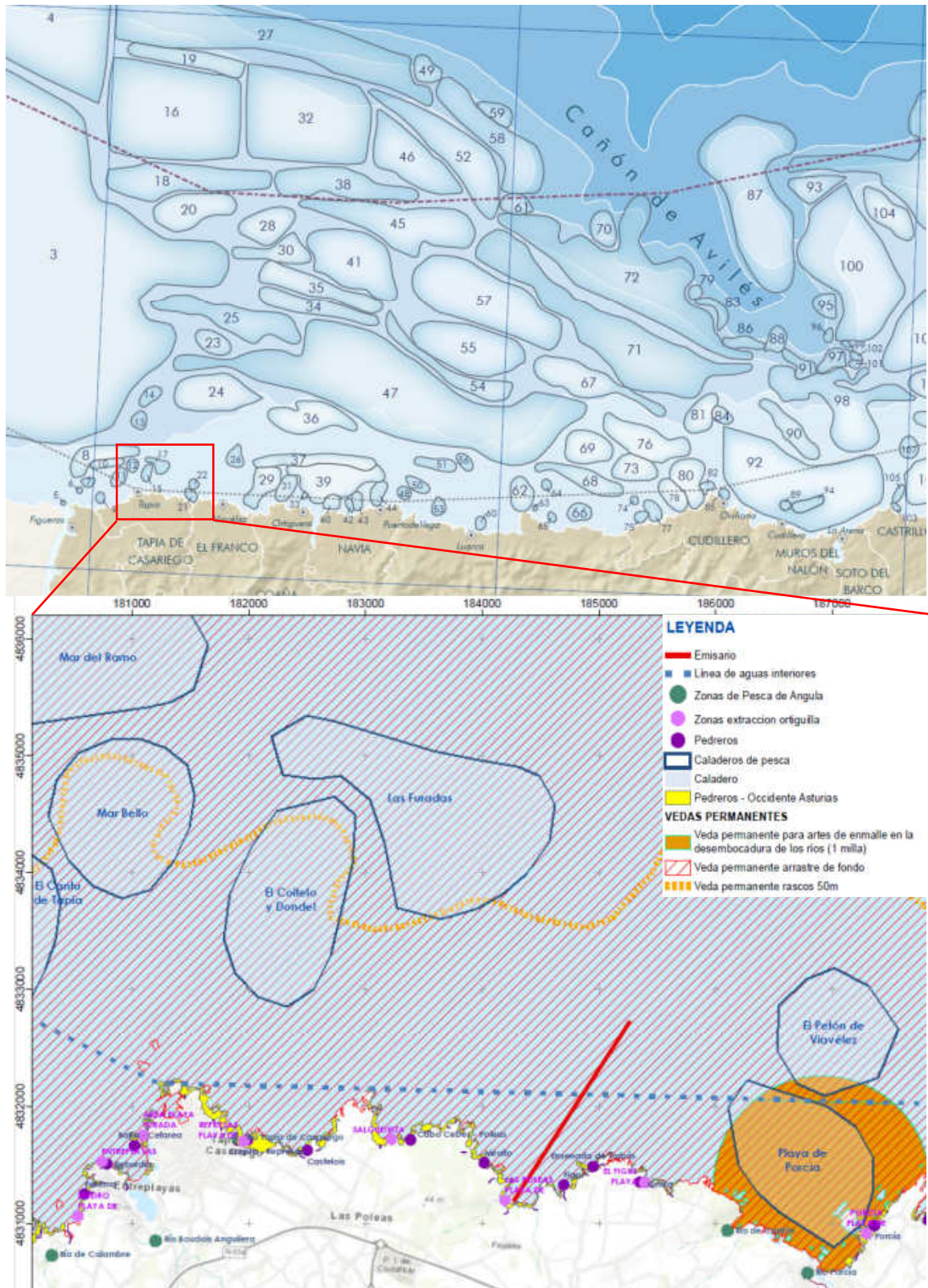


Figura 42. Caladeros en la zona de estudio

A continuación se detalla la información de los 4 caladeros más cercanos a la zona de actuación y se numeran las especies de interés pesquero objetivo:

Tabla 23. Descripción de los caladeros en la zona de estudio.

Caladero	Código	Arte de pesca	Especies objetivo	Fondo	Profundidad
El Coitelo y Dondel	15	Palangre y Nasa	Pulpo, lubina, sargo y congrio	Roca y petones	5-25 brazas
Las Furadas	17	Volanta, Beta, Rasco y Miño	Salmonete, merluza, rayas y pixín blanco	Arena, fango y cascajo	25-50 brazas
Playa de Porcía	21	Beta	Salmonete	Roca y arena	0-25 brazas
El Petón de Viavélez	22	Línea y caña y Palangre	Lubina, sargo, pulpo, maragota y cabracho	Petones	10 brazas

El caladero de Playa de Porcía es el más próximo a la zona de influencia del emisario submarino, en el cual se pescaría salmonete mediante artes de beta. Esto no es así porque, como se verá más adelante, las artes de enmalle están prohibidas en las desembocaduras de los ríos como el Porcía. En el caladero de El Coitelo y Dondel, se pesca principalmente Pulpo, el recurso más desembarcado en Tapia de Casariego, mediante artes de nasa.

Los otros dos caladeros El Petón de Viavélez y la Playa de Porcía, cercanos también a la zona de estudio, son zonas de baja actividad para esta especie y, por tanto, para las capturas generales de la flota de Tapia. Los esfuerzos pesqueros de la flota de Tapia para la captura de este cefalópodo se llevan a cabo en las inmediaciones del puerto de Tapia de Casariego (<5km) y principalmente por encima de los 50 m de profundidad.

Además del pulpo, las principales especies capturadas por flota pesquera de Tapia son el bonito del norte y la caballa, pescadas mediante artes de anzuelo. La flota de Tapia podría emplear en la zona el caladero el Petón de Viavélez para la captura de bonito del norte y caballa mediante línea de mano o cacea. El resto de caladeros de la zona de estudio, al tratarse de fondos rocoso/arenoso carentes de petones (bajos rocosos), al igual que la zona de instalación del emisario y área de influencia del vertido, son más adecuados para las artes de enmalle, artes no empleados o empleados con poca frecuencia por la flota de Tapia, según los datos de captura de esta.

3.2.1. Caladeros de pulpo

El Centro de Experimentación Pesquera (CEP) ha elaborado un mapa de actividad de algunos de los barcos que han participado en las campañas de pulpo entre los años 2015 y 2020, que permite visualizar las zonas de mayor actividad para la captura de pulpo. En las áreas sombreadas en color rojo, las de mayor actividad, se pueden identificar los caladeros 15 y 17, “El Coitelo y Dondel” y “Las Furadas”. Los otros dos caladeros El Petón de Viavélez y la Playa de Porcía, cercanos a la zona de estudio, son zonas de baja actividad para esta especie, y por tanto, para las capturas generales de la flota de Tapia.

En las imágenes también se muestra cómo los esfuerzos pesqueros para la captura de este cefalópodo se llevan a cabo en las inmediaciones de cada puerto y principalmente por encima de los 50 m de profundidad.





Figura 43. Actividad de barcos radiomarcados durante el período 2015-2020 para Plan de Explotación del Pulpo (*Octopus vulgaris*). Fuente: Centro de Experimentación Pesquera (CEP)

3.8.1.1. Zonas de Producción de Moluscos

Asimismo, la zona está incluida en la Zona de Producción de Moluscos (ZPM) AST1/03, designada por la Resolución de 29 de abril de 2009, que incluye toda el área litoral asturiana, salvo las rías del Eo y Villaviciosa, las cuales están contempladas dentro de las ZPM AST1/01 y AST1/02 respectivamente.

La ZPM AST1/03 es la que abarcaría la zona de influencia del emisario submarino proyectado. Dispone de categoría Tipo A de acuerdo con lo establecido en la sección VII del anexo III del Reglamento (CE) 853/2004, de 29 de abril (aquellas en las que pueden recolectarse moluscos bivalvos vivos para el consumo humano directo con menos de 300 coliformes fecales o menos de 230 *E. Coli* por cada 100 g de carne de molusco y liquido intervalvar). Está declarada como zona de producción de equinodermos (erizo de mar) y moluscos gasterópodos, con las siguientes especies (clasificadas en el *Reglamento (CE) 854/2004, de 29 de abril, por el que se establecen normas para la organización de controles oficiales para los productos de origen animal destinados al consumo humano*):

- Erizo de mar (*Paracentrotus lividus*)
- Erizo europeo (*Echinus esculentus*)
- Erizo violáceo (*Spaerechinus granularis*)
- Moluscos gasterópodos en general

En la Figura 42 se destaca la presencia de numerosos pedreros abiertos a la pesca profesional y recreativa a lo largo del litoral de la zona de estudio. Las especies objeto de dichas actividades en el ámbito local son bígamos, erizos, llámparas (lapas) y el pulpo. En la misma franja de la costa también se da la explotación del percebe (*Pollicipes pollicipes*).

3.8.1.2. Acuicultura

Se ha empleado el visor de datos del Centro de Experimentación Pesquera del Principado de Asturias (www.sigmarinoasturias.es) para ubicar las instalaciones acuícolas del área de estudio.

En el Río Eo se hallan tres zonas concesionadas para la acuicultura de ostra y almeja japonesa. Adicionalmente, entre Tapia de Casariego y la desembocadura del Río Eo existe una zona potencial de acuicultura marina.

En la desembocadura del río Porcía y en Viavélez se encuentran dos cetáreas con toma al mar.



Figura 44. Concesiones vigentes y potenciales de acuicultura y cetáreas en el área de estudio.

En general, las artes menores de enmalle, anzuelo y nasa que se calan cerca de costa se realizan en las proximidades de cada puerto (Ver Actividad de barcos radiomarcados durante el período 2015-2020 para Plan de Explotación del Pulpo (*Octopus vulgaris*). *Fuente:* Centro de Experimentación Pesquera (CEP)). Tras Tapia de Casariego, el otro puerto con flota pesquera más cercano a la zona de estudio sería el de Viavélez. Este puerto no cuenta con embarcaciones

de artes mayores, **dedicándose las embarcaciones de artes menores principalmente a la captura de pulpo y a mariscos como el centollo o la nécora, mediante nasas y, por tanto, son capturas que se llevan a cabo en las inmediaciones de dicho puerto y no en la zona de estudio.**

En la zona de estudio, de todas las especies establecidas en la *Resolución de 29 de abril de 2009, de la Consejería de Medio Rural y Pesca, por la que se declaran y clasifican las zonas de producción de moluscos bivalvos y otros invertebrados marinos en aguas competencia del Principado de Asturias*, **únicamente se capturarían llámparas o bígamos en la línea de costa. Las capturas de estas especies, según los datos de lonja, son muy poco significativas.**

La captura de percebes se realiza exclusivamente a pie sobre roca en las zonas de rompiente de la zona de estudio, incluida en el Área del Plan de Gestión de Tapia-Figueras. Las zonas vedas se establecen para cada campaña anual en dicho plan y varía cada año.

La zona de entrada del emisario en la franja sublitoral se lleva a cabo a través de la playa de Las Poleas, donde **no existe sustrato rocoso mediolitoral de entidad**, además se realizará mediante Perforación Horizontal Dirigida (PHD) (técnica que evita la apertura de zanjas o voladuras, interactuando exclusivamente con el subsuelo, sin afectar a las zonas superficies), por lo que **el discurrir del emisario no interactuará de forma directa con los caladeros de percebes, llámparas y bígamos o con la propia actividad extractiva.** En este caso únicamente habrá que tener en cuenta la incidencia indirecta del proyecto sobre dichas especies.

3.8.1.3. Puertos pesqueros

La zona de estudio queda al alcance de la flota pesquera de puerto de Tapia de Casariego a 3 km, y Viavélez a 6 km, aunque si se tiene en cuenta el esfuerzo pesquero analizado durante el período 2015-2020 para el Plan de Explotación del Pulpo (*Octopus vulgaris*). (Fuente: Centro de Experimentación Pesquera (CEP)), puede verse cómo las flotas artesanales de la zona dedicadas a esta especie (la principal especie objeto de captura de ambas flotas), concentran su actividad en las inmediaciones de sus respectivos puertos¹.

¹ La Resolución de 19 de noviembre de 2020, de la Consejería de Medio Rural y Cohesión Territorial, por la que se regula la pesca del pulpo común (*Octopus vulgaris*) durante la campaña 2020/2021 establece que las embarcaciones pertenecientes al plan de gestión no podrán capturar pulpo como especie objetivo fuera del ámbito territorial de dicho plan. Por este motivo, en la zona de estudio, sólo podría capturar pulpo, principal recurso de las flotas pesqueras en el contexto de área de estudio, las embarcaciones pesqueras de Tapia de Casariego, al encontrarse dicha zona en el ámbito territorial del plan de Tapia. La flota de Viavélez también

El puerto de Tapia de Casariego es un puerto pesquero y deportivo con un calado de dársena de 8 metros y varadero para buques de 3 Tm y 20 amarres. Las infraestructuras y especies de la zona hacen que predomine la pesca artesanal mediante artes menores.

3.8.1.4. Flota

En Asturias, cerca del 70 % de la flota es de tipo artesanal, una de las modalidades más sostenibles, y trabaja en la franja de las 12 millas a la costa para el abastecimiento de producto fresco. La flota pesquera de Tapia de Casariego entra dentro de este grupo, y se dedica principalmente a las artes de pesca menores del Cantábrico NW. **El recurso más productivo y con mejor resultado económico en el puerto de Tapia de Casariego es el pulpo.**

Como dato relevante de la actividad pesquera, en el siguiente gráfico se observa una disminución del número de embarcaciones pesqueras en el concejo de Tapia de Casariego y en el Principado de Asturias en general, **reduciéndose casi en torno a una tercera parte en los últimos 27 años (1992-2019):**

se dedica principalmente al pulpo y en menor medida a determinados mariscos que también se capturan principalmente con nasas, al igual que el pulpo, por lo que no es habitual que la zona de estudio y sus inmediaciones sea empleada por la flota pesquera de Viavélez.

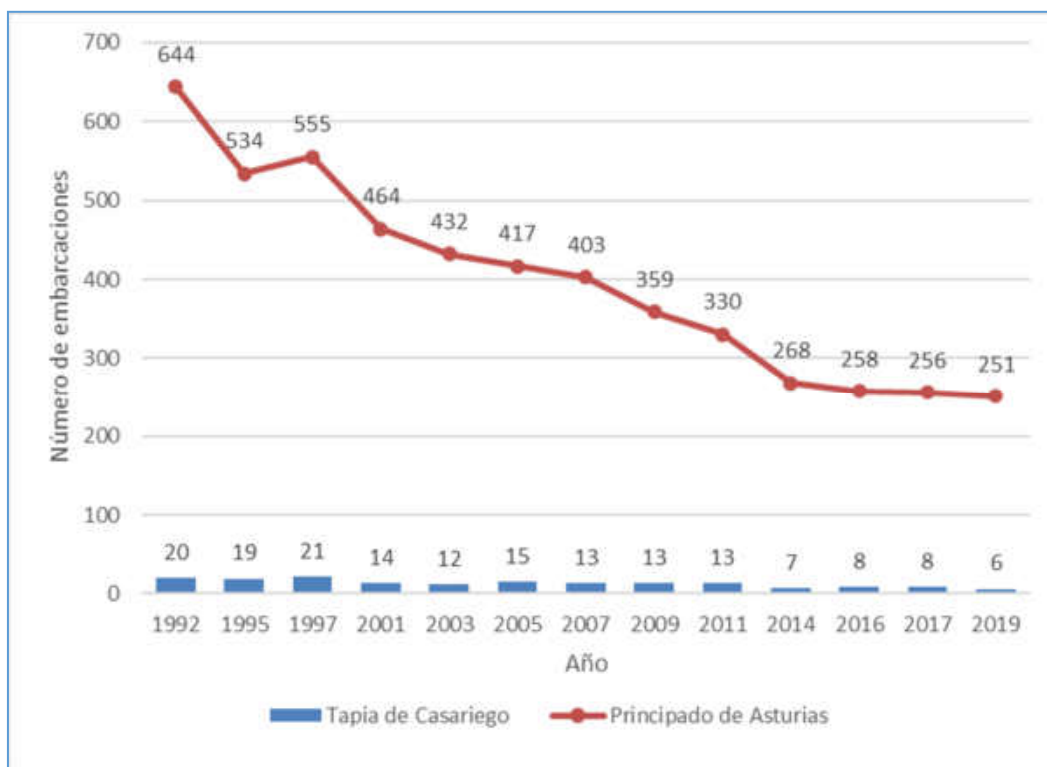


Figura 45. Evolución del número de embarcaciones pesqueras del Principado de Asturias frente a Tapia de Casariego entre 1992 y 2019. Fuente: SADEI

3.8.1.5. Mariscadores

Los mariscadores de la zona se dedican fundamentalmente a la captura de percebe dentro del plan de explotación de esta especie para Tapia/Figueras. Según la *Resolución de 16 de septiembre de 2020, de la Consejería de Medio Rural y Cohesión Territorial, por la que se regula la campaña 2020/2021 de extracción del percebe y se aprueban los planes de explotación, el número máximo de mariscadores admitido en la campaña 2020/2021 para el Plan de Tapia/Figueras es de 24.*

A continuación, se presenta una gráfica con la evolución del número de percebeiros en dicho plan durante los últimos 20 años (Fuente: CEP).

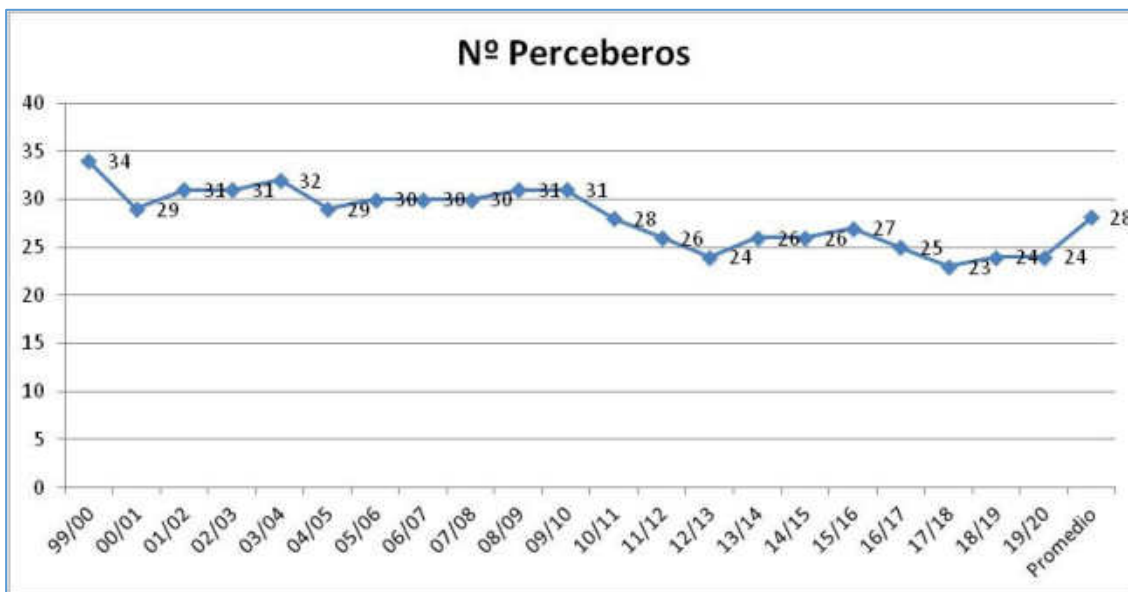


Figura 46. Número de perceberos para el plan de explotación Tapia/Figueras (1999-2020)

En la gráfica anterior se observa como el número de perceberos ha ido disminuyendo ligeramente a lo largo de estos años apreciándose dos periodos: En la primera década del siglo XXI, el número variaba entre 29 y 31 perceberos, mientras que, en la segunda década, este número ha sido algo inferior, variando entre los 28 y los 23, según año. **El promedio es de 28 perceberos, frente a los 24 actuales.**

Se ha analizado la actividad de la flota pesquera de Tapia de Casariego entre los años 2016-2020, empleando los datos de captura subastada en la lonja de dicha población (Fuente: DGPM).

En este periodo se observa como las capturas de moluscos y concretamente de **pulpo**, dominan frente al resto (93% en peso y 96% en €). Se observa una disminución de las capturas en el año 2020 debido a una disminución del volumen de pulpo desembarcado. Esto puede ser debido a dos causas fundamentalmente, una disminución del esfuerzo pesquero por el aumento de días de mala mar o la disminución del recurso, que presenta un stock anual muy variable debido al corto ciclo de vida que posee esta especie.

En 2016 era también reseñable la **captura de peces**, aunque actualmente **no suponen más el 2% del volumen de captura de la flota de Tapia**. En este sentido, la segunda especie en importancia para la flota local sería el bonito del norte.

Según el plan de explotación de Tapia/Figueras para el percebe con datos de captura del periodo 1999-2020 (Fuente: CEP), **el número de percebeiros ha ido disminuyendo ligeramente a lo largo de estos años** apreciándose dos periodos: En la primera década del siglo XXI, el número variaba entre 29 y 31 percebeiros mientras que, en la segunda década, este número ha sido algo inferior, variando entre los 28 y los 23, según año. El promedio es de 28 percebeiros frente a los 24 actuales.

El promedio de capturas en el plan de explotación de Tapia/Figueras es de 8.621 kg. Existe una clara relación entre el volumen de capturas y los días de mar, ya que los rendimientos por percebeiro y día se mantienen prácticamente constantes y aproximados a los cupos diarios (6-8 Kg/día/marea), a lo largo de los últimos años.

Por otro lado, existe cierto descenso, durante el periodo analizado, en el porcentaje de capturas de percebe que se realizan en las inmediaciones de la zona de estudio pasándose de más de un 10% del total del área del Plan de explotación de Tapia/Figueras a tan sólo el 4 % en la última campaña. Las capturas promedio en dicha zona ascienden a 1.154 kg/año.

Por todo lo visto se puede decir que las capturas de la flota y mariscadores de Tapia de casariego se centran en el pulpo (96% del valor total de las capturas 2018-2020) con nasa y el percebe, siendo el resto capturas complementarias, dirigidas a bonito del norte o la caballa con artes de anzuelo.

3.3.2 Tráfico marítimo

El emisario submarino se halla en una zona de muy baja densidad de tráfico marino, puesto que se adentra menos de 2 km en el mar y queda protegida entre la Punta del Pedrón y la Punta de la Furada.

El siguiente mapa, muestra la densidad de puntos de AIS obtenidos durante 2019 en la región objeto de estudio.

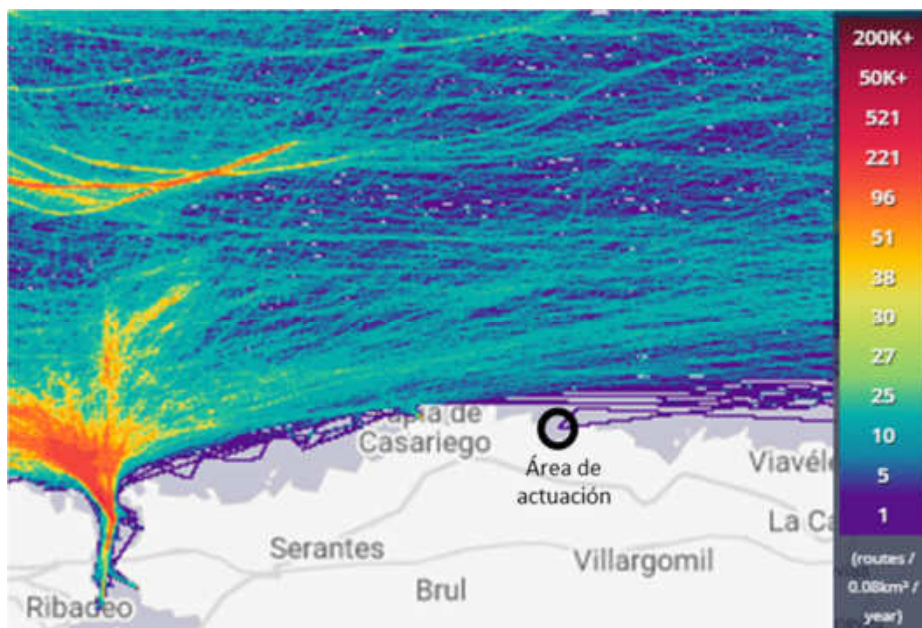


Figura 47. Densidad de tráfico marítimo en la zona (Tecnoambiente a partir de Marine Traffic).

3.2.3. Elementos antrópicos preexistentes

Según el visor de datos del Centro de Experimentación Pesquera del Principado de Asturias (www.sigmarinoasturias.es), la única área con arrecifes artificiales se sitúa a unos 4 km del punto de vertido del emisario.



Figura 48. Ubicación de arrecifes artificiales.

Durante la caracterización del fondo marino mediante sonar de barrido lateral llevada a cabo tampoco se identificó ningún arrecife artificial u otras estructuras de origen antropogénico sobre el lecho marino.

No se prevé la afección de otras infraestructuras lineales ni elementos antrópicos presentes en el trazado.

4. ESTUDIO DE LA COMPATIBILIDAD DEL PROYECTO CON LA ESTRATEGIA MARINA DE LA DEMARCACIÓN NORATLÁNTICA

4.1. CARACTERIZACIÓN DE LOS IMPACTOS ASOCIADOS A LA EJECUCIÓN DEL PROYECTO

La siguiente tabla resume los principales impactos ambientales asociados a la instalación de emisarios submarinos. La información ha sido sintetizada a partir de las publicaciones *The Ecological Impacts of Submarine Tailings Placement* (Morello et al., 2016) y *Environmental Impact Assessment Guidelines for Mine Development and Tailings Disposal at Tropical Coastal Mines* (SPREP, 1996). La intensidad y significancia de los impactos detallados pueden reducirse en función de la alternativa seleccionada. En el apartado siguiente se valorarán para cada alternativa.

Tabla 24. Caracterización de los impactos generados por el emisario submarino.

Tipo de impacto	Descripción ¹	Alcance espacial	Alcance temporal	Significancia / Intensidad	Signo
Alteración física del sustrato y las comunidades bentónicas	FC: Alteración del lecho marino debido a las actividades de instalación y protección del emisario.	Limitado a lo largo de todo el recorrido del emisario y al ancho del conducto o las estructuras de soporte de este	Permanente. El emisario se posa directamente sobre el fondo.	Depende del tipo de comunidad afectada y el % de la superficie total. BL: bajo; AE: bajo ²	Negativo
	FF: El vertido puede provocar una sedimentación de los sólidos sobre el fondo y el soterramiento de las comunidades.	La mayoría de los sólidos en suspensión se depositan en un radio de 25-50 m del emisario.	Persistente durante el funcionamiento del emisario (14 años).	Baja: la superficie es muy limitada y el sedimento es movilizable en los años más hidrodinámicos	Negativo
Alteración física de la calidad de las aguas	FC: Resuspensión del sedimento y aumento de turbidez de las aguas por la instalación del emisario.	Local: la turbidez no alcanzaría la franja litoral	Depende de las características del sustrato y las corrientes, pero generalmente es de corto plazo, del orden de horas-días.	Poco significativo. Puede afectar temporalmente la capacidad de depredación de los peces (al reducir la visibilidad), afectar las branquias (sobre todo a alevines). Afecta temporalmente la capacidad de filtración de invertebrados sésiles	Negativo

Tipo de impacto	Descripción ¹	Alcance espacial	Alcance temporal	Significancia / Intensidad	Signo
	FF: Incremento de la turbidez y alteración de la columna de agua por los sólidos suspendidos y la temperatura del efluente.	Zona de Mezcla Ambiental = 3,3 m	Persistente durante el funcionamiento del emisario (14 años)	Elevada significancia. Afecciones permanentes (14 años) sobre las especies (visibilidad, depredación, filtración y respiración)	Negativo
Contaminación química	FC: Resuspensión de contaminantes presentes en el sedimento. Vertidos accidentales desde los barcos de trabajo	Limitado	Limitado	Poco significativo (sustrato mayoritariamente rocoso), se aplican buenas prácticas.	Negativo
	FF: Arsénico principalmente (ecotoxicidad plancton, peces, bentos...) y una acumulación de sulfuros mineralógicos	La mayoría de los sólidos en suspensión se depositan en un radio de 25-50 m del emisario.	Persistente durante el funcionamiento del emisario (14 años).	Elevada significancia. Sedimentación de 687 kg/m ² al año	Negativo
Ruido subacuático	FC: Ruido producido por las operaciones de instalación y protección del emisario.	Depende de la batimetría y el tipo de fondo.	Solamente en la fase de instalación.	La intensidad de ruido es capaz de generar una pérdida temporal de audición a los mamíferos marinos, por lo que se prevé que estos (en caso de estar presentes) se alejen de la zona.	Negativo
Limitación de actividades acuáticas como la pesca o el fondeo	FC y FF: Todo el recorrido del emisario quedará inhabilitado para estas actividades. Se señalará en las cartas náuticas.	Todo el recorrido del emisario	Permanente	Hay caladeros y pesca en la costa (calado de nasas y marisqueo). Por lo que respecta al fondeo, la zona de aterraje es una zona poco propicia. A pesar de ello no se descarta que sea utilizada y, en este caso, el impacto sería moderado.	Negativo

¹ **descripción:** fase constructiva (FC), fase de funcionamiento (FF)

² **comunidades:** arenas infralitorales (AI), bosques de laminarias (BL), algas esciáfilas (AE)

4.2. VALORACIÓN DE LOS IMPACTOS Y SU COMPATIBILIDAD CON LOS OBJETIVOS DE LA ESTRATEGIA MARINA

En los siguientes apartados se valora la compatibilidad de las actuaciones propuestas con la consecución de Objetivos Ambientales establecidos por el documento *Estrategia marina de la demarcación Noratlántica: parte V; Objetivos ambientales (2012)* (véase **Tabla 1.**).

4.2.1. Objetivo Ambiental A.1.1

4.2.1.1. Definición

Reducir la intensidad y área de influencia de las presiones antropogénicas significativas sobre los **hábitats bentónicos**, con especial atención a los hábitats biogénicos y/o protegidos que representan puntos calientes de biodiversidad y son clave para asegurar los servicios y funciones del medio marino: fondos de maërl, comunidades de laminarias, comunidades de corales de aguas frías, comunidades dominadas por pennatuláceos, agregaciones de esponjas circalitorales y profundas y jardines de coral. En particular evitar la pesca con artes y aparejos de fondo sobre los hábitats más sensibles, como los montes submarinos, comunidades de coralígeno y maërl y corales de aguas frías; evitar o reducir la construcción de infraestructuras que puedan afectar a hábitats sensibles; evitar/reducir los efectos directos e indirectos de los dragados sobre los hábitats bentónicos vulnerables; y evitar los efectos adversos de la explotación de recursos marinos no renovables sobre los hábitats biogénicos y/o protegidos.

Se relaciona con los **descriptores D1 y D6 (biodiversidad y fondos marinos)**.

4.2.1.2. Indicadores

Superficie (o cualquier tipo de indicador apropiado) de hábitats biogénicos y/o hábitats protegidos potencialmente afectados por actividades humanas y sus tendencias.

4.2.1.3. Valoración del impacto

La construcción del emisario submarino produciría un impacto directo e indirecto sobre los fondos marinos. El impacto directo se deriva de la eliminación de las comunidades bentónicas del lecho marino debido a la instalación del emisario, mientras que el impacto indirecto es consecuencia de la deposición de las partículas suspendidas aportadas por el efluente sobre el fondo, la cual supone el soterramiento de grado variable de las comunidades bentónicas (fase de funcionamiento).

Fase de construcción: eliminación de las comunidades bentónicas del lecho marino debido a la instalación del emisario

La destrucción de hábitats directa está producida por la colocación del emisario submarino directamente sobre el fondo (fase de construcción). Para minimizar el paso por encima de las comunidades, como medida preventiva/mitigadora se ha optado por la prolongación del tramo soterrado de emisario todo lo que las técnicas actuales de microtunelación (PHD) permitan, es decir, hasta 800 m en el tramo marino. La PHD permite ejecutar un túnel desde el punto de arranque en tierra, y salir al lecho marino en la posición deseada. De esta forma se evitan las afecciones sobre la comunidad de arenas infralitorales y toda la zona de interfaz tierra-mar. La interfaz tierra-mar destaca por ser la zona de costa donde se lleva a cabo el marisqueo para la captura principalmente del percebe.

Más allá del tramo de PHD, el emisario irá apoyado directamente sobre el fondo, hecho que implica una destrucción de los hábitats bentónicos inevitable. En la zona sublitoral del área de estudio la mayor parte del fondo es rocoso, aunque cuenta con algunas franjas que presentan arenas y/o detritos fangosos. Ambos tipos de sustratos son adecuados para contar con la presencia de pulpo, el principal recurso pesquero capturado en la zona por la flota pesquera profesional². Por lo tanto, la instalación del emisario reducirá una pequeña parte de las comunidades bentónicas presentes en el lecho y que albergan a este recurso.

La tabla siguiente detalla el resto de comunidades que se verían afectadas directamente por el trazado del emisario en cada alternativa son las siguientes y su área de afección, dado el diámetro de 355 mm del emisario y la longitud del tramo del emisario con el que se solapa.

Tabla 25. Área de afección a los hábitats bentónicos por la construcción del emisario.

Alternativa	Longitud emisario emergido (m)	Superficie de la comunidad afectada (m ²)	
		BL+AF+AE	AE
P01	30	9	0
P02	630	189	9
P03	1120	189	156

BL: Bosques de laminarias; AF: Algas fotófilas; AE: Algas esciáfilas.

² La pesca recreativa en mar abierto se localiza a más de 2 km ya que suele asociarse a los petones.

Se afectarían únicamente dos comunidades bentónicas. En el caso de la alternativa P01, solamente la comunidad de BL+AF+AE. Aun así, cabe destacar que las tres alternativas suponen la ocupación de una superficie muy limitada en relación a la superficie abarcada por los caladeros de la zona, particularmente la P01, en la cual la práctica totalidad del emisario irá enterrado mediante la técnica PHD por lo que prácticamente no existirá una afección directa sobre los hábitats.

Fase de funcionamiento: afección de las comunidades del lecho marino debido a la deposición de finos (<63µm) en las inmediaciones de los difusores del emisario

Uno de los principales efectos durante la fase de funcionamiento del emisario derivará del enterramiento de las comunidades bentónicas presentes en las inmediaciones de este por la deposición del material particulado vertido.

En la siguiente tabla extraída del informe de “Análisis ambiental y estudios de detalle complementarios para un emisario submarino en Tapia de Casariego” (IH Cantabria, 2019) se recogen los valores de la superficie de sedimentación para concentraciones de sólidos acumulados en el fondo igual o superior a 20 kg/m² anuales para los escenarios con vertido ubicado en P01, P02 o P03. Estos cálculos consideraron que la alternativa P01 vertería aguas y lodos, algo que se ha modificado posteriormente planteándose solo el vertido de aguas, por lo que este efecto debe considerarse nulo para dicha alternativa.

Tabla 26. Áreas de sedimentación (ha) en función de la concentración de sólidos acumulados en el fondo. Fuente:

Ubicación del vertido	Profundidad (m)	Superficie de fondo (Ha)		
		≥ 20,0 kg/m ²	≥ 100 kg/m ²	≥ 500 kg/m ²
P01	16,5	0	0	0
P02	24,5	4,44	0,56	0,06
P03	35,5	4,87	0,50	0,06

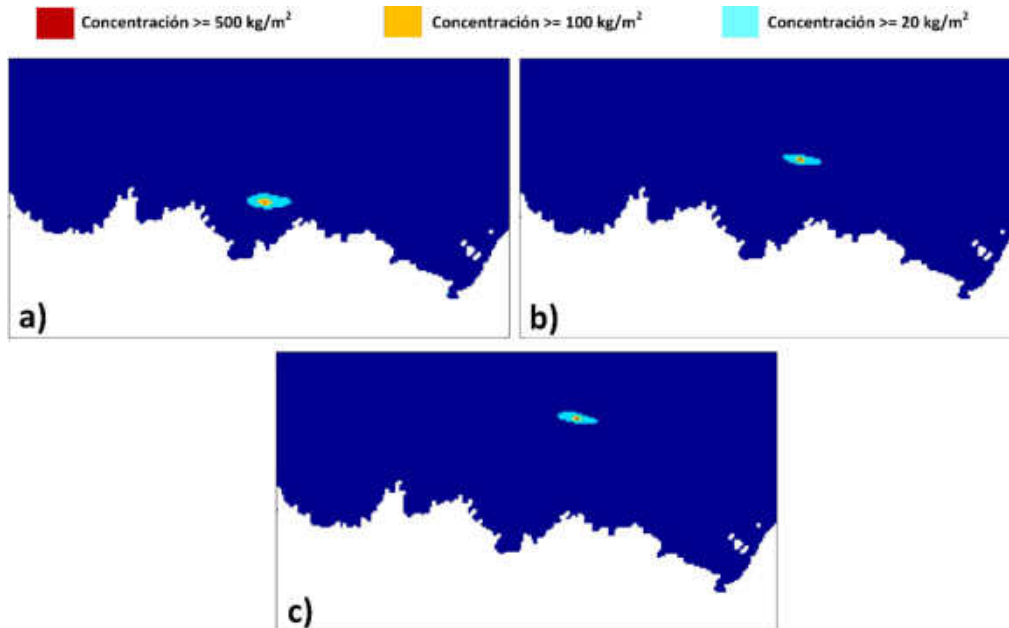


Figura 49. Áreas de sedimentación preferente en función de la concentración sedimentada a) Vertido en la ubicación P01 b) Vertido en la ubicación P02 c) Vertido en la ubicación P03

En la figura y la tabla anteriores se observan muy pocas diferencias entre el área de sedimentación de las alternativas P02 y P03.

A continuación, se representa la superficie de sedimentación preferencial zonificada por las concentraciones de sólidos acumulados en superposición con la cartografía bionómica.

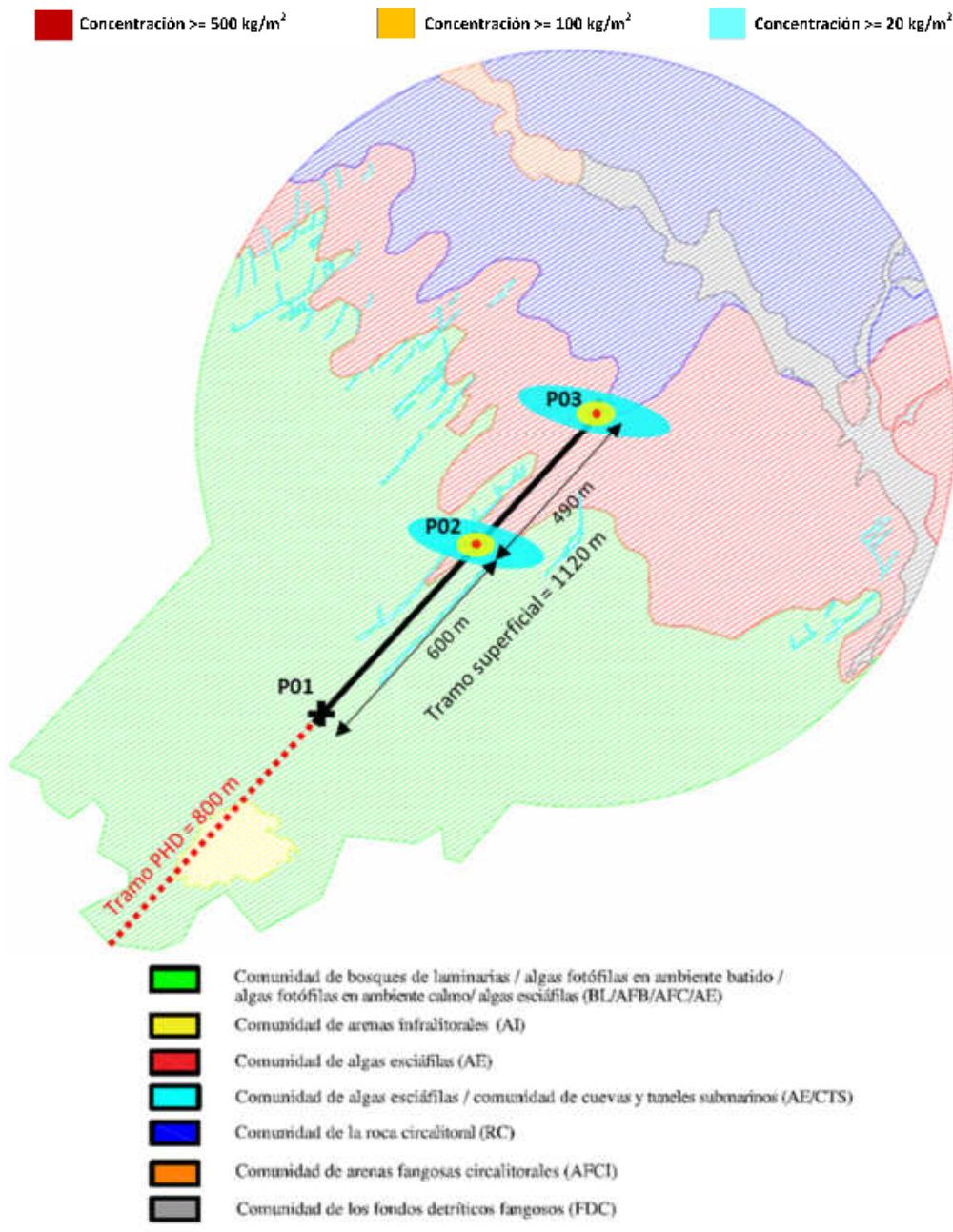


Figura 50. Área de afección por el trazado del emisario y la superficie de sedimentación de sólidos sobre las comunidades bentónicas.

La sedimentación de los materiales aportados por el emisario afecta a las comunidades de bosques de laminarias, algas fotófilas y cuevas y túneles submarinos para la alternativa P02. La alternativa P03 únicamente afecta a las comunidades de algas esciáfilas y de roca circalitoral. Todas las comunidades descritas se asocian con el HIC 1170 "Arrecifes". El HIC 8330 "Cuevas marinas sumergidas o semisumergidas" no se ve afectado por el emisario.

Cualitativamente, para la alternativa P03 la comunidad más afectada por el emisario es la de algas esciáfilas. Según la escala de valoración aplicada la combinación de las comunidades

AFB+AFC+BL, y AE+BL presentaría una fragilidad ecológica media: A pesar de su extensión y el grado de desarrollo medio que presenta, la ausencia de especies protegidas, especies ictiológicas y su baja singularidad en la zona, limitan su fragilidad ecológica. Las afecciones sobre los fondos rocosos circalitorales son mínimos. Esta comunidad presenta una fragilidad ecológica media, dado su desarrollo, pero la ausencia de especies protegidas, especies ictiológicas y su baja singularidad en la zona, limitan su fragilidad ecológica.

El enterramiento de estas comunidades supone la cobertura de las especies de baja movilidad o sésiles. Adicionalmente, el enterramiento puede producir el taponamiento de orificios de alimentación de algunos organismos. Sin embargo, la elevada movilización de los sedimentos por el hidrodinamismo reduce dichos efectos.

Los datos aportados por el estudio de sedimentación (Tabla 26) no permiten determinar el área exacta de soterramiento de cada una de las comunidades separadamente, solamente la afección global a todo el HIC1170 para cada alternativa, la cual es el 100% del área de sedimentación.

Cabe destacar que durante el PVA se deberá comprobar la extensión del área de sedimentación de las partículas del efluente, dada la proximidad de las comunidades de roca circalitoral y de cuevas y túneles submarinos.

Tabla 27. Superficie de los HICs y comunidades afectadas por el emisario en la Demarcación Noratlántica y en Asturias.

Demarcación Noratlántica	Superficie DM NOR (m ²)	Superficie Asturias (m ²)
Comunidad de bosques de laminarias	235.020.000	15.670.000
Comunidad de roca circalitoral (sustrato biogénico)	47.000.000	Indeterminada
HIC 1170 Arrecifes	12.297.580.000	Indeterminada

Los fondos rocosos se extienden de forma prácticamente continua a lo largo de toda la plataforma continental situada frente a la fachada atlántica entre los límites con Portugal y Francia. La gran extensión que ocupa el tipo de hábitat 1170 a lo largo de las costas españolas y las aguas territoriales, su distribución irregular y dispersa, además de la falta de la cartografía precisa, no hacen posible determinar la extensión exacta del hábitat.

Teniendo en cuenta la superficie total que ocupa el HIC 1170 en la Demarcación Noratlántica, así como la superficie previsiblemente afectada, se ha calculado el porcentaje afectado de cada uno respecto a la superficie total que ocupan en la Demarcación Noratlántica.

Para realizar la comparativa de la afección de HIC en relación a la superficie total que ocupan en la Demarcación Noratlántica, se ha consultado la superficie global del HIC 1170 de la cartografía de HIC del MITECO (https://www.miteco.gob.es/es/cartografia-y-sig/ide/descargas/biodiversidad/habitat-art17-2007_2012.aspx).

Tabla 28. Superficie HIC afectada por el proyecto respecto a la superficie que ocupan en la región marina atlántica

Alternativa	Superficie afectada del HIC 1170 (m ²)	Superficie HIC 1170 en la DM Noratlántica (m ²)	Porcentaje respecto a la superficie total del HIC en la Demarcación
P01	0	12.297.580.000	0
P02	44400		0,000361047%
P03	48700		0,000396013%

Como puede observarse en la tabla anterior, la superficie de HIC 1170 previsiblemente afectada por el proyecto supone un porcentaje ínfimo respecto a la superficie de dichos hábitats en la Demarcación Noratlántica. Por último, se remarca que dicho HIC no está incluido dentro de la ZEC Penarronda-Barayo.

Con tal de corroborar que las afecciones a los hábitats bentónicos se limitan a las previstas, como medida preventiva a aplicar a las alternativas P02 y P03 se incluirá en el PVA un seguimiento periódico de la deposición de los sólidos de *tailing* mediante sonar y filmaciones que permitan ver su distribución.

Paralelamente, también se ha querido valorar la reducción del caladero del pulpo debido a la sedimentación de partículas. La sedimentación no afectaría al resto de recursos y actividad pesquera descrita en el contexto del área de estudio por situarse a mayor distancia (caladeros de petones a mas de 2 km), o en la zona mediolitoral (marisqueo y pesca con caña).

Para ello se ha empleado los planos de esfuerzo pesquero incluido en el “INFORME SOBRE EL SEGUIMIENTO DE LA CAMPAÑA DE PULPO 2019/2020” del CEP para el periodo 2015-2020. A

continuación se muestra la zona con actividad de la flota de Tapia para la captura de pulpo. Esta área se extiende sobre 1.115 Ha. A pesar de que la zona de influencia del emisario se encuentra en un área de menor actividad, se ha partido de la hipótesis más desfavorable, que es considerar todo el caladero con similar esfuerzo pesquero.



Figura 51. Zona con mayor actividad de la flota de Tapia para la captura de pulpo.

La alternativa P01, como ya se ha visto, no afectaría al caladero por la deposición de finos. Para la alternativa P02 la decantación de finos afectaría un área de 4,44 Has y para P03, se afectarían 4,87 Has. Se puede decir que con la puesta en marcha del emisario se perdería una superficie del caladero de pulpo, si el vertido se realizara a 16,5 m de profundidad, del 0% (vertido de aguas (alternativa P01)), del 0,39% respecto al total, si se realiza a 24,5 m (P02) y del 0,44%, si el vertido se lleva a cabo a 35,5 m de profundidad (P03), siendo estos porcentajes muy bajos.

Conclusión

Teniendo todo esto en cuenta, la escasa superficie afectada de HIC (<0,001%), el caladero de pulpo y la ausencia de comunidades sensibles y singulares, así como la previsión de medidas preventivas, el método instalación y el funcionamiento del emisario, **el impacto previsto se**

considera **COMPATIBLE** con el objetivo de la Estrategia Marina Noratlántica A.1.1 para las 3 alternativas. Particularmente para:

- La alternativa P01 el impacto es prácticamente nulo (se limita a 30 m de afección por el trazado del emisario)
- Para las alternativas P02 y P03 las afecciones son similares: negativas, pero de baja intensidad, siendo ligeramente superiores en la alternativa P02.

4.2.2. Objetivo Ambiental A.1.4

4.2.2.1. Definición

Reducir las principales causas de mortalidad y disminución de las poblaciones de grupos de especies no comerciales en la cima de la cadena trófica (mamíferos marinos, reptiles, aves marinas, elasmobranquios pelágicos y demersales), tales como capturas accidentales, colisiones con embarcaciones, ingestión de basuras marinas, depredadores terrestres introducidos, contaminación, destrucción de hábitats y sobrepesca.

Se relaciona con los **descriptores D1, D3 y D4 (biodiversidad, especies explotadas comercialmente y redes tróficas)**.

4.2.2.2. Indicadores

Mortalidad de las poblaciones de grupos de especies en la cima de la cadena trófica.

4.2.2.3. Valoración del impacto

La instalación y el funcionamiento de los emisarios submarinos pueden afectar a ciertas especies de mamíferos marinos y aves debido a 4 factores: aumento del ruido submarino, riesgo de colisiones con las embarcaciones durante la construcción del emisario, el aporte de contaminantes por parte del efluente con la correspondiente biomagnificación a lo largo de la cadena trófica y el aporte partículas en suspensión.

Fase de construcción: aumento de ruidos y vibraciones submarinas debido a la instalación del emisario.

Durante la fase de construcción, la presencia de embarcaciones de gran tamaño en zonas someras puede producir, durante un corto período de tiempo, una disminución significativa de

la calidad del ambiente acústico, con el potencial de afectar la capacidad de los mamíferos marinos para ecolocalizar presas y/o comunicarse.

Esto puede derivar, además, en modificaciones en el comportamiento de otras especies presentes en la zona como aves y peces, que probablemente evitarán la zona. También se debe considerar potenciales colisiones entre las embarcaciones implicadas con animales en la cima de la cadena trófica, especialmente cetáceos.

Las especies en la cima de la cadena trófica con mayor probabilidad de presencia en la zona de ejecución del proyecto, por su carácter costero, mayor sensibilidad a la presencia de embarcaciones y elevados niveles de ruido, así como mayor grado de protección legal son las siguientes:

- Delfín mular (*Tursiops truncatus*)
- Marsopa (*Phocoena phocoena*)
- Nútria (*Lutra lutra*)
- Ostrero euroasiático (*Haematopus ostralegus*)
- Paíño europeo (*Hydrobates pelagicus*)
- Cormorán moñudo (*Phalacrocorax aristotelis*)
- Pardela balear (*Puffinus mauretanicus*)

Entre las principales amenazas de estas especies se encuentran las molestias ocasionadas por la presencia de actividad humana y el ruido asociado (aéreo o submarino). Particularmente para el ostrero euroasiático y el paíño europeo, los elevados niveles de ruido durante el periodo de cría pueden afectar negativamente a la población. Adicionalmente, estas dos aves, juntamente con el cormorán moñudo y la nutria, se encuentran en el Catálogo Regional de Especies Amenazadas del Principado de Asturias.

Si bien la pardela balear no cría en el noratlántico, se valora especialmente su presencia dado que se incluye en el Libro Rojo de las aves de España (2004) como “En peligro crítico” y aparece como “En peligro de extinción” en el Catálogo Nacional de Especies Amenazadas.

Se han descartado las afecciones sobre los otros cetáceos asociados al HIC 1170 pero no incluidos en el instrumento de gestión de la ZEC-ZEPA Penarronda-Barayo (*Delphinus delphis*, *Stenella coeruleoalba*, *Globicephala melas*, *Balaenoptera physalus* y *Physeter catodon*) dado que su presencia costera es puntual.

Con el objetivo de minimizar el impacto del ruido sumbarino, e independientemente de la alternativa escogida, se recomienda realizar la instalación del emisario durante el periodo invernal. Esta medida preventiva permite evitar el periodo reproductor del ostrero euroasiático y el paíño europeo y la época de mayor presencia de delfines. No obstante, no se puede evitar la temporada reproductiva del cormorán moñudo, ya que inicia su periodo reproductivo en noviembre terminando en mayo, si bien no se va a actuar sobre zonas rocosas emergidas (e.g. islotes) en los que se desarrolla.

Este efecto también se considera poco significativo al tratarse de una afección no letal y presente por un **corto perdido de tiempo** (días), para las tres alternativas.

Fase de construcción: riesgo de colisión de ciertas especies con las embarcaciones.

Otra medida preventiva a realizar es la formación de las tripulaciones para identificar especies de mamíferos marinos potencialmente afectados, así como el protocolo de navegación para evitar su afección. Las tripulaciones dan parte en caso de detección e informan del desarrollo de los trabajos durante el seguimiento ambiental de los trabajos de construcción. Cabe mencionar que especies como delfines raramente colisionan con embarcaciones debido a su elevada capacidad natatoria, aún más si se tiene en cuenta que la embarcación de instalación navegará a baja velocidad.

Este efecto también se considera poco significativo al tratarse de una afección poco probable y presente por un **corto perdido de tiempo** (días), para las tres alternativas.

Fase de funcionamiento: incremento de la concentración de contaminantes en el sedimento y disueltos en las aguas colindantes por el vertido de material

Con referencia a los efectos de contaminación, estos vienen dados principalmente por la sedimentación de los sólidos en suspensión en las cercanías del emisario con un elevado contenido de metales traza. Estos pueden ser bioacumulados por los organismos bentónicos y biomagnificados a lo largo de la cadena trófica hasta ser asimilados por los depredadores apicales (**ver Objetivo Ambiental B.2.4**).

La bioacumulación de contaminantes es menos probable que se dé a través del medio acuático por organismos planctónicos y sésiles dado que los sólidos vertidos son compuestos mineralógicos (sulfuros refractarios) que no reaccionan con el agua y, por lo tanto, no liberan concentraciones de sustancias tóxicas al medio acuático. Sin embargo, tampoco se puede descartar la bioacumulación a través del agua, dado que, a pesar de escasear la bibliografía sobre efectos de contaminantes sobre el plancton, tanto el fitoplancton como el zooplancton se encuentran en la base de la red trófica marina y son muy relevantes en aspectos relativos a la productividad, abundancia y distribución de grupos tróficos o especies clave en el mantenimiento de la productividad a niveles tróficos superiores.

Por este motivo se han realizado una serie de simulaciones de dilución para determinar los niveles de contaminantes en la propia zona de dilución y sus alrededores. De acuerdo con los resultados obtenidos para la dilución inicial en continuo de las tres alternativas, se ha verificado el cumplimiento de los objetivos de calidad en el medio de las sustancias disueltas recogidas en el efluente de la mina de Salave que presentan criterios límite en agua aplicables de acuerdo con el Real Decreto 817/2015 (arsénico (As), cadmio (Cd), cobre (Cu), níquel (Ni), plomo (Pb), selenio (Se) y zinc (Zn)) tras este proceso de mezcla física. No obstante, el punto P01, situado a menor profundidad, se encuentra dentro del Espacio Natural Protegido de Peñarronda- Barayo (ZEC y ZEPA), por lo que el vertido en dicha zona debe ser considerado con precaución y atendiendo estrictamente a los posibles requerimientos establecidos en el Plan de Gestión de dicho espacio natural:

Tabla 29. Valores mínimo, medio y máximo de dilución y la longitud máxima del campo cercano para los casos con efluente con flotabilidad positiva (conformado por agua de los pozos de drenaje, P01) y negativa (conformado por agua de los pozos de drenaje, sumado al aporte máximo de sedimentos, P02 y P03) en las 3 ubicaciones de vertido consideradas.

Alternativa	Dilución mínima	Dilución media	Dilución máxima
P01 (vertido flotabilidad positiva)	47	137	1400
P02 (vertido flotabilidad negativa)	6	8	9
P03 (vertido flotabilidad negativa)	6	8	10

Destaca notablemente la mayor dilución del vertido de flotabilidad positiva (únicamente agua de los pozos de drenaje), siendo la alternativa P01 la más segura en cuanto a la dispersión y dilución de los contaminantes. Al hallarse todos ellos en una zona muy expuesta, se descartan

los niveles de concentración suficientes para que estos se bioacumulen significativamente en el plancton y se propaguen en la cadena trófica hasta causar la mortalidad de especies de niveles superiores.

A pesar de lo expuesto en los párrafos anteriores, los principales recursos de la zona (pulpo y percebe), tienden a bioacumular determinados contaminantes como los metales pesados. Además, todas las especies mencionadas, además de las otras aves marinas incluidas en el espacio Red Natura 2000 (alcatraz común, *Morus bassanus*; Negrón común, *Melanitta nigra*; Charrán patinegro, charrán común, charrán ártico y charrancito común, *Sterna sp.*; Alca, *Alca torda*; Frailecillo atlántico, *Gratercula arctica*), tienen una alimentación basada principalmente en peces, moluscos, crustáceos e incluso poliquetos, los cuales pueden haber asimilado previamente dichos contaminantes.

Al desconocerse la cantidad real de contaminantes traza que podría ser ingerida a lo largo de un año por parte de estas aves y mamíferos marinos, la cual podría no ser significativa debido a la limitada área de deposición de estos, se establece como medida preventiva integrada en el PVA de las alternativas P02 y P03 un seguimiento de las especies apicales de la cadena trófica, las especies bentónicas y la calidad del agua que integraría:

- Seguimiento de las toxinas (principalmente metales) presentes en las aguas y el sedimento semanal o mensualmente. Si se exceden los límites de calidad del medio establecidos por el Principado de Asturias deberá procederse a la realización de bioensayos.
- Seguimiento del comportamiento y la mortalidad de las aves marinas y los cetáceos. En caso de detectarse una afección sobre dichas especies durante el seguimiento, el funcionamiento del emisario debe de ser frenado.

Fase de funcionamiento: incremento de la turbidez por la emisión de sólidos en suspensión.

Los niveles altos de turbidez pueden ser causados por partículas suspendidas en el agua tales como tierra y sedimentos. Las partículas suspendidas pueden ser perjudiciales para muchos organismos acuáticos como peces y macroinvertebrados que se encuentran en el agua. Pueden obstruir las branquias de animales e interferir con su habilidad para encontrar alimento.

También pueden adherirse a huevos y larvas pelágicas provocando su sedimentación o reducir la actividad fotosintética del fitoplancton debido a la reducción de la transparencia del agua.

El vertido de las alternativas P02 y P03 genera una pluma de turbidez que alteraría la transparencia de la columna de agua. No obstante, la mezcla de agua y lodos conforman un fluido más denso que el agua de flotabilidad negativa. Ello implica que, al efluir de la boca del emisario, el vertido tiende a hundirse y genera una pluma de turbidez que afecta principalmente a la capa de fondo.

La superficie afectada por la pluma de turbidez es variable a lo largo del tiempo, reduciéndose y estabilizándose la superficie afectada con el paso del tiempo. Sin embargo, de acuerdo con el informe de “Análisis ambiental y estudios de detalle complementarios para un emisario submarino en Tapia de Casariego” (IHC, 2019), el impacto de la pluma de turbidez no es significativo dada la rápida dilución de los componentes por el hidrodinamismo.

En las imágenes siguientes se presenta, a modo de ejemplo, la evolución de la concentración de los sólidos en suspensión en agua en la capa de fondo en cuatro instantes del periodo modelado para el caso de los escenarios con el vertido ubicado en P02 y P03, respectivamente. Al igual que para la deposición de finos, este efecto se desestima para la alternativa P01 teniendo en cuenta que no se vierten lodos en dicha alternativa.

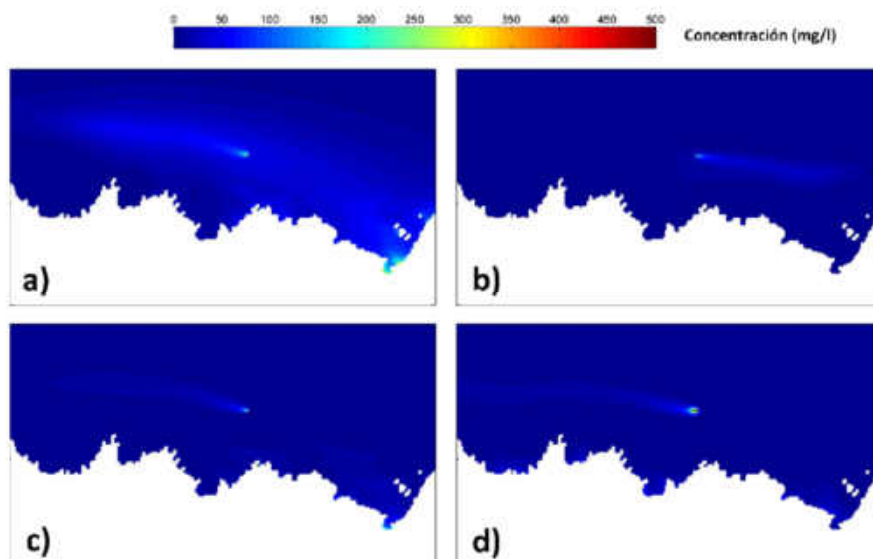


Figura 52. Concentración de sólidos en suspensión (kg/m³) en la capa de fondo en cuatro instantes del periodo de simulación a) t=900 horas de simulación b) t=2100 horas de simulación c) t=3800 horas de simulación d) t=6900 horas de simulación. Escenario con vertido en la ubicación P02.

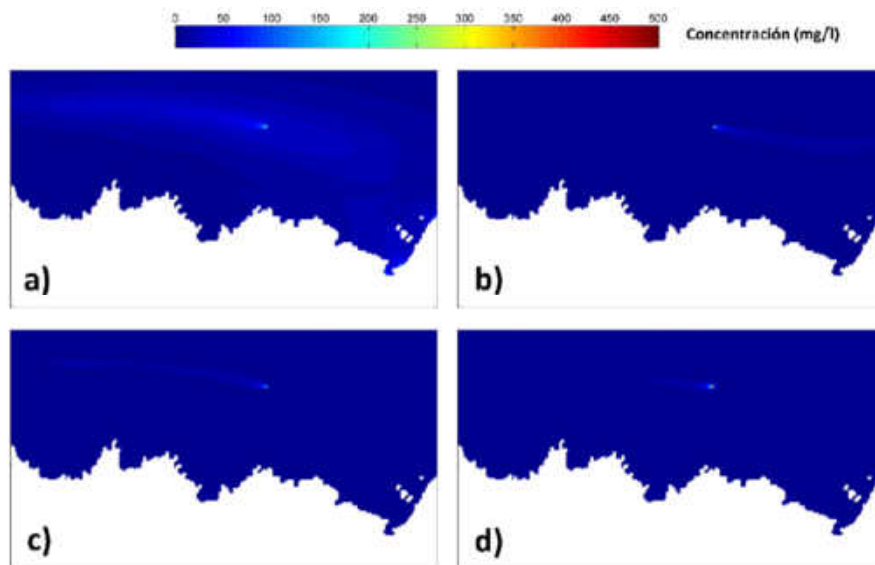


Figura 53. Concentración de sólidos en suspensión (kg/m³) en la capa de fondo en cuatro instantes del periodo de simulación a) t=900 horas de simulación b) t=2100 horas de simulación c) t=3800 horas de simulación d) t=6900 horas de simulación. Escenario con vertido en la ubicación P03.

En la simulación para el punto P02 el incremento de sólidos en suspensión no llegaría a costa y por tanto sólo afectaría a los hábitats sublitorales. En la simulación para el punto P03 el incremento de sólidos en suspensión se limita a la zona de decantación de finos estudiado en los apartados anteriores. La alternativa P03 supone el vertido de las partículas a mayor profundidad y dispone de una mayor columna de agua que permite una mayor dilución de los materiales, minimizando aún más el incremento de la turbidez.

Al tratarse en ambos casos de dispersiones relativamente rápidas de los sólidos en suspensión, el impacto se considera poco significativo para las dos alternativas.

Conclusión

El aumento de ruido submarino y el riesgo de colisiones con mamíferos marinos en la fase de construcción son impactos de muy baja significancia para las tres alternativas. El incremento de

la turbidez es nulo para la alternativa P01, muy bajo para la alternativa P03 y bajo para la alternativa P02. El aumento de la concentración de contaminantes es igualmente poco significativo para la alternativa P01. Para las alternativas P02 y P03, dicho impacto no se puede considerar “no significativo”, pero dada la pequeña área de afección y el cumplimiento de las NCA del RD 817/2015, con la estricta aplicación de las medidas preventivas, **el impacto potencial sobre esta fauna se considera COMPATIBLE con los objetivos de las Estrategia Marinas** para las 3 alternativas.

4.2.3. Objetivo Ambiental B.1.1

4.2.3.1. Definición

Reducir el volumen de vertidos directos o indirectos sin tratamiento adecuado (vertidos industriales, aguas residuales, descargas desde ríos, escorrentías, ...) al medio marino, así como mejorar la eficiencia de las estaciones de depuración y redes de alcantarillado para minimizar el aporte de basuras, contaminantes y nutrientes al medio marino.

Se relaciona con los **descriptores D5, D8, D9 y D10 (eutrofización, contaminación y sus efectos y basuras marinas)**.

4.2.3.2. Indicadores

Volumen de vertidos directos e indirectos.

4.2.3.3. Valoración del impacto

El vertido de lodos (alternativas P02 y P03) del emisario submarino supone un aporte de 300000 t/año de sedimento que, prolongado durante los 14 años de funcionamiento del emisario, suponen un gran volumen de agua y partículas aportados al medio. Los materiales aportados contienen compuestos metálicos que, a pesar de no reaccionar con el agua, están siendo introducidos como residuo en grandes cantidades al medio marino. Finalmente, en la discusión de este objetivo se valorará también el aporte de nutrientes. Al asociarse este impacto con la naturaleza del propio vertido, no existen medidas preventivas ni correctoras que se puedan implementar para minimizar el impacto.

Este efecto se considera únicamente para las alternativas P02 y P03. Las concentraciones de los distintos componentes químicos de la alternativa P01 son muy bajas al tratarse únicamente del

agua freática extraída de los pozos de drenaje, sin carga sedimentaria de los estériles de flotación.

Fase de funcionamiento: vertido de grandes volúmenes de material sólido

La tabla siguiente muestra la contribución de los vertidos directos y los aportes desde ríos a los estuarios y aguas costeras en la Demarcación Hidrográfica del Cantábrico Occidental (DHC Occ) entre 2010 y 2016. Los datos han sido obtenidos del Programa RID del Convenio OSPAR que figuran en el Anexo “Fichas por presión” de la Parte II “Análisis de Presiones e impactos” de los documentos del segundo ciclo de estrategias marinas (2018-2024) de la Demarcación Marina Noratlántica. Es también necesario resaltar que los datos presentados deben ser empleados únicamente para conocer el orden de magnitud de la estimación de las máximas cargas que pueden llegar al mar a través de los ríos, pero no sería correcto utilizar datos concretos. Los resultados se comparan con los aportes anuales de estos compuestos por el emisario, calculados a partir del informe de caracterización de la muestra de *tailing* aportado por el promotor.

Tabla 30. Aportes de cadmio, mercurio, plomo, cobre y zinc desde el efluente respecto a los máximos y mínimos aportados desde ríos y vertidos directos a la DHC Occ entre 2010 y 2016. Entre paréntesis se indica el año del máximo y el mínimo.

Metal vertido	Aporte anual del efluente (t/año)	Máximo anual en la DHC Occ (t/año)	Mínimo anual en la DHC Occ (t/año)
Cadmio	< 1,5	6,8 (2011)	0,2 (2013)
Mercurio	3	< 0,1 (2012)	0,3 (2010)
Plomo	8,57	15 (2010)	1,5 (2015)
Cobre	9,66	11 (2011)	1,5 (2015)
Zinc	< 15	82 (2011)	10 (2015)

Considerando que los aportes directos son en gran parte de fuente urbana (en más de un 90 %), el vertido de estos elementos por parte de la actividad minera supone un gran aumento de los aportes anuales en la DHC Occ. El aumento es particularmente significativo en los aportes de mercurio, plomo y cobre.

No obstante, la Demarcación Marina Noratlántica recibe los mayores aportes de metales a través del vertido de dragados portuarios. A continuación, se comparan los aportes anuales de

metales por parte del emisario submarino respecto al total aportado por los dragados portuarios a la Demarcación Noratlántica.

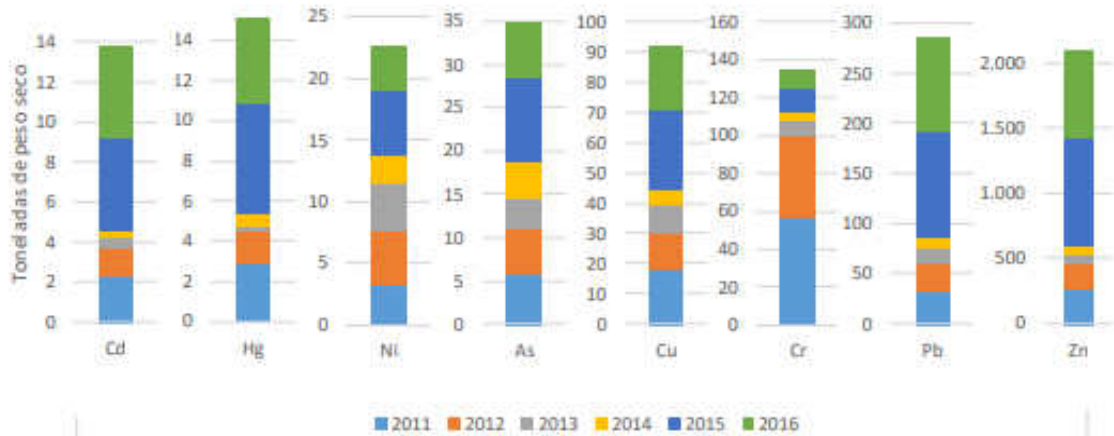


Figura 54. Aportes de metales pesados (t/año) contenidos en los sedimentos vertidos al mar procedentes de los dragados portuarios (Fuente: Figura elaborada por el CEDEX a partir de datos del Inventario de dragados de Puertos del Estado y de la información aportada por las Capitanías Marítimas y CCAA)

Tabla 31. Masa en seco de metales aportada anualmente por el efluente respecto al total aportado por los dragados portuarios anualmente en el periodo 2011-2016.

Metal vertido	Aporte anual del efluente (t/año)	Aporte anual promedio de dragados portuarios en la DM-Nor (t/año)	% aporte emisario vs. total dragados portuarios
Arsénico	329,38	5,83	5647%
Cadmio	< 1,5	2,33	64%
Cobre	9,66	15,17	64%
Cromo	3,57	22,50	16%
Mercurio	3,00	2,50	120%
Níquel	< 1,5	3,83	39%
Plomo	8,57	46,67	18%
Zinc	< 15	350,00	4%

Los aportes de arsénico del emisario submarino son prácticamente del orden de 60 veces superiores a los aportados. De hecho, es casi 10 veces superior a las 35 toneladas de arsénico aportadas en toda la demarcación durante 6 años de seguimiento (2011-2016). Los aportes de mercurio del emisario también superan el total anual vertido en dragados portuarios en toda la demarcación en un 20 %.

El vertido de cobre representa más de un 60 % del aporte anual promedio de los dragados. Los aportes de cromo y plomo son inferiores al 20 % del total, pero sigue tratándose de cifras significativas. El cadmio, el níquel y el zinc no se cuantificaron de manera significativa en la muestra de tailing, por lo que el % relativo que representan respecto al total podría ser inferior.

También existe un contenido metálico importante en los sedimentos de tailing de elementos que no figuran en la evaluación de la Estrategia Marina de la Demarcación Noratlántica.

Tabla 32. Aportes anuales del resto de componentes caracterizados en el informe de *tailing*.

Parámetro	Aporte anual del efluente (t/año)	Parámetro	Aporte anual del efluente (t/año)
Aluminio	21.210,04	Magnesio	5.523,43
Antimonio	25,09	Manganeso	199,88
Azufre	184,73	Molibdeno	1,92
Bario	364,23	Plata	< 0,6
Calcio	8.825,86	Potasio	11.719,75
Cobalto	< 1,5	Selenio	< 3
Estroncio	96,28	Titanio	368,34
Hierro	4.792,12	Vanadio	10,81
Litio	5,61		

El vertido anual de aluminio y hierro destacan por su elevada cantidad vertida, pero estos resultados no son comparables a valores de la demarcación.

Con referencia a los aportes de nutrientes por parte del efluente, algunos de los metales citados como el hierro, pueden incrementar la biomasa fitoplanctónica del medio marino. El informe de “Análisis ambiental y estudios de detalle complementarios para un emisario submarino en Tapia de Casariego” del IH Cantabria (2019) también establece una concentración de silicio en el efluente de 13,6 mg/l, lo que implica un aporte anual de 4,08 toneladas de silicio. Sin embargo, no se puede realizar una comparación con los valores de la Demarcación Noratlántica dado que solamente se valoran los nutrientes derivados del nitrógeno y el fósforo. Para una correcta evaluación del efecto del aporte de nutrientes a la demarcación, deberían analizarse dichos parámetros del efluente.

Cabe destacar que en el informe del “Estudio descriptivo del plancton en la columna de agua” (Tecnoambiente, 2020) en ninguno de los periodos muestreados ha habido floraciones algales o “mareas rojas” ni concentraciones elevadas de especies tóxicas que pudieran sufrir un

crecimiento exponencial debido a un aporte de nutrientes. Además, la elevada exposición de la zona costera al hidrodinamismo no genera un ambiente confinado en el que la eutrofización pueda aumentar significativamente.

Como medida preventiva para minimizar el riesgo de eutrofización y contaminación inorgánica, se considera escoger la alternativa que se encuentre mayor profundidad y distancia de la costa (P03).

Conclusión

A raíz de las comparaciones efectuadas, se puede establecer que para las alternativas **P02 y P03** el proyecto de construcción de un emisario para la evacuación de aguas y lodos de la mina **NO ES COMPATIBLE con el objetivo ambiental B.1.1.** dado que supone un incremento sin precedentes del vertido de diversos metales, entre los cuales destacan el arsénico y el mercurio. Estos efectos podrían ser ligeramente inferiores con la elección de la alternativa P03.

En la **alternativa P01** este impacto no es significativo y por lo tanto sí que es **COMPATIBLE con la consecución del presente objetivo ambiental.**

4.2.4. Objetivo Ambiental B.1.2

4.2.4.1. Definición

Reducir la frecuencia de vertidos sin tratamiento adecuado al mar desde embarcaciones y plataformas.

Se relaciona con los **descriptores D8 y D9 (contaminación y sus efectos y contaminantes en los productos de la pesca).**

4.2.4.2. Indicadores

Frecuencia de vertidos sin tratamiento adecuado desde embarcaciones y plataformas.

4.2.4.3. Valoración del impacto

Fase de construcción: vertido accidental de basuras o hidrocarburos a mar desde embarcaciones

El principal impacto potencial en forma de vertidos se produciría durante la fase de instalación del emisario y estaría causado por vertidos accidentales de las embarcaciones implicadas en la operación.

Las embarcaciones intervinientes en el proyecto darán estricto cumplimiento a la **normativa MARPOL de prevención de vertidos al mar**, especialmente en sus anexos I (prevención de vertido de hidrocarburos y aguas hidrocarbonadas) y IV (vertido de aguas residuales desde barcos). Previo a la autorización de los trabajos marinos por parte de la autoridad competente se requiere a los buques presentar la documentación actualizada de MARPOL, que obliga a las embarcaciones a realizar una correcta gestión de los residuos.

Cada una de las embarcaciones participantes dispondrá de un **plan de emergencia** en la que se definirán los medios organizativos y materiales para la contención de vertidos accidentales al mar. En caso de que el vertido no se pueda controlar por medios propios se contará con ayuda externa (Salvamento Marítimo).

El coordinador de seguridad y salud realizará un seguimiento durante la ejecución de los trabajos. Dicho seguimiento incluirá el control de la cantidad y tipología de residuos generados por la maquinaria implicada en la obra, así como la correcta gestión de dichos residuos y el control de su no caída al mar durante la ejecución de los trabajos.

Se requerirá durante el seguimiento ambiental de los trabajos marinos (PVA) la realización de un seguimiento de la calidad del agua y del sedimento que incluyen el análisis de hidrocarburos.

El seguimiento de la calidad del agua permite detectar, de manera precoz, un potencial vertido, permitiendo establecer medidas correctoras de manera inmediata reduciendo la peligrosidad del vertido. Asimismo, el seguimiento de la calidad del sedimento y la macrofauna bentónica permite comprobar si se dan efectos de acumulación de vertidos.

En caso de acabar produciéndose un vertido accidental a pesar de la aplicación de las medidas preventivas mencionadas, los efectos serían variables en función de la naturaleza del vertido

Conclusión

El impacto se considera NO SIGNIFICATIVO. Se puede establecer que el proyecto de construcción de un emisario para la evacuación de aguas y lodos de la mina **ES COMPATIBLE con el objetivo ambiental B.1.2**

4.2.5. Objetivo Ambiental B.1.5

4.2.5.1. Definición

Reducir la cantidad de basuras marinas generadas por fuentes tanto terrestres como marítimas.

Se relaciona con el **descriptor D10 (basuras marinas)**.

4.2.5.2. Indicadores

Cantidad de basuras marinas en las costas y/o la plataforma continental.

4.2.5.3. Valoración del impacto

Fase de construcción: generación accidental de basuras marinas en la fase de instalación.

Teniendo en cuenta la generación de basuras en las embarcaciones contratadas, así como en generación de basuras derivadas de la operativa terrestre, se debe considerar la potencial generación de residuos plásticos.

Uno de los mayores peligros en cuanto a basuras marinas se refiere, lo constituye el plástico, debido a que la fauna piscícola (tortugas, mamíferos y aves marinas) lo confunden con presas, como las medusas, y lo ingieren o tratan de ingerirlo. Ello lleva asociado dos tipos de problemática. Por un lado, provoca atrapamientos de la fauna marina, especialmente los sedales de plástico, redes, bolsas y similares. Los atrapamientos pueden provocar la muerte por ahogamiento en caso de que impidan emerger a superficie a tortugas, mamíferos y aves debido a su imposibilidad de respirar bajo el agua. Los atrapamientos también pueden provocar heridas o malformaciones si no se retiran a tiempo. Por el otro, la ingesta de plástico provoca problemas de salud en la fauna marina ya que puede provocar un desgarramiento de tejidos u órganos internos.

Todos los barcos intervinientes en el proyecto darán estricto cumplimiento a la normativa de vertido de residuos al mar (MARPOL Anexo V contaminación por basuras).

Durante todas las fases de proyecto se prohíbe expresamente el vertido al mar de cualquier tipo de residuo, realizándose controles específicos en el seguimiento de los trabajos marinos y en la zona costera (PVA).

Conclusión

Para las tres alternativas, el potencial impacto derivado de la generación de basuras durante la instalación del emisario se considera **COMPATIBLE con el mantenimiento de los objetivos de la Estrategia Marina**, con el obligado cumplimiento por parte de los contratistas de los requisitos ambientales de obra y el seguimiento ambiental como medida preventiva.

4.2.6. Objetivo Ambiental B.1.10

4.2.6.1. Definición

Garantizar que los niveles de ruido submarino no generan impactos significativos en la biodiversidad marina.

Se relaciona con el **descriptor D11 (ruido submarino)**.

4.2.6.2. Indicadores

Casos registrados de impacto del ruido sobre la biodiversidad marina

4.2.6.3. Valoración del impacto

Durante la fase de funcionamiento normal el emisario no emite ruido. Durante la fase de instalación o reparación se producen ruidos asociados a la presencia de buques.

Fase de construcción: aumento de ruidos y vibraciones submarinas debido a la instalación del emisario.

Según la bibliografía consultada, el ruido generado por un barco tipo para esta clase de trabajos en aguas someras es del orden de 178-188 dB re 1 μ Pa, a un metro de la fuente, y a una frecuencia de entre 0,7 y 50 kHz.

Las frecuencias emitidas pueden afectar tanto a especies de cetáceos de bajas frecuencias como las ballenas, que tienen un máximo de sensibilidad acústica entre 0,5 y 5 kHz, como a las especies de altas frecuencias como los delfines, que tienen el máximo de sensibilidad acústica entre 20 y 50 kHz. Según los datos de la *National Oceanographic and Atmospheric Administration* de los EEUU (NOAA) se producen efectos fisiológicos temporales negativos a partir de los 153 dB re $1\mu\text{Pa}^3$. Si se comparan estos resultados con las tablas publicadas por la NOAA, el riesgo existente de efectos directos se limita a animales ubicados en las inmediaciones de la fuente de ruido, y que en todo caso los efectos negativos serían de carácter temporal.

En el presente proyecto adicionalmente se hallan especies de interés pesquero que podrían ser ahuyentadas durante las obras. El impacto en estas especies como en cetáceos se generaría en la misma magnitud para las tres alternativas. Sin embargo, la afección es no letal y presente en un periodo de tiempo corto (del orden de días).

Como medidas preventivas, se deben tener en cuenta la formación de las tripulaciones en el protocolo para minimizar la afección sobre cetáceos, y el seguimiento ambiental de las operaciones marinas.

Se tomarán ~~de~~ **medidas del ruido subacuático previo al inicio de los trabajos** en la fase preoperacional del PVA para establecer los niveles base de ruido en los ámbitos de estudio, así como el control de ruido submarino durante la instalación del emisario y en fase de operación. En caso de que el ruido producido supere al previsto, estas mediciones permitirían detectarlo para tomar las medidas correctoras adecuadas.

En caso de emplearse equipos acústicos, otras medidas de cara a la prevención de las afecciones del ruido acústico sobre la fauna marina son:

- Mantener y verificar el buen funcionamiento de los equipos y maquinaria auxiliar, de modo que respondan a los requisitos establecidos en las normas de calidad, en lo referente a sensibilidad, directividad, rango frecuencial, ruido propio. Existen estándares que pueden servir para verificar el cumplimiento de estas medidas, de los cuales se pueden citar:
 - ISO 9001: Qualitymanagement.

³ Technical guidance on assessing the effects of anthropogenic sound on Marine Mammal Hearing (version 2, 2018).

- ISO 13372:2012 Condition monitoring and diagnostics of machines.
- ISO 21132:2019 Ships and marine technology –Marine cranes-operation and maintenance requirements.
- Realización de estudios simultáneos, que utilicen un mismo equipo en una misma salida al mar y si fuera posible en una misma jornada.

Conclusión

El potencial impacto derivado de la generación de ruido durante la instalación del emisario se considera poco significativo dada su limitación espacial y temporal, y por tanto **COMPATIBLE con el mantenimiento de los objetivos de la Estrategia Marina para las tres alternativas.**

4.2.7. Objetivo Ambiental B.2.4

4.2.7.1. Definición

Minimizar la incidencia y magnitud de los eventos significativos de **contaminación aguda** (por ejemplo, vertidos accidentales de hidrocarburos o productos químicos) y su impacto sobre la biota, a través de procesos adecuados de análisis de riesgos.

Se relaciona con el **descriptor D8 (contaminación y sus efectos).**

4.2.7.2. Indicadores

Existencia de procesos de análisis de riesgos.

4.2.7.3. Valoración del impacto

La ejecución del proyecto de construcción del emisario submarino puede generar eventos significativos de contaminación aguda en la fase constructiva y en la fase de funcionamiento.

Fase de construcción: riesgo de vertido de sustancias peligrosas de las embarcaciones implicadas en la instalación.

Para las tres alternativas, el riesgo de contaminación asociado a la fase de construcción viene dado por la implicación de buques implicados en la instalación del emisario. Durante dicha

operativa, cada embarcación dispondrá de una evaluación de riesgos ambientales. A partir de esta evaluación de riesgos se habrá elaborado un Plan de emergencia, que contemplará como mínimo:

- Listado de los posibles escenarios de emergencia y riesgos.
- Acciones a tomar en cada una de las emergencias, según lo que indica el capítulo 3 de la parte a de la Convención SOLAS (Muster list).
- Lista de equipos para contener posibles vertidos de sustancias peligrosas y evitar que lleguen al mar: absorbentes, barreras anticontaminación, etc.
- Lista y detalles de las autoridades a informar en caso de que el vertido no pueda ser controlado.

El plan de emergencia se encontrará actualizado y su efectividad será comprobada periódicamente mediante simulacros.

Fase de funcionamiento: incremento de la concentración de contaminantes disueltos en las aguas colindantes por el vertido de material.

En cuanto a la fase de funcionamiento, el contenido del emisario podría provocar la contaminación del medio marino. Los componentes se han clasificado como no reactivos al agua y cumplen con las Normas de Calidad Ambiental establecidas por el Real Decreto 817/2015, de 11 de septiembre, en una zona de mezcla ambiental de 3,3 m (alternativas P02 y P03) a 12 m (alternativa P01) de radio para los distintos vertidos posibles. También se ha determinado que el área preferencial de sedimentación de las partículas, juntamente con los compuestos metálicos, se limita a 4,44 ha (alternativa P02) o 4,87 ha (alternativa P03) y es nula para la alternativa P01. Sin embargo, la exposición prolongada a estos contaminantes por parte de organismos tanto planctónicos como bentónicos, implica un riesgo de bioacumulación de los contaminantes en los organismos. La toxicidad directa se descarta debido a las bajas concentraciones de los compuestos.

Se descarta el riesgo de un evento de contaminación aguda para la alternativa P01, dado que, al tratarse de un vertido únicamente de agua de los pozos de drenaje, las concentraciones de los distintos componentes inorgánicos son muy bajas.

Las alternativas P02 y P03 vierten lodos que contienen metales traza. Los metales traza pueden ser asimilados por animales bentónicos por absorción de los metales disueltos a través de la superficie de los tejidos o a través de la ingestión, siendo la segunda la principal vía de acumulación de metales en animales marinos. Contrariamente, los metales disueltos en el agua suelen ser la única fuente de asimilación de metales para las algas (fitoplanctónicas y bentónicas).

En función de la biodisponibilidad de los metales, estos serán bioacumulados en mayor o menor medida por los organismos de la base de la cadena trófica. Finalmente, a través del proceso de biomagnificación, la concentración de los compuestos químicos aumenta en las especies de los niveles tróficos más altos a través de la ingesta de peces, crustáceos, moluscos, poliquetos u otras especies que hayan bioacumulado los contaminantes del medio.

De acuerdo con las cantidades vertidas anualmente de cada componente del sedimento recogidas en el **Objetivo Ambiental B.1.1**, la concentración de los contaminantes excederá su concentración natural en el medio en varios órdenes de magnitud. Esto sucede especialmente para el arsénico y el aluminio, pero también para el cadmio, el mercurio, el cobre y la plata entre otros. Consecuentemente, las especies afectadas pueden sufrir intoxicaciones letales o subletales.

La cuantificación del impacto que tendrían estos contaminantes sobre las especies presentes en la zona de estudio es compleja de realizar. Existen grandes variaciones de la bioacumulación de contaminantes según la interacción de los distintos compuestos químicos entre sí, la biodisponibilidad de estos y las especies halladas en el medio, de modo que no se puede determinar la magnitud del impacto.

En cambio, dada la baja reactividad de los metales con el agua, sí que se podrían descartar los efectos de la contaminación de metales sobre las especies vegetales (fitoplancton, algas esciáfilas y laminarias).

Así mismo, respecto a la aportación de sulfuros en estado sólido en la zona de descarga, esta será de un máximo de 2,75 kg/m² al año y también se desestiman sus efectos.

Como medida preventiva para este impacto, además de los análisis periódicos para determinar la calidad del agua y de los sedimentos, se debe hacer un seguimiento mensual de la concentración de tóxicos en el pulpo y el percebe para determinar si los contaminantes han

superado los límites de concentración en sus tejidos para el consumo establecidos por el Principado de Asturias.

Simultáneamente se hará un seguimiento trimestral de las capturas de pesca profesional, con tal de determinar la existencia de una disminución del número y/o la calidad de los recursos pesqueros que indique posibles afecciones sobre la biodiversidad.

Conclusión

Para la **alternativa P01**, el riesgo de contaminación aguda se considera no significativo y por lo tanto **COMPATIBLE con el mantenimiento del objetivo ambiental B.2.4**.

En el caso de las **alternativas P02 y P03**, La falta de estudios que permitan descartar completamente las afecciones de la contaminación de metales traza aportados por el efluente sobre la biota no permite afirmar la compatibilidad del proyecto con el objetivo B.2.4 de la estrategia marina de la Demarcación Noratlántica. No obstante, mediante la aplicación de las medidas preventivas citadas, los efectos negativos sobre la biota podrían ser detectados y detener el funcionamiento del emisario en tal caso.

4.2.8. Objetivo Ambiental C.2.1

4.2.8.1. Definición

Garantizar que la superficie afectada por alteraciones físicas permanentes causadas por actividades humanas sea una proporción reducida del área total de la demarcación noratlántica.

Se relaciona con los descriptores **D1, D4, D6 y D7 (biodiversidad, redes tróficas, fondos marinos y condiciones hidrográficas)**.

4.2.8.2. Indicadores

Superficie afectada por alteraciones físicas permanentes causadas por actividades humanas.

4.2.8.3. Valoración del impacto

En este apartado se valora conjuntamente la extensión de tres impactos ya descritos a lo largo del documento:

- **Eliminación de las comunidades bentónicas del lecho marino debido al tendido del emisario:**
 - **P01:** 9 m²
 - **P02:** 198 m²
 - **P03:** 345 m²
- **Afección de las comunidades existentes en el lecho marino debido a la deposición de finos (<63µm) en las inmediaciones de los difusores del emisario:**
 - **P01:** 0 m²
 - **P02:** 44400 m²
 - **P03:** 48700 m²
- **Incremento de la turbidez por la emisión de sólidos en suspensión:** no se ha obtenido un valor numérico de la extensión de la pluma de turbidez. Sin embargo, esta tiende a reducirse a largo plazo, por lo que no se puede considerar una afección permanente significativa.

Así pues, la superficie total afectada por el emisario es de 0,001, 4,460 y 4,905 ha, respectivamente para las alternativas P01, P02 y P03. Teniendo en cuenta que la Demarcación Noratlántica ocupa 31.492.376,15 ha, ello supone porcentajes muy pequeños de la superficie total de la Demarcación: ≈ 0 % (alternativa P01), 0,0000142 % (P02) y 0,0000156 % (P03). Además, se debe tener en cuenta que, pasados los 14 años de funcionamiento del emisario, la infraestructura puede ser retirada y el depósito sedimentario de las alternativas acabaría siendo completamente movilizado por las corrientes. Seguidamente los fondos rocosos se podrían recuperar a largo plazo, de modo que la alteración producida sería temporal.

Conclusión

Debido a todo lo expuesto, las tres alternativas de **proyecto se consideran COMPATIBLES con el objetivo ambiental relativo a minimizar las alteraciones físicas permanentes dentro de la Demarcación.**

4.2.9. Objetivo Ambiental C.2.2

4.2.9.1. Definición

Garantizar que las alteraciones físicas localizadas y permanentes causadas por actividades humanas no amenacen la perdurabilidad y funcionamiento de los hábitats biogénicos y/o protegidos, ni comprometan el logro o mantenimiento del BEA para estos hábitats.

Se relaciona con los descriptores **D1, D4, D6 y D7 (biodiversidad, redes tróficas, fondos marinos y condiciones hidrográficas)**.

4.2.9.2. Indicadores

Afección de hábitats.

4.2.9.3. Valoración del impacto

Tal como se ha indicado en apartados anteriores el tendido y funcionamiento del emisario va a generar alteraciones físicas en el sustrato con el potencial de afectar el HIC 1170 de diversas comunidades bentónicas. Se contemplan dos impactos: la sedimentación de finos sobre el fondo y el aumento de la turbidez.

Afección de las comunidades existentes en el lecho marino debido a la instalación del emisario y a la deposición de finos (<63µm) en sus inmediaciones.

Tal como se ha comentado la medida de mitigación de este impacto ha sido la prolongación al máximo del tramo de PHD para evitar la afección sobre una mayor superficie por el tendido del emisario sobre el fondo.

De este modo el ámbito del proyecto afecta una proporción reducida del área total de la demarcación noratlántica y del hábitat 1170 (se afecta menos de un 0,001 % de la superficie del HIC 1170 de la demarcación en las 3 alternativas). Debido a la presencia de una nueva infraestructura sobre el fondo, el impacto se considera significativo y permanente hasta que se retire el emisario después de los 14 años de funcionamiento. El efecto derivado de la deposición de finos es de carácter temporal, de modo que se considera mucho menos significativo. Aun así, para controlar este efecto se instalarán trampas de sedimentación para calcular la tasa de deposición de las partículas.

La afección de la funcionalidad del hábitat, por lo tanto, no está asociada a las perturbaciones físicas, sino con las químicas derivadas principalmente del aporte de metales. La afección química es potencial, no se ha podido determinar la magnitud de dicho impacto.

En el documento “Caracterización Bionómica. Estudio del medio marino asociado al estudio de impacto ambiental de la explotación submarina del yacimiento de Salave” (Tecnoambiente, 2020) se realiza una valoración ecológica de las comunidades bentónicas afectadas por el proyecto. Según el estudio, la comunidad mixta de algas esciáfilas, algas fotófilas (de ambiente calmo y batido) y bosques de laminarias es la única que presenta una fragilidad ecológica media, estando esta limitada por la ausencia de especies protegidas, especies ictiológicas y su baja singularidad en la zona. Por ende, no se afectaría de manera significativa la perdurabilidad y funcionamiento de este hábitat. Cabe añadir que todas las alternativas, incluyendo la P01, afectan permanentemente a un área muy pequeña de esta comunidad. La alternativa P02 es la única en que, además de la afección a la comunidad debido a la instalación del emisario, también se depositarían finos sobre esta.

Fase de funcionamiento: incremento de la turbidez por la emisión de sólidos en suspensión.

Tal y como se ha expuesto en el **Objetivo Ambiental A.1.4**, el vertido de las alternativas P02 y P03 genera una pluma de turbidez que alteraría la transparencia de la columna de agua. Esta afectaría principalmente a la capa de fondo. La superficie afectada por la pluma de turbidez es variable a lo largo del tiempo, reduciéndose y estabilizándose la superficie afectada con el paso del tiempo.

De acuerdo con el informe de “Análisis ambiental y estudios de detalle complementarios para un emisario submarino en Tapia de Casariego” (IHC, 2019), el impacto de la pluma de turbidez no es significativo dada la rápida dilución de los componentes por el hidrodinamismo.

Conclusión

En las tres alternativas, las afecciones físicas permanentes del medio marino no amenazan la perdurabilidad y el BEA de los hábitats biogénicos presentes en la Demarcación, por lo que las tres **se consideran COMPATIBLES con la consecución de este objetivo ambiental.**

4.2.10. Objetivo Ambiental C.3.5

4.2.10.1. Definición

Ampliar el conocimiento sobre el efecto de las actividades humanas sobre los hábitats, especialmente los biogénicos y protegidos, sus especies, poblaciones y comunidades, su sensibilidad, límites de tolerancia y capacidad adaptativa y de aclimatación, especialmente en relación a las actividades pesqueras, las construcción de infraestructuras, los dragados, la extracción de recursos marinos no renovables, la contaminación y la interacción con los efectos del cambio climático (acidificación, calentamiento, etc.).

Se relaciona con los descriptores **D1, D6, D8 y D10 (biodiversidad, fondos marinos, contaminación y sus efectos y basuras marinas)**.

4.2.10.2. Indicadores

Número de estudios y proyectos científicos sobre estas materias.

4.2.10.3. Valoración del impacto

El proyecto será objeto de un Plan de vigilancia ambiental (PVA) que permitirá hacer un seguimiento metódico de sus impactos y la capacidad de recuperación del medio, contribuyendo así al mayor conocimiento de estos tipos de hábitats y su resiliencia ante este tipo de emisarios submarinos. Las medidas incluidas en el PVA implicaran:

- Análisis periódicos de aguas y sedimentos para conocer los efectos del vertido sobre la calidad de estos medios.
- Estudio de las posibles variaciones estructurales de las comunidades macrobentónicas.
- Estudio de la variación del ciclo anual y la composición del zooplancton y el fitoplancton.
- Seguimiento de las capturas de pesca profesional con tal de determinar la existencia de una disminución del número y/o la calidad de los recursos pesqueros. En particular se incidirá sobre el pulpo.
- Seguimiento de la bioacumulación de contaminantes en los tejidos de moluscos.

Conclusión

El impacto se considera positivo **+** y por lo tanto **COMPATIBLE con la consecución del objetivo ambiental de la demarcación**, independientemente de la alternativa seleccionada.

5. CONCLUSIONES

El proyecto del emisario submarino para la explotación del yacimiento de Salave es totalmente compatible con la Estrategia Marina de la Demarcación Noratlántica para la alternativa P01 si únicamente se contempla el vertido del agua proveniente de los pozos de drenaje y se aplican las medidas preventivas citadas.

Las alternativas P02 y P03 del proyecto, las cuales evacuarían agua y lodos de los procesos productivos de la explotación generan un impacto más elevado sobre el medio (ver la tabla siguiente).

Tabla 33. Síntesis de la compatibilidad de las 3 alternativas de emisario submarino con los objetivos ambientales de la Demarcación Noratlántica.

Campo del Objetivo Ambiental	Compatibilidad Alternativa P01	Compatibilidad Alternativa P02	Compatibilidad Alternativa P03
A.1.1. Afecciones sobre hábitats bentónicos	Compatible	Compatible	Compatible
A.1.4. Mortalidad de especies en la cima de la cadena trófica	Compatible	Indeterminado	Indeterminado
B.1.1. Volumen de vertidos al medio marino	Compatible	Incompatible	Incompatible
B.1.2. Vertidos sin tratamiento desde barcos	Compatible	Compatible	Compatible
B.1.5. Basuras marinas	Compatible	Compatible	Compatible
B.1.10. Ruido submarino	Compatible	Compatible	Compatible
B.2.4. Eventos de contaminación aguda	Compatible	Indeterminado	Indeterminado
C.2.1. Superficie de las alteraciones físicas permanentes	Compatible	Compatible	Compatible
C.2.2. Perdurabilidad y BEA de los hábitats biogénicos o protegidos	Compatible	Compatible	Compatible
C.3.5. Conocimiento de los efectos de las actividades humanas sobre el medio marino	Compatible	Compatible	Compatible

Alternativa compatible con impacto nulo o muy bajo

Alternativa compatible con impacto medio-bajo

Alternativa con impactos indeterminados (no se afirma la compatibilidad)

Alternativa incompatible con impactos elevados

En las alternativas P02 y P03 el volumen vertido de metales durante los 14 años de explotación es muy elevado comparado con el total vertido en la Demarcación. La información bibliográfica disponible no es suficiente para determinar los efectos de dichos aportes al medio marino. Conociéndose las propiedades y la composición química tanto de las partículas suspendidas como del efluente, no se puede prever con exactitud los efectos que tendrán dichos elementos

sobre la biota y el impacto asociado es indeterminado. En consecuencia y con los datos de los que se dispone en la fecha de emisión del presente informe, no se puede afirmar la compatibilidad con el objetivo B.1.1.

Dada la presencia de especies protegidas y de interés comercial, la indeterminación de dicho impacto supone un riesgo que no permite garantizar la compatibilidad con los objetivos ambientales A.1.4 y B.2.4. Sin embargo, en caso de ejecutarse el proyecto, los programas de seguimiento incluidos en las medidas preventivas permitirían controlar el efecto de dichos impactos potenciales y se conseguiría minimizar la afección de la biota.

El proyecto es compatible con el resto de los objetivos ambientales de la demarcación a pesar de presentar algunos impactos poco significativos relacionados con la sedimentación de finos sobre los hábitats bentónicos y el aumento de la turbidez. Cabe destacar que estos impactos son menores en la alternativa P03.

6. AUTORES

En la redacción del presente estudio ha participado el siguiente personal de Tecnoambiente:

Nombre	Titulación	DNI
Marta Boix	Lda. CC del Mar	54167967T
Guillermo Bouza	Lcdo. CC Químicas	32833036F

ANEXO X
ESTUDIO ESPECÍFICO SOBRE LA AFECCIÓN A LOS
HÁBITATS DE INTERÉS COMUNITARIO, FLORA Y
FAUNA PROTEGIDA DEL PROYECTO SALAVE

**ESTUDIO ESPECÍFICO
SOBRE LA AFECCIÓN A
LOS HÁBITATS DE
INTERÉS COMUNITARIO,
FLORA Y FAUNA
PROTEGIDA DEL
PROYECTO SALAVE**

**INGENIERÍA Y CONSULTORÍA EN RECURSOS
DEL SUBSUELO, S.L.**



Fecha: 16/11/2020

Elaborado por:



Ángel de la Torre Corencia
Ingeniero de Montes
Dpto. Medio Ambiente

Revisado por:



Antonio Muñoz Vázquez
Ingeniero de Montes
Dpto. Medio Ambiente

Fecha: 16/11/2020

Aprobado por:



Alicia de la Fuente Martín
Jefa de Departamento
Dpto. Medio Ambiente

ÍNDICE

1	OBJETO	3
2	ÁREA DE ESTUDIO	4
3	ESTUDIO BOTÁNICO	7
3.1	Encuadre biogeográfico. Vegetación potencial y usos del suelo	7
3.2	Flora y Vegetación Actual	8
3.3	Flora amenazada, rara o endémica	134
3.4	Conclusiones.....	135
4	ESTUDIO FAUNÍSTICO	138
4.1	Plan de muestreo y prospección en campo	138
4.2	Inventario e Identificación de especies y taxones.	139
4.3	Fauna protegida	147
4.4	Conclusiones.....	150
5	HÁBITATS DE INTERÉS COMUNITARIO	152
5.1	Hábitats de Interés Comunitario del Atlas de los Hábitat naturales de España	153
5.2	Hábitats de Interés Comunitario del Sistema de Información territorial e infraestructura de datos espaciales de Asturias (SITPA IDEAS)	156
5.3	Conclusiones.....	157
6	CONCLUSIONES FINALES	158
	ANEXO I. CARTOGRAFÍA	161

1 OBJETO

El objeto del presente estudio es identificar las posibles especies de flora y fauna potencialmente afectadas por las obras del proyecto SALAVE en el término municipal de Tapia de Casariego, Principado de Asturias. Con el objetivo de asegurar la conservación e integridad de los hábitats y las especies presente en el ámbito de estudio, resulta imprescindible la identificación de las posibles afecciones derivadas de la ejecución de las obras, prestando especial atención a aquellas especies botánicas y faunísticas que sean más vulnerables o sensibles, ya sea por la limitación geográfica de las mismas o las posibles figuras de protección que las amparen.

El presente documento contempla el análisis de la superficie total prevista para la implantación del Proyecto, priorizando, no obstante, sobre aquellos espacios potencialmente más sensibles (Parques Naturales, Lugares de Interés Comunitario LICs, áreas bajo la Directiva Hábitat, Zonas de Especial Protección para las Aves ZEPAs, riberas fluviales, etc.) situados dentro o en las inmediaciones de la zona objeto de estudio.

El presente documento incluye un inventario de las especies identificadas, así como la zonificación de las mismas dentro del área muestreada. Además, se identifican y analizan los Hábitats de Interés Comunitario presentes en la zona.

Destacar que para la elaboración del presente documento se han tenido en cuenta los datos obtenidos durante el muestreo realizado a pie de campo, así como las referencias cartográficas ya establecidas previamente en la zona.

Los objetivos de este estudio son:

➤ **Estudio Botánico.**

- Muestreo intensivo (prospección in situ) de la zona objeto de estudio.
- Identificación de especies y taxones presente en la zona de estudio.
- Inventario florístico.
- Identificación (si las hubiera) de especies relevantes, catalogadas o con algún grado de protección, en las áreas afectadas directamente por el proyecto.
- Identificación y georreferenciación de la flora amenazada, rara o endémica presente en la franja de afección de las obras.
- Identificación de los elementos susceptibles de protección según la Legislación vigente.

➤ **Estudio Faunístico**

- Muestreo intensivo (prospección in situ) de la zona objeto de estudio.
- Identificación de especies y taxones.
- Inventario.
- Identificación (si las hubiera) de especies relevantes, catalogadas o con algún grado de protección, en las áreas afectadas directamente por el proyecto.
- Identificación y georreferenciación de la fauna amenazada, rara o endémica en la franja de afección de las obras.
- Identificación de zonas de especial consideración por nidificación o áreas de reproducción de especies.

➤ **Hábitats de Interés Comunitario**

- Identificación de los Hábitats de Interés Comunitario presentes en la zona objeto de estudio.
- Inventario.

2 ÁREA DE ESTUDIO

Para definir el área objeto de estudio se ha tenido en cuenta la ubicación propuesta para la implantación del proyecto SALAVE, el cual está dividido en dos zonas bien diferenciadas, una zona de instalaciones exteriores y otra zona donde se localiza la explotación minera subterránea.

El ámbito de estudio del presente documento se centra, fundamentalmente, en identificar las especies de flora y fauna localizadas en la zona de futura implantación de las instalaciones exteriores, ya que según la documentación ambiental asociada al proyecto la explotación minera subterránea no afectará de forma directa al ecosistema presente en la zona, siendo esta:

- Inventario Ambiental y Afecciones a hábitats y Red Natura 2000, elaborado por Exploraciones Mineras del Cantábrico S.L.
- Estudio de Flora y Fauna denominado "Asistencia técnica para la realización del estudio de impacto ambiental del proyecto minero de explotación por interior del Yacimiento de Salave (T.M. Tapia de Casariego)", elaborado por BIOSFERA Consultoría Medioambiental S.L.
- "Estudio del estado ecológico de los ecosistemas acuáticos del río Anguileiro y afluentes. (T.M. Tapia de Casariego)", elaborado por BIOSFERA Consultoría Medioambiental S.L.
- "Estudio específico de nutria (*Lutra lutra*) y anfibios en Lagunas de Silva, río Anguileiro y afluentes (T.M. Tapia de Casariego)", elaborado por BIOSFERA Consultoría Medioambiental S.L.

- Identidad taxonómica de las plantas de *Genista gr anglica* (*Fabaceae*) que crecen en el noroeste del Principado de Asturias, y propuesta de gestión”, elaborado por la Universidad de Oviedo.

Una vez revisada esta documentación se ha considerado válido el estudio de flora y fauna denominado “Asistencia técnica para la realización del estudio de impacto ambiental del proyecto minero de explotación por interior del Yacimiento de Salave (T.M. Tapia de Casariego)”, elaborado por BIOSFERA Consultoría Medioambiental S.L., para la zona donde se localiza la explotación minera subterránea.

Centrándonos en la zona prevista para la implantación de las futuras instalaciones exteriores, éstas se encuentran situadas en las parroquias de Tapia de Casariego, La Roda y Campos y Salave, todas ellas pertenecientes al Concejo de Tapia de Casariego. Dicho emplazamiento se encuentra al sureste de la parroquia de Tapia y al suroeste de la parroquia Campos y Salave, limitado por las siguientes infraestructuras (Ver Plano 1. Localización):

- Autopista A-8 por la zona sur.
- Carretera N-634 en el Norte.
- Carretera AS-23 Mántaras-La Roda por la zona oeste.
- Al este, con la carretera TC-2 Campos y Salave-La Roda.

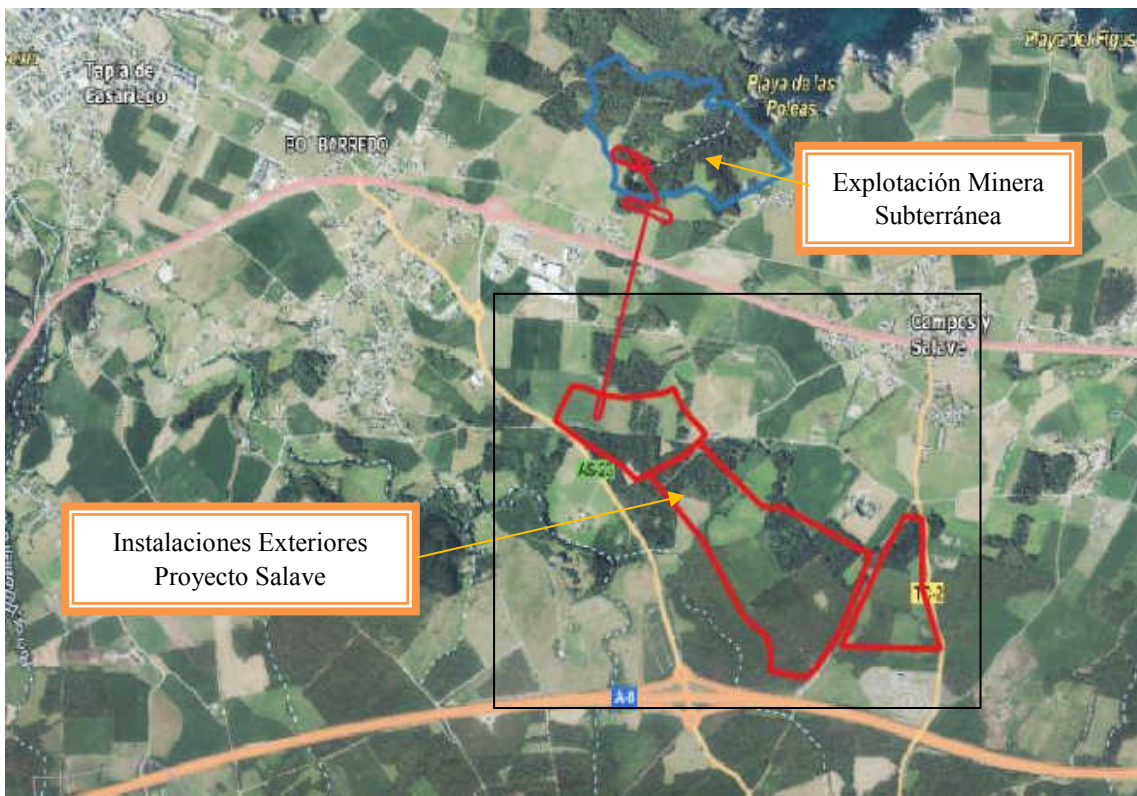


Ilustración 1. Ubicación prevista para las Instalaciones objeto de estudio.

La zona estudiada se enclava biogeográficamente en la Región Eurosiberiana, localizándose en el piso bioclimático termocolino, caracterizado por una temperatura media anual superior a 12 °C, una temperatura mínima media del mes más frío superior a 2 °C y una temperatura máxima media del mes más frío superior a 10 °C.

Se trata en general de una zona eminentemente antropizada, que desde antiguamente ha sido transformada por el uso humano, con fines ganaderos y agrícolas, sobre todo en las cercanías de las poblaciones de mayor tamaño como el núcleo urbano de Tapia. En las zonas menos urbanizadas aparecen superficies forestales formadas, mayoritariamente, por plantaciones de pino gallego (*Pinus pinaster*) y en menor medida por eucalipto (*Eucalyptus globulus*). No obstante, es importante destacar que en un elevado porcentaje dichos rodales están sometidos a algún tipo de aprovechamiento maderero, de forma que los bosques son talados periódicamente dificultando así el asentamiento de especies de animales con elevados requerimientos ecológicos como el oso pardo (*Ursus arctos*) o el lobo (*Canis lupus*). Son frecuentes también los prados y zonas de cultivo, así como brezales en las zonas más próximas a la costa.

Existen además numerosos arroyos y regueros como el arroyo Orjales y el reguero Gamazá, además de dos ríos como el Anguileira y el Murias que desembocan en la playa de Anguileiro, perteneciente a Tapia de Casariego. En la proximidad de estos ríos encontramos un entorno ribereño, abierto, donde dominan las especies típicamente riparias de ámbito atlántico, fundamentalmente de espacios abiertos y de carácter antropófilo y generalista o ligados de alguna manera al medio fluvial.

3 ESTUDIO BOTÁNICO

3.1 Encuadre biogeográfico. Vegetación potencial y usos del suelo

El conjunto de los territorios ibéricos dista de ser homogéneo, pudiendo diferenciarse dentro de ellos diversas unidades biogeográficas y bioclimáticas. En este sentido, en el presente apartado se ha seguido la clasificación bioclimática y la síntesis biogeográfica propuesta por Rivas-Martínez para la Península Ibérica. De esta forma, para los diferentes tipos de climas se considera por separado los parámetros térmicos, que definen los tipos termoclimáticos o pisos bioclimáticos, y los parámetros pluviométricos, sobre los que se establecen los tipos de ombroclima.

Dependiendo de su grado de sensibilidad a los fríos invernales y a las posibles heladas tardías, así como de la capacidad de completar su ciclo vital de manera competitiva, cada especie y comunidad vegetal se desarrolla dentro de unos determinados límites bioclimáticos.

La zona objeto de estudio se encuentra enclavada, como se ha comentado con anterioridad, dentro del dominio de la región Eurosiberiana. Según los criterios que se siguen en la actualidad (Rivas Martínez, 1987; Rodríguez & Ramil-Rego, 2008) la región comprende la siguiente división corológica:

REINO HOLÁRTICO – Región Eurosiberiana – Superprovincia Atlántica - Provincia Cántabro-atlántica - Sector Galaico-asturiano - Subsector Asturiano septentrional.

De acuerdo con el Mapa de Series de Vegetación de España de Salvador Rivas Martínez (1987), el monte se encuentra enmarcado dentro de la siguiente serie:

- *Serie climática termocolina-colina-montana galaico asturiana acidófila del carbayo (Quercus robur), Blechno spicanti-Quercetum roboris Sigmetum. La etapa madura son carbayedas con abedules, desarrolladas sobre sustratos silíceos (Blechno spicanti-Quercetum roboris).*

- *Las etapas de sustitución son: formaciones arbustivas (Frangulo alni-Pyretum cordati), piornales (Ulici europaei-Cytisetum striati), brezales (Gentiano pneumonanthe-Ericetum mackaiana, Ulici-Ericetum vagantis y Halimio-Ulicetum gallii) y prados (Lino-Cynosuretum cristati y Caro-Cynosuretum cristati).*

La identificación de los usos del suelo presentes en el área de estudio se realiza a partir de la cartografía del IGN, foto aérea y, principalmente, de la capa del Sistema de Información sobre

Ocupación del Suelo de España (SIOSE). La siguiente ilustración representa la ocupación del suelo en todo el territorio potencialmente afectado (Ver Plano 2 Usos del Suelo).

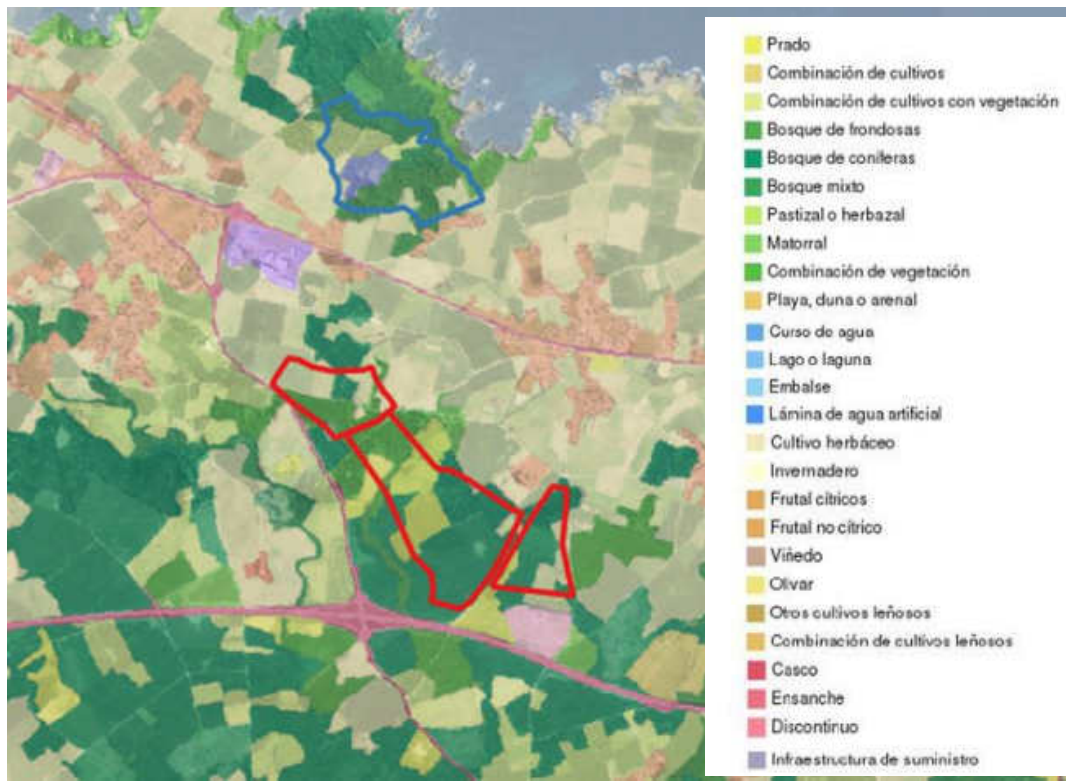


Ilustración 2. Usos del suelo (SIOSE)

3.2 Flora y Vegetación Actual

La vegetación, definida como un conjunto de poblaciones de plantas o comunidades vegetales que viven juntas en una localidad determinada y que puede caracterizarse por las especies que la componen o por la combinación de caracteres estructurales y funcionales que determinan el aspecto o fisionomía de la misma, es de carácter preponderantemente eurosiberiano, con bosques caducifolios como formaciones climáticas. Ciñéndose más a la zona de estudio, los inviernos poco rigurosos, los veranos frescos y el mínimo hídrico estival confieren a la flora local un marcado cariz atlántico que la pone en relación con la del resto de la fachada occidental europea. La parcelación llevada a cabo por el ser humano ha contribuido a que la zona se presente como un conjunto de ecotonos, formados por la transición permanente entre diferentes ecosistemas.

El área de ocupación alberga una riqueza florística relativamente elevada en cuanto al número de especies y taxones identificados, pero a pesar de dicha riqueza, la diversidad florística para el conjunto del territorio prospectado es baja teniendo en cuenta la gran extensión muestreada,

con grandes áreas ocupadas por cultivos —tanto madereros como pratenses y de plantas forrajeras, y de los muy poco diversos matorrales primitivos de tojo (*Ulex europaeus*) y helecho (*Pteridium aquilinum*).

3.2.1. Plan de muestreo y prospección en campo

Con objeto de analizar e identificar a fondo la flora que compone las estructuras antes descritas, se han llevado a cabo prospecciones en campo realizadas por un técnico especialista, consiguiendo inventariar las especies de plantas vasculares más significativas presentes en el área prevista de ocupación por las instalaciones.

Para ello se ha diseñado un plan de muestreo aleatorio simple dividiendo la zona en tres parcelas: A, B y C.



Ilustración 3. Muestreo de vegetación de las parcelas donde se ubicarán las Instalaciones Exteriores.

Para inventariar dichas zonas, se han dividido las parcelas en diferentes áreas en función de las diferentes formaciones vegetales que las componen. Éstas, a su vez, se han vuelto a dividir en subáreas (puntos de muestreo) de 25x25 metros, de las cuales fueron seleccionadas de forma aleatoria 93 para llevar a cabo análisis exhaustivos de identificación de especies y taxones (Ver Plano 3. Plan de muestreo de Flora).



Ilustración 4. Los 93 puntos de muestreo de vegetación desarrollados donde se ubicarán las Instalaciones Exteriores.

Con el fin de contextualizar en el ámbito comarcal la flora y evaluar posibles afecciones en el entorno de las instalaciones, también se visitaron varios puntos que, por su aspecto ortofotográfico o por referencias extraídas de la bibliografía y de los herbarios, eran susceptibles de albergar plantas protegidas.

3.2.2 Resultados obtenidos

A continuación, se muestran los resultados obtenidos en las diferentes jornadas de prospección para cada una de las 93 parcelas analizadas:

MUESTREOS DE FLORA REALIZADOS EN LA ZONA DE ESTUDIO

PARCELA A



ÁREAS





PUNTOS DE MUESTREO




SUPERFICIE

12,12 ha


ÁREA		PUNTOS DE MUESTREO	
A1			
	SUPERFICIE	P1	625 m ²
	2,27 ha	P2	625 m ²
		P3	625 m ²
		P4	625 m ²
		P5	625 m ²

ÁREA	PUNTOS DE MUESTREO	FOTOGRAFÍA	INVENTARIO VEGETACIÓN
A1	P1		<ul style="list-style-type: none"> - <i>Eucalyptus globulus</i> Labill. - <i>Pinus pinaster</i> Aiton - <i>Ulex europaeus</i> L. - <i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kunth - <i>Calluna vulgaris</i> (L.) Hull - <i>Rubus ulmifolius</i> Schott - <i>Acacia melanoxylon</i> R. Br. - <i>Castanea sativa</i> Miller - <i>Quercus robur</i> L. - <i>Betula pubescens</i> Ehrh. - <i>Lonicera periclymenum</i> L. subsp. <i>Periclymenum</i> - <i>Daboecia cantabrica</i> (Hudson) C. Koch - <i>Acacia dealbata</i>



ÁREA	PUNTOS DE MUESTREO	FOTOGRAFÍA	INVENTARIO VEGETACIÓN
A1	P2		<ul style="list-style-type: none"> - <i>Pinus pinaster</i> Aiton - <i>Eucalyptus globulus</i> Labill. - <i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kunth - <i>Rubus ulmifolius</i> Schott - <i>Quercus robur</i> L. - <i>Betula pubescens</i> Ehrh.


ÁREA	PUNTOS DE MUESTREO	FOTOGRAFÍA	INVENTARIO VEGETACIÓN
A1	P3		<ul style="list-style-type: none"> - <i>Eucalyptus globulus</i> Labill. - <i>Pinus pinaster</i> Aiton - <i>Ulex europaeus</i> L. - <i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kunth - <i>Calluna vulgaris</i> (L.) Hull - <i>Rubus ulmifolius</i> Schott - <i>Quercus robur</i> L. - <i>Daboecia cantabrica</i> (Hudson) C. Koch


ÁREA	PUNTOS DE MUESTREO	FOTOGRAFÍA	INVENTARIO VEGETACIÓN
A1	P4		<ul style="list-style-type: none"> - <i>Pinus pinaster</i> Aiton - <i>Ulex europaeus</i> L. - <i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kunth - <i>Calluna vulgaris</i> (L.) Hull - <i>Rubus ulmifolius</i> Schott - <i>Daboecia cantabrica</i> (Hudson) C. Koch - <i>Lonicera periclymenum</i> L. subsp. <i>Periclymenum</i> - <i>Achillea millefolium</i> L.

ÁREA	PUNTOS DE MUESTREO	FOTOGRAFÍA	INVENTARIO VEGETACIÓN
A1	P5		<ul style="list-style-type: none"> - <i>Eucalyptus globulus</i> Labill. - <i>Pinus pinaster</i> Aiton - <i>Ulex europaeus</i> L. - <i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kunth - <i>Calluna vulgaris</i> (L.) Hull - <i>Rubus ulmifolius</i> Schott - <i>Acacia melanoxylon</i> R. Br. - <i>Quercus robur</i> L. - <i>Betula pubescens</i> Ehrh. - <i>Lonicera periclymenum</i> L. subsp. <i>Periclymenum</i> - <i>Daboecia cantabrica</i> (Hudson) C. Koch - <i>Acacia dealbata</i> - <i>Achillea millefolium</i> L. - <i>Urtica dioica</i> L.


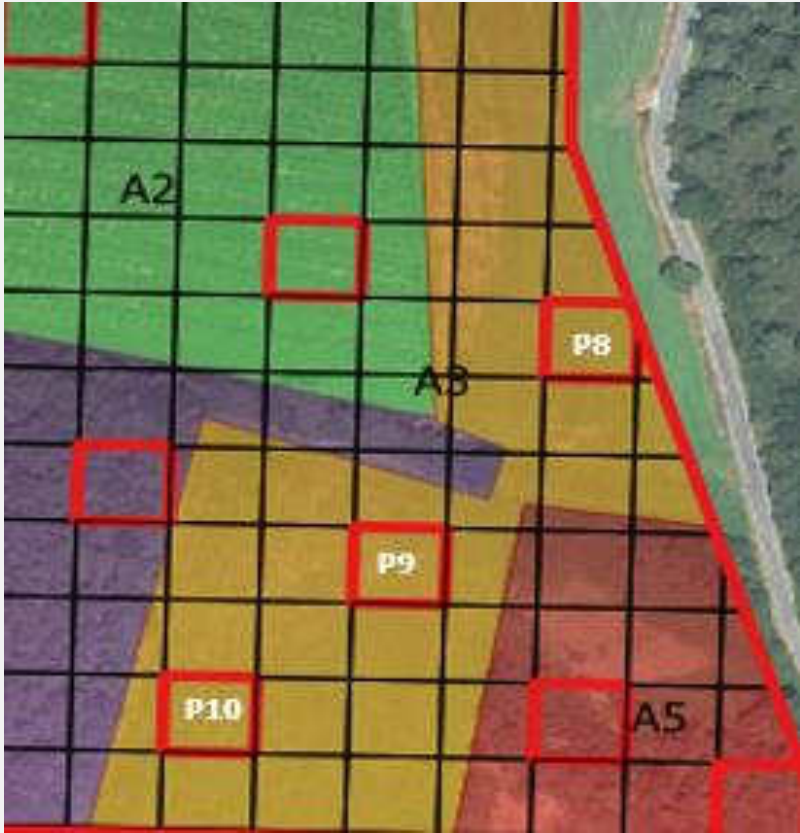
MUESTREOS DE VEGETACIÓN REALIZADO EN LA ZONA DE ESTUDIO

ÁREA		PUNTOS DE MUESTREO		
A2			P6	625 m ²
	<p>SUPERFICIE</p> <p>2,14 ha</p>		P7	625 m ²


ÁREA	PUNTOS DE MUESTREO	FOTOGRAFÍA	INVENTARIO VEGETACIÓN
A2	P6		<ul style="list-style-type: none">- Plantación de <i>Eucalyptus globulus</i> Labill.- <i>Ulex europaeus</i> L.- <i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kunth- <i>Calluna vulgaris</i> (L.) Hull- <i>Rubus ulmifolius</i> Schott


ÁREA	PUNTOS DE MUESTREO	FOTOGRAFÍA	INVENTARIO VEGETACIÓN
A2	P7		<ul style="list-style-type: none">- Plantación de <i>Eucalyptus globulus</i> Labill.- <i>Ulex europaeus</i> L.- <i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kunth- <i>Calluna vulgaris</i> (L.) Hull- <i>Rubus ulmifolius</i> Schott- <i>Urtica dioica</i> L.

MUESTREOS DE VEGETACIÓN REALIZADOS EN LA ZONA DE ESTUDIO



ÁREA		PUNTOS DE MUESTREO	
A3			
	SUPERFICIE	P8	625 m ²
	2,36 ha	P9	625 m ²
		P10	625 m ²


ÁREA	PUNTOS DE MUESTREO	FOTOGRAFÍA	INVENTARIO VEGETACIÓN
A3	P8		<p>Prados de heno</p> <ul style="list-style-type: none">- <i>Medicago arabica</i> (L.) Hudson- <i>Medicago lupulina</i> L.


ÁREA	PUNTOS DE MUESTREO	FOTOGRAFÍA	INVENTARIO VEGETACIÓN
A3	P9		Cultivo de maíz (<i>Zea mays</i>)


ÁREA	PUNTOS DE MUESTREO	FOTOGRAFÍA	INVENTARIO VEGETACIÓN
A3	P10		Cultivo de maíz (<i>Zea mays</i>)

MUESTREOS DE VEGETACIÓN REALIZADOS EN LA ZONA DE ESTUDIO

ÁREA		PUNTOS DE MUESTREO		
A4			P11	625 m ²
			P12	625 m ²
			P13	625 m ²
	SUPERFICIE		P14	625 m ²
	2,07 ha			


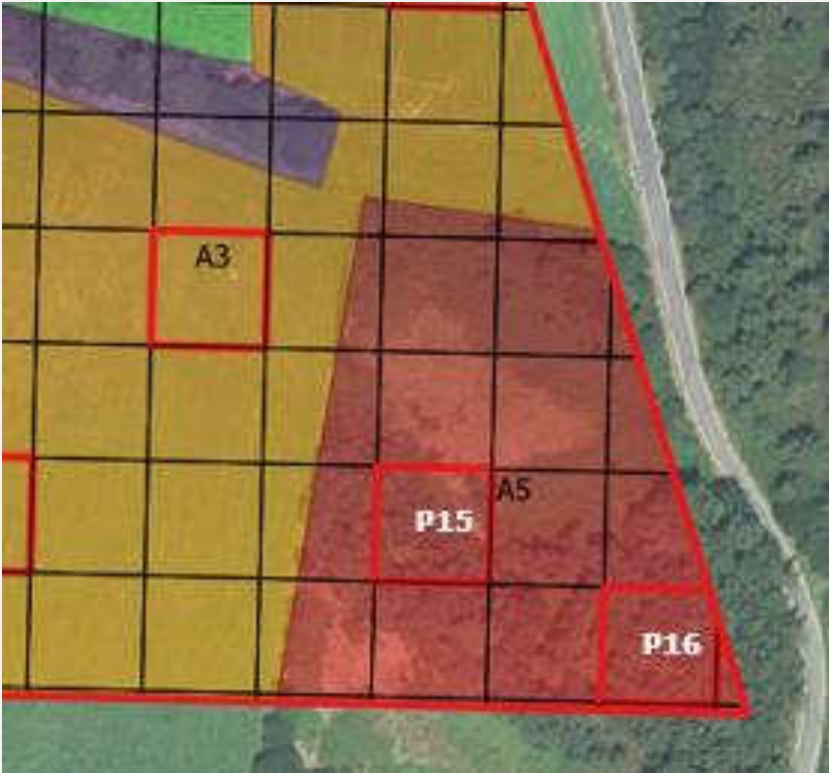
ÁREA	PUNTOS DE MUESTREO	FOTOGRAFÍA	INVENTARIO VEGETACIÓN
A4	P11		<ul style="list-style-type: none">- <i>Pinus pinaster</i> Aiton- <i>Ulex europaeus</i> L.- <i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kunth- <i>Calluna vulgaris</i> (L.) Hull- <i>Rubus ulmifolius</i> Schott- <i>Daboecia cantabrica</i> (Hudson) C. Koch- <i>Lonicera periclymenum</i> L. subsp. <i>Periclymenum</i>- <i>Achillea millefolium</i> L.- <i>Smilax aspera</i> L.

ÁREA	PUNTOS DE MUESTREO	FOTOGRAFÍA	INVENTARIO VEGETACIÓN
A4	P12		<ul style="list-style-type: none">- <i>Eucalyptus globulus</i> Labill.- <i>Pinus pinaster</i> Aiton- <i>Ulex europaeus</i> L.- <i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kunth- <i>Calluna vulgaris</i> (L.) Hull- <i>Rubus ulmifolius</i> Schott- <i>Acacia melanoxylon</i> R. Br.- <i>Castanea sativa</i> Miller- <i>Quercus robur</i> L.- <i>Betula pubescens</i> Ehrh.- <i>Lonicera periclymenum</i> L. subsp. <i>Periclymenum</i>- <i>Daboecia cantabrica</i> (Hudson) C. Koch- <i>Acacia dealbata</i>


ÁREA	PUNTOS DE MUESTREO	FOTOGRAFÍA	INVENTARIO VEGETACIÓN
A4	P13		<ul style="list-style-type: none">- <i>Eucalyptus globulus</i> Labill.- <i>Pinus pinaster</i> Aiton- <i>Ulex europaeus</i> L.- <i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kunth- <i>Calluna vulgaris</i> (L.) Hull- <i>Rubus ulmifolius</i> Schott- <i>Castanea sativa</i> Miller- <i>Quercus robur</i> L.- <i>Betula pubescens</i> Ehrh.- <i>Lonicera periclymenum</i> L. subsp. <i>Periclymenum</i>- <i>Daboecia cantabrica</i> (Hudson) C. Koch- <i>Acacia dealbata</i>

ÁREA	PUNTOS DE MUESTREO	FOTOGRAFÍA	INVENTARIO VEGETACIÓN
A4	P14		<ul style="list-style-type: none">- <i>Pinus pinaster</i> Aiton- <i>Ulex europaeus</i> L.- <i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kunth- <i>Calluna vulgaris</i> (L.) Hull- <i>Rubus ulmifolius</i> Schott- <i>Daboecia cantabrica</i> (Hudson) C. Koch- <i>Lonicera periclymenum</i> L. subsp. <i>Periclymenum</i>- <i>Achillea millefolium</i> L.- <i>Quercus robur</i> L.



MUESTREOS DE VEGETACIÓN REALIZADOS EN LA ZONA DE ESTUDIO

ÁREA		PUNTOS DE MUESTREO		
A5			P15	625 m ²
	<p>SUPERFICIE</p> <p>0,82 ha</p>		P16	625 m ²

ÁREA	PUNTOS DE MUESTREO	FOTOGRAFÍA	INVENTARIO VEGETACIÓN
A5	P15		<ul style="list-style-type: none"> - <i>Pinus pinaster</i> Aiton - <i>Ulex europaeus</i> L. - <i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kunth - <i>Calluna vulgaris</i> (L.) Hull - <i>Rubus ulmifolius</i> Schott - <i>Daboecia cantabrica</i> (Hudson) C. Koch - <i>Achillea millefolium</i> L. - <i>Quercus robur</i> L.

ÁREA	PUNTOS DE MUESTREO	FOTOGRAFÍA	INVENTARIO VEGETACIÓN
A5	P16		<ul style="list-style-type: none">- <i>Pinus pinaster</i> Aiton- <i>Ulex europaeus</i> L.- <i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kunth- <i>Calluna vulgaris</i> (L.) Hull- <i>Rubus ulmifolius</i> Schott- <i>Daboecia cantabrica</i> (Hudson) C. Koch- <i>Lonicera periclymenum</i> L. subsp. <i>Periclymenum</i>- <i>Achillea millefolium</i> L.- <i>Quercus robur</i> L.- <i>Malus domestica</i> Borkh.

MUESTREOS DE VEGETACIÓN REALIZADOS EN LA ZONA DE ESTUDIO

ÁREA		PUNTOS DE MUESTREO		
A6			P17	625 m ²
	SUPERFICIE			
	0,73 ha			

ÁREA	PUNTOS DE MUESTREO	FOTOGRAFÍA	INVENTARIO VEGETACIÓN
A6	P17		<p>Prado de diente ganado.</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Lolium multiflorum</i> Lam. - <i>Poa annua</i> L. - <i>Poa trivialis</i> L. - <i>Medicago arabica</i> (L.) Hudson - <i>Trifolium pratense</i> L.

MUESTREOS DE VEGETACIÓN REALIZADOS EN LA ZONA DE ESTUDIO

PARCELA B


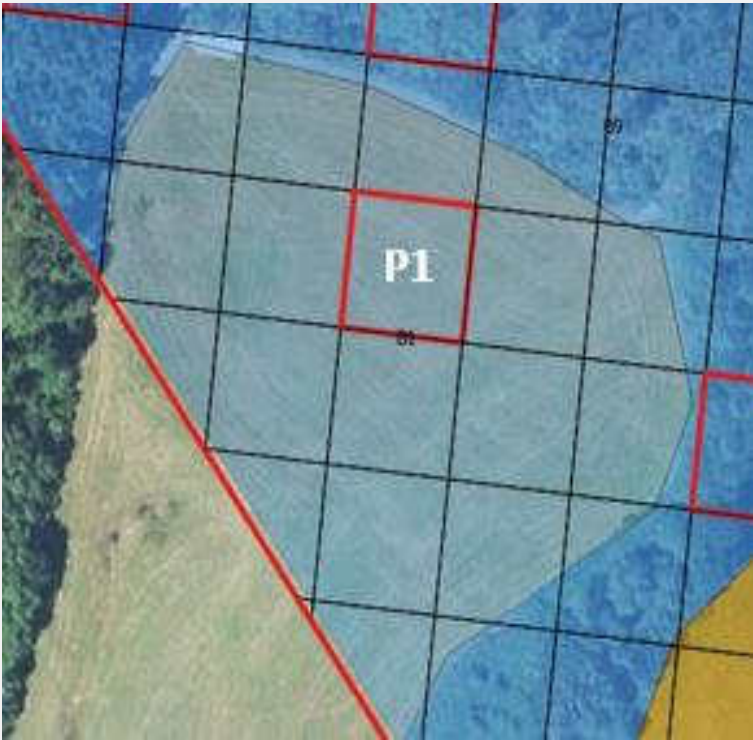
ÁREAS


PUNTOS DE MUESTREO


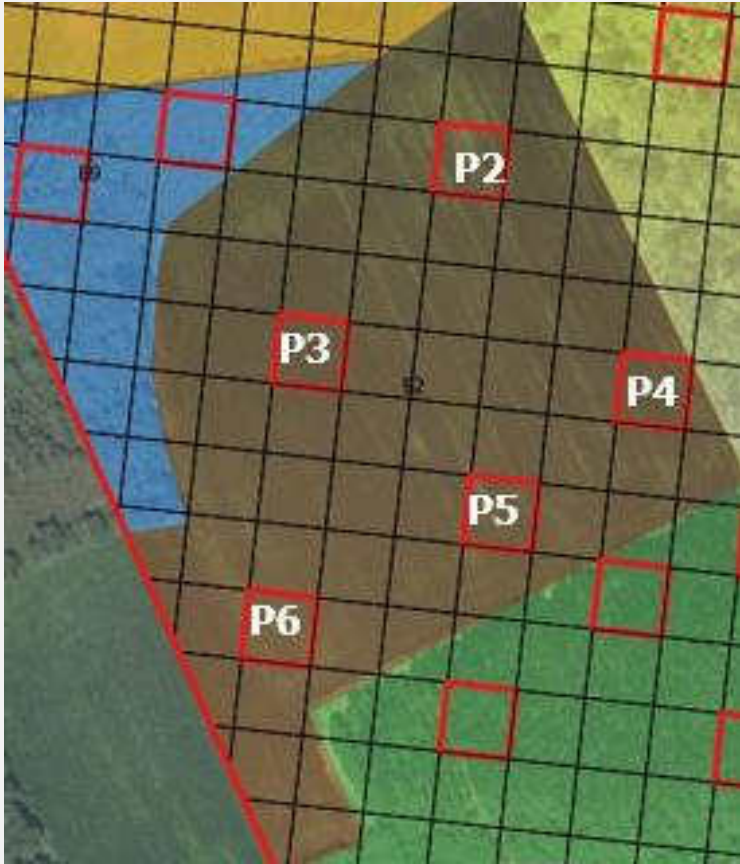


SUPERFICIE

32,01 ha


ÁREA		PUNTOS DE MUESTREO		
B1			P1	625 m ²
	SUPERFICIE			
	0,91 ha			

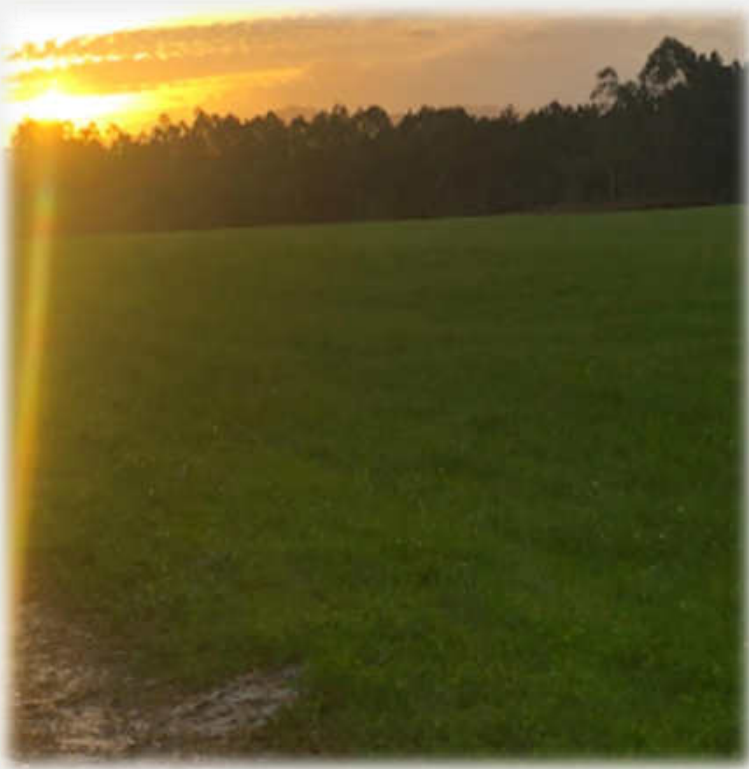
ÁREA	PUNTOS DE MUESTREO	FOTOGRAFÍA	INVENTARIO VEGETACIÓN
B1	P1		<p>Prado de siega</p> <ul style="list-style-type: none">- <i>Lolium multiflorum</i> Lam.- <i>Poa annua</i> L.- <i>Poa trivialis</i> L.- <i>Medicago arabica</i> (L.) Hudson- <i>Trifolium pratense</i> L.- <i>Festuca arundinacea</i> Schreber- <i>Dactylis glomerata</i> L. subsp. <i>glomerata</i>


ÁREA		PUNTOS DE MUESTREO		
B2			P2	625 m ²
			P3	
			P4	
	P5			
	P6			
	SUPERFICIE			
	3,81 ha			

ÁREA	PUNTOS DE MUESTREO	FOTOGRAFÍA	INVENTARIO VEGETACIÓN
B2	P2		<p>Prado de siega</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Lolium multiflorum</i> Lam. - <i>Poa annua</i> L. - <i>Poa trivialis</i> L. - <i>Medicago arabica</i> (L.) Hudson - <i>Trifolium pratense</i> L. - <i>Festuca arundinacea</i> Schreber - <i>Dactylis glomerata</i> L. subsp. <i>glomerata</i>

ÁREA	PUNTOS DE MUESTREO	FOTOGRAFÍA	INVENTARIO VEGETACIÓN
B2	P3		<p>Prado de siega</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Lolium multiflorum</i> Lam. - <i>Poa annua</i> L. - <i>Poa trivialis</i> L. - <i>Medicago arabica</i> (L.) Hudson - <i>Trifolium pratense</i> L. - <i>Festuca arundinacea</i> Schreber - <i>Dactylis glomerata</i> L. subsp. <i>glomerata</i>

ÁREA	PUNTOS DE MUESTREO	FOTOGRAFÍA	INVENTARIO VEGETACIÓN
B2	P4		<p>Prado de siega</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Lolium multiflorum</i> Lam. - <i>Poa annua</i> L. - <i>Poa trivialis</i> L. - <i>Medicago arabica</i> (L.) Hudson - <i>Trifolium pratense</i> L. - <i>Festuca arundinacea</i> Schreber - <i>Dactylis glomerata</i> L. subsp. <i>glomerata</i>

ÁREA	PUNTOS DE MUESTREO	FOTOGRAFÍA	INVENTARIO VEGETACIÓN
B2	P5		<p>Prado de siega</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Lolium multiflorum</i> Lam. - <i>Poa annua</i> L. - <i>Poa trivialis</i> L. - <i>Medicago arabica</i> (L.) Hudson - <i>Trifolium pratense</i> L. - <i>Festuca arundinacea</i> Schreber - <i>Dactylis glomerata</i> L. subsp. <i>glomerata</i>

ÁREA	PUNTOS DE MUESTREO	FOTOGRAFÍA	INVENTARIO VEGETACIÓN
B2	P6		<p>Prado de siega</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Lolium multiflorum</i> Lam. - <i>Poa annua</i> L. - <i>Poa trivialis</i> L. - <i>Medicago arabica</i> (L.) Hudson - <i>Trifolium pratense</i> L. - <i>Festuca arundinacea</i> Schreber - <i>Dactylis glomerata</i> L. subsp. <i>glomerata</i>

ÁREA

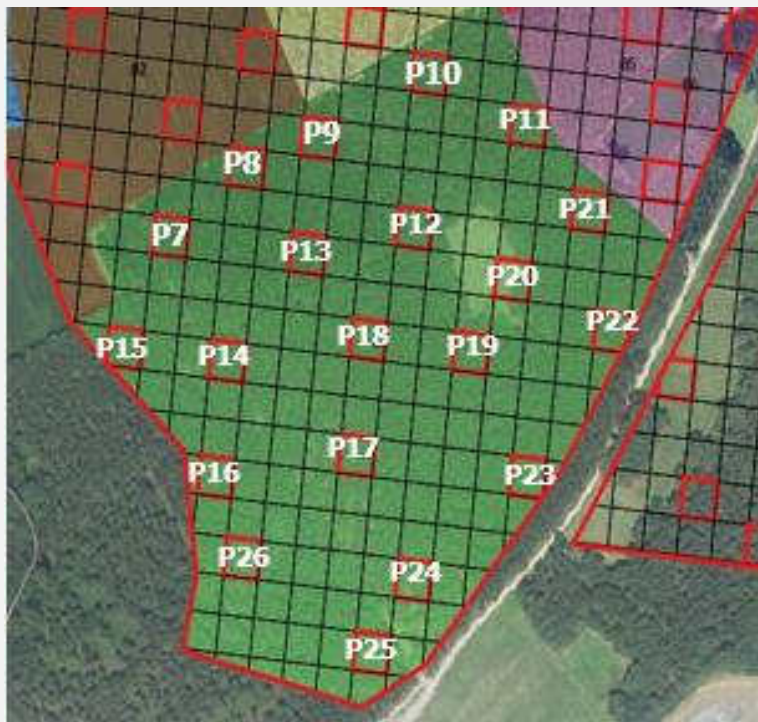
PUNTOS DE MUESTREO

B3



SUPERFICIE

11,1 ha





P7	625 m ²
P8	625 m ²
P9	625 m ²
P10	625 m ²
P11	625 m ²
P12	625 m ²
P13	625 m ²
P14	625 m ²
P15	625 m ²
P16	625 m ²
P17	625 m ²
P18	625 m ²
P19	625 m ²
P20	625 m ²
P21	625 m ²
P22	625 m ²
P23	625 m ²
P24	625 m ²
P25	625 m ²
P26	625 m ²


ÁREA	PUNTOS DE MUESTREO	FOTOGRAFÍA	INVENTARIO VEGETACIÓN
B3	P7		<ul style="list-style-type: none">- <i>Pinus pinaster</i> Aiton- <i>Ulex europaeus</i> L.- <i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kunth- <i>Calluna vulgaris</i> (L.) Hull- <i>Rubus ulmifolius</i> Schott- <i>Quercus robur</i> L.

ÁREA	PUNTOS DE MUESTREO	FOTOGRAFÍA	INVENTARIO VEGETACIÓN
B2	P8		<ul style="list-style-type: none">- <i>Pinus pinaster</i> Aiton- <i>Ulex europaeus</i> L.- <i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kunth- <i>Calluna vulgaris</i> (L.) Hull- <i>Rubus ulmifolius</i> Schott- <i>Quercus robur</i> L.


ÁREA	PUNTOS DE MUESTREO	FOTOGRAFÍA	INVENTARIO VEGETACIÓN
B2	P9		<ul style="list-style-type: none">- <i>Pinus pinaster</i> Aiton- <i>Ulex europaeus</i> L.- <i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kunth- <i>Calluna vulgaris</i> (L.) Hull- <i>Rubus ulmifolius</i> Schott- <i>Quercus robur</i> L.

ÁREA	PUNTOS DE MUESTREO	FOTOGRAFÍA	INVENTARIO VEGETACIÓN
B2	P10	 A photograph showing a forest floor with several pine trees. The ground is covered with a dense layer of brown, dried ferns and other vegetation. The tree trunks are visible, and the overall scene is a natural, somewhat overgrown forest environment.	<ul style="list-style-type: none">- <i>Pinus pinaster</i> Aiton- <i>Ulex europaeus</i> L.- <i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kunth- <i>Calluna vulgaris</i> (L.) Hull- <i>Rubus ulmifolius</i> Schott- <i>Quercus robur</i> L.


ÁREA	PUNTOS DE MUESTREO	FOTOGRAFÍA	INVENTARIO VEGETACIÓN
B3	P11		<ul style="list-style-type: none">- <i>Pinus pinaster</i> Aiton- <i>Ulex europaeus</i> L.- <i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kunth- <i>Calluna vulgaris</i> (L.) Hull- <i>Rubus ulmifolius</i> Schott- <i>Quercus robur</i> L.


ÁREA	PUNTOS DE MUESTREO	FOTOGRAFÍA	INVENTARIO VEGETACIÓN
B3	P12		<ul style="list-style-type: none">- <i>Pinus pinaster</i> Aiton- <i>Ulex europaeus</i> L.- <i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kunth- <i>Rubus ulmifolius</i> Schott- <i>Calluna vulgaris</i> (L.) Hull


ÁREA	PUNTOS DE MUESTREO	FOTOGRAFÍA	INVENTARIO VEGETACIÓN
B3	P13		<ul style="list-style-type: none">- <i>Pinus pinaster</i> Aiton- <i>Ulex europaeus</i> L.- <i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kunth- <i>Rubus ulmifolius</i> Schott- <i>Calluna vulgaris</i> (L.) Hull

ÁREA	PUNTOS DE MUESTREO	FOTOGRAFÍA	INVENTARIO VEGETACIÓN
B3	P14		<ul style="list-style-type: none">- <i>Pinus pinaster</i> Aiton- <i>Ulex europaeus</i> L.- <i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kunth- <i>Rubus ulmifolius</i> Schott


ÁREA	PUNTOS DE MUESTREO	FOTOGRAFÍA	INVENTARIO VEGETACIÓN
B3	P15		<ul style="list-style-type: none">- <i>Pinus pinaster</i> Aiton- <i>Ulex europaeus</i> L.- <i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kunth- <i>Rubus ulmifolius</i> Schott- <i>Calluna vulgaris</i> (L.) Hull

ÁREA	PUNTOS DE MUESTREO	FOTOGRAFÍA	INVENTARIO VEGETACIÓN
B3	P16		<ul style="list-style-type: none">- <i>Pinus pinaster</i> Aiton- <i>Ulex europaeus</i> L.- <i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kunth- <i>Rubus ulmifolius</i> Schott- <i>Calluna vulgaris</i> (L.) Hull

ÁREA	PUNTOS DE MUESTREO	FOTOGRAFÍA	INVENTARIO VEGETACIÓN
B3	P17		<ul style="list-style-type: none">- <i>Pinus pinaster</i> Aiton- <i>Ulex europaeus</i> L.- <i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kunth- <i>Rubus ulmifolius</i> Schott- <i>Calluna vulgaris</i> (L.) Hull

ÁREA	PUNTOS DE MUESTREO	FOTOGRAFÍA	INVENTARIO VEGETACIÓN
B3	P18		<ul style="list-style-type: none"> - <i>Pinus pinaster</i> Aiton - <i>Ulex europaeus</i> L. - <i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kunth - <i>Rubus ulmifolius</i> Schott - <i>Calluna vulgaris</i> (L.) Hull


ÁREA	PUNTOS DE MUESTREO	FOTOGRAFÍA	INVENTARIO VEGETACIÓN
B3	P19		<ul style="list-style-type: none">- <i>Pinus pinaster</i> Aiton- <i>Ulex europaeus</i> L.- <i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kunth- <i>Rubus ulmifolius</i> Schott- <i>Calluna vulgaris</i> (L.) Hull

ÁREA	PUNTOS DE MUESTREO	FOTOGRAFÍA	INVENTARIO VEGETACIÓN
B3	P20		<ul style="list-style-type: none">- <i>Pinus pinaster</i> Aiton- <i>Ulex europaeus</i> L.- <i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kunth- <i>Rubus ulmifolius</i> Schott- <i>Calluna vulgaris</i> (L.) Hull- <i>Quercus robur</i> L.- <i>Betula pubescens</i> Ehrh.


ÁREA	PUNTOS DE MUESTREO	FOTOGRAFÍA	INVENTARIO VEGETACIÓN
B3	P21		<ul style="list-style-type: none">- <i>Pinus pinaster</i> Aiton- <i>Ulex europaeus</i> L.- <i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kunth- <i>Rubus ulmifolius</i> Schott- <i>Calluna vulgaris</i> (L.) Hull- <i>Quercus robur</i> L.


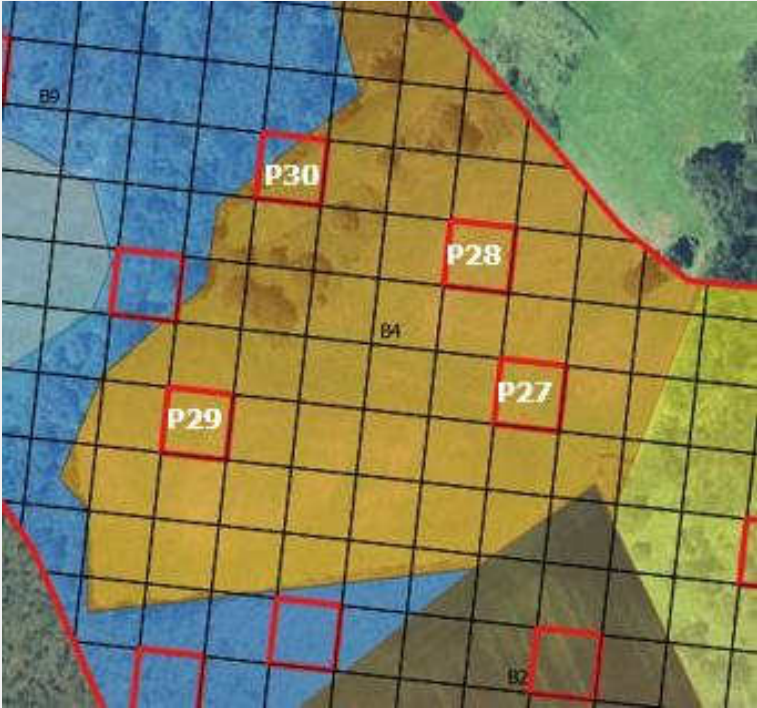
ÁREA	PUNTOS DE MUESTREO	FOTOGRAFÍA	INVENTARIO VEGETACIÓN
B3	P22		<ul style="list-style-type: none">- <i>Pinus pinaster</i> Aiton- <i>Ulex europaeus</i> L.- <i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kunth- <i>Rubus ulmifolius</i> Schott- <i>Calluna vulgaris</i> (L.) Hull- <i>Quercus robur</i> L.

ÁREA	PUNTOS DE MUESTREO	FOTOGRAFÍA	INVENTARIO VEGETACIÓN
B3	P23		<ul style="list-style-type: none">- <i>Pinus pinaster</i> Aiton- <i>Ulex europaeus</i> L.- <i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kunth- <i>Rubus ulmifolius</i> Schott- <i>Calluna vulgaris</i> (L.) Hull- <i>Quercus robur</i> L.- <i>Betula pubescens</i> Ehrh.

ÁREA	PUNTOS DE MUESTREO	FOTOGRAFÍA	INVENTARIO VEGETACIÓN
B3	P24		<ul style="list-style-type: none">- <i>Pinus pinaster</i> Aiton- <i>Ulex europaeus</i> L.- <i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kunth- <i>Rubus ulmifolius</i> Schott- <i>Calluna vulgaris</i> (L.) Hull- <i>Quercus robur</i> L.- <i>Betula pubescens</i> Ehrh.

ÁREA	PUNTOS DE MUESTREO	FOTOGRAFÍA	INVENTARIO VEGETACIÓN
B3	P25		<ul style="list-style-type: none">- <i>Pinus pinaster</i> Aiton- <i>Ulex europaeus</i> L.- <i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kunth- <i>Rubus ulmifolius</i> Schott- <i>Calluna vulgaris</i> (L.) Hull- <i>Quercus robur</i> L.- <i>Acacia melanoxylon</i> R. Br.

ÁREA	PUNTOS DE MUESTREO	FOTOGRAFÍA	INVENTARIO VEGETACIÓN
B3	P26		<ul style="list-style-type: none">- <i>Pinus pinaster</i> Aiton- <i>Ulex europaeus</i> L.- <i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kunth- <i>Rubus ulmifolius</i> Schott- <i>Calluna vulgaris</i> (L.) Hull- <i>Quercus robur</i> L.- <i>Betula pubescens</i> Ehrh.


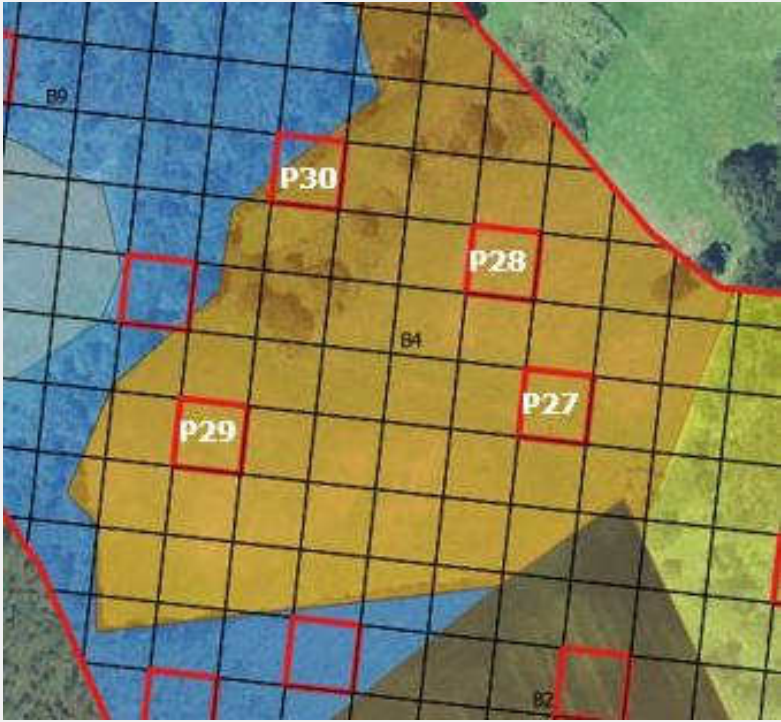
ÁREA		PUNTOS DE MUESTREO		
B4			P27	625 m ²
	SUPERFICIE		P28	625 m ²
	3,25 ha		P29	625 m ²
			P30	625 m ²


ÁREA	PUNTOS DE MUESTREO	FOTOGRAFÍA	INVENTARIO VEGETACIÓN
B4	P27		<p>Prado de siega</p> <ul style="list-style-type: none">- <i>Lolium multiflorum</i> Lam.- <i>Poa annua</i> L.- <i>Poa trivialis</i> L.- <i>Medicago arabica</i> (L.) Hudson- <i>Trifolium pratense</i> L.- <i>Festuca arundinacea</i> Schreber- <i>Dactylis glomerata</i> L. subsp. <i>glomerata</i>

ÁREA	PUNTOS DE MUESTREO	FOTOGRAFÍA	INVENTARIO VEGETACIÓN
B4	P28		<p>Prado de siega</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Lolium multiflorum</i> Lam. - <i>Poa annua</i> L. - <i>Poa trivialis</i> L. - <i>Medicago arabica</i> (L.) Hudson - <i>Trifolium pratense</i> L. - <i>Festuca arundinacea</i> Schreber - <i>Dactylis glomerata</i> L. subsp. <i>glomerata</i>

ÁREA	PUNTOS DE MUESTREO	FOTOGRAFÍA	INVENTARIO VEGETACIÓN
B4	P29		<p>Prado de siega</p> <ul style="list-style-type: none">- <i>Lolium multiflorum</i> Lam.- <i>Poa annua</i> L.- <i>Poa trivialis</i> L.- <i>Medicago arabica</i> (L.) Hudson- <i>Trifolium pratense</i> L.- <i>Festuca arundinacea</i> Schreber- <i>Dactylis glomerata</i> L. subsp. <i>glomerata</i>

ÁREA	PUNTOS DE MUESTREO	FOTOGRAFÍA	INVENTARIO VEGETACIÓN
B4	P30		<ul style="list-style-type: none">- <i>Eucalyptus globulus</i> Labill.- <i>Pinus pinaster</i> Aiton- <i>Ulex europaeus</i> L.- <i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kunth- <i>Rubus ulmifolius</i> Schott- <i>Calluna vulgaris</i> (L.) Hull- <i>Quercus robur</i> L.- <i>Betula pubescens</i> Ehrh.

ÁREA		PUNTOS DE MUESTREO		
B4			P27	625 m ²
	SUPERFICIE		P28	625 m ²
	3,25 ha		P29	625 m ²
			P30	625 m ²


ÁREA	PUNTOS DE MUESTREO	FOTOGRAFÍA	INVENTARIO VEGETACIÓN
B4	P27		<p>Prado de siega</p> <ul style="list-style-type: none">- <i>Lolium multiflorum</i> Lam.- <i>Poa annua</i> L.- <i>Poa trivialis</i> L.- <i>Medicago arabica</i> (L.) Hudson- <i>Trifolium pratense</i> L.- <i>Festuca arundinacea</i> Schreber- <i>Dactylis glomerata</i> L. subsp. <i>glomerata</i>


ÁREA	PUNTOS DE MUESTREO	FOTOGRAFÍA	INVENTARIO VEGETACIÓN
B4	P28		<p>Prado de siega</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Lolium multiflorum</i> Lam. - <i>Poa annua</i> L. - <i>Poa trivialis</i> L. - <i>Medicago arabica</i> (L.) Hudson - <i>Trifolium pratense</i> L. - <i>Festuca arundinacea</i> Schreber - <i>Dactylis glomerata</i> L. subsp. <i>glomerata</i>


ÁREA	PUNTOS DE MUESTREO	FOTOGRAFÍA	INVENTARIO VEGETACIÓN
B4	P29		<p>Prado de siega</p> <ul style="list-style-type: none">- <i>Lolium multiflorum</i> Lam.- <i>Poa annua</i> L.- <i>Poa trivialis</i> L.- <i>Medicago arabica</i> (L.) Hudson- <i>Trifolium pratense</i> L.- <i>Festuca arundinacea</i> Schreber- <i>Dactylis glomerata</i> L. subsp. <i>glomerata</i>



ÁREA	PUNTOS DE MUESTREO	FOTOGRAFÍA	INVENTARIO VEGETACIÓN
B4	P30		<ul style="list-style-type: none">- <i>Eucalyptus globulus</i> Labill.- <i>Pinus pinaster</i> Aiton- <i>Ulex europaeus</i> L.- <i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kunth- <i>Rubus ulmifolius</i> Schott- <i>Calluna vulgaris</i> (L.) Hull- <i>Quercus robur</i> L.- <i>Betula pubescens</i> Ehrh.

ÁREA		PUNTOS DE MUESTREO		
B5			P31	625 m ²
	SUPERFICIE		P32	625 m ²
	1,23 ha		P33	625 m ²


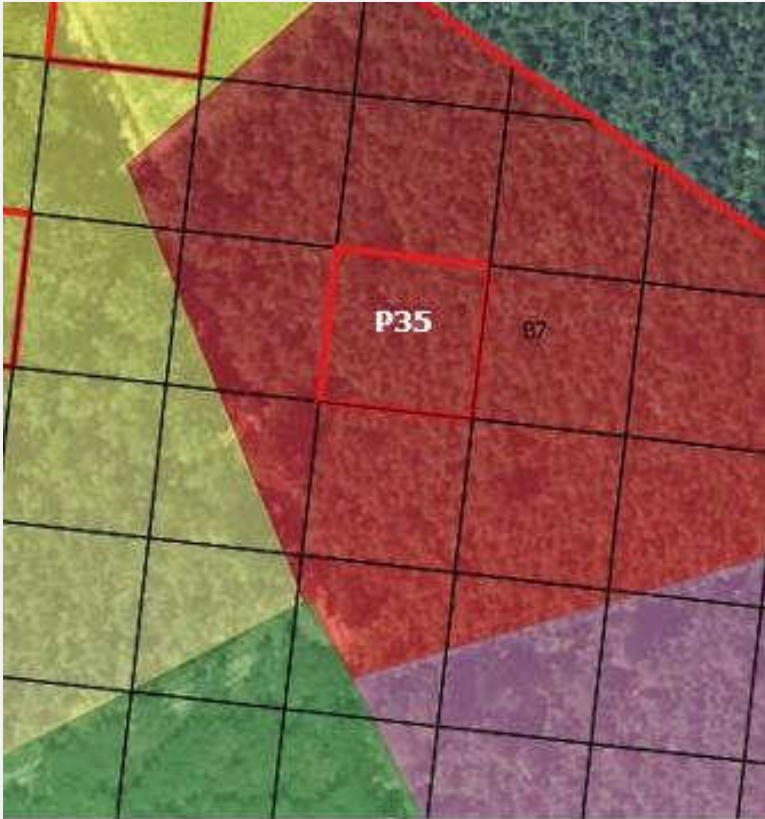
ÁREA	PUNTOS DE MUESTREO	FOTOGRAFÍA	INVENTARIO VEGETACIÓN
B5	P31		<ul style="list-style-type: none">- <i>Pinus pinaster</i> Aiton- <i>Ulex europaeus</i> L.- <i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kunth- <i>Rubus ulmifolius</i> Schott- <i>Calluna vulgaris</i> (L.) Hull- <i>Quercus robur</i> L.


ÁREA	PUNTOS DE MUESTREO	FOTOGRAFÍA	INVENTARIO VEGETACIÓN
B5	P32		<ul style="list-style-type: none">- <i>Pinus pinaster</i> Aiton- <i>Ulex europaeus</i> L.- <i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kunth- <i>Calluna vulgaris</i> (L.) Hull- <i>Rubus ulmifolius</i> Schott- <i>Acacia melanoxylon</i> R. Br.- <i>Quercus robur</i> L.- <i>Betula pubescens</i> Ehrh.- <i>Lonicera periclymenum</i> L. subsp. <i>Periclymenum</i>



ÁREA	PUNTOS DE MUESTREO	FOTOGRAFÍA	INVENTARIO VEGETACIÓN
B5	P33		<ul style="list-style-type: none">- <i>Pinus pinaster</i> Aiton- <i>Ulex europaeus</i> L.- <i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kunth- <i>Calluna vulgaris</i> (L.) Hull- <i>Rubus ulmifolius</i> Schott- <i>Acacia melanoxylon</i> R. Br.- <i>Quercus robur</i> L.- <i>Betula pubescens</i> Ehrh.- <i>Lonicera periclymenum</i> L. subsp. <i>Periclymenum</i>


ÁREA		PUNTOS DE MUESTREO		
B6			P34	625 m ²
	SUPERFICIE			
	0,57 ha			


ÁREA	PUNTOS DE MUESTREO	FOTOGRAFÍA	INVENTARIO VEGETACIÓN
B6	P34		<p>Prado de siega</p> <ul style="list-style-type: none">- <i>Lolium multiflorum</i> Lam.- <i>Poa annua</i> L.- <i>Poa trivialis</i> L.- <i>Medicago arabica</i> (L.) Hudson- <i>Trifolium pratense</i> L.- <i>Festuca arundinacea</i> Schreber- <i>Dactylis glomerata</i> L. subsp. <i>glomerata</i>

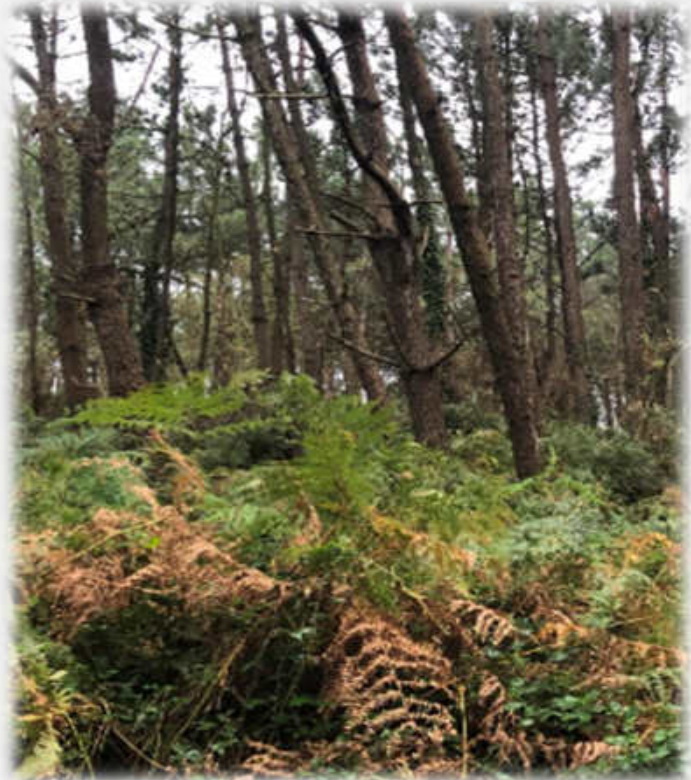
ÁREA		PUNTOS DE MUESTREO		
B7			P35	625 m ²
	SUPERFICIE			
	0,85 ha			

ÁREA	PUNTOS DE MUESTREO	FOTOGRAFÍA	INVENTARIO VEGETACIÓN
B7	P35		<ul style="list-style-type: none"> - <i>Pinus pinaster</i> Aiton - <i>Ulex europaeus</i> L. - <i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kunth - <i>Rubus ulmifolius</i> Schott - <i>Quercus robur</i> L.

ÁREA		PUNTOS DE MUESTREO		
B8			P36	625 m ²
			P37	625 m ²
			P38	625 m ²
			P39	625 m ²
			P40	625 m ²
			P41	625 m ²
	SUPERFICIE			
	3,56 ha			


ÁREA	PUNTOS DE MUESTREO	FOTOGRAFÍA	INVENTARIO VEGETACIÓN
B8	P36		<ul style="list-style-type: none">- <i>Pinus pinaster</i> Aiton- <i>Ulex europaeus</i> L.- <i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kunth- <i>Calluna vulgaris</i> (L.) Hull- <i>Rubus ulmifolius</i> Schott- <i>Quercus robur</i> L.- <i>Daboecia cantabrica</i> (Hudson) C. Koch- <i>Acacia melanoxylon</i> R. Br.- <i>Betula pubescens</i> Ehrh.- <i>Achillea millefolium</i> L.

ÁREA	PUNTOS DE MUESTREO	FOTOGRAFÍA	INVENTARIO VEGETACIÓN
B8	P37		<ul style="list-style-type: none"> - <i>Pinus pinaster</i> Aiton - <i>Ulex europaeus</i> L. - <i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kunth - <i>Calluna vulgaris</i> (L.) Hull - <i>Rubus ulmifolius</i> Schott - <i>Quercus robur</i> L. - <i>Daboecia cantabrica</i> (Hudson) C. Koch - <i>Acacia melanoxydon</i> R. Br. - <i>Betula pubescens</i> Ehrh. - <i>Achillea millefolium</i> L.

ÁREA	PUNTOS DE MUESTREO	FOTOGRAFÍA	INVENTARIO VEGETACIÓN
B8	P38		<ul style="list-style-type: none">- <i>Pinus pinaster</i> Aiton- <i>Ulex europaeus</i> L.- <i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kunth- <i>Calluna vulgaris</i> (L.) Hull- <i>Rubus ulmifolius</i> Schott- <i>Quercus robur</i> L.- <i>Daboecia cantabrica</i> (Hudson) C. Koch- <i>Acacia melanoxydon</i> R. Br.- <i>Betula pubescens</i> Ehrh.- <i>Achillea millefolium</i> L.

ÁREA	PUNTOS DE MUESTREO	FOTOGRAFÍA	INVENTARIO VEGETACIÓN
B8	P39		<ul style="list-style-type: none"> - <i>Pinus pinaster</i> Aiton - <i>Ulex europaeus</i> L. - <i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kunth - <i>Calluna vulgaris</i> (L.) Hull - <i>Rubus ulmifolius</i> Schott - <i>Quercus robur</i> L. - <i>Daboecia cantabrica</i> (Hudson) C. Koch - <i>Acacia melanoxylon</i> R. Br. - <i>Betula pubescens</i> Ehrh. - <i>Achillea millefolium</i> L.

ÁREA	PUNTOS DE MUESTREO	FOTOGRAFÍA	INVENTARIO VEGETACIÓN
B8	P40		<ul style="list-style-type: none">- <i>Pinus pinaster</i> Aiton- <i>Ulex europaeus</i> L.- <i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kunth- <i>Calluna vulgaris</i> (L.) Hull- <i>Rubus ulmifolius</i> Schott- <i>Quercus robur</i> L.- <i>Daboecia cantabrica</i> (Hudson) C. Koch- <i>Cytisus scoparius</i> (L.) Link- <i>Acacia melanoxylon</i> R. Br.- <i>Betula pubescens</i> Ehrh.- <i>Achillea millefolium</i> L.- <i>Smilax aspera</i> L.

ÁREA	PUNTOS DE MUESTREO	FOTOGRAFÍA	INVENTARIO VEGETACIÓN
B8	P40		<ul style="list-style-type: none"> - Cultivo de maíz (<i>Zea mays</i>)

ÁREA

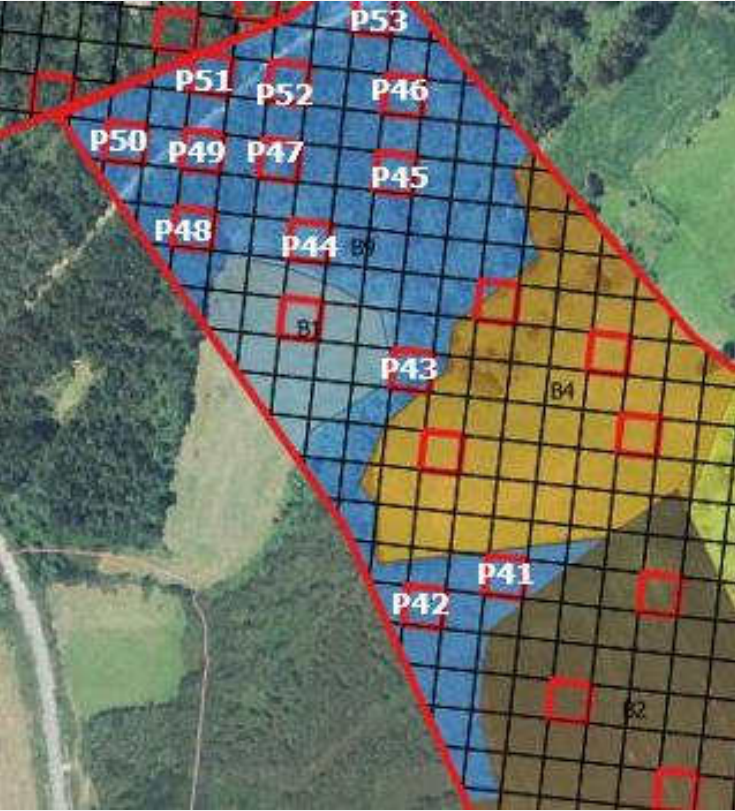
PUNTOS DE MUESTREO

B9




SUPERFICIE


5,37 ha




P41	625 m ²
P42	625 m ²
P43	625 m ²
P44	625 m ²
P45	625 m ²
P46	625 m ²
P47	625 m ²
P48	625 m ²
P49	625 m ²
P50	625 m ²
P51	625 m ²
P52	625 m ²
P53	625 m ²

ÁREA	PUNTOS DE MUESTREO	FOTOGRAFÍA	INVENTARIO VEGETACIÓN
B9	P41		<ul style="list-style-type: none">- <i>Ulex europaeus</i> L.- <i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kunth- <i>Calluna vulgaris</i> (L.) Hull- <i>Rubus ulmifolius</i> Schott- <i>Acacia melanoxylon</i> R. Br.- <i>Quercus robur</i> L.- <i>Betula pubescens</i> Ehrh.- <i>Daboecia cantabrica</i> (Hudson) C. Koch- <i>Alnus glutinosa</i> (L.) Gaertner

ÁREA	PUNTOS DE MUESTREO	FOTOGRAFÍA	INVENTARIO VEGETACIÓN
B9	P42		<ul style="list-style-type: none">- <i>Ulex europaeus</i> L.- <i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kunth- <i>Calluna vulgaris</i> (L.) Hull- <i>Rubus ulmifolius</i> Schott- <i>Quercus robur</i> L.- <i>Betula pubescens</i> Ehrh.- <i>Daboecia cantabrica</i> (Hudson) C. Koch- <i>Alnus glutinosa</i> (L.) Gaertner


ÁREA	PUNTOS DE MUESTREO	FOTOGRAFÍA	INVENTARIO VEGETACIÓN
B9	P43		<ul style="list-style-type: none">- <i>Ulex europaeus</i> L.- <i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kunth- <i>Calluna vulgaris</i> (L.) Hull- <i>Rubus ulmifolius</i> Schott- <i>Quercus robur</i> L.- <i>Betula pubescens</i> Ehrh.- <i>Alnus glutinosa</i> (L.) Gaertner

ÁREA	PUNTOS DE MUESTREO	FOTOGRAFÍA	INVENTARIO VEGETACIÓN
B9	P44		<ul style="list-style-type: none">- <i>Pinus pinaster</i> Aiton- <i>Ulex europaeus</i> L.- <i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kunth- <i>Calluna vulgaris</i> (L.) Hull- <i>Rubus ulmifolius</i> Schott- <i>Quercus robur</i> L.- <i>Betula pubescens</i> Ehrh.

ÁREA	PUNTOS DE MUESTREO	FOTOGRAFÍA	INVENTARIO VEGETACIÓN
B9	P45		<ul style="list-style-type: none">- <i>Pinus pinaster</i> Aiton- <i>Ulex europaeus</i> L.- <i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kunth- <i>Calluna vulgaris</i> (L.) Hull- <i>Rubus ulmifolius</i> Schott- <i>Quercus robur</i> L.- <i>Betula pubescens</i> Ehrh.

ÁREA	PUNTOS DE MUESTREO	FOTOGRAFÍA	INVENTARIO VEGETACIÓN
B9	P46		<ul style="list-style-type: none"> - <i>Pinus pinaster</i> Aiton - <i>Ulex europaeus</i> L. - <i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kunth - <i>Rubus ulmifolius</i> Schott - <i>Quercus robur</i> L.

ÁREA	PUNTOS DE MUESTREO	FOTOGRAFÍA	INVENTARIO VEGETACIÓN
B9	P47		<ul style="list-style-type: none">- <i>Pinus pinaster</i> Aiton- <i>Ulex europaeus</i> L.- <i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kunth- <i>Rubus ulmifolius</i> Schott- <i>Quercus robur</i> L.

ÁREA	PUNTOS DE MUESTREO	FOTOGRAFÍA	INVENTARIO VEGETACIÓN
B9	P48		<ul style="list-style-type: none">- <i>Pinus pinaster</i> Aiton- <i>Ulex europaeus</i> L.- <i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kunth- <i>Rubus ulmifolius</i> Schott- <i>Quercus robur</i> L.

ÁREA	PUNTOS DE MUESTREO	FOTOGRAFÍA	INVENTARIO VEGETACIÓN
B9	P49		<ul style="list-style-type: none">- <i>Pinus pinaster</i> Aiton- <i>Ulex europaeus</i> L.- <i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kunth- <i>Rubus ulmifolius</i> Schott- <i>Quercus robur</i> L.

ÁREA	PUNTOS DE MUESTREO	FOTOGRAFÍA	INVENTARIO VEGETACIÓN
B9	P50		<ul style="list-style-type: none">- <i>Pinus pinaster</i> Aiton- <i>Ulex europaeus</i> L.- <i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kunth- <i>Calluna vulgaris</i> (L.) Hull- <i>Rubus ulmifolius</i> Schott- <i>Acacia melanoxylon</i> R. Br.- <i>Quercus robur</i> L.- <i>Betula pubescens</i> Ehrh.- <i>Daboecia cantabrica</i> (Hudson) C. Koch

ÁREA	PUNTOS DE MUESTREO	FOTOGRAFÍA	INVENTARIO VEGETACIÓN
B9	P51		<ul style="list-style-type: none"> - <i>Pinus pinaster</i> Aiton - <i>Ulex europaeus</i> L. - <i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kunth - <i>Calluna vulgaris</i> (L.) Hull - <i>Rubus ulmifolius</i> Schott - <i>Quercus robur</i> L.

ÁREA	PUNTOS DE MUESTREO	FOTOGRAFÍA	INVENTARIO VEGETACIÓN
B9	P52		<ul style="list-style-type: none">- <i>Pinus pinaster</i> Aiton- <i>Ulex europaeus</i> L.- <i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kunth- <i>Calluna vulgaris</i> (L.) Hull- <i>Rubus ulmifolius</i> Schott- <i>Castanea sativa</i> Miller- <i>Quercus robur</i> L.

ÁREA	PUNTOS DE MUESTREO	FOTOGRAFÍA	INVENTARIO VEGETACIÓN
B9	P53		<ul style="list-style-type: none"> - <i>Pinus pinaster</i> Aiton - <i>Ulex europaeus</i> L. - <i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kunth - <i>Calluna vulgaris</i> (L.) Hull - <i>Rubus ulmifolius</i> Schott - <i>Quercus robur</i> L.

MUESTREOS DE FLORA EXISTENTES EN LA ZONA DE ESTUDIO

PARCELA C



ÁREAS






PUNTOS DE MUESTREO




SUPERFICIE


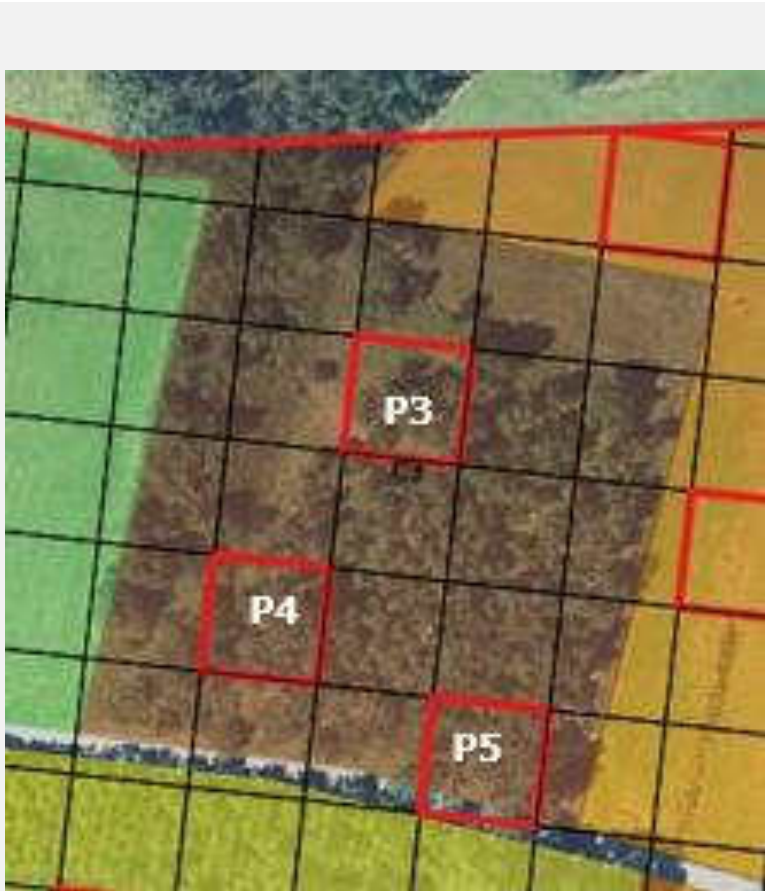
10,41 ha

ÁREA		PUNTOS DE MUESTREO		
C1			P1	625 m ²
	SUPERFICIE			
	2,04 ha			


ÁREA	PUNTOS DE MUESTREO	FOTOGRAFÍA	INVENTARIO VEGETACIÓN
C1	P1		<p>Prado de siega</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Lolium multiflorum</i> Lam. - <i>Poa annua</i> L. - <i>Poa trivialis</i> L. - <i>Medicago arabica</i> (L.) Hudson - <i>Trifolium pratense</i> L. - <i>Festuca arundinacea</i> Schreber - <i>Dactylis glomerata</i> L. subsp. <i>glomerata</i>

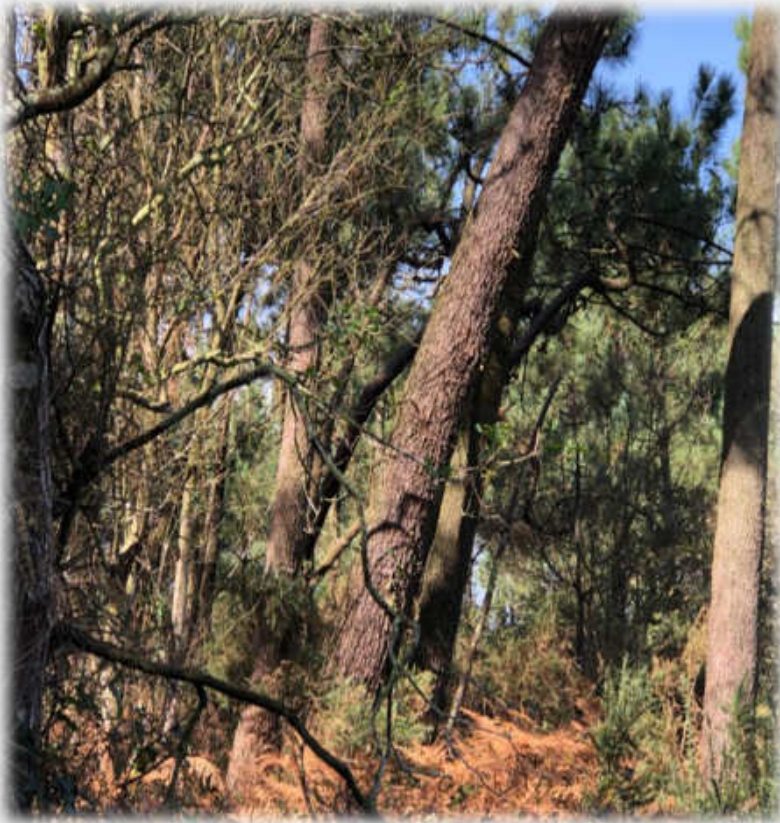
ÁREA		PUNTOS DE MUESTREO			
C2			P2	625 m ²	
	SUPERFICIE				
	1,36 ha				


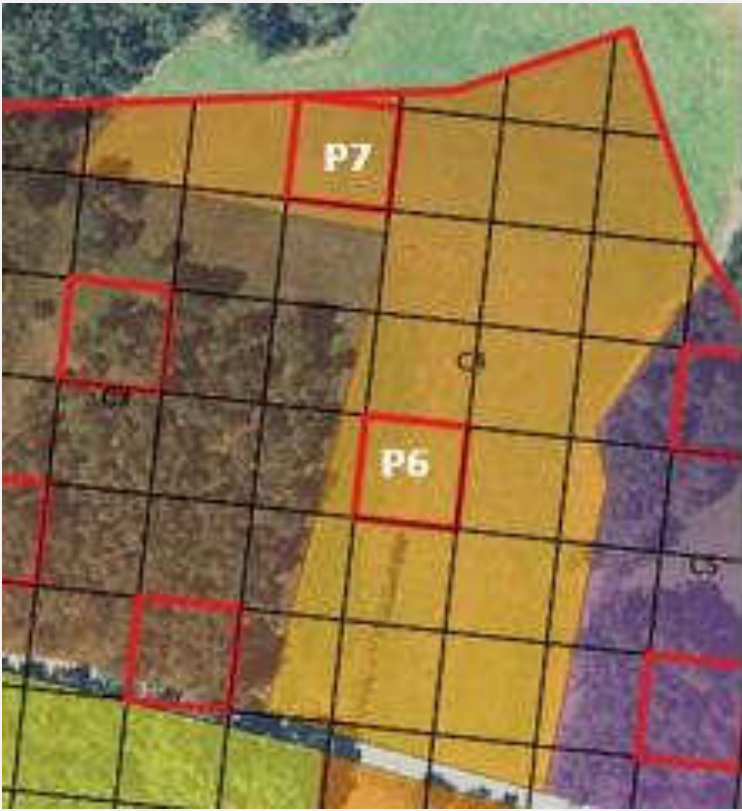
ÁREA	PUNTOS DE MUESTREO	FOTOGRAFÍA	INVENTARIO VEGETACIÓN
C2	P2		Cultivo de maíz (<i>Zea mays</i>)


ÁREA		PUNTOS DE MUESTREO	
C3			
	SUPERFICIE		
	1,36 ha		
		P3	625 m ²
		P4	625 m ²
		P5	625 m ²

ÁREA	PUNTOS DE MUESTREO	FOTOGRAFÍA	INVENTARIO VEGETACIÓN
C3	P3		<ul style="list-style-type: none"> - <i>Pinus pinaster</i> Aiton - <i>Ulex europaeus</i> L. - <i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kunth - <i>Calluna vulgaris</i> (L.) Hull - <i>Rubus ulmifolius</i> Schott - <i>Daboecia cantabrica</i> (Hudson) C. Koch - <i>Cytisus scoparius</i> (L.) Link


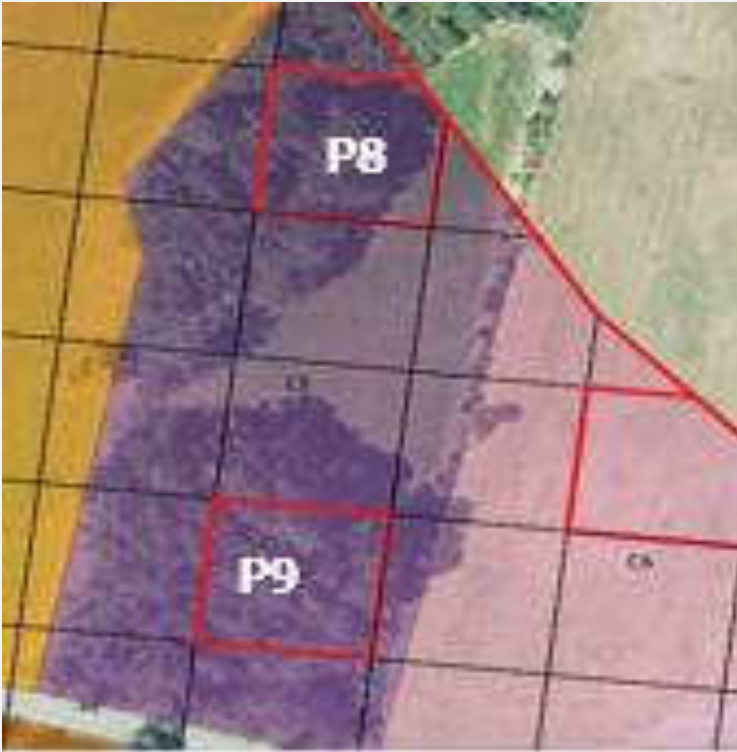
ÁREA	PUNTOS DE MUESTREO	FOTOGRAFÍA	INVENTARIO VEGETACIÓN
C3	P4		<ul style="list-style-type: none"> - <i>Pinus pinaster</i> Aiton - <i>Ulex europaeus</i> L. - <i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kunth - <i>Calluna vulgaris</i> (L.) Hull - <i>Rubus ulmifolius</i> Schott - <i>Quercus robur</i> L. - <i>Lonicera periclymenum</i> L. subsp. <i>Periclymenum</i> - <i>Daboecia cantabrica</i> (Hudson) C. Koch



ÁREA	PUNTOS DE MUESTREO	FOTOGRAFÍA	INVENTARIO VEGETACIÓN
C3	P5		<ul style="list-style-type: none">- <i>Pinus pinaster</i> Aiton- <i>Ulex europaeus</i> L.- <i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kunth- <i>Calluna vulgaris</i> (L.) Hull- <i>Rubus ulmifolius</i> Schott- <i>Castanea sativa</i> Miller- <i>Quercus robur</i> L.- <i>Daboecia cantabrica</i> (Hudson) C. Koch


ÁREA		PUNTOS DE MUESTREO		
C4			P6	625 m ²
	SUPERFICIE		P7	625 m ²
	1,35 ha			



ÁREA	PUNTOS DE MUESTREO	FOTOGRAFÍA	INVENTARIO VEGETACIÓN
C4	P6		<p>Prado de siega</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Lolium multiflorum</i> Lam. - <i>Poa annua</i> L. - <i>Poa trivialis</i> L. - <i>Medicago arabica</i> (L.) Hudson - <i>Trifolium pratense</i> L. - <i>Festuca arundinacea</i> Schreber - <i>Dactylis glomerata</i> L. subsp. <i>glomerata</i>


ÁREA	PUNTOS DE MUESTREO	FOTOGRAFÍA	INVENTARIO VEGETACIÓN
C4	P7		<p>Prado de siega</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Lolium multiflorum</i> Lam. - <i>Poa annua</i> L. - <i>Poa trivialis</i> L. - <i>Medicago arabica</i> (L.) Hudson - <i>Trifolium pratense</i> L. - <i>Festuca arundinacea</i> Schreber - <i>Dactylis glomerata</i> L. subsp. <i>glomerata</i>


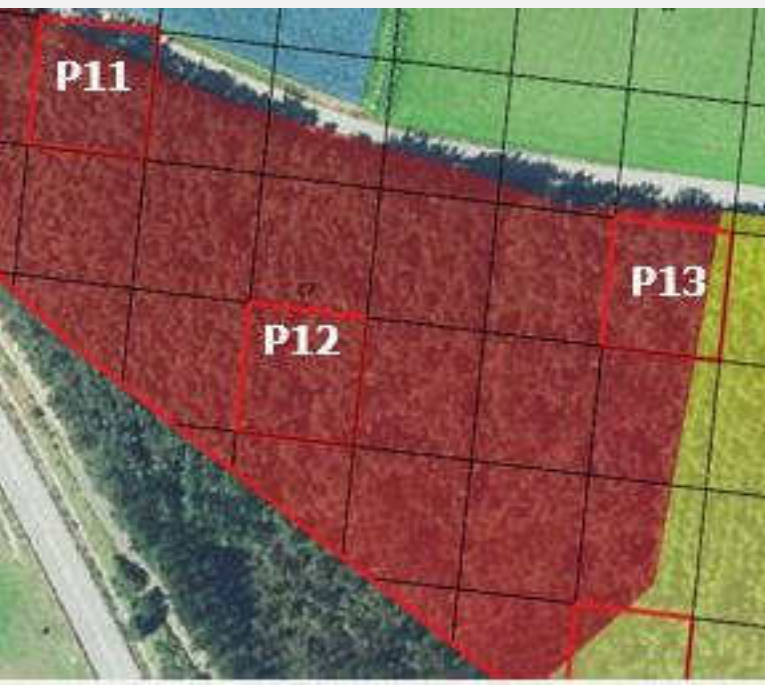
ÁREA		PUNTOS DE MUESTREO		
C5			P10	625 m ²
	SUPERFICIE		P9	625 m ²
	0,59 ha			


ÁREA	PUNTOS DE MUESTREO	FOTOGRAFÍA	INVENTARIO VEGETACIÓN
C5	<p data-bbox="293 507 349 555">  </p> <p data-bbox="320 724 360 753">P8</p>		<ul style="list-style-type: none"> - <i>Eucalyptus globulus</i> Labill. - <i>Pinus pinaster</i> Aiton - <i>Ulex europaeus</i> L. - <i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kunth - <i>Calluna vulgaris</i> (L.) Hull - <i>Rubus ulmifolius</i> Schott - <i>Quercus robur</i> L. - <i>Daboecia cantabrica</i> (Hudson) C. Koch - <i>Cytisus scoparius</i> (L.) Link


ÁREA	PUNTOS DE MUESTREO	FOTOGRAFÍA	INVENTARIO VEGETACIÓN
C5	P9		<ul style="list-style-type: none">- <i>Pinus pinaster</i> Aiton- <i>Ulex europaeus</i> L.- <i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kunth- <i>Calluna vulgaris</i> (L.) Hull- <i>Rubus ulmifolius</i> Schott- <i>Quercus robur</i> L.- <i>Daboecia cantabrica</i> (Hudson) C. Koch


ÁREA		PUNTOS DE MUESTREO		
C6			P10	625 m ²
	SUPERFICIE			
	0,40 ha			


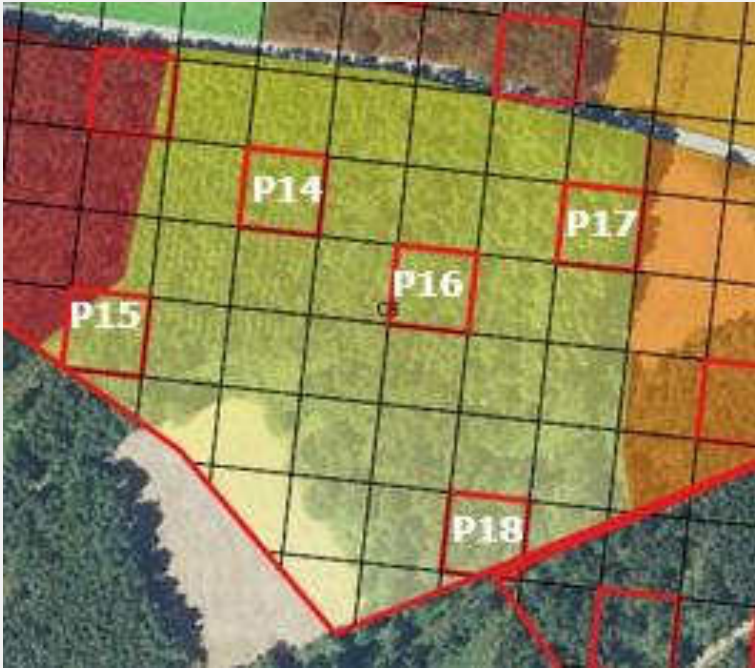
ÁREA	PUNTOS DE MUESTREO	FOTOGRAFÍA	INVENTARIO VEGETACIÓN
C6	P10		<p>Prado de siega</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Lolium multiflorum</i> Lam. - <i>Poa annua</i> L. - <i>Poa trivialis</i> L. - <i>Medicago arabica</i> (L.) Hudson - <i>Trifolium pratense</i> L. - <i>Festuca arundinacea</i> Schreber - <i>Dactylis glomerata</i> L. subsp. <i>glomerata</i>


ÁREA		PUNTOS DE MUESTREO		
C7			P11	625 m ²
	SUPERFICIE		P12	625 m ²
	1,31 ha		P13	625 m ²


ÁREA	PUNTOS DE MUESTREO	FOTOGRAFÍA	INVENTARIO VEGETACIÓN
C7	P11		<ul style="list-style-type: none">- <i>Pinus pinaster</i> Aiton- <i>Ulex europaeus</i> L.- <i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kunth- <i>Calluna vulgaris</i> (L.) Hull- <i>Rubus ulmifolius</i> Schott- <i>Quercus robur</i> L.- <i>Betula pubescens</i> Ehrh.- <i>Daboecia cantabrica</i> (Hudson) C. Koch


ÁREA	PUNTOS DE MUESTREO	FOTOGRAFÍA	INVENTARIO VEGETACIÓN
C7	P12		<ul style="list-style-type: none">- <i>Eucalyptus globulus</i> Labill.- <i>Pinus pinaster</i> Aiton- <i>Ulex europaeus</i> L.- <i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kunth- <i>Calluna vulgaris</i> (L.) Hull- <i>Rubus ulmifolius</i> Schott- <i>Quercus robur</i> L.- <i>Daboecia cantabrica</i> (Hudson) C. Koch

ÁREA	PUNTOS DE MUESTREO	FOTOGRAFÍA	INVENTARIO VEGETACIÓN
C7	P13		<ul style="list-style-type: none"> - <i>Pinus pinaster</i> Aiton - <i>Ulex europaeus</i> L. - <i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kunth - <i>Calluna vulgaris</i> (L.) Hull - <i>Rubus ulmifolius</i> Schott - <i>Quercus robur</i> L. - <i>Daboecia cantabrica</i> (Hudson) C. Koch

ÁREA		PUNTOS DE MUESTREO	
C8			
	SUPERFICIE	P14	625 m ²
	2,34 ha	P15	625 m ²
		P16	625 m ²
		P17	625 m ²
		P18	625 m ²



ÁREA	PUNTOS DE MUESTREO	FOTOGRAFÍA	INVENTARIO VEGETACIÓN
C8	P14		<ul style="list-style-type: none"> - <i>Eucalyptus globulus</i> Labill. - <i>Pinus pinaster</i> Aiton - <i>Ulex europaeus</i> L. - <i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kunth - <i>Calluna vulgaris</i> (L.) Hull - <i>Rubus ulmifolius</i> Schott - <i>Quercus robur</i> L. - <i>Daboecia cantabrica</i> (Hudson) C. Koch - <i>Acacia melanoxylon</i> R. Br. - <i>Betula pubescens</i> Ehrh. - <i>Lonicera periclymenum</i> L. subsp. <i>Periclymenum</i>


ÁREA	PUNTOS DE MUESTREO	FOTOGRAFÍA	INVENTARIO VEGETACIÓN
C8	P15		<ul style="list-style-type: none"> - <i>Pinus pinaster</i> Aiton - <i>Ulex europaeus</i> L. - <i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kunth - <i>Calluna vulgaris</i> (L.) Hull - <i>Rubus ulmifolius</i> Schott - <i>Quercus robur</i> L. - <i>Daboecia cantabrica</i> (Hudson) C. Koch - <i>Acacia melanoxylon</i> R. Br. - <i>Betula pubescens</i> Ehrh. - <i>Lonicera periclymenum</i> L. subsp. <i>Periclymenum</i>

ÁREA	PUNTOS DE MUESTREO	FOTOGRAFÍA	INVENTARIO VEGETACIÓN
C8	P16		<ul style="list-style-type: none"> - <i>Pinus pinaster</i> Aiton - <i>Ulex europaeus</i> L. - <i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kunth - <i>Calluna vulgaris</i> (L.) Hull - <i>Rubus ulmifolius</i> Schott - <i>Quercus robur</i> L. - <i>Daboecia cantabrica</i> (Hudson) C. Koch - <i>Acacia melanoxylon</i> R. Br. - <i>Castanea sativa</i> Miller - <i>Betula pubescens</i> Ehrh.

ÁREA	PUNTOS DE MUESTREO	FOTOGRAFÍA	INVENTARIO VEGETACIÓN
C8	P17		<ul style="list-style-type: none"> - <i>Pinus pinaster</i> Aiton - <i>Ulex europaeus</i> L. - <i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kunth - <i>Calluna vulgaris</i> (L.) Hull - <i>Rubus ulmifolius</i> Schott - <i>Quercus robur</i> L. - <i>Daboecia cantabrica</i> (Hudson) C. Koch

ÁREA	PUNTOS DE MUESTREO	FOTOGRAFÍA	INVENTARIO VEGETACIÓN
C8	P18		<ul style="list-style-type: none"> - <i>Pinus pinaster</i> Aiton - <i>Ulex europaeus</i> L. - <i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kunth - <i>Calluna vulgaris</i> (L.) Hull - <i>Rubus ulmifolius</i> Schott - <i>Quercus robur</i> L. - <i>Lonicera periclymenum</i> L. subsp. <i>Periclymenum</i> - <i>Daboecia cantabrica</i> (Hudson) C. Koch - <i>Betula pubescens</i> Ehrh.

ÁREA		PUNTOS DE MUESTREO		
C9			P19	625 m ²
	SUPERFICIE		P20	625 m ²
	1,01 ha			

ÁREA	PUNTOS DE MUESTREO	FOTOGRAFÍA	INVENTARIO VEGETACIÓN
C9	P19		<ul style="list-style-type: none"> - <i>Eucalyptus globulus</i> Labill. - <i>Pinus pinaster</i> Aiton - <i>Ulex europaeus</i> L. - <i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kunth - <i>Calluna vulgaris</i> (L.) Hull - <i>Rubus ulmifolius</i> Schott - <i>Quercus robur</i> L. - <i>Lonicera periclymenum</i> L. subsp. <i>Periclymenum</i> - <i>Daboecia cantabrica</i> (Hudson) C. Koch

ÁREA	PUNTOS DE MUESTREO	FOTOGRAFÍA	INVENTARIO VEGETACIÓN
C9	P20		<ul style="list-style-type: none"> - <i>Eucalyptus globulus</i> Labill. - <i>Pinus pinaster</i> Aiton - <i>Ulex europaeus</i> L. - <i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kunth - <i>Calluna vulgaris</i> (L.) Hull - <i>Rubus ulmifolius</i> Schott - <i>Quercus robur</i> L. - <i>Lonicera periclymenum</i> L. subsp. <i>Periclymenum</i> - <i>Daboecia cantabrica</i> (Hudson) C. Koch

3.3 Flora amenazada, rara o endémica

En relación a la posible flora amenazada, rara o endémica presente en el ámbito de estudio, se ha sintetizado la información relativa a las especies identificadas en el apartado anterior, indicando, si procede, su grado de protección a tenor de la legislación autonómica o estatal vigente u otras figuras reconocidas como instrumentos orientativos para la gestión de la biodiversidad.

Tras el análisis realizado sobre la flora inventariada en las fichas anteriormente expuestas, se puede concluir que **no existen especies catalogadas** dentro del ámbito de estudio propuesto para la implantación del Proyecto, no obstante, cabe destacar la presencia de *Genista anglica sensu lato*, especie singular considerada en Peligro Crítico (CR) según Lista Roja de la flora vascular española (2008) y amenazada (EN) según Lista Roja IUCN (2011), detectada a unos 2 km de la zona estudiada.



Ilustración 5. Núcleo de *Genista anglica sensu lato* localizado.

Además, ninguno de los terrenos potencialmente afectados por el Proyecto está incluido como Lugar de Interés Comunitario, Zonas de Especial Conservación (ZECs) o Espacio Natural de la Red Natura 2000. El espacio más próximo que posee alguna de estas figuras de protección anteriormente mencionadas se corresponde con la estricta línea costera ubicada al norte de la zona de la explotación minero subterránea.

3.4 Conclusiones.

Las formaciones vegetales más significativas identificadas en el ámbito de estudio, incluyendo la vegetación actual inventariada, se detallan en Plano nº 6 de Vegetación de elaboración propia anexo al presente documento, siendo estas:

❖ Áreas forestales dominadas por frondosas autóctonas

Las masas forestales autóctonas se componen principalmente de especies de foliación estival, por lo regular desprovistas de hojas en la época fría y húmeda. Las frondosas constituyen la vegetación clímax de la zona de estudio, aunque se han visto desplazadas por otras formaciones, mayoritariamente como consecuencia de la acción antrópica del ser humano.

Se componen principalmente de la vegetación natural y potencial de la zona (robledales y vegetación de ribera) degradada en diversos niveles, y en la que han irrumpido especies propias de plantación y repoblación como *Eucalyptus globulus* o *Pinus pinaster*, de manera que las comunidades puras son escasas o casi residuales en algunos casos. Estas formaciones mixtas con robles, pinos, eucaliptos y castaños ocupan un porcentaje de superficie poco significativo dentro del ámbito de implantación del Proyecto.

❖ Robledales

Los bosques dominados por especies caducifolias del género *Quercus* debieran ser el tipo de comunidad arbolada más extendido. Sin embargo, debido a la importante modificación de la cubierta vegetal anteriormente mencionada como consecuencia de la acción del hombre, éstos aparecen actualmente en forma arbustiva y en los márgenes de caminos y carreteras. Debido a la influencia del mar y al predominio de materiales litológicos silíceos, que originan suelos de reacción ácida, el carballo (*Quercus robur*) es el que mejor se ha adaptado a las condiciones del medio y el que presenta una distribución más homogénea dentro de la zona estudiada.

Estas formaciones arbóreas suelen presentar un estrato inferior dominado por zarzas (*Rubus sp.*) y helecho común (*Pteridium aquilinum*).

❖ Vegetación ripícola

Además de las formaciones boscosas anteriormente citadas, cabe destacar la presencia de vegetación de ribera que aparece en forma de estrechas franjas intermitentes a lo largo de los cauces presentes en la zona de estudio, siendo el río Muría, el arroyo Orjales y el de Gamaza los que presentan una mayor densidad y continuidad en dichas estructuras, destacando como especies ecológicamente más relevantes aliso (*Alnus glutinosa*) y abedul (*Betula alba*).

❖ Formaciones arbustivas

Las comunidades de matorral atlántico detectadas dentro del ámbito de estudio abarcan, al menos, una docena de clases fitosociológicas, siendo los tojales y brezales los más diversificados.

Excepto las formaciones climáticas de alta montaña y las formaciones costeras desarrolladas en condiciones climáticas extremas, son comunidades seriales, que sustituyen desde muy antiguo a los bosques caducifolios característicos de estos territorios, como resultado de la antropización del paisaje.

Estos tojales y brezales se desarrollan con facilidad en terrenos ácidos como el que nos ocupa, sobre sustratos en su mayoría de tipo granítico y esquistoso. Los géneros *Ulex*, entre las fabáceas y *Calluna*, entre las ericáceas, son las más frecuentes dentro del ámbito de estudio.

- Tojales

Los tojales dominados por *Ulex europaeus* constituyen estructuras muy homogéneas con una cobertura prácticamente total; mientras que los tojales de *Ulex gallii*, con una altura media menor, presentan algo más de discontinuidad y heterogeneidad en la cobertura de vegetación leñosa, pudiéndose alternar con ericáceas como *Calluna vulgaris* y otras gramíneas. Estas formaciones alcanzan un rango de altura comprendido entre el metro y los cuatro metros.

- Brezales

Esta comunidad está presente en la zona de estudio, incorporando ejemplares aislados de retama negra (*Citysus scoparius*), escobón (*Citysus striatus*), zarzas (*Rubus sp.*) y regenerado de roble (*Quercus robur*) y abedul (*Betula alba*).

❖ Plantaciones forestales.

Actualmente las plantaciones forestales para aprovechamiento maderero suponen porcentualmente uno de los usos del suelo más extendidos tanto en el ámbito de estudio como en el entorno más inmediato.

El pino marítimo (*Pinus pinaster*) es la especie que ocupa mayor extensión, seguida de cerca por el eucalipto (*Eucalyptus globulus*). En ambos casos aparecen fundamentalmente en forma de plantaciones monoespecíficas, regulares y coetáneas y, en menor medida, formando masas mixtas con otras frondosas o mezcladas entre ellas.

La regularidad de los marcos de plantación, que determinan unos límites muy geométricos, así como los turnos de corta establecidos, contrastan con las masas

forestales de vegetación natural, mucho menos homogéneas en relación a la forma, la textura y el cromatismo.

Por otra parte, muchas de las especies utilizadas en las plantaciones se observan en comunidades colindantes o cercanas, de manera que se produce una alteración de éstas por parte de especies no autóctonas.

Los eucaliptales proceden de plantaciones relativamente recientes instaladas sobre antiguas áreas de monte raso cubiertas por distintas formaciones de matorral (tojales o brezales principalmente), y secundariamente en campos de cultivo abandonados. Debido al corto turno de aprovechamiento (10-12 años) se favorece la persistencia en el sotobosque de especies heliófilas como *Ulex europaeus*, *Calluna vulgaris* y *Rubus sp.* Únicamente cuando se amplía el tiempo entre cortas (40-60 años) se observa la incorporación de frondosas autóctonas (robles, castaños, espinos albares, avellanos) y de especies nemorales.

En cuanto a los pinares procedentes de repoblación, éstos suelen presentar un sotobosque muy semejante al de los matorrales sobre los que se instalaron (tojales, brezales) por lo que su composición florística apenas difiere de la éstos.

❖ Prados y pastizales

Los prados y pastos ocupan generalmente las tierras más bajas siguiendo los cursos de agua y/o aquellos entornos con posibilidad de regadío. Dada la importante dedicación ganadera de la zona, la superficie dedicada a prados o a cultivos forrajeros es bastante elevada, siendo el maíz (*Zea mays*) la especie más cultivada.

4 ESTUDIO FAUNÍSTICO

La fauna asturiana es rica en especies poco comunes en otras zonas geográficas de España, en respuesta las peculiaridades tanto de clima como de entorno que Asturias presenta dentro del conjunto español. Se trata de una fauna fundamentalmente montañosa y fluvial, marcada por las características atlánticas que perfilan su superficie montañosa y el clima oceánico.

La enorme diversidad de los invertebrados hace que los conocimientos sobre ellos se limiten a unos pocos grupos y que la taxocenosis mejor estudiada sea la de los vertebrados, cuya composición y distribución se conoce mejor y sobre la que existe una normativa legal más completa.

La gran variedad de ambientes que van desde el mar a las altas cumbres de la cordillera favorece la diversidad faunística, a lo que se une la presencia de algunas especies de carácter mediterráneo. Asimismo, cabe destacar que dos grandes mamíferos como el oso pardo (*Ursus arctos*) o el lobo (*Canis lupus*) cuyos núcleos de población mayormente se localizan en el Principado de Asturias están ausentes en esta área.

Para el estudio faunístico de una zona limitada como la que nos ocupa se plantean una serie de inconvenientes metodológicos principalmente debido a que especialmente los mamíferos y las aves están sometidos a una gran movilidad. Es por este motivo por el que se ha decidido inventariar una extensión más amplia que la propia área de actuación.

La fauna de vertebrados que se localiza en el área de influencia del proyecto está afectada por el notable grado de humanización y la pérdida de hábitats potenciales. Los grandes mamíferos forestales y en general aquellas especies con requerimientos ecológicos muy específicos han desaparecido del área, permaneciendo sólo las más generalistas y, en cierta medida, habituadas al contacto con el ser humano.

4.1 Plan de muestreo y prospección en campo

Para la elaboración del plan de muestreo faunístico se han tenido en cuenta referencias bibliográficas pertenecientes al Inventario Nacional de Biodiversidad, tratando de inventariar, por los motivos anteriormente citados, la cuadrícula de 10 x 10 kilómetros con referencia 29TPJ62. Una vez establecido el plan de muestreo, se han llevado a cabo muestreos en campo sobre aquellas especies que por su sedentarismo no están sujetas a una ausencia estacional en esta época del año. Estos muestreos se han realizado por observación directa en la mayoría de los casos. Igualmente, el resto de especies faunísticas identificadas positivamente durante los muestreos están recogidas en los resultados junto con los de la primera fase.

La metodología seguida para los muestreos en campo ha consistido en la realización de 5 transectos de observación directa realizados a pie y 3 estaciones de muestreo de 2 horas de duración para la identificación de avifauna en cada una de las parcelas A, B y C. (Ver Plano 4. Plan de muestreo de Fauna).

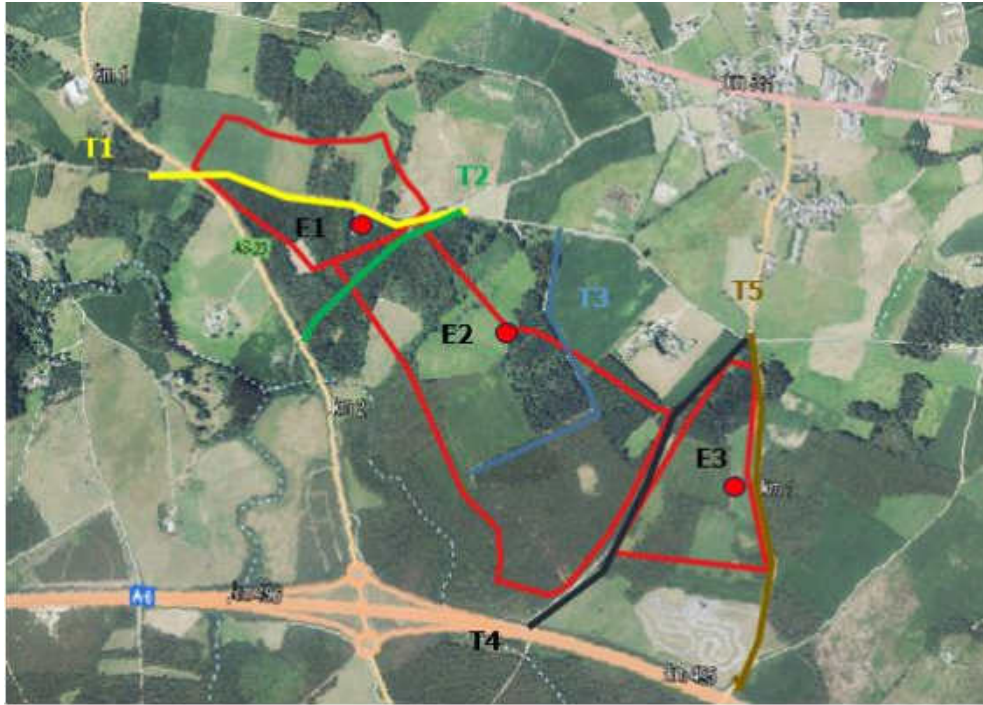


Ilustración 6. Metodología seguida para las prospecciones de campo.

4.2 Inventario e Identificación de especies y taxones.

4.2.1 Normativa aplicable

Para la realización del inventario faunístico y su posterior catalogación se ha tenido en cuenta la siguiente normativa, tanto nacional como autonómica:

- Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad, en cuyos anexos incorpora los contenidos en la Directiva 92/43/CEE del Consejo, de 21 de mayo de 1992, relativa a la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres y en la Directiva 79/409/CEE del Consejo, de 2 de abril de 1979, relativa a la conservación de las aves silvestres.
- Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial y el Catálogo Nacional de Especies Amenazadas de España (Real Decreto 139/2011, de 4 de febrero, BOE nº 46, 23 de febrero 2011).

- Catálogo Regional de Especies Amenazadas de Fauna del Principado Asturias (Decreto 32/1990, de 8 de marzo).
- Atlas y Libro Rojo de los Mamíferos Terrestres de España (Palomo & Gisbert, 2007).
- Atlas y Libro Rojo de los Anfibios y Reptiles de España (Pleguezuelos et al., 2002).
- Atlas y Libro Rojo de los Peces Continentales de España (Doadrio et al., 2001).
- Atlas de las Aves Reproductoras (Martí & Del Moral, 2003).
- Libro Rojo de las Aves Reproductoras de España (Madroño et al., 2004).
- Convenio de Berna.

El grado de protección, en caso que lo hubiera, para cada una de las especies faunísticas inventariadas vendrá definido por la siguiente nomenclatura:

Ley 42/2007 De Patrimonio Natural y de la Biodiversidad	
ANEXO II	Especies animales y vegetales de interés comunitario para cuya conservación es necesario designar zonas especiales de conservación.
ANEXO IV	Especies que serán objeto de medidas de conservación especiales en cuanto a su hábitat, con el fin de asegurar su supervivencia y su reproducción en su área de distribución.
ANEXO V	Especies animales y vegetales de interés comunitario que requieren una protección estricta.
ANEXO VI	Especies animales y vegetales de interés comunitario cuya recogida en la naturaleza y cuya explotación pueden ser objeto de medidas de gestión.
Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial, Catálogo Nacional Especies Amenazadas de España (C.N.E.A.)	
PE	Taxones catalogados como en Peligro de Extinción. Su declaración conlleva la redacción de un Plan de Recuperación.
VU	Taxones catalogados como Vulnerables. Su declaración conlleva la elaboración de un Plan de Conservación.
PR	Taxones incluidos en el Régimen de Protección Especial.
Catálogo Regional de Especies Amenazadas de Fauna del Principado de Asturias (C.R.E.A.)	
PE	Taxones catalogados como en Peligro de Extinción. Su declaración conlleva la redacción de un Plan de Recuperación.
SAH	Taxones catalogados como Sensible a la Alteración del Hábitat. Su declaración conlleva la redacción de un Plan de Conservación del Hábitat.

VU	Taxones catalogados como Vulnerables. Su declaración conlleva la elaboración de un Plan de Conservación.
IE	Taxones catalogados como de Interés Especial. Su declaración conlleva la elaboración de un Plan de Manejo.
Categorías Libro Rojo y UICN	
EX	Extinto.
EW	Extinto En Estado Silvestre.
CR	En Peligro Crítico.
EN	En Peligro.
VU	Vulnerable.
NT	Casi Amenazado.
LC	Preocupación Menor.
DD	Datos Insuficientes.
NE	No Evaluado.
LC ^o	Taxones que aun no habiendo calificado para ninguna de las categorías anteriores, es recomendable hacer un seguimiento más estrecho para conocer la evolución de sus poblaciones.
Convenio de Berna	
ANEXO II	Especies de fauna estrictamente protegidas.
ANEXO III	Especies de fauna protegida.
ANEXO IV	Medios y métodos de caza y otras formas de explotación prohibidos.

4.2.2 Inventario faunístico

De los resultados obtenidos durante las labores de identificación llevadas a cabo in situ en el lugar de estudio y del análisis realizado sobre las referencias bibliográficas existentes, se obtiene el siguiente inventario faunístico. Cabe destacar que en el mismo se incluyen todas las especies con potencial presencia en la zona, independientemente de la frecuencia de observación o las densidades que presenten. Además, se incluye la información relativa a las figuras de protección, en caso de haberlas, para cada especie.

➤ **Aves**

AVES						
Nombre común	Nombre científico	Ley 42/2007	Régimen de Protección Especial y C.N.E.A.	C.R.E.A.	Libro Rojo	Berna
Acentor común	<i>Prunella modularis</i>	-	PR	-	NE	II
Gavilán común	<i>Accipiter nisus</i>	-	PR	-	NE	II
Cernícalo vulgar	<i>Falco tinnunculus</i>	-	PR	-	NE	II
Paloma bravía	<i>Columba livia/domestica</i>	-	-	-	NE	III
Arrendajo	<i>Garrulus glandarius</i>	-	-	-	NE	-
Ostrero euroasiático	<i>Haematopus ostralegus</i>	-	PR	SAH	NT [EN D]	III
Colirrojo tizón	<i>Phoenicurus ochruros</i>	-	PR	-	NE	II
Escribano triguero	<i>Emberiza calandra</i>	-	PR	-	NE	II
Busardo ratonero	<i>Buteo buteo</i>	-	PR	-	NE	II
Buitrón	<i>Cisticola juncidis</i>	-	PR	-	NE	II
Gaviota sombría	<i>Larus fuscus</i>	-	-	-	LC [VU D1]	-
Gorrión molinero	<i>Passer montanus</i>	-	-	-	NE	III
Bisbita arbóreo	<i>Anthus trivialis</i>	-	PR	-	NE	II
Cuco común	<i>Cuculus canorus</i>	-	PR	-	NE	III
Zorzal común	<i>Turdus philomelos</i>	-	-	-	NE	III
Pinzón vulgar	<i>Fringilla coelebs</i>	-	-	-	NE	III
Estornino negro	<i>Sturnus unicolor</i>	-	-	-	NE	II
Pardillo común	<i>Carduelis cannabina</i>	-	-	-	NE	II
Zarcero común	<i>Hippolais polyglotta</i>	-	PR	-	NE	II

AVES						
Nombre común	Nombre científico	Ley 42/2007	Régimen de Protección Especial y C.N.E.A.	C.R.E.A.	Libro Rojo	Berna
Halcón peregrino	<i>Falco peregrinus</i>	IV	PR	IE	NE	II
Lavandera blanca	<i>Motacilla alba</i>	-	PR	-	NE	II
Urraca	<i>Pica pica</i>	-	-	-	NE	-
Paloma torcaz	<i>Columba palumbus</i>	-	-	-	NE	-
Curruca rabilarga	<i>Sylvia undata</i>	IV	PR	-	NE	II
Escribano soteño	<i>Emberiza cirius</i>	-	PR	-	NE	II
Tórtola turca	<i>Streptopelia decaocto</i>	-	-	-	-	III
Reyezuelo listado	<i>Regulus ignicapilla</i>	-	PR	-	NE	II
Carbonero común	<i>Parus major</i>	-	PR	-	NE	II
Avión común	<i>Delichon urbicum</i>	-	PR	-	NE	II
Carbonero garrapinos	<i>Parus ater</i>	-	PR	-	NE	II
Tórtola común	<i>Streptopelia turtur</i>	-	-	-	VU A2acd	III
Zampullín común	<i>Tachybaptus ruficollis</i>	-	PR	-	NE	II
Gorrión común	<i>Passer domesticus</i>	-	-	-	NE	-
Curruca capirotada	<i>Sylvia atricapilla</i>	-	PR	-	NE	II
Lechuza común	<i>Tyto alba</i>	-	PR	-	NE	II
Vencejo común	<i>Apus apus</i>	-	PR	-	NE	III
Cuervo	<i>Corvus corax</i>	-	-	-	NE	III
Torcecuellos euroasiático	<i>Jynx torquilla</i>	-	PR	-	DD	II
Jilguero	<i>Carduelis carduelis</i>	-	-	-	NE	II
Verderón común	<i>Carduelis chloris</i>	-	-	-	NE	II
Cárabo común	<i>Strix aluco</i>	-	PR	-	NE	II
Corneja	<i>Corvus corone</i>	-	-	-	NE	-
Mosquitero común	<i>Phylloscopus collybita</i>	-	PR	-	NE	II
Mosquitero ibérico	<i>Phylloscopu Ibericus</i>	-	PR	-	NE	II
Golondrina común	<i>Hirundo rustica</i>	-	PR	-	NE	II
Mirlo común	<i>Turdus merula</i>	-	-	-	NE	III
Avefría europea	<i>Vanellus vanellus</i>	-	-	-	LC*	III
Gallineta común	<i>Gallinula chloropus</i>	-	-	-	NE	III

AVES						
Nombre común	Nombre científico	Ley 42/2007	Régimen de Protección Especial y C.N.E.A.	C.R.E.A.	Libro Rojo	Berna
Tarabilla común	<i>Saxicola torquatus</i>	-	PR	-	NE	II
Pito real	<i>Picus viridis</i>	-	PR	-	NE	II
Buscarla pintoja	<i>Locustella naevia</i>	-	PR	-	NE	II
Alondra común	<i>Alauda arvensis</i>	-	-	-	NE	III
Gaviota patiamarilla	<i>Larus michahellis</i>	-	-	-	NE	III
Lavandera boyera	<i>Motacilla flava</i>	-	PR	-	NE	II
Mito	<i>Aegithalos caudatus</i>	-	PR	-	NE	III
Codorniz común	<i>Coturnix coturnix</i>	-	-	-	DD	III
Cormorán grande	<i>Phalacrocorax carbo</i>	-	-	-	NE	III
Petirrojo	<i>Erithacus rubecula</i>	-	PR	-	NE	II
Ánade azulón	<i>Anas platyrhynchos</i>	-	-	-	NE	III
Mochuelo europeo	<i>Athene noctua</i>	-	PR	-	NE	II
Cormorán moñudo	<i>Phalacrocorax aristotelis</i>	-	PR	IE	EN A4ae; B2ab(iii,v)c(iv)	II
Chotacabras europeo	<i>Caprimulgus europaeus</i>	IV	PR	-	NE	II
Gorrión chillón	<i>Petronia petronia</i>	-	PR	-	NE	II
Chochín	<i>Troglodytes troglodytes</i>	-	PR	-	NE	II
Alcaudón dorsirrojo	<i>Lanius collurio</i>	IV	PR	-	NE	II
Verdecillo	<i>Serinus serinus</i>	-	-	-	NE	II
Cogujada común	<i>Galerida cristata</i>	-	PR	-	NE	III

➤ **Mamíferos**

MAMÍFEROS						
Nombre común	Nombre científico	Ley 42/2007	Régimen de Protección Especial y C.N.E.A.	C.R.E.A.	Libro Rojo	Berna
Rata parda	<i>Rattus norvegicus</i>	-	-	-	LC	-
Ratón de campo	<i>Apodemus sylvaticus</i>	-	-	-	LC	-
Zorro rojo	<i>Vulpes vulpes</i>	-	-	-	LC	-
Musaraña gris	<i>Crocidura russula</i>	-	-	-	LC	III
Ratón casero	<i>Mus musculus</i>	-	-	-	LC	-

MAMÍFEROS						
Nombre común	Nombre científico	Ley 42/2007	Régimen de Protección Especial y C.N.E.A.	C.R.E.A.	Libro Rojo	Berna
Topillo agreste	<i>Microtus agrestis</i>	-	-	-	LC	-
Musaraña enana	<i>Sorex minutus</i>	-	-	-	LC	III
Topillo lusitano	<i>Microtus lusitanicus</i>	-	-	-	LC	-
Musaraña de campo	<i>Crocidura suaveolens</i>	-	-	-	DD	III
Nutria paleártica	<i>Lutra lutra</i>	II, V	PR	IE	LC	II
Erizo común	<i>Erinaceus europaeus</i>	-	-	-	LC	III
Corzo	<i>Capreolus capreolus</i>	-	-	-	LC	-
Gineta	<i>Genetta genetta</i>	VI	-	-	LC	III
Conejo	<i>Oryctolagus cuniculus</i>	-	-	-	VU A2abde	-
Topo ibérico	<i>Talpa occidentalis</i>	-	-	-	LC	-
Jabalí	<i>Sus scrofa</i>	-	-	-	LC	-
Musaraña tricolor	<i>Sorex coronatus</i>	-	-	-	LC	III

➤ **Mamíferos. Quirópteros**

QUIRÓPTEROS						
Nombre común	Nombre científico	Ley 42/2007	Régimen de Protección Especial y C.N.E.A.	C.R.E.A.	Libro Rojo	Berna
Murciélago pequeño de herradura	<i>Rhinolophus hipposideros</i>	II,V	PR	-	NT	II
Murciélago hortelano	<i>Eptesicus serotinus</i>	V	PR	-	LC	II
Murciélago ratonero ribereño	<i>Myotis daubentonii</i>	V	PR	-	LC	II

➤ **Anfibios**

ANFIBIOS						
Nombre común	Nombre científico	Ley 42/2007	Régimen de Protección Especial y C.N.E.A.	C.R.E.A.	Libro Rojo	Berna
Rana verde ibérica	<i>Pelophylax perezi</i>	VI	-	VU	LC	III
Sapillo pintojo ibérico	<i>Discoglossus galganoi</i>	II,V	PR	-	LC	II

ANFIBIOS						
Nombre común	Nombre científico	Ley 42/2007	Régimen de Protección Especial y C.N.E.A.	C.R.E.A.	Libro Rojo	Berna
Tritón ibérico	<i>Lissotriton boscai</i>	-	PR	-	LC	III
Tritón jaspeado	<i>Triturus marmoratus</i>	II,V	PR	-	LC	III
Tritón palmeado	<i>Lissotriton helveticus</i>	-	PR	-	LC	III
Salamandra común	<i>Salamandra salamandra</i>	-	-	-	NT	III

➤ **Reptiles**

REPTILES						
Nombre común	Nombre científico	Ley 42/2007	Régimen de Protección Especial y C.N.E.A.	C.R.E.A.	Libro Rojo	Berna
Lagartija serrana	<i>Iberolacerta monticola</i>	II,V	PR	-	NT	II
Víbora de Seoane	<i>Vipera seoanei</i>	-	-	-	LC	III
Lagartija roquera	<i>Podarcis muralis</i>	V	PR	-	LC	II
Lución	<i>Anguis fragilis</i>	-	PR	-	LC	III
Eslizón tridáctilo ibérico	<i>Chalcides striatus</i>	-	PR	-	LC	III
Culebra lisa europea	<i>Coronella austriaca</i>	V	PR	-	LC	II
Lagartija de Bocage	<i>Podarcis bocagei</i>	-	-	-	LC	III
Lagarto verdinegro	<i>Lacerta schreiberi</i>	II,V	PR	-	NT	II
Culebra de collar	<i>Natrix natrix</i>	-	PR	-	LC	II

➤ **Peces continentales**

PECES CONTINENTALES						
Nombre común	Nombre científico	Ley 42/2007	Régimen de Protección Especial y C.N.E.A.	C.R.E.A.	Libro Rojo	Berna
Platija	<i>Platichthys flesus</i>	-	-	-	-	-
Sábalo	<i>Alosa alosa</i>	II, VI	-	-	VU 2cd	III
Trucha común	<i>Salmo trutta</i>	-	-	-	VU 1cde	-
Boga	<i>Chondrostoma duriense</i>	-	-	-	VU 2ce	-
Piscardo	<i>Phoxinus phoxinus</i>	-	-	-	NA	-
Muble	<i>Chelon labrosus</i>	-	-	-	-	-

➤ **Invertebrados**

NVERTEBRADOS						
Nombre común	Nombre científico	Ley 42/2007	Régimen de Protección Especial y C.N.E.A.	C.R.E.A.	Libro Rojo	Berna
Ciervo volante	<i>Lucanus cervus</i>	II	PR	-	NT	III
Caballito del diablo	<i>Coenagrion mercuriale</i>	II	PR	-	VU B2ab(iii)	III

4.3 Fauna protegida

A modo de resumen, a continuación se especifican únicamente aquellas especies incluidas en el Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial y en el Catálogo Nacional de Especies Amenazadas de España (Real Decreto 139/2011, de 4 de febrero, BOE nº 46, 23 de febrero 2011), así como las recogidas en el Catálogo Regional de Especies Amenazadas de la Fauna Vertebrada del Principado de Asturias (Decreto 32/1990, de 8 de marzo) y en la Ley de Patrimonio Natural y de la Biodiversidad (Ley 42/2007, de 13 de diciembre).

Tras las prospecciones llevadas a cabo en campo y la revisión bibliografía realizada sobre el Inventario Nacional de Biodiversidad (cuadrícula 29TPJ62) no se ha detectado ninguna especie de ave con presencia en el Listado de Especies Silvestres categorizada como en Peligro de Extinción o Vulnerable.

En dicho listado en Régimen de Protección Especial aparecen el zampullín común (*Tachybaptus ruficollis*), cormorán moñudo (*Phalacrocorax aristotelis*), gavián común (*Accipiter nisus*), busardo ratonero (*Buteo buteo*), cernícalo vulgar (*Falco tinnunculus*), halcón peregrino (*Falco peregrinus*), ostrero euroasiático (*Haematopus ostralegus*), cuco (*Cuculus canorus*), lechuza común (*Tyto alba*), mochuelo europeo (*Athene noctua*), cárabo común (*Strix aluco*), chotacabras europeo (*Caprimulgus europaeus*), vencejo común (*Apus apus*), torcecuello euroasiático (*Jynx torquilla*), pito real (*Picus viridis*), cogujada común (*Galerida cristata*), golondrina común (*Hirundo rustica*), avión común (*Delichon urbicum*), bisbita arbóreo (*Anthus trivialis*), lavandera boyera (*Motacilla flava*), lavandera blanca (*Motacilla alba*), chochín (*Troglodytes troglodytes*), acentor común (*Prunella modularis*), petirrojo (*Erithacus rubecula*), colirrojo tizón (*Phoenicurus ochruros*), tarabilla común (*Saxicola torquata*), buitron (*Cisticola juncidis*), buscarla pintoja (*Locustella naevia*), zarcero común (*Hippolais polyglotta*), curruca rabilarga (*Sylvia undata*), curruca capirotada (*Sylvia atricapilla*), mosquitero común (*Phylloscopus collibita*), mosquitero ibérico (*Phylloscopus ibericus*), reyezuelo listado (*Regulus ignicapillus*), mito (*Aegithalus*

caudatus), carbonero garrapinos (*Periparus ater*), carbonero común (*Parus major*), alcaudón dorsirrojo (*Lanius collurio*), gorrión chillón (*Petronia petronia*) y escribano soteño (*Emberiza cirius*).

Asimismo, en el Catálogo Regional de Especies Amenazadas de la Fauna Vertebrada del Principado de Asturias, el ostrero euroasiático (*Haematopus ostralegus*) es el único que figura en la categoría de especie Sensible a la Alteración de su Hábitat, y que reúne aquellas especies cuyo hábitat característico está particularmente amenazado, en grave regresión, fraccionado o muy limitado.

En la categoría de Interés Especial se incluye al cormorán moñudo (*Phalacrocorax aristotelis*).

En lo concerniente a la Ley 42/2007, el halcón peregrino (*Falco peregrinus*), chotacabras europeo (*Caprimulgus europaeus*), curruca rabilarga (*Sylvia undata*) y alcaudón dorsirrojo (*Lanius collurio*) están catalogadas dentro del Anexo IV, donde se incluyen las especies que serán objeto de medidas de conservación especiales en cuanto a su hábitat, con el fin de asegurar su supervivencia y su reproducción en su área de distribución.

De los mamíferos presentes en el área de estudio, los quirópteros como el murciélago pequeño de herradura (*Rhinolophus hipposideros*), el murciélago ratonero ribereño (*Myotis daubentonii*) y el murciélago hortelano (*Eptesicus serotinus*) y la nutria paleártica (*Lutra lutra*) están recogidas en el Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial.

También la nutria paleártica (*Lutra lutra*) aparece en el Catálogo Regional de Especies Amenazadas de la Fauna Vertebrada del Principado de Asturias, con la categoría de Interés Especial y cuenta con plan de manejo aprobado, según el Decreto 73/1993, de 29 de julio (BOPA núm. 188, de 13 agosto de 1993).

En lo concerniente a la Ley 42/2007, la nutria paleártica (*Lutra lutra*) y el murciélago pequeño de herradura (*Rhinolophus hipposideros*), figuran en los Anexos II y V, mientras que la gineta (*Genetta genetta*) aparece recogida en el Anexo VI.

En relación a los anfibios presentes dentro del ámbito de estudio, tritón ibérico (*Lissotriton boscai*), tritón palmeado (*Lissotriton helveticus*), tritón jaspeado (*Triturus marmoratus*), sapillo pintojo ibérico (*Discoglossus galganoi*), están incluidos en el Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial (Real Decreto 139/2011, de 4 de febrero), es decir, aquellas especies merecedoras de una atención y protección particular en función de su valor científico, ecológico y cultural, singularidad, rareza o grado de amenaza, argumentado y justificado científicamente; así como aquellas que figuren como protegidas en los anexos de las directivas y los convenios internacionales ratificados por España.

En el Catálogo Regional de Especies Amenazadas de la Fauna Vertebrada del Principado de Asturias figura la rana verde ibérica (*Pelophylax perezi*), con la categoría de Vulnerable. Su declaración conlleva la elaboración de un Plan de Conservación en el que se han de indicar las directrices y medidas necesarias para asegurar su conservación, que se concretan en el Decreto 102/2002, de 25 de julio, (BOPA núm. 192, de 19 de agosto de 2002).

Asimismo, el sapillo pintojo ibérico (*Discoglossus galganoi*) figura en los Anexos II y V de la Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad. En el Anexo V se incluyen aquellas especies animales y vegetales de interés comunitario que requieren una protección estricta. En este Anexo también aparece el tritón jaspeado (*Triturus marmoratus*). Por otra parte, la rana verde ibérica (*Pelophylax perezi*) aparecen en el Anexo VI de dicha Ley.

En cuanto a los reptiles presentes en el área de estudio, la lagartija roquera (*Podarcis muralis*), el lagarto verdinegro (*Lacerta schreiberi*), la lagartija serrana (*Iberolacerta monticola*), la culebra de collar (*Natrix natrix*), la culebra lisa europea (*Coronella austriaca*), el lución (*Anguis fragilis*) y el eslizón tridáctilo ibérico (*Chalcides striatus*) están incluidos en el Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial. Además, el lagarto verdinegro (*Lacerta schreiberi*) y la lagartija serrana (*Iberolacerta monticola*) figuran en los Anexos II y V de la Ley 42/2007, mientras que lagartija roquera (*Podarcis muralis*) y la culebra lisa europea (*Coronella austriaca*) sólo están incluidas en el Anexo V.

De los peces continentales presentes en el área de estudio, ninguno figura en el Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial, ni en el Catálogo Nacional de Especies Amenazadas.

Por su parte, el sábalo (*Alosa alosa*), figuran en los Anexos II y VI. En el Anexo II se recogen aquellas especies animales y vegetales de interés comunitario para cuya conservación es necesario designar zonas especiales de conservación, mientras que el Anexo VI reúne a las especies animales y vegetales de interés comunitario cuya recogida en la naturaleza y cuya explotación pueden ser objeto de medidas de gestión.

Por último, de los invertebrados todos ellos figuran en el Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial. Respecto a la Ley 42/2007, en alguno de sus anexos. El caballito del diablo (*Coenagrion mercuriale*) y el ciervo volante (*Lucanus cervus*) sólo en el Anexo II.

4.4 Conclusiones.

Entre todas las especies de fauna identificadas en la zona, las aves son el grupo taxonómico más abundante de entre los vertebrados presentes en la zona de estudio, si bien un gran porcentaje de ellas se encuentran de forma estacional o muy ocasional.

Aunque son multitud las especies inventariadas y detectadas durante los muestreos de fauna la realidad es que predominan claramente aquellas de carácter antropófilo, como es el caso del gorrión común (*Passer domesticus*), la urraca (*Pica pica*), el mirlo común (*Turdus merula*), la lavandera blanca (*Motacilla alba*), etc.

Por otro lado, las masas boscosas de eucalipto, pino y roble favorecen la nidificación de varias rapaces como el busardo ratonero (*Buteo buteo*), aunque el aprovechamiento de estas masas hace que periódicamente estos hábitos desaparezcan.

En cuanto a los mamíferos la existencia de núcleos urbanos, el efecto barrera que provoca la Autopista del Cantábrico (A-8) y, en general, el elevado grado de modificación del paisaje, impiden la presencia de mamíferos con grandes requerimientos ecológicos como el oso (*Ursus arctos*), el ciervo (*Cervus elaphus*) o el lobo (*Canis lupus*). Esto parece no afectar a otras especies oportunistas claramente representadas como el jabalí (*Sus scrofa*) o el zorro común (*Vulpes vulpes*) más adaptados a medios tan antropizados.

En relación al grupo de los quirópteros aparecen citados el murciélago pequeño de herradura (*Rhinolophus hipposideros*) y el murciélago hortelano (*Eptesicus serotinus*), relativamente comunes en el Principado de Asturias, así como el murciélago ratonero ribereño (*Myotis daubentonii*), aunque ninguno de ellos forma grandes colonias dentro de la zona estudiada.

Las abundantes lluvias, junto con los regueros y arroyos presentes en la zona, así como la abundante vegetación son enclaves reproductivos óptimos para los anfibios. No obstante, las especies más representadas son aquellas que presentan una amplia distribución como la salamandra común (*Salamandra salamandra*) o la rana verde ibérica (*Pelophylax perezi*).

Al igual que los anfibios, en el grupo de los reptiles, cabe destacar que la ubicación geográfica de la zona de actuación resulta propicia para la presencia de especies típicamente atlánticas como la víbora de Seoane (*Vipera seoanei*) o la culebra lisa europea (*Coronella austriaca*), aunque las más representadas son el lagarto verdinegro (*Lacerta schreiberi*) o la lagartija roquera (*Podarcis muralis*).

Dentro de los invertebrados, atendiendo a referencias bibliográficas, se tiene constancia de la presencia del caballito del diablo (*Coenagrion mercuriale*) o del ciervo volante (*Lucanus cervus*) en la zona ya que son especies de amplia distribución en el norte peninsular, aunque no fueron identificados durante las prospecciones in situ.

En resumen, las condiciones del entorno hacen que la zona estudiada albergue gran cantidad de especies y taxones faunísticos, si bien, el elevado grado de antropización hace que no sea una zona especialmente sensible para la conservación de ninguna de estas especies.

Es importante destacar que durante los muestreos realizados no se han identificados grandes colonias activas o latentes de nidificación o cría de especies catalogadas. A pesar de que la zona es susceptible de albergar especies con cierto grado de protección, las densidades que presentan son bajas o muy bajas, llegando a ser casi residual en muchos casos.

De esta forma y tras el análisis de la documentación existente y los datos recogidos del presente estudio se puede concluir que la afección derivada de la instalación del proyecto, tanto en fase de construcción como en fase de explotación, aunque significativa, no debería suponer una disminución de las dinámicas poblacionales de las especies más sensibles.


5 HÁBITATS DE INTERÉS COMUNITARIO

Respecto a los Hábitats de Interés Comunitario como breve introducción indicar que la Directiva 92/43/CEE, llamada «Directiva "Hábitats"» o «Directiva sobre fauna, flora y hábitats», se adoptó en 1992 como instrumento de aplicación del Convenio de Berna en los Estados miembros de la UE y cuyo objetivo es contribuir a la conservación de los hábitats y de las especies naturales de la fauna y la flora silvestres en el territorio europeo de los Estados miembros, teniendo en cuenta los requisitos económicos, sociales y culturales y las características regionales y locales. La protección de las especies y los hábitats naturales recogidos en sus anexos se garantiza mediante la adopción y aplicación de medidas específicas, como la designación de Zonas Especiales de Conservación o el establecimiento de sistemas de protección estricta para especies de interés comunitario.

En España esta Directiva, fue transpuesta parcialmente al ordenamiento jurídico español a través de la Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad, por la que se establecen medidas para contribuir a garantizar la biodiversidad mediante la conservación de los hábitats naturales y de la flora y fauna silvestres en el territorio.

Esta Directiva crea la Red Natura 2000 y fija normas para su establecimiento y funcionamiento. Esta red engloba tanto las Zonas de Especial Protección de las Aves (ZEPA), designadas sobre la presencia de determinadas aves silvestres, como las Zonas de Especial Conservación (ZEC) habilitadas a partir de la propuesta de Lugares de Importancia Comunitaria (LIC) de cada estado miembro por albergar algunos tipos de hábitats naturales y hábitats de especies de flora y fauna de interés comunitario. La finalidad de estas zonas especiales es el mantenimiento, en un estado de conservación favorables, de los hábitats naturales y de las especies silvestres de la fauna y de la flora de interés comunitario, teniendo en cuenta las exigencias económicas, sociales y culturales, así como las particularidades regionales y locales.

En el Anexo I de dicha Ley 42/2007 se establecen los hábitats considerados de interés comunitario para cuya conservación es necesario designar zonas especiales de conservación (El Anexo I de la Ley 42/2007 deroga el Anexo I del Real Decreto 1197/1995, de 7 de diciembre, modificado por el Real Decreto 1193/1998, de 12 de diciembre). Aquellos hábitats marcados con el símbolo * son considerados hábitats prioritarios.

Conviene destacar que  área objeto de estudio no se localiza ningún Espacio Natural Protegido ni figura de protección ya sea nacional, regional o internacional. Por consiguiente, se realiza, a continuación, una pequeña mención a las figuras de protección más cercanas al ámbito de estudio, donde se puede observar:

- **Lugar de Importancia Comunitaria (LIC) Penarronda-Barayo (ES1200017) y Zona de Especial Protección para las Aves (ZEPA) homónima (ES0000317)**, perteneciente a la Red Natural 2000. El área del LIC se solapa con el del ZEPA, correspondiente a una zona de costa con amplias playas, rías, estuarios, acantilados, islotes y dunas. Se trata de una zona

costera que se encuentra en un estado de conservación aceptable, que alberga importantes colonias de aves.

- **Reserva natural Parcial de la Ría del Eo**, localizada aproximadamente a 10 kilómetros de la zona de estudio.
- **Monumento Natural de la Playa de Penarronda** ubicado a 7 kilómetros de la zona de implantación de las instalaciones.

5.1 Hábitats de Interés Comunitario del Atlas de los Hábitats naturales de España

La Directiva de Hábitats cartografía los hábitats y se basa en trabajos de campo efectuados en el año 1997. A continuación, se describen los hábitats identificados más cercanos al área donde está previsto la ubicación de las instalaciones exteriores según esta cartografía (Ver Plano 7. Hábitats de Interés Comunitario Miteco):

Descriptor del hábitat en el Anexo I de la Directiva 92/43/CEE y de la Ley 42/2007	Código UE hábitat	Nombre fitosociológico y genérico	Alianza	Especies alianza	Prioritario
Matorrales mediterráneos y oromediterráneos primarios y secundarios con dominio frecuente de genisteas	4090	Xesteiras con tojos. Escobonales	<i>Ulici europaei-Cytision striati</i> Rivas-Martínez, Báscones, T.E. Díaz, Fernández-González & Loidi 1991	<i>Adenocarpus anisochilus</i> subsp. <i>anisochilus</i> , <i>Cytisus commutatus</i> , <i>Cytisus ingramii</i> , <i>Cytisus striatus</i> subsp. <i>striatus</i> , <i>Ulex europaeus</i> .	No
Bosques aluviales de <i>Alnus glutinosa</i> y <i>Fraxinus excelsior</i> (<i>Alno-Padion</i> , <i>Alnion incanae</i> , <i>Salicion albae</i>)	91E0 *	Alisedas atlánticas	<i>Alnion incanae Pawlowski in Pawlowski, Sokolowski & Wallisch 1928</i>	<i>Aconitum napellus</i> subsp. <i>lusitanicum</i> , <i>Carex brizoides</i> , <i>Carex remota</i> , <i>Carex sylvatica</i> subsp. <i>pau</i> , <i>Chrysosplenium alternifolium</i> , <i>Dryopteris carthusiana</i> ,	Sí *

Descriptor del hábitat en el Anexo I de la Directiva 92/43/CEE y de la Ley 42/2007	Código UE hábitat	Nombre fitosociológico y genérico	Alianza	Especies alianza	Prioritario
				<i>Equisetum sylvaticum</i> , <i>Festuca gigantea</i> , <i>Gagea lutea subsp. lutea</i> , <i>Primula elatior</i> , <i>Prunus padus</i> , <i>Ribes</i>	
Brezales húmedos atlánticos de zonas templadas de <i>Erica ciliaris</i> y <i>Erica tetralix</i>	4020*	Prado mesófilo de diente meso y supratemplado	<i>Cynosurus cristatus</i>	<i>Arrhenatherum elatius</i> , <i>Festuca arundinacea</i> , <i>Lathyrus pratensis</i> , <i>Stellaria graminea</i> , <i>Ranunculus acris</i> , <i>Rumex acetosa</i> o <i>Malva moschata</i> .	Si

❖ Brezales oromediterráneos endémicos con aliaga (4090)

Brezales o tojales con la otea *Ulex europaeus* a la que en ocasiones también le acompaña otra, *Ulex gallii*, que es más frecuente en el piso montano. Son matorrales altos, con frecuencia difíciles de transitar, en los que suelen abundar las zarzas y están presentes brezos como la brechina (*Calluna vulgaris*), *Erica vagans* y *E. cinerea*, y la borraginácea *Lithodora prostrata*. En el estrato herbáceo es frecuente la gramínea *Pseudarrhenatherum longifolium*. El helecho *Pteridium aquilinum* puede alcanzar una alta cobertura, dando lugar a helechales.

❖ Bosques aluviales de *Alnus glutinosa* y *Fraxinus excelsior* (Alno-Padion, Alnion incanae, Salicion albae) (91E0*)

La aliseda es un bosque ribereño que se sitúa en primera línea respecto al cauce, en suelos muy húmedos o encharcados influidos por las crecidas periódicas. Se trata de un bosque cerrado y umbroso, sobre todo en los barrancos angostos, donde forma galerías al contactar las copas de ambas orillas. La falta de luz limita la presencia de elementos leñosos, aunque en las más abiertas se pueden observar *Frangula alnus*, *Crataegus monogyna*, *Sambucus nigra*, *Evonymus*

europaeus, *Salix salviifolia*, *S. atrocinerea*, etc. El estrato herbáceo suele llevar especies como *Ranunculus ficaria*, *Glechoma hederacea*, *Oenanthe croccata*, *Carex laevigata*, etc.

❖ Brezales húmedos atlánticos de zonas templadas de *Erica ciliaris* y *Erica tetralix* (4020*)

Se trata de matorrales dominados casi siempre por el brezo de turbera (*Erica tetralix*) a menudo acompañado de otros brezos (*E. ciliaris*, *Calluna vulgaris*) y por especies de *Genista* propias de estos medios (*G. anglica*, *G. carpetana*, *G. berberidea*, *G. micrantha*) u otras plantas hidrófilas, como *Euphorbia polygalifolia*, *E. uliginosa*, *Thymelaea dendrobryum*, *Molinia caerulea*, *Potentilla erecta*, etc.

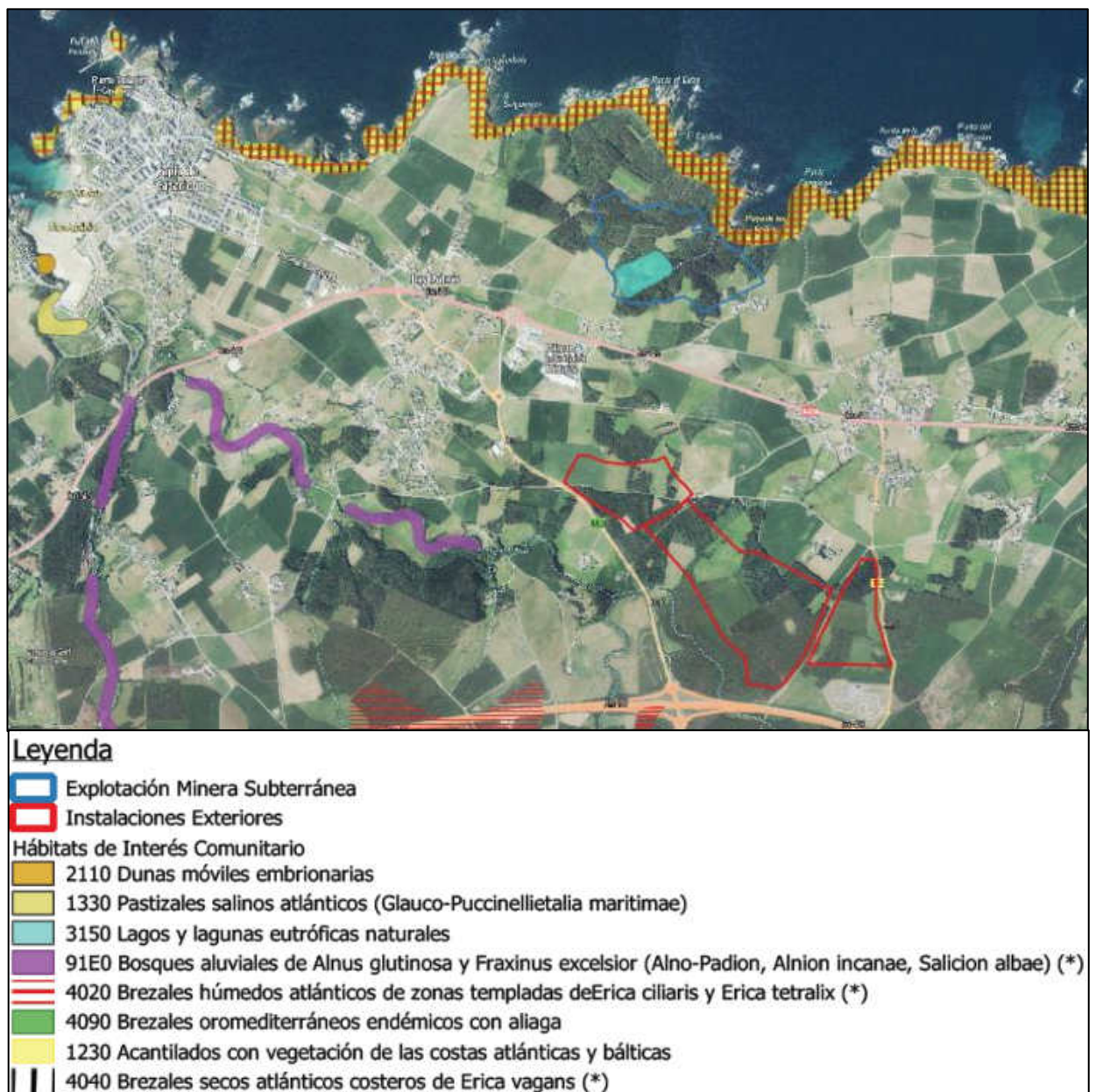


Ilustración 7. Hábitat de Interés Comunitario según Atlas de los Hábitats Naturales y Seminaturales de España del Ministerio de Transición Ecológica y Reto demográfico

5.2 Hábitats de Interés Comunitario del Sistema de Información territorial e infraestructura de datos espaciales de Asturias (SITPA IDEAS)

En relación a los Hábitats de Interés Comunitario descritos en Sistema de Información territorial e infraestructura de datos espaciales de Asturias (SITPA IDEAS) no se observan ni detectan ningún hábitat en el entorno donde se ubicarán las instalaciones exteriores del proyecto en cuestión.

Esta cartografía ambiental del Principado de Asturias es mucho menos generosa en la distribución de los brezales del hábitat Brezales húmedos (4020*) y asimila la mayor parte de la vegetación a las áreas donde se localizan las plantaciones madereras. Asimismo, respecto al hábitat 91E0* vuelve a indicar una extensión muy inferior a la localizada de las alisedas ribereñas y que no están presentes en la zona en cuestión (Ver Plano 8. Hábitats de Interés Comunitario SITPA IDEAS).

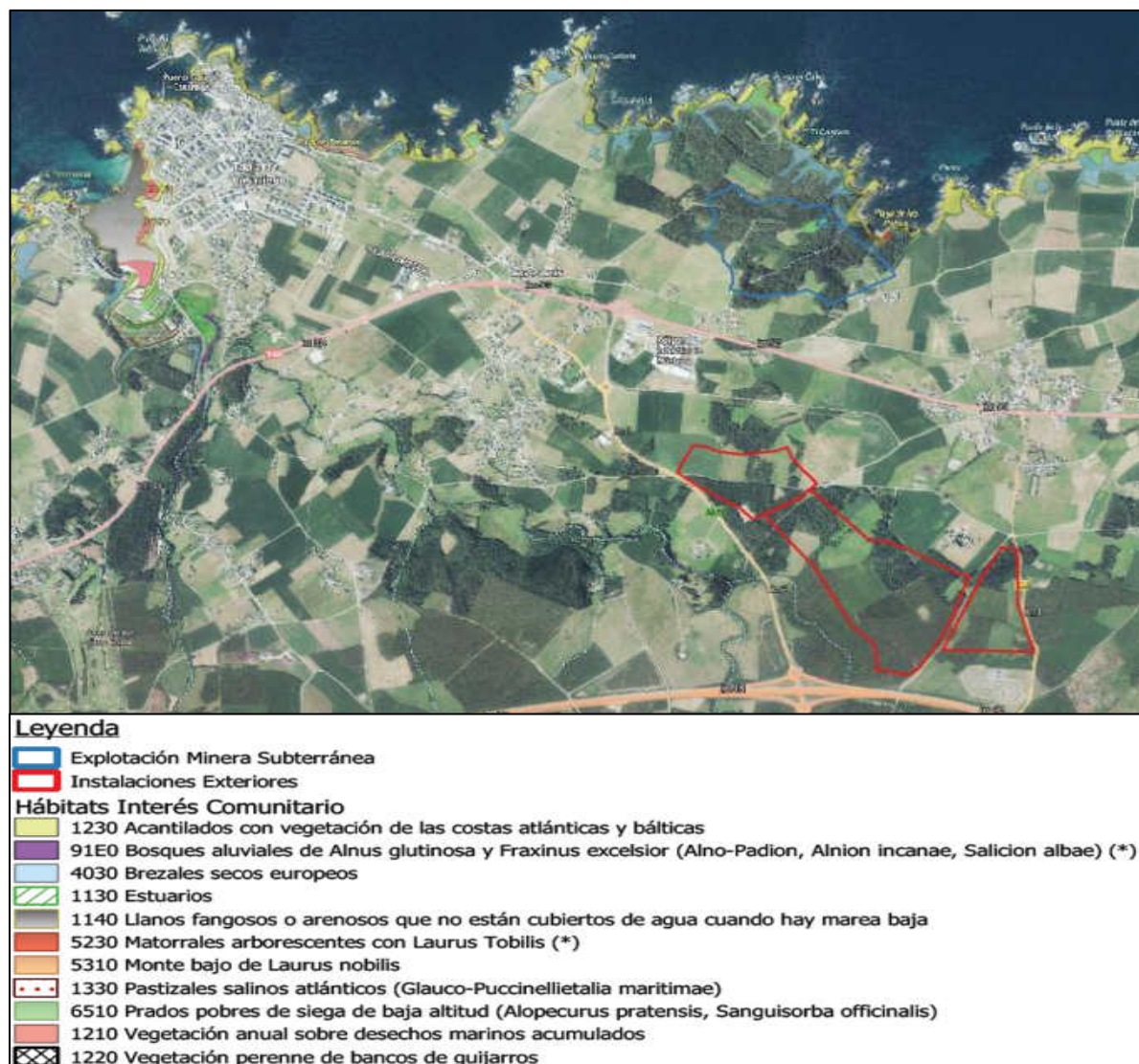


Ilustración 8. Hábitat de Interés Comunitario según SITPA IDEAS.

5.3 Conclusiones

Tras analizar la información localizada en las diferentes cartografías indicadas anteriormente se realiza un análisis de los hábitats de mayor proximidad a la zona objeto de este estudio.

En primer lugar, la cartografía digital de la Directiva de Hábitats se ha comparado con la cartografía del Sistema de Información Territorial e Infraestructura de Datos Espaciales de Asturias (SITPA IDEAS) y posteriormente se ha realizado un segundo contraste con la cartografía de hábitats elaborada expresamente para este estudio (Ver Plano 9. Hábitats de Interés Comunitario Propios), debido a que difiere respecto a las demás.

En el caso del hábitat **91E0***, se ha podido observar que, en la cartografía digital de la Directiva de Hábitats, la superficie asociada a este hábitat no coincide ni en ubicación ni en área con la localizada en la cartografía de SITPA IDEAS. Respecto a esta última, ubica este hábitat al noroeste del área con una superficie de 0,29 ha, la cual se ha comprobado mediante la prospección que si corresponde con este hábitat. Asimismo, tras los muestreos de vegetación de la zona se detecta que este hábitat puede localizarse en el entorno del reguero de Gamaza y arroyo Orjales próximos al área de estudio, situado al suroeste de donde se emplazaran las instalaciones con una superficie estimada de 2,18 ha.

En el caso del hábitat **Brezales oromediterráneos (4090)** existe una pequeña mancha a unos 5 km al suroeste de la zona de implantación atendiendo a la cartografía digital de la Directiva de Hábitats. Sin embargo, tanto en la cartografía del Principado de Asturias como en las prospecciones de campo realizadas no se localizaron manchas de estos tipos de hábitats.

Respecto al hábitat, **Brezales húmedos atlánticos de zonas templadas de *Erica ciliaris* y *Erica tetralix* (4020*)**, según la cartografía de la Directiva de hábitats, cabe destacar, varias áreas al suroeste de la zona de implantación del proyecto, no localizándose esta zona en la cartografía del Principado de Asturias, ni en los hábitats detectados mediante las prospecciones de campo.

Por último y según la cartografía realizada mediante las prospecciones de campo se han detectado pequeñas áreas de un hábitat no identificados en ninguna otra cartografía y que se ubican al norte de la zona de implantación del proyecto, siendo este, **Brezales secos europeos (4030)**. Este hábitat se representa de forma muy escasa, ya que el sustrato de las plantaciones de *Pinus pinaster* guarda evidentes similitudes. Asimismo, debido al clima húmedo, en zonas de poca pendiente de Asturias son evidentes las transiciones entre los brezales húmedos y los secos.

Para concluir y a tenor de las diferentes cartografías consultadas, Directiva de hábitats y Sistema de información territorial e infraestructura de datos espaciales de Asturias (SITPA IDEAS), y los muestreos "in situ" realizados se puede concluir que no se han hallado hábitats de interés comunitario en el área de implantación de las instalaciones exteriores, no obstante, en el entorno inmediato de la instalación es posible que sea necesaria alguna actuación, como apertura de alguna pista para acceso o movimiento de maquinaria, si bien este hecho no deberá afectar a las formaciones vegetales correspondientes a los hábitats próximos al área del proyecto.

6 CONCLUSIONES FINALES

Como síntesis final, a continuación, se exponen las conclusiones más relevantes extraídas del presente estudio de flora, fauna y hábitats de interés comunitario, cuyo fin último ha sido el de definir las condiciones actuales del ecosistema presente en la zona. Aunque se hace mención al posible grado de afección que pudiera sufrir cada uno de los elementos estudiados, dicha información deberá ser extraída del Estudio de Impacto Ambiental asociado al Proyecto.

Respecto al **estudio botánico** llevado a cabo en la zona objeto de estudio y sus alrededores, las comunidades vegetales más representadas son las siguientes:

- Áreas forestales dominadas por frondosas autóctonas, compuesta mayoritariamente por robledales y vegetación de ribera, degradada en diversos niveles, y en la que han irrumpido especies propias de plantación y repoblación como eucaliptos (*Eucalyptus globulus*) o pino marítimo (*Pinus pinaster*), de manera que las comunidades puras son escasas o casi residuales en algunos casos. Estas formaciones mixtas con robles, pinos, eucaliptos y castaños ocupan un porcentaje de superficie poco significativo dentro del ámbito de implantación del Proyecto.
- Robledales que, debido a la importante modificación de la cubierta vegetal consecuencia de la acción del hombre, aparecen actualmente diseminados en forma arbustiva. En la zona de estudio destaca el carballo (*Quercus robur*), mayoritariamente acompañado de un estrato inferior dominado por zarzas (*Rubus sp.*) y helecho común (*Pteridium aquilinum*).
- Vegetación ripícola fundamentalmente representada por aliso (*Alnus glutinosa*) y abedul (*Betula alba*). Estos aparecen formando estrechas franjas intermitentes a lo largo de los cauces presentes en el ámbito de estudio, siendo el río Muría, el arroyo Orjales y el de Gamaza los que presentan mayor densidad, alcanzando en ocasiones fracciones de cabida cubierta cercanas al 90%.

- Formaciones arbustivas.

Las comunidades de matorral atlántico detectadas dentro del ámbito de estudio abarcan, al menos, una docena de clases fitosociológicas, siendo los tojales y brezales los más diversificados.

- Plantaciones forestales, destacando el pino marítimo (*Pinus pinaster*) como especie que ocupa mayor extensión, seguida de cerca por el eucalipto (*Eucalyptus globulus*). En ambos casos aparecen fundamentalmente en forma de plantaciones monoespecíficas, regulares y coetáneas y, en menor medida, formando masas mixtas con otras frondosas o mezcladas entre ellas. Tanto los eucaliptales como los pinares suelen presentar un sotobosque dominado por tojales y brezales.
- Prados y pastizales. Debido a la presencia humana gran parte de la superficie de la zona de estudio está dedicada a prados o a cultivos forrajeros, siendo el maíz (*Zea mays*) la especie más cultivada en la actualidad.

Además, tras analizar la información extraída en los muestreos de flora realizados en campo, cabe indicar que no se han detectado especies florísticas protegidas o amenazadas dentro de las comunidades vegetales potencialmente afectadas por la implantación de las instalaciones en superficie.

En relación al **estudio de fauna**, las condiciones del entorno hacen que la zona estudiada albergue gran cantidad de especies y taxones faunísticos. No obstante, el elevado grado de antropización que presenta la zona provoca que ésta no sea considerada como especialmente sensible para la conservación de ninguna de estas especies.

En relación a las aves y aunque son multitud las especies inventariadas y detectadas durante los muestreos de fauna la realidad es que predominan claramente aquellas de carácter antropófilo, como es el caso del gorrión común (*Passer domesticus*), la urraca (*Pica pica*), etc. Asimismo, las masas boscosas de eucalipto, pino y roble favorecen la nidificación de varias rapaces como el busardo ratonero (*Buteo buteo*), aunque el aprovechamiento de estas masas hace que periódicamente estos hábitos desaparezcan.

Cabe destacar que las aves son el grupo taxonómico más abundante de entre los vertebrados presentes en la zona de estudio, si bien un gran porcentaje de ellas se encuentran de forma estacional o muy ocasional.

En cuanto a los mamíferos la existencia de núcleos urbanos, el efecto barrera que provoca la Autopista del Cantábrico (A-8) y, en general, el elevado grado de modificación del paisaje, impiden la presencia de mamíferos con grandes requerimientos ecológicos como el oso (*Ursus arctos*), el ciervo (*Cervus elaphus*) o el lobo (*Canis lupus*). Esto parece no afectar a otras especies oportunistas claramente representadas como el jabalí (*Sus scrofa*) o el zorro común (*Vulpes vulpes*) más adaptados a medios tan antropizados.

En relación al grupo de los quirópteros aparecen citados el murciélago pequeño de herradura (*Rhinolophus hipposideros*) y el murciélago hortelano (*Eptesicus serotinus*), relativamente comunes en el Principado de Asturias, así como el murciélago ratonero ribereño (*Myotis daubentonii*), aunque ninguno de ellos forma grandes colonias dentro de la zona estudiada.

Los regueros, arroyos y abundantes lluvias presentes en el ámbito de la zona de estudio junto a la abundante vegetación son enclaves reproductivos óptimos para los anfibios. No obstante, las especies más representadas son aquellas que presentan una amplia distribución como la salamandra común (*Salamandra salamandra*) o la rana verde ibérica (*Pelophylax perezi*).

Respecto a los reptiles, cabe destacar que la ubicación geográfica de la zona de actuación resulta propicia para la presencia de especies típicamente atlánticas como la víbora de Seoane (*Vipera seoanei*) o la culebra lisa europea (*Coronella austriaca*), aunque las más representadas son el lagarto verdinegro (*Lacerta schreiberi*) o la lagartija roquera (*Podarcis muralis*).

Dentro de los invertebrados, atendiendo a referencias bibliográficas, se tiene constancia de la presencia del caballito del diablo (*Coenagrion mercuriale*) o del ciervo volante (*Lucanus cervus*) en la zona ya que son especies de amplia distribución en el norte peninsular, aunque no fueron identificados durante las prospecciones in situ.

A pesar de que la zona es susceptible de albergar especies con cierto grado de protección, la frecuencia de observación y densidades que presentan son bajas o muy bajas, llegando a ser casi residual en muchos casos.

De esta forma y tras el análisis de la documentación existente y los datos recogidos del presente estudio se puede concluir que la afección derivada de la instalación del proyecto, tanto en fase de construcción como en fase de explotación, aunque significativa, no debería suponer una disminución de las dinámicas poblacionales de las especies más sensibles.

Por último, respecto a los **hábitats de interés comunitario** y a tenor de las diferentes cartografías oficiales consultadas, Directiva de hábitats y Sistema de información territorial e infraestructura de datos espaciales de Asturias (SITPA IDEAS), y los muestreos "in situ" realizados a pie de campo, se puede concluir que no existen hábitats de interés comunitario dentro del área propuesta para la implantación de las instalaciones exteriores.

ANEXO I. CARTOGRAFÍA



- Leyenda**
- Instalaciones Exteriores
 - Explotación Minera Subterránea

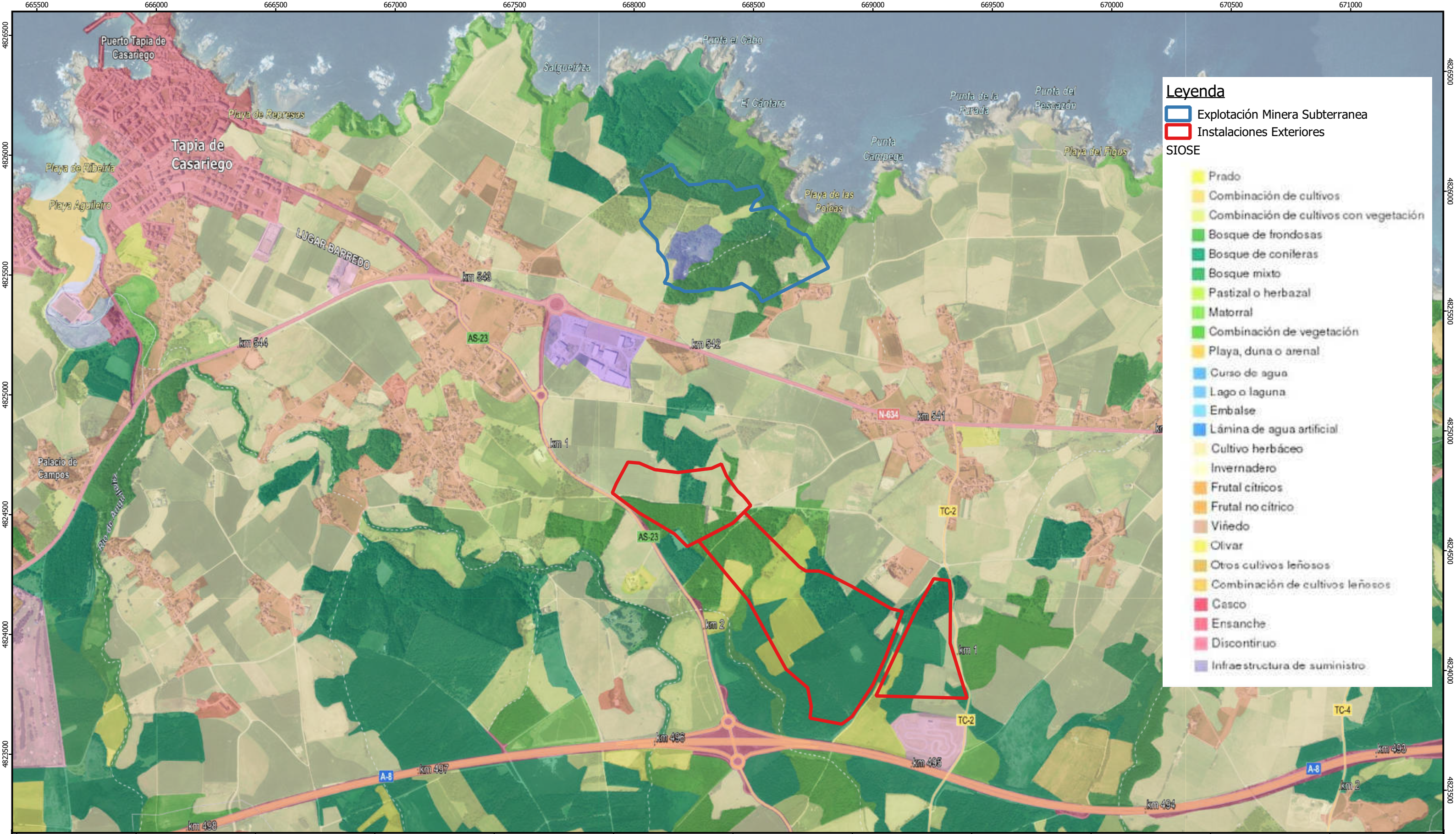

1:20.000



Localización

PLANO 1. LOCALIZACIÓN

BASADO EN LA CARTOGRAFÍA DEL CENTRO NACIONAL DE DESCARGAS MINISTERIO DE TRANSPORTE MOVILIDAD Y AGENCIA URBANA

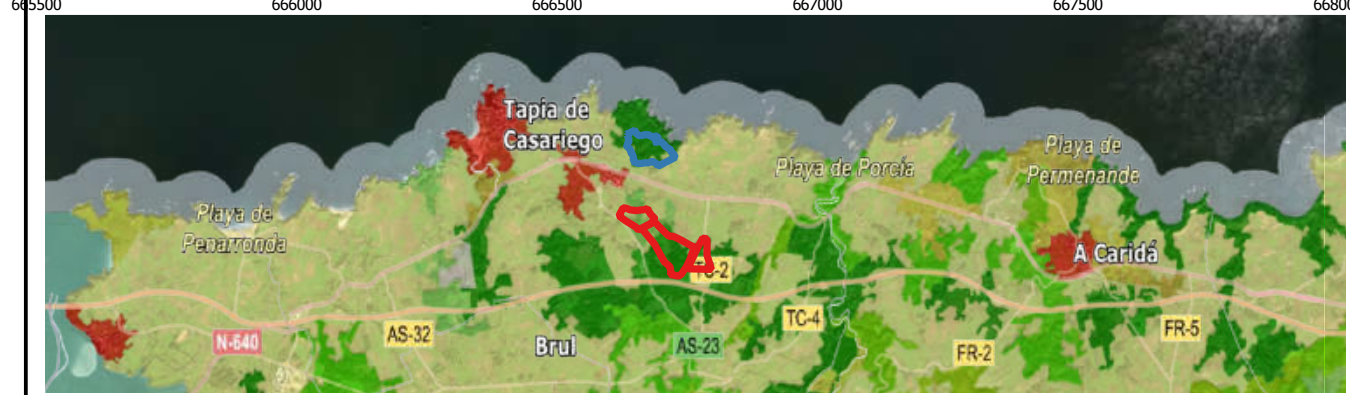


Leyenda

- Explotación Minera Subterranea
- Instalaciones Exteriores

SIOSE

- Prado
- Combinación de cultivos
- Combinación de cultivos con vegetación
- Bosque de frondosas
- Bosque de coníferas
- Bosque mixto
- Pastizal o herbazal
- Matorral
- Combinación de vegetación
- Playa, duna o arenal
- Curso de agua
- Lago o laguna
- Embalse
- Lámina de agua artificial
- Cultivo herbáceo
- Invernadero
- Frutal cítricos
- Frutal no cítrico
- Viñedo
- Olivar
- Otros cultivos leñosos
- Combinación de cultivos leñosos
- Casco
- Ensanche
- Discontinuo
- Infraestructura de suministro



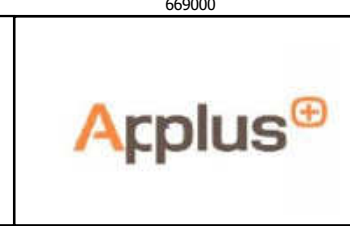
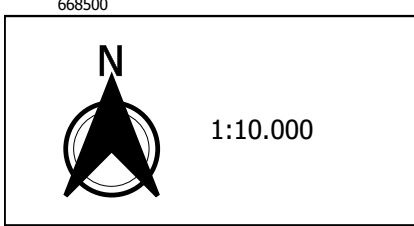
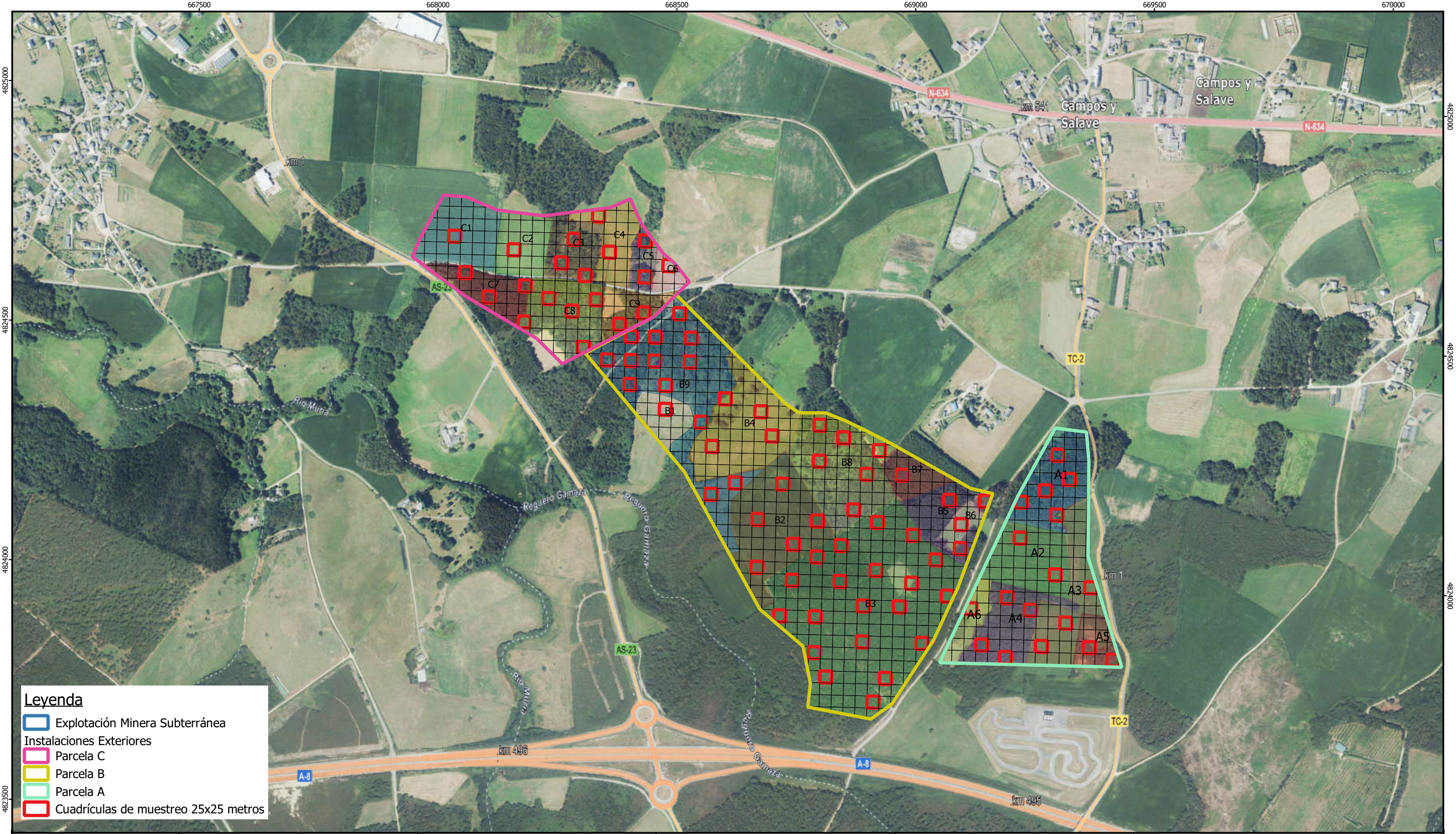
N
1:20.000



Ocupación Del Suelo de España (SIOSE)

PLANO 2. OCUPACIÓN DEL SUELO (SIOSE)

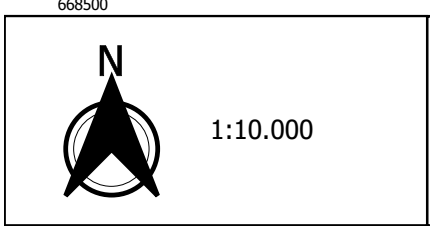
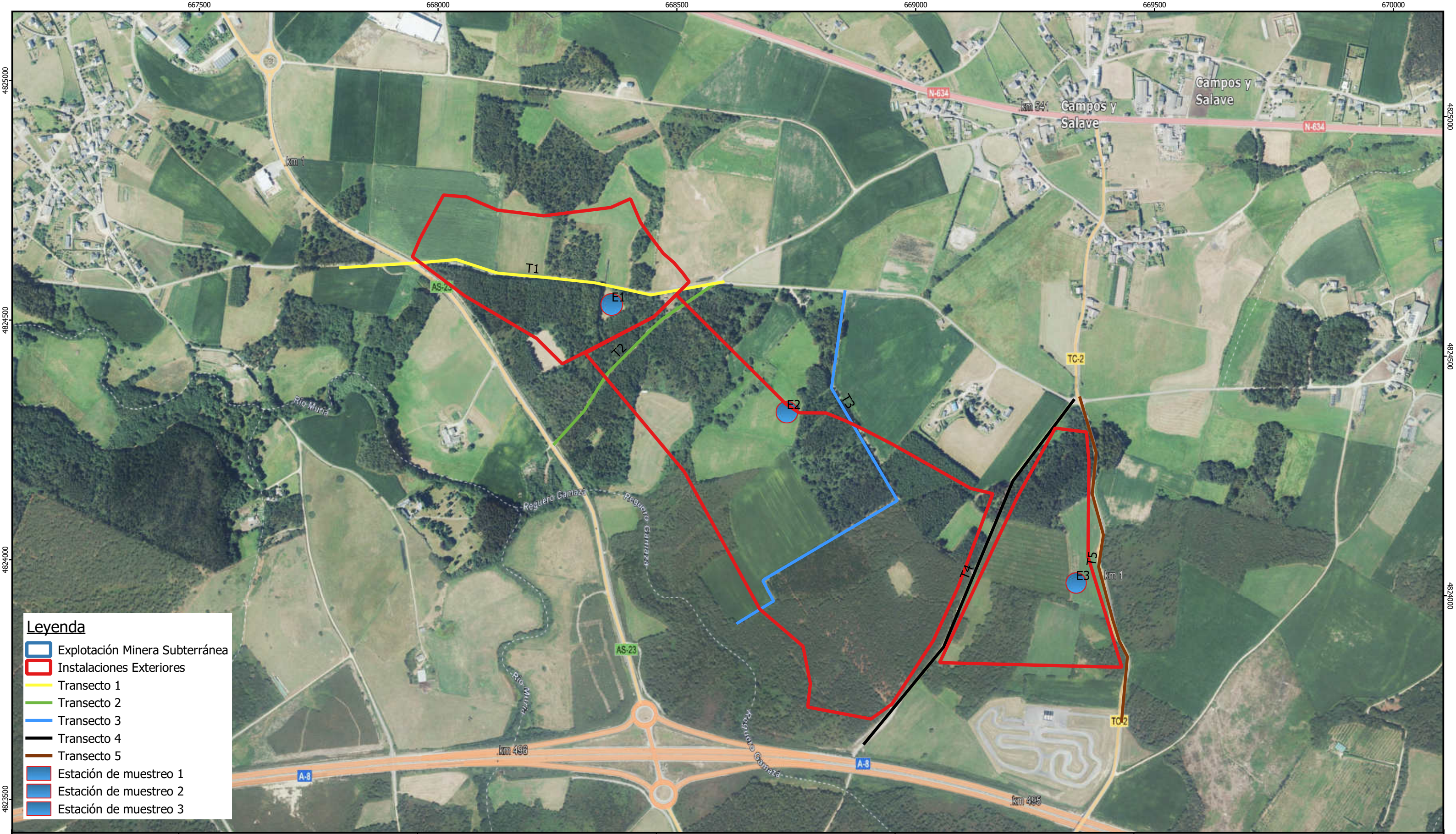
BASADO EN LA CARTOGRAFÍA OFICIAL DEL MINISTERIO DE TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y RETO DEMOGRÁFICO



Plan De Muestreo De Flora

PLANO 4. PLAN DE MUESTREO DE FLORA

BASADO EN LA CARTOGRAFÍA PROPIA RESPECTO A LAS PROSPECCIONES EN CAMPO



1:10.000



PLANO 4. PLAN DE MUESTREO DE FAUNA

Plan De Muestreo De Fauna

BASADO EN LA CARTOGRAFÍA PROPIA RESPECTO A LAS PROSPECCIONES EN CAMPO



Leyenda

- Instalaciones Exteriores
- Explotación Minera Subterránea

Unidades de Vegetación

- Alisedas
- Bosques jóvenes con abedul
- Brezales tojales con *Ulex europaeus*
- Bosques oligotrofos con carbayo y abedul - Facies con castaño
- Charcas y lagunas
- Cultivos hortícolas
- Plantaciones de castaño
- Plantaciones de eucalipto
- Plantaciones de frondosas
- Plantaciones de pino marítimo
- Playas
- Prados
- Prados higrófilos
- Saucedas de salguera negra
- Vegetación halófila de costas acantiladas
- Otras plantaciones de frondosas



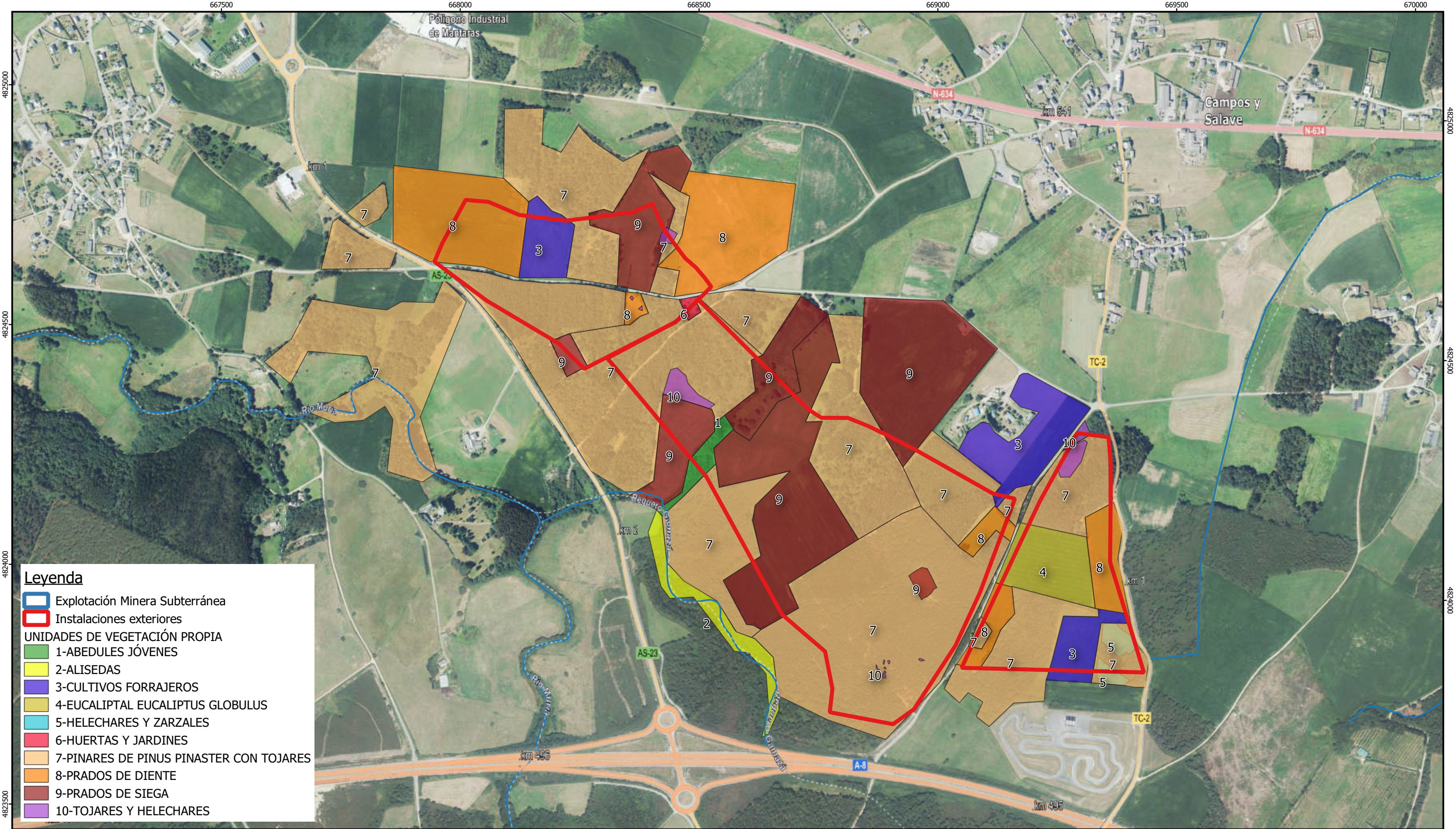
1:20.000



Unidades De Vegetación

PLANO 5. UNIDADES DE VEGETACIÓN

BASADO EN LA CARTOGRAFÍA DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN TERRITORIAL E INFRAESTRUCTURA DE DATOS ESPACIALES DE ASTURIAS (SITPA IDEAS)



Leyenda

- Explotación Minera Subterránea
- Instalaciones exteriores

UNIDADES DE VEGETACIÓN PROPIA

- 1-ABEDULES JÓVENES
- 2-ALISEDAS
- 3-CULTIVOS FORRAJEROS
- 4-EUCALIPTAL EUCALIPTUS GLOBULUS
- 5-HELECHARES Y ZARZALES
- 6-HUERTAS Y JARDINES
- 7-PINARES DE PINUS PINASTER CON TOJARES
- 8-PRADOS DE DIENTE
- 9-PRADOS DE SIEGA
- 10-TOJARES Y HELECHARES



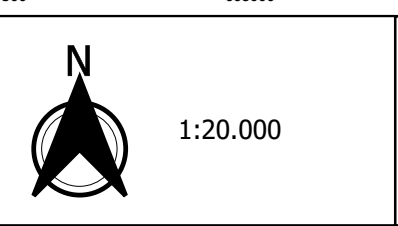
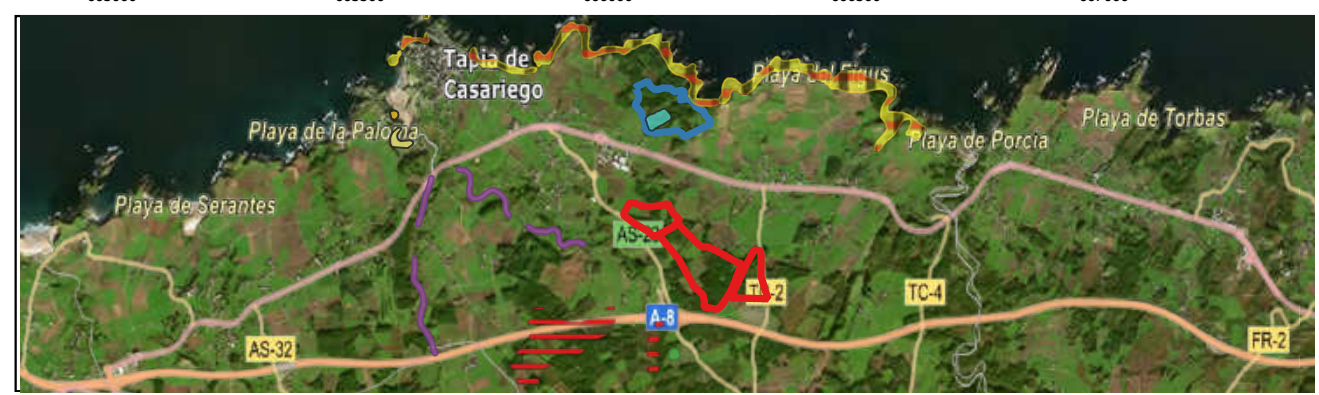
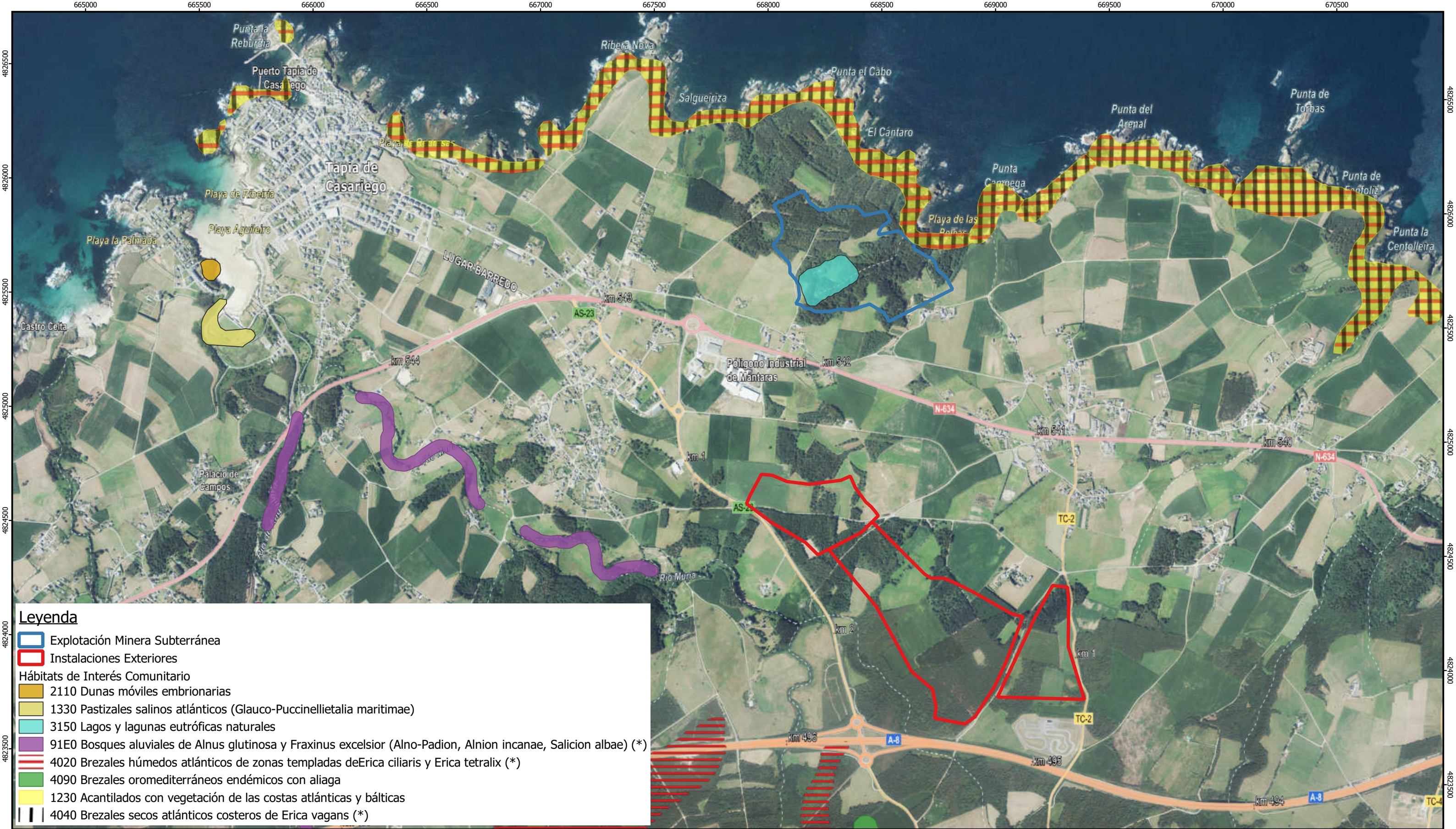
N

1:10.000

Unidades De Vegetación Propias

PLANO 6. UNIDADES DE VEGETACIÓN PROPIAS

BASADO EN LA CARTOGRAFÍA BASADO EN LA CARTOGRAFÍA PROPIA DE LAS PROSPECCIONES EN CAMPO



PLANO 7. HÁBITATS DE INTERÉS COMUNITARIO (MITECO)

Hábitats de Interés Comunitario

BASADO EN LA CARTOGRAFÍA DEL MINISTERIO DE TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y RETO DEMOGRÁFICO




Legenda

- Explotación Minera Subterránea
- Instalaciones Exteriores

Hábitats Interés Comunitario


- 1230 Acantilados con vegetación de las costas atlánticas y bálticas
- 91E0 Bosques aluviales de *Alnus glutinosa* y *Fraxinus excelsior* (*Alno-Padion*, *Alnion incanae*, *Salicion albae*) (*)
- 4030 Brezales secos europeos
- 1130 Estuarios
- 1140 Llanos fangosos o arenosos que no están cubiertos de agua cuando hay marea baja
- 5230 Matorrales arborescentes con *Laurus Tobilis* (*)
- 5310 Monte bajo de *Laurus nobilis*
- 1330 Pastizales salinos atlánticos (*Glauco-Puccinellietalia maritimae*)
- 6510 Prados pobres de siega de baja altitud (*Alopecurus pratensis*, *Sanguisorba officinalis*)
- 1210 Vegetación anual sobre desechos marinos acumulados
- 1220 Vegetación perenne de bancos de guijarros





N

1:20.000



PLANO 8. HÁBITATS INTERÉS COMUNITARIO (SITPA IDEAS)

Hábitats de Interés Comunitario

BASADO EN LA CARTOGRAFÍA DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN TERRITORIAL E INFRAESTRUCTURA DE DATOS ESPACIALES DE ASTURIAS (SITPA IDEAS)



Leyenda

- Explotación Minera Subterránea
- Instalaciones Exteriores
- 5230 Matorrales arborescentes de *Laurus nobilis* (*)
- 4040 Brezales secos atlánticos costeros de *Erica vagans* (*)
- 4030 Brezales secos europeos
- 3150 Lagos y lagunas eutróficas naturales
- 1230 Acantilados con vegetación de las costas atlánticas y bálticas
- 91E0 Bosques aluviales de *Alnus glutinosa* y *Fraxinus excelsior* (Alno-Padion, Alnion incanae, Salicion albae) (*)





N

1:20.000



PLANO 9. HÁBITATS DE INTERÉS COMUNITARIO PROPIOS

Hábitats de Interés Comunitario

BASADO EN LA CARTOGRAFÍA BASADO EN LA CARTOGRAFÍA PROPIA DE LAS PROSPECCIONES EN CAMPO