

ESTUDIO BÁSICO DE DINÁMICA LITORAL Y EVALUACIÓN DE LOS POSIBLES EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LAS ACTUACIONES DEFINIDAS EN EL

**“PROYECTO DE JAULA SUMERGIBLE PARA
INSTALACIÓN DE ACUICULTURA DE ATÚN ROJO.
ITSAS BALFEGÓ S.L.”**

Pasaia, 17 de febrero de 2023

Tipo documento	Informe
Título documento	ESTUDIO BÁSICO DE DINÁMICA LITORAL Y EVALUACIÓN DE LOS POSIBLES EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LAS ACTUACIONES DEFINIDAS EN EL “PROYECTO DE JAULA SUMERGIBLE PARA INSTALACIÓN DE ACUICULTURA DE ATÚN ROJO. ITSAS Balfegó S.L.
Fecha	17/2/2023
Equipo redactor	Manuel González Pérez. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Investigador en la Unidad de Investigación Marina AZTI José Germán Rodríguez Patiño. Doctor en Ciencias del Mar Investigador Senior del Área de Gestión Ambiental de Mares y Costas de la Fundación AZTI Pedro Liria Loza. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Investigador Senior del Área de Tecnologías Marinas de la Fundación AZTI

Si procede, este documento deberá ser citado del siguiente modo:

González, M, Rodríguez, J G y Liria P, 2023. ESTUDIO BÁSICO DE DINÁMICA LITORAL Y EVALUACIÓN DE LOS POSIBLES EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LAS ACTUACIONES DEFINIDAS EN EL “PROYECTO DE JAULA SUMERGIBLE PARA INSTALACIÓN DE ACUICULTURA DE ATÚN ROJO. ITSAS Balfegó S.L.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	5
2. OBJETIVO	7
3. DESCRIPCIÓN BREVE DEL PROYECTO	9
3.1 Relación y descripción de las instalaciones	9
4. CLIMA MARÍTIMO, INCLUYENDO ESTADÍSTICAS DE OLEAJE Y TEMPORALES DIRECCIONALES Y ESCALARES.....	12
4.1 Oleaje exterior.....	12
4.1.1 Caracterización estadística.....	12
4.1.2 Régimen medio.....	13
4.1.3 Régimen extremal.....	14
4.2 Nivel del mar.....	15
4.2.1 Marea astronómica.....	16
4.2.2 Marea meteorológica.....	16
4.2.3 Nivel del mar total.....	17
5. NATURALEZA GEOLÓGICA DE LOS FONDOS.....	18
6. BATIMETRÍA HASTA ZONAS DEL FONDO QUE NO RESULTEN MODIFICADAS, Y FORMA DE EQUILIBRIO, EN PLANTA Y PERFIL, DEL TRAMO DE COSTAS AFECTADO	20
7. ESTUDIO DE LA CAPACIDAD DE TRANSPORTE LITORAL	21
8. BALANCE SEDIMENTARIO Y EVOLUCIÓN DE LA LÍNEA DE COSTA, TANTO ANTERIOR COMO PREVISIBLE	22
9. DINÁMICAS RESULTANTES DE LOS EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO	24
10. CONDICIONES DE LA BIOSFERA SUBMARINA Y EFECTOS SOBRE LA MISMA DE LAS ACTUACIONES PREVISTAS, ASÍ COMO LOS ESPACIOS DOTADOS DE FIGURAS DE PROTECCIÓN AMBIENTAL.....	28
10.1 Condiciones de la biosfera submarina	28
10.2 Espacios dotados de figuras de protección ambiental en el ámbito de actuación	30
10.2.1 Características bionómicas en el ámbito de la actuación.....	32
10.2.2 Efectos de la actuación del proyecto	33

11. RECURSOS DISPONIBLES DE ÁRIDOS Y CANTERAS Y SU IDONEIDAD, PREVISIÓN DE DRAGADOS O TRASVASES DE ARENAS .	34
12. PLAN DE SEGUIMIENTO DE LAS ACTUACIONES DEL PROYECTO ...	35
13. PROPUESTA PARA LA MINIMIZACIÓN, EN SU CASO, DE LA INCIDENCIA DE LAS OBRAS Y POSIBLES MEDIDAS CORRECTORAS Y COMPENSATORIAS	36
14. CONCLUSIONES	37
15. BIBLIOGRAFÍA	39

1. INTRODUCCIÓN

ITSAS-BALFEGÓ S.L. es una empresa formada por BalfegóGrup y AZTI que tiene como objetivo desarrollar la actividad de engorde de atún rojo en instalaciones acuícolas en mar abierto en el Mar Cantábrico. Para ello se ha proyectado la instalación de dos jaulas marinas de 50 m de diámetro en la costa próxima al Puerto de Getaria (a unas 3,5 millas náuticas del puerto y a una profundidad media de ca. 100 m). El “Proyecto de jaula sumergible para instalación de acuicultura de atún rojo” contempla el cultivo de atunes en una cantidad superior a 50 toneladas anuales e inferior a 500 toneladas anuales. Este proyecto está afectado por el *Real Decreto 876/2014, de 10 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento General de Costas*¹ establece en su Artículo 91.3:

“Cuando el proyecto contenga la previsión de actuaciones en el mar o en la zona marítimo-terrestre, deberá comprender un estudio básico de la dinámica litoral referido a la unidad fisiográfica costera correspondiente y de los efectos de las actuaciones previstas, de acuerdo con lo dispuesto en el artículo 93 de este reglamento (artículo 44.3 de la Ley 22/1988, de 28 de julio)”.

Y en su Artículo 93 concreta el Contenido del Estudio Básico de Dinámica Litoral que acompañará como anejo a la Memoria del proyecto, y comprenderá los siguientes aspectos que serán valorados en el presente informe:

- 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.

¹ <https://www.boe.es/eli/es/rd/2014/10/10/876/con>

- 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.

El *Real Decreto 876/2014* detalla en su Artículo 92 el contenido de la evaluación de los efectos del cambio climático:

“1. La evaluación de los efectos del cambio climático incluirá la consideración de la subida del nivel medio del mar, la modificación de las direcciones de oleaje, los incrementos de altura de ola, la modificación de la duración de temporales y en general todas aquellas modificaciones de las dinámicas costeras actuantes en la zona, en los siguientes periodos de tiempo:

- a) En caso de proyectos cuya finalidad sea la obtención de una concesión, el plazo de solicitud de la concesión, incluidas las posibles prórrogas.
- b) En caso de obras de protección del litoral, puertos y similares, un mínimo de 50 años desde la fecha de solicitud.

2. Se deberán considerar las medidas de adaptación que se definan en la estrategia para la adaptación de la costa a los efectos del cambio climático, establecida en la disposición adicional octava de la Ley 2/2013, de 29 de mayo.”

2. OBJETIVO

Este informe contiene el estudio básico de dinámica litoral y la evaluación de los efectos del cambio climático con relación al proyecto “Proyecto de jaula sumergible para instalación de acuicultura de atún rojo”, cuya autoría corresponde al Ingeniero Naval D. Ivo Matijasevi, con el objeto de dar cumplimiento a los Artículos 92 y 93 del *Real Decreto 876/2014, de 10 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento General de Costas*.

En la **Figura 1** y la **Figura 2** puede verse la ubicación de las instalaciones, según el proyecto.

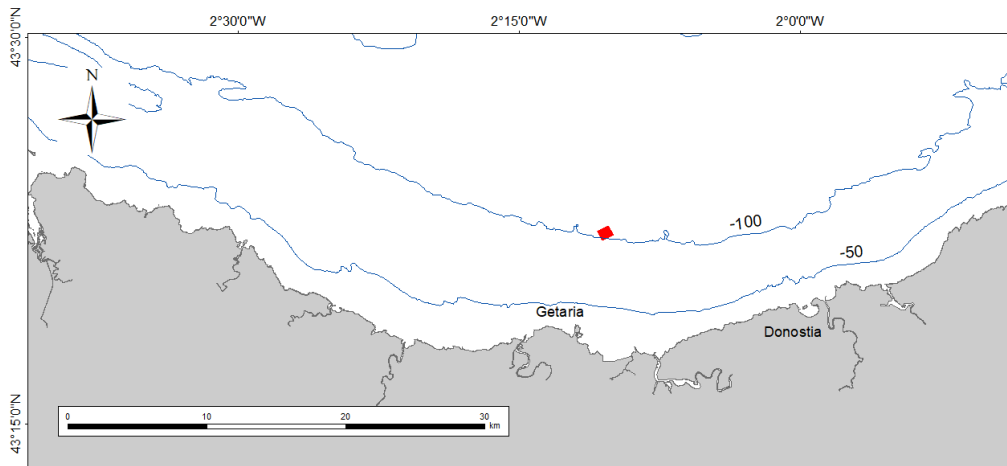


Figura 1. Ubicación general las instalaciones del proyecto (en rojo).

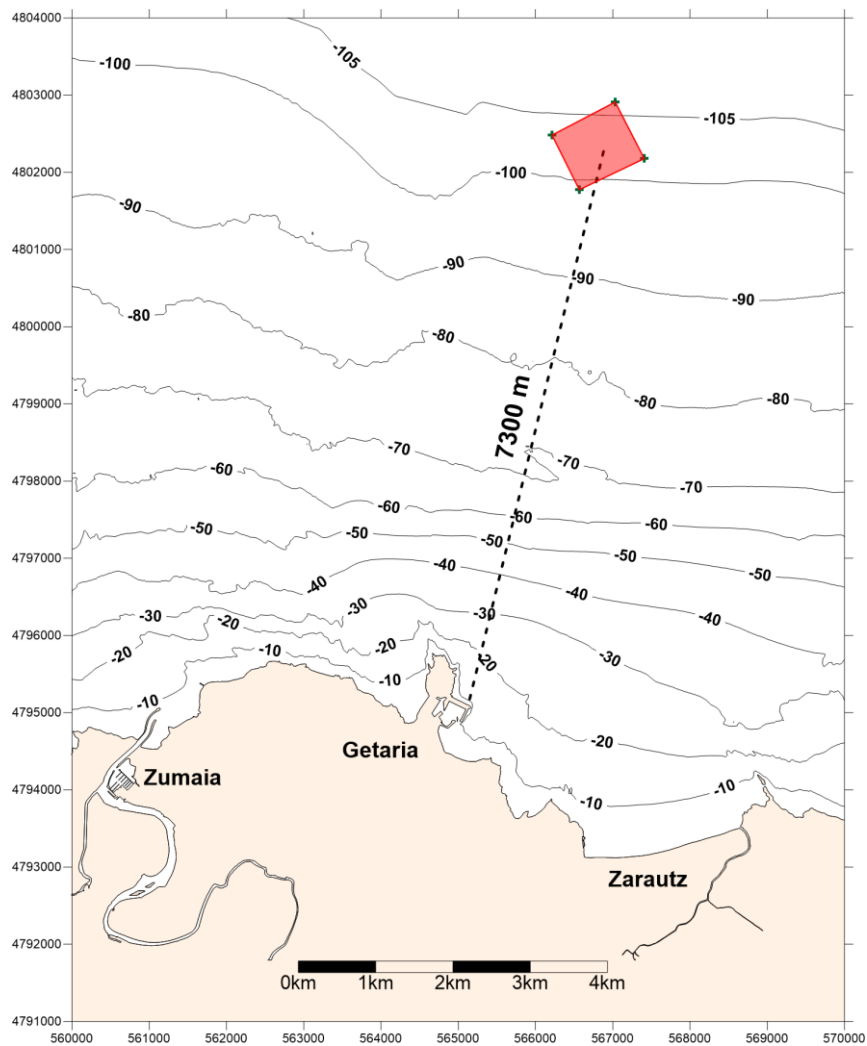


Figura 2. Ubicación de detalle de las instalaciones del proyecto al nornordeste del puerto de Getaria (en rojo).

3. DESCRIPCIÓN BREVE DEL PROYECTO

El objeto de este proyecto es una concesión administrativa destinada al engorde de atún rojo vivo procedente de capturas realizadas con embarcaciones de pesca con artes de cerco en el mar Cantábrico. La capacidad prevista de producción es inferior a 500 toneladas anuales.

La instalación consiste en un entramado de 2 jaulas circulares con un tren de fondeo compuesto por 28 puntos de fondeo con anclas de alto poder de agarre. La superficie de concesión solicitada abarca una cuadrícula de 927 m x 827 m, siendo la superficie total ocupada de 766.629 m².

3.1 Relación y descripción de las instalaciones

Jaulas marinas

Principales características:

Diámetro jaula marina: 50 m interior.

Tubería de flotación = PEIOO de 400 mm PN16.

Tubería de barandilla = PEIOO de 110 mm PN16.

Número soportes = 72 unidades.

Número de haches de amarre = 12 unidades.

Cada jaula marina estará conformada por dos tuberías de flotación de polietileno de alta densidad PEIOO de 400 mm de diámetro y espesor 36,3 mm. Tubería de barandilla formada por tubería de polietileno de alta densidad PE 100 de 110 mm de diámetro y espesor 10 mm en color azul. Para la unión de ambas tuberías se dispondrán de 72 soportes modelo IMA400FIA, fabricados mediante rotomoldeo y con un peso aproximado de 40 kilos.

Se dispondrán también de 12 haches fabricadas mediante tubería de polietileno de alta densidad PE 100 de 450 mm de diámetro, y tubería de polietileno de alta densidad PE

100 de 200 mm de diámetro de un peso aproximado de 56 kilos, fabricadas mediante soldadura de extrusión de hilo de polietileno de alta densidad.

Sistema de fondeo de las jaulas

De la anilla del entramado partirán dos estachas polysteel de 64 mm de diámetro con una resistencia mínima a tracción de 67.578 Kgf, que mediante un grillete de 2" (de 35 Ton) se une a un tramo de 150 metros de cadena de 50 mm de diámetro (de 1.370 kn de carga de rotura), éste a su vez con otro grillete de 2" (de 35 Ton) se fija al ancla de alto poder de agarre de 2.000 Kg.

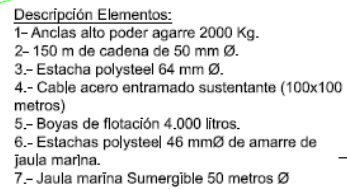
La instalación quedará conformada por 28 puntos de fondeo distribuidos en 14 puntos de unión al entramado, para ubicar las cuadrículas de 100x100 metros que recogerán las dos jaulas marinas de 50 metros de diámetro. Estas cuadrículas tendrán un sistema de flotación formado por 20 unidades de boyas de 4.000 litros de flotación.

Para el amarre de las jaulas marinas al entramado se emplearán 12 unidades de estacha polysteel de 46 mm de diámetro (de 38.198 kilos de carga de rotura) para cada una de ellas.

Boyas de señalización de concesión

Se fondearán cuatro boyas de señalización acorde al reglamento vigente en los límites de la concesión, según la autorización que emita la autoridad competente.

En la **Figura 3** se muestra la disposición en planta de los elementos de la instalación y en la **Figura 4** se muestra un esquema de una de las dos jaulas con su aro de sujeción (tubería de flotación y de barandilla) y la red.



CÓDIGO DE LA EMPRESA	NOMBRE			JOB#		OTROS DATOS PARA EL REGISTRO DE LA OBRERA NOMBRE COMPLETO FECHA DE NACIMIENTO SEXO ESTADO CIVIL TIPO DE EMPLEO TIPO DE CONTRATO TIPO DE PAGO TIPO DE BENEFICIO TIPO DE ALIMENTACIÓN TIPO DE VIVIENDA TIPO DE TRANSPORTE TIPO DE SALUD TIPO DE EDUCACIÓN TIPO DE CULTURA TIPO DE RECREACIÓN TIPO DE OTRAS ACTIVIDADES
CÓDIGO DEL PROYECTO	NOMBRE DEL PROYECTO					
CÓDIGO DEL SUBPROYECTO	GRUPO	SUBGRUPO	TAREA			
CÓDIGO DEL EQUIPO				TARJETA	PLANTA DE LA INSTALACION	
CÓDIGO DEL EQUIPO				DIRECCION	TSAS BALFEGO S.L.	
CÓDIGO DEL EQUIPO				FIRMA Q	FIRMA R	

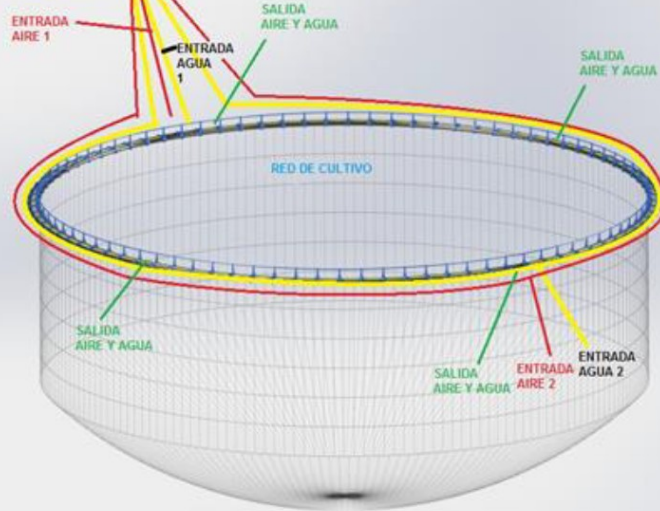


Figura 4. Croquis del aro superior de la jaula y de la red dentro de la cual se realizarán las actividades acuícolas.

4. CLIMA MARÍTIMO, INCLUYENDO ESTADÍSTICAS DE OLEAJE Y TEMPORALES DIRECCIONALES Y ESCALARES

Se muestra a continuación la información de clima marítimo en la zona de estudio, se presenta la caracterización del oleaje y del nivel del mar (suma de la marea astronómica y meteorológica).

4.1 Oleaje exterior

Se analizan los 30 años de datos de oleaje de la Boya de Bilbao - Vizcaya (1991-2020) de Puertos del Estado localizada a la posición (43.63°N, 3.04°O) sobre unos 600 m de profundidad para llevar a cabo la caracterización estadística del oleaje, junto al análisis del régimen medio y del régimen extremal.

4.1.1 Caracterización estadística

La caracterización estadística del oleaje se lleva a cabo por direcciones de oleaje incidente (sectores de 22,5°, **Figura 5**). En la **Tabla 1**, se muestran los resultados de probabilidad de ocurrencia, altura de ola significativa y periodo de pico para condiciones medias y de temporal, en las direcciones relevantes del oleaje en la zona de estudio:

- El percentil 50 de la altura de ola (H_{s50}) y su periodo asociado (T_p).
- La altura de ola excedida 12 horas al año (H_{s12}) y el periodo asociado (T_p), la cual hace referencia al “temporal del año”.

Los oleajes más frecuentes provienen de la dirección NW (37,49%), seguidos por los oleajes del WNW (30.60%). Además, los oleajes provenientes de estas dos direcciones son los más energéticos.

Tabla 1. Caracterización estadística del oleaje por direcciones en la boya Bilbao-Vizcaya (1991-2020).

Dirección	Probabilidad (%)	Condiciones medias		Condiciones de temporal	
		Hs ₅₀ (m)	Tp (s)	Hs ₁₂ (m)	Tp (s)
N	5.14	1.10	5.53	5.30	10.21
NNE	2.51	1.10	5.39	4.03	9.10
NE	1.08	1.10	4.84	2.76	6.90
ENE	0.66	1.20	4.78	3.30	6.66
W	2.90	1.70	10.84	7.89	11.94
WNW	30.60	2.00	10.91	8.80	14.68
NW	37.49	1.60	9.92	8.20	16.13
NNW	10.98	1.20	9.07	6.00	10.92

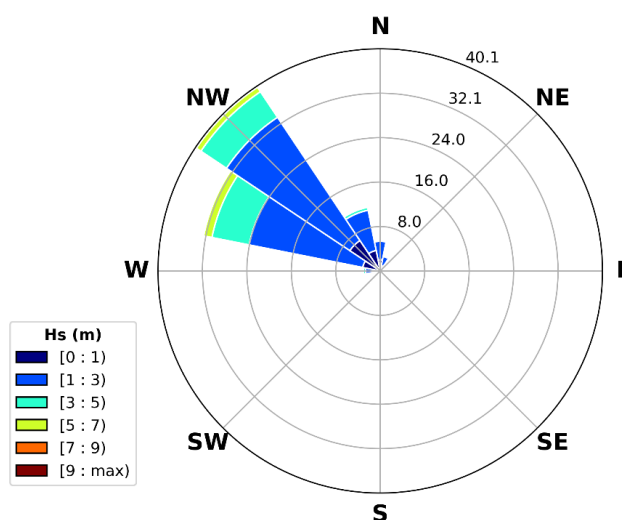


Figura 5. Rosa de oleaje de Hs en la boya Bilbao-Vizcaya (1991-2020).

4.1.2 Régimen medio

El régimen medio de clima marítimo se define como la distribución estadística de un parámetro de estado de mar en un tiempo determinado; definiéndose estado de mar como el periodo de tiempo en el cual las condiciones energéticas, en cuanto a altura de ola, periodo y dirección, son cuasi-estacionarias (en general entre 1 y 3 h de duración).

La **Figura 6** muestra el régimen medio escalar de altura de ola significativa. Este análisis permite calcular H_{s50} (percentil de 0,5) y H_{s95} (percentil de 0,95). Además, a partir de un análisis de distribución conjunta, se puede calcular el periodo asociado, y la dirección asociada; obteniéndose:

- $H_{s50}=1,60$ m, $T_p=10$ s, $Dir=300^\circ$
- $H_{s95}=4,40$ m, $T_p=13$ s, $Dir=300^\circ$

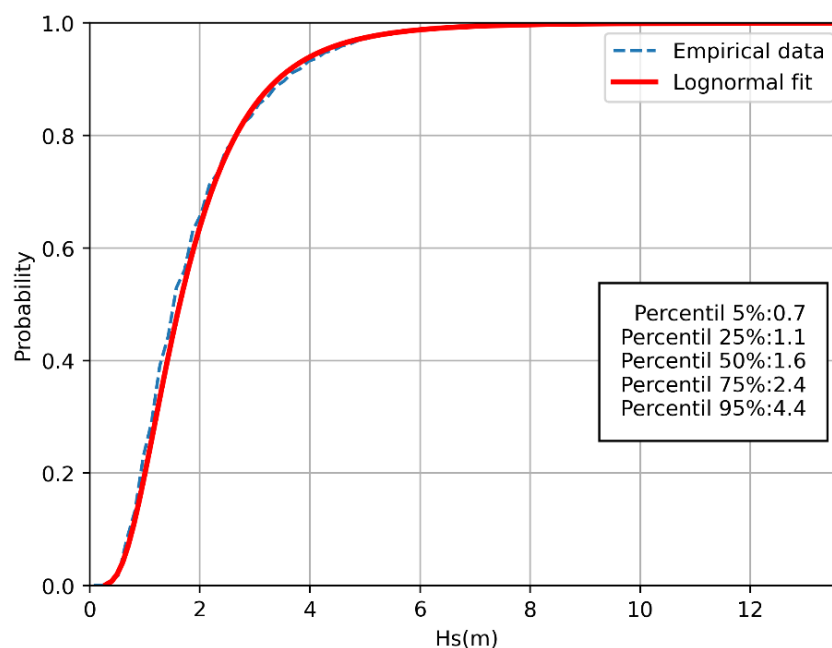


Figura 6. Régimen medio de la altura de ola significativa H_s calculado con los datos la boya de Bilbao-Vizcaya (1991-2020): Probabilidad de ocurrencia en función de la altura de ola significativa. La línea azul representa los datos de la boya, la línea roja es el ajuste con una distribución lognormal.

4.1.3 Régimen extremal

El régimen extremal de una variable climática se define como la distribución estadística del valor máximo de un parámetro de estado de mar en un periodo de tiempo determinado. Por tanto, se denomina régimen extremal a la función de distribución de los valores extremos de una determinada variable. Dicha función expresa la probabilidad de que un valor dado no sea superado en un periodo de tiempo prefijado.

Se muestra, en la **Figura 7** el régimen extremal de la altura de ola significativa H_s calculado a partir del método POT (siglas de Peak Over Threshold). POT localiza los valores pico de temporales por encima de un umbral fijado a priori (8 m de H_s en este caso) y separados un tiempo también fijado a priori para poder ser considerados como eventos independientes (en este caso de 48 h). Este análisis permite determinar las condiciones de oleaje extremas que ocurren con un periodo de retorno dado, como, por ejemplo, un periodo de retorno de 100 años: $H_s^{100}=13,60$ m.

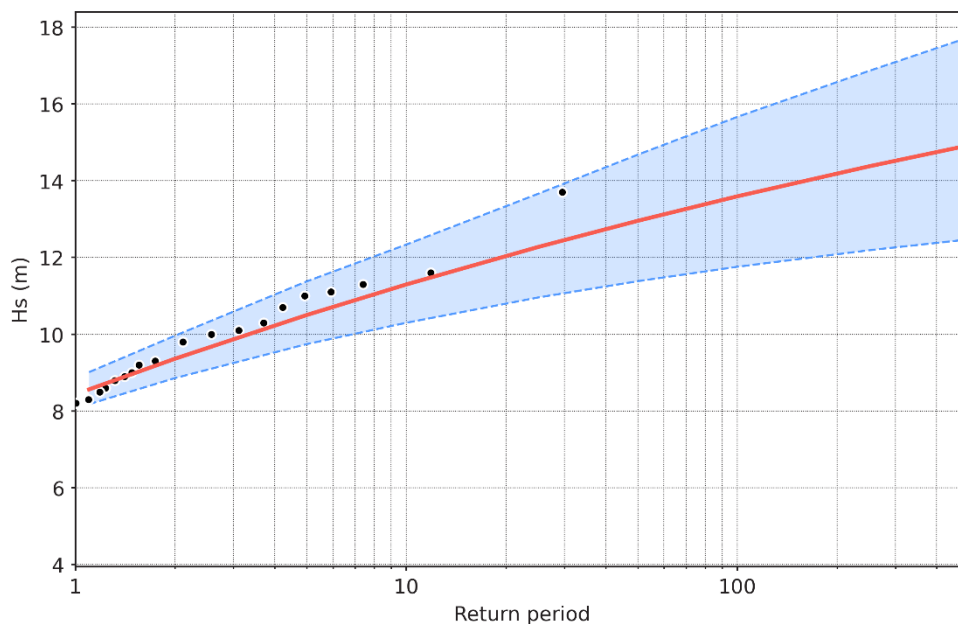


Figura 7. Régimen extremal de la altura de ola significativa H_s calculado a partir del método POT con los datos la boya de Bilbao-Vizcaya (1992-2020): H_s (m) en función del periodo de retorno (año). Los puntos representan los datos de la boya, la línea roja representa el ajuste a la función de distribución GPD, y la banda azul representa la banda de confianza de 95%.

4.2 Nivel del mar

Se entiende por nivel del mar la posición media de la superficie libre del mar una vez filtradas las oscilaciones de onda corta y larga asociadas al oleaje de viento y grupos de ondas. Una vez filtradas dichas oscilaciones, las restantes son movimientos de largo periodo asociados a la meteorología y a la componente astronómica:

- La oscilación del nivel medio del mar, asociada a la evolución de los sistemas meteorológicos, tiene carácter aleatorio y se denomina marea meteorológica (MM).

- La oscilación del nivel asociada a los movimientos astronómicos tiene carácter determinista y se le denomina marea astronómica (MA).

La combinación estadística de ambas mareas es lo que se denomina régimen del nivel del mar. A continuación, se realizará un estudio de nivel del mar incluyendo un análisis armónico de la marea astronómica y un análisis de régimen extremal de la marea meteorológica, a partir de los datos de 1992-2020 de datos del mareógrafo de Bilbao de Puertos del Estado.

4.2.1 Marea astronómica

Mediante el análisis armónico se obtienen las tablas de marea. En la **Figura 8** se muestra el histograma de la marea astronómica calculando la distribución de frecuencia relativa de pleamares y bajamares observadas. Los niveles se refieren al cero del puerto de Bilbao, para que estén referidas al Nivel del Mar en Alicante (NMMA) se debe de aplicar siguiente corrección de cota: $Z_{NMMA} = Z_{CeroBilbao} - 2.063 \text{ m}$

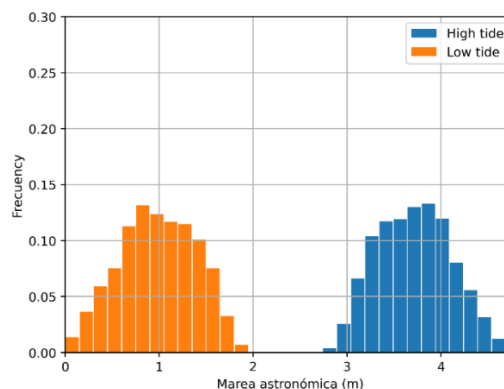


Figura 8. Distribución de frecuencia relativa de pleamares y bajamares obtenidos en el mareógrafo de Bilbao. Frecuencia (en puntos porcentuales) en función del nivel de marea astronómica (MA, m). Aunque se representan conjuntamente, los histogramas se han calculado para la serie de pleamares (azul) y para la serie de bajamares independientemente (naranja).

4.2.2 Marea meteorológica

En la **Figura 9**, se muestra el régimen extremal del nivel de marea meteorológica (MM) calculado a partir del método POT-GPD con los datos del mareógrafo de Bilbao de los últimos 30 años. Este análisis permite determinar los niveles extremos que ocurren con un periodo de retorno dado, como, por ejemplo, un periodo de retorno de 100 años (MM100), se obtiene $MM100=0,47 \text{ m}$.

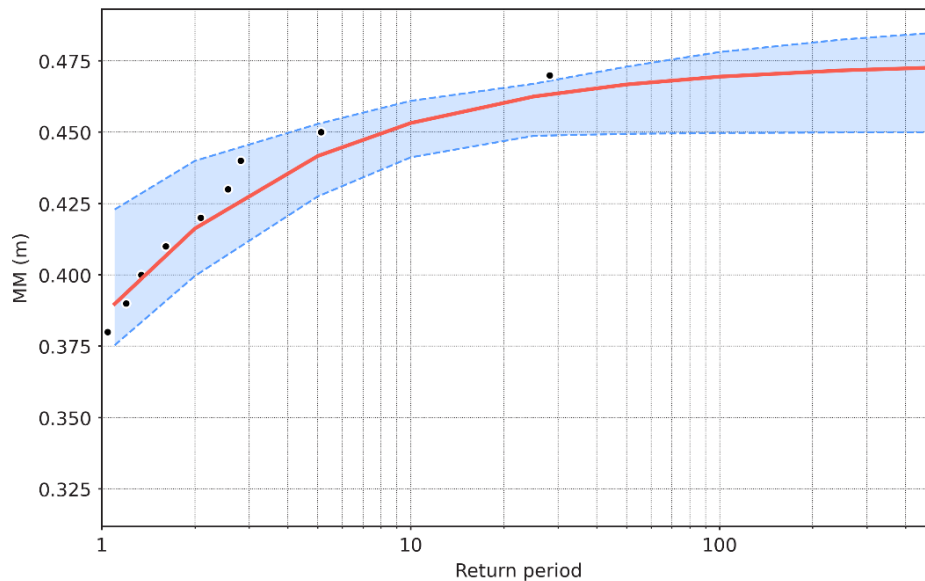


Figura 9. Régimen extremal del nivel de marea meteorológica (MM) calculado a partir del método POT-GPD con los datos del mareógrafo de Bilbao (1992-2020): MM (m) en función del periodo de retorno (año). Los puntos representan los datos del mareógrafo, la línea roja representa el ajuste a la función de distribución GPD, y la banda azul representa la banda de confianza de 95%.

4.2.3 Nivel del mar total

El nivel del mar total se define como la suma de la marea astronómica y meteorológica, en una zona protegida del oleaje. En la **Figura 10**, se muestra la distribución de frecuencia relativa del nivel del mar horario observado en el mareógrafo de Bilbao de Puertos del Estado.

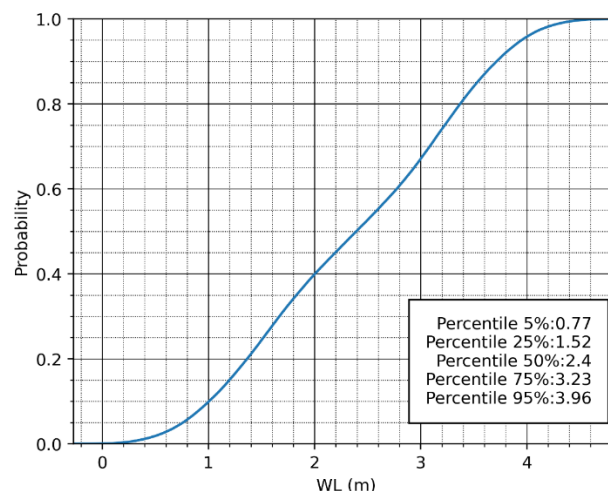


Figura 10. Distribución de frecuencia relativa acumulada del nivel del mar horario observado por el mareógrafo de Puertos del Estado en Bilbao.

5. NATURALEZA GEOLÓGICA DE LOS FONDOS

La zona de actuación del proyecto se localiza a una profundidad aproximada de 100 m frente a la costa de Getaria (**Figura 11**). De cara a clasificar los tipos de fondo, es habitual utilizar el sistema EUNIS (*European Nature Information System*). EUNIS es el sistema europeo de referencia sobre datos de biodiversidad en Europa. Observando la distribución de hábitats EUNIS en la **Figura 11**, se aprecia que la zona en la que se proyecta la actividad se localiza en el hábitat EUNIS A5.35 (“Limo arenoso circalitoral”), señalado en trama gris.

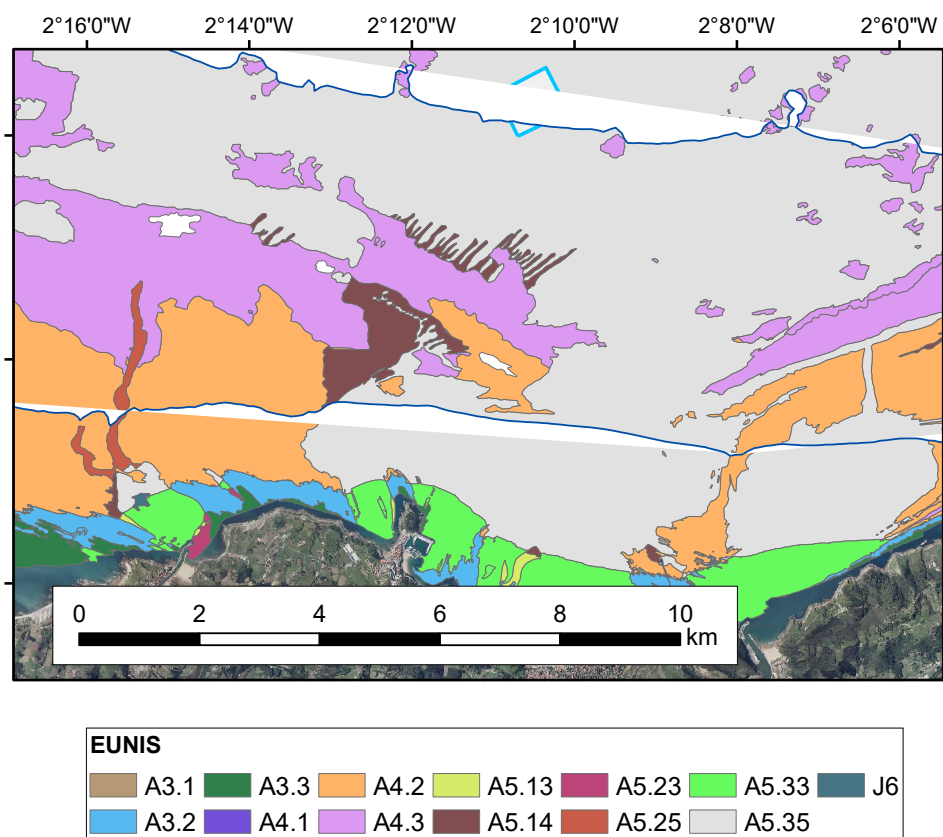


Figura 11. Tipos de fondo según el sistema EUNIS (European Nature Information System). Véase texto principal para explicación. En azul se muestra la zona de actuación.

En el ámbito de la zona de actuación se dispone de información de las características sedimentológicas en tres puntos de muestreo (**Figura 12**) que se exponen en la **Tabla**

2. Información más detallada de la geomorfología y geología de la plataforma continental está expuesta en Pascual et al., 2004 y Galparsoro et al., 2010.

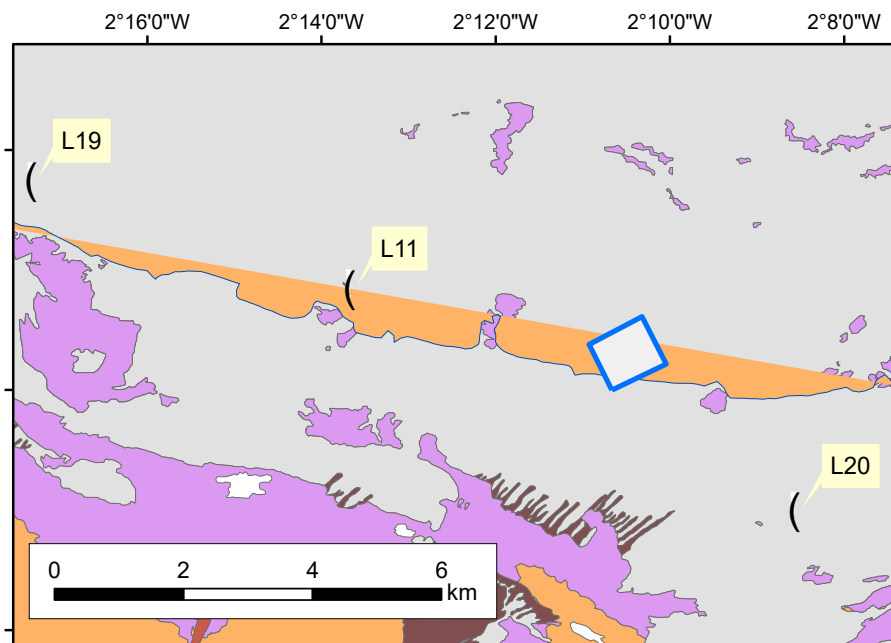


Figura 12. Localización de las estaciones de muestreo de sedimento (L11, L19 y L20). En azul se muestra la zona de actuación.

Tabla 2. Caracterización sedimentaria.

Punto de muestreo	L11	L19	L20
Longitud (°)	-2,226880	-2,287666	-2,142305
Latitud (°)	43,380794	43,396146	43,349243
Profundidad (m)	105	105	89
Materia orgánica (%)	2,7	2,6	1,8
Gravas (%)	0	0	0
Arenas (%)	25,6	32,5	58,7
Limos y arcillas (%)	74,4	67,5	41,3
Tamaño medio de grano (µm)	22	28	65

6. BATIMETRÍA HASTA ZONAS DEL FONDO QUE NO RESULTEN MODIFICADAS, Y FORMA DE EQUILIBRIO, EN PLANTA Y PERFIL, DEL TRAMO DE COSTAS AFECTADO

La zona de actuación se localiza en una profundidad de unos 100 m. (**Figura 13**). Esta zona de la plataforma continental se caracteriza por una baja pendiente, inferior al 2%, siendo el tramo de la costa vasca en que más ancha es la plataforma continental.

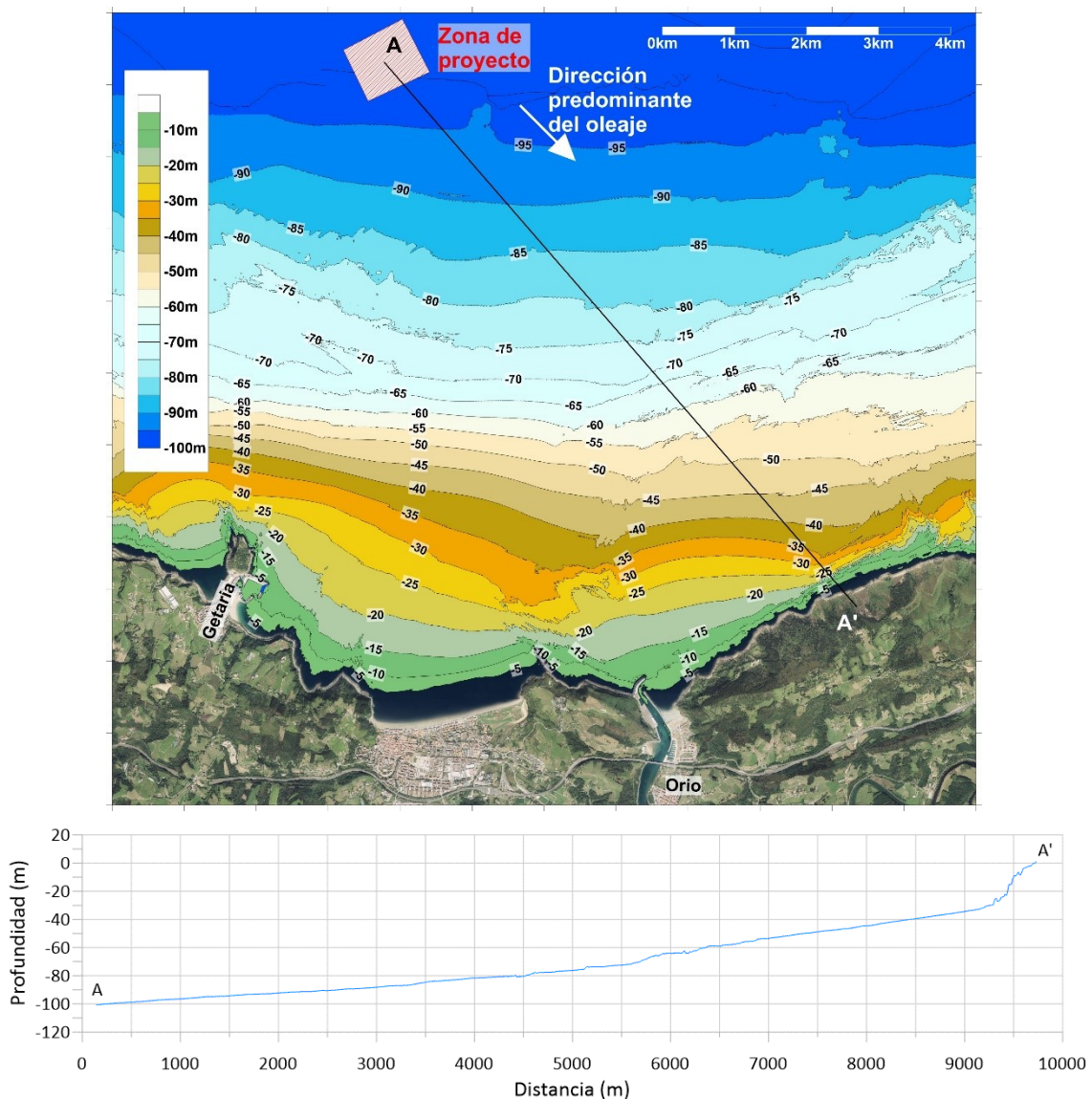


Figura 13. Batimetría de la zona de actuación (arriba) y sección AA' de la batimetría desde la instalación hasta la línea de costa siguiendo la dirección del oleaje (abajo).

7. ESTUDIO DE LA CAPACIDAD DE TRANSPORTE LITORAL

La zona de ubicación propuesta para las jaulas de acuicultura de atún se sitúa en profundidades ligeramente superiores a los 100 m (**Figura 13** y con material de limo-arenoso (**Figura 11, Figura 12 y Tabla 2**).

En los capítulos 5 y 6 de Borja y Collins (2004) se realiza una amplia revisión de los patrones de aporte y distribución del sedimento en la plataforma costera vasca (Capítulo 5, Uriarte, et al., 2004) así como de los forzamientos hidrodinámicos que pueden poner en resuspensión el sedimento en el litoral vasco (Capítulo 6, González et al., 2004) y que se sitúa en el rango de los 50 m de profundidad. Por esta razón, a pesar del tipo de fondo limo-arenoso de la zona de actuación, se puede decir que la instalación se encuentra en una zona con una dinámica sedimentaria muy escasa y alejada de las dinámicas de transporte longitudinal de material sedimentario presentes en la plataforma.

Además, las pequeñas dimensiones de las dos jaulas (50 m de diámetro cada una de ellas), la naturaleza altamente permeable de las instalaciones propuestas y la ubicación de las mismas sobre fondos de unos 100 m de profundidad y situadas a más de 7 km de la línea de costa más próxima, aseguran que no exista una interacción de la estructura flotante con el oleaje o las corrientes, más allá del entorno inmediato de los propios elementos de las jaulas y por consiguiente a una escala tal que pueda modificar en alguna medida los patrones longitudinales y transversales del transporte sedimentario litoral.

8. BALANCE SEDIMENTARIO Y EVOLUCIÓN DE LA LÍNEA DE COSTA, TANTO ANTERIOR COMO PREVISIBLE

En la **Figura 14** puede verse la zona de instalación de las jaulas de acuicultura en el tramo costero desde Getaria hasta el este de la localidad de Orio en la zona del monte Igeldo que separa Orio del vecino municipio de Donostia-San Sebastián.

En este tramo costero se sitúan, al este y oeste respectivamente, del ratón de Getaria las playas de Gaztetape y Malkorbe, ambas playas de dimensiones medias (210 y 420 m²) y encajadas entre salientes rocosos. Al este de las anteriores y prácticamente al sur de la zona de ubicación de la instalación se encuentra la playa de Zarautz, la de mayor longitud, 2.500 m, de la costa vasca y también de morfología encajada. Apoyada sobre el dique de encauzamiento de la desembocadura del Oria y el inicio de la zona acantilada de Monte Igeldo se encuentra la playa de Antilla perteneciente al municipio de Orio. El resto del litoral de la zona son rasas rocosas y tramos acantilados de pendiente media hasta llegar por el este a la bahía de La Concha en Donostia-San Sebastián.

En de Santiago et al. (2021) se describen las principales dinámicas actuantes sobre las playas encajadas de la costa vasca de la zona de estudio (Gaztetape, Malkorbe, Zarautz y Antilla), de dinámica sedimentaria fundamentalmente por transporte transversal estacional y basculamientos transversales limitados.

Dadas la naturaleza altamente permeable y las reducidas dimensiones de los elementos flotantes de las dos jaulas de la instalación proyectada (de 50 m de diámetro cada una) respecto a la distancia a las playas mencionadas (superior a 7 km), todas ellas encajadas y en las que predominan las dinámicas marinas por efecto del nivel del mar (marea astronómica y meteorológica) y oleaje incidente, no es de esperar impacto alguno sobre la evolución de la línea de costa de los arenales mencionados ni del resto de costa en que predominan las rasas mareales y zonas acantiladas .

²https://www.euskadi.eus/contenidos/informacion/salud_estado_playas/es_def/adjuntos/PERFILES_BANO_2016_20160530.pdf

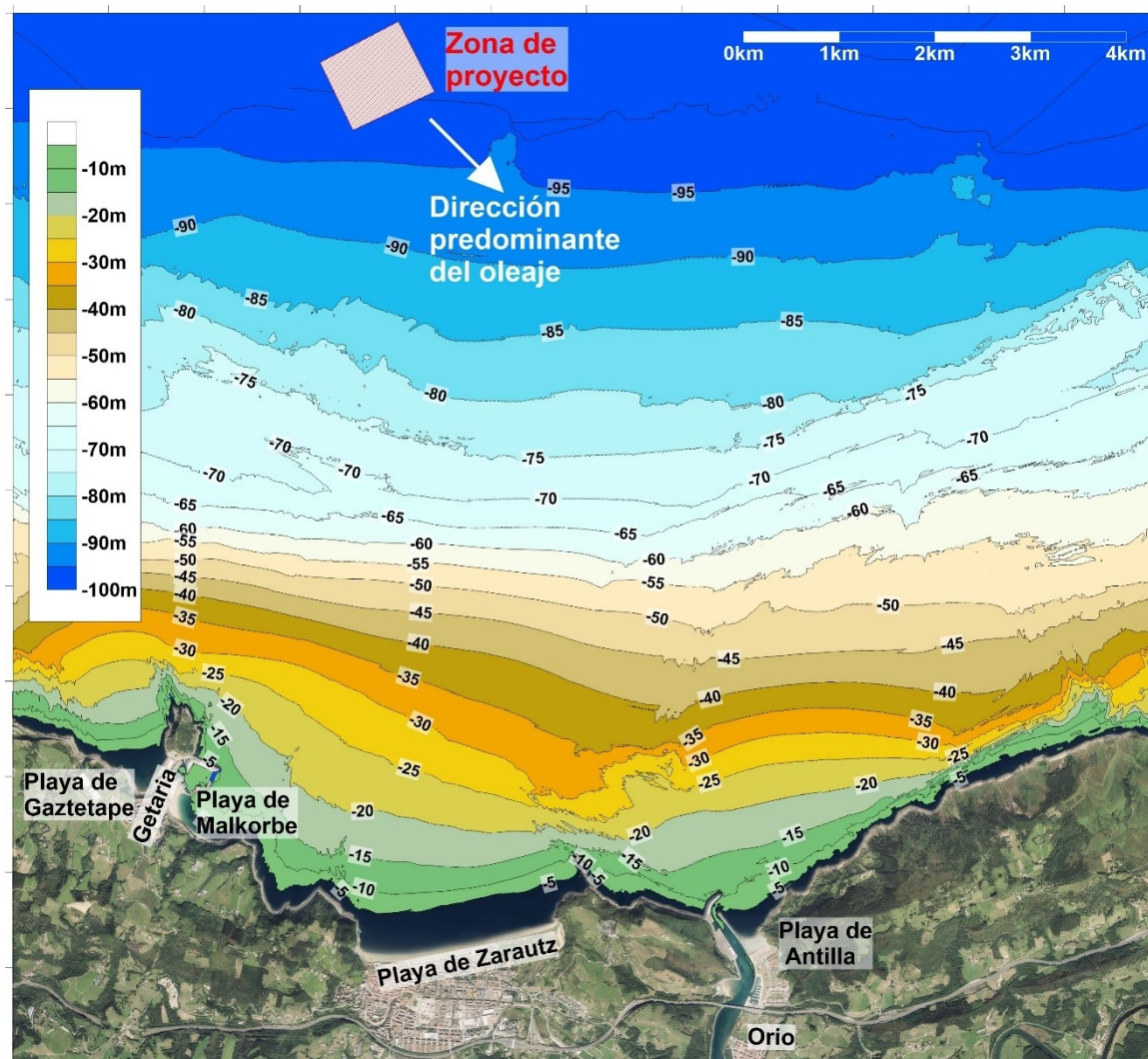


Figura 14. Principales arenales cercanos al ámbito de la zona de actuación.

9. DINÁMICAS RESULTANTES DE LOS EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO

Los trabajos más recientes desarrollados en la costa vasca sobre efectos del cambio climático marino se han recogido en el proyecto KOSTAEGOKI³.

El proyecto KOSTAEGOKI se enmarca en el Plan de Impulso al Medio Ambiente (PIMA) Adapta Costas CCAA 2017, del entonces Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente - MAPAMA (actualmente Ministerio de Transición Ecológica y Reto Demográfico) dirigido a las Comunidades Autónomas, para desarrollar el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC).

La principal hipótesis del análisis de impacto del cambio climático en el estudio PIMA y por ende en KOSTAEGOKI ha sido considerar como principal factor de cambio el ascenso del nivel del mar, asumiendo que el régimen medio del oleaje en la costa vasca no se prevé que sufra una modificación relevante durante el resto del siglo XXI.

Esta hipótesis se justifica base a estudios previos realizados en la región del Atlántico Norte. En particular, predicen cambios mínimos en los valores medios de la altura de ola (H_s), período de pico (T_p), dirección de oleaje (Dir) y marea meteorológica (MM) en el futuro (Camus et al., 2017 y 2019). Por otra parte, a pesar de obtener tendencias positivas en el régimen extremal de oleaje, a partir de los datos de boya en la zona de estudio (Chust et al., 2021; Garnier et al., 2021), los últimos estudios de proyecciones de oleaje extremal indican que no sería esperable un aumento significativo para el resto del siglo XXI (O'Grady et al., 2021).

En KOSTAEGOKI se analizó el efecto del ascenso del nivel medio del mar sobre 28 arenales de la costa vasca (arenales todos ellos en los que predominan los forzamientos

³ <https://www.ihobe.eus/publicaciones/kostaegoki-i-analisis-vulnerabilidad-y-riesgo>

hidrodinámicos marinos), incluyendo las playas de Gaztetape, Malkorbe, Zarautz y Antilla (**Figura 15**).

Uno de los indicadores para evaluar el impacto previsible del cambio climático sobre el sistema socioeconómico costero fue la evaluación de la pérdida de valor por uso lúdico y turístico de la superficie de playa seca.

En la playa de Gaztetape, situada al oeste del ratón de Getaria (Figura 14) y abierta a la incidencia del oleaje del noroeste, para 2050 con un ascenso del nivel medio del mar de +26 cm se perdería un 60% de la superficie de playa seca (valor medio), para 2100 con +51 cm de ascenso del nivel la pérdida de playa seca sería del 67% en valor promedio. En los dos escenarios de final de siglo XXI más desfavorables (+70 y +100 cm de ascenso del nivel), el retroceso sería tal que, en media, no quedaría playa seca y, únicamente quedaría playa de intermareal.

Los resultados obtenidos en KOSTAEGOKI para el caso de Malkorbe (protegida del oleaje por el ratón de Getaria, Figura 14) prevén para 2050 (+26 cm) una pérdida del 14% de la superficie de playa seca. Las previsiones a 2100 con +51 cm evalúan la pérdida de playa seca en un 16%, y serían mucho mayores en los escenarios pesimistas, 47% si el nivel medio sube 70 cm y el 63% si llega a 100 cm de ascenso.

La playa de Zarautz (Figura 14), la de mayor longitud de la costa vasca, podría perder un 28% de playa seca en promedio con la tasa de ascenso del nivel medio estimada para 2050 (+26 cm), para 2100 la pérdida sería del 31% si la subida del nivel medio es sólo de +51 cm, del 78% en el escenario intermedio de +70 cm y llegaría al 91% en el escenario pésimo de subida de 1 m del nivel medio.

Por último, la playa más al este es la playa de Antilla situada en la margen derecha de la desembocadura del Oria (Figura 14), es una playa considerablemente más abrigada que las anteriores. La pérdida de playa seca esperada en promedio para 2050 (+26%) y para 2100 en el escenario más favorable (+50 cm) sería del 5% y para 2100 en el escenario intermedio (+70 cm) sería del 17% y del 24% en el escenario de mayor ascenso del nivel medio del mar (+100 cm).

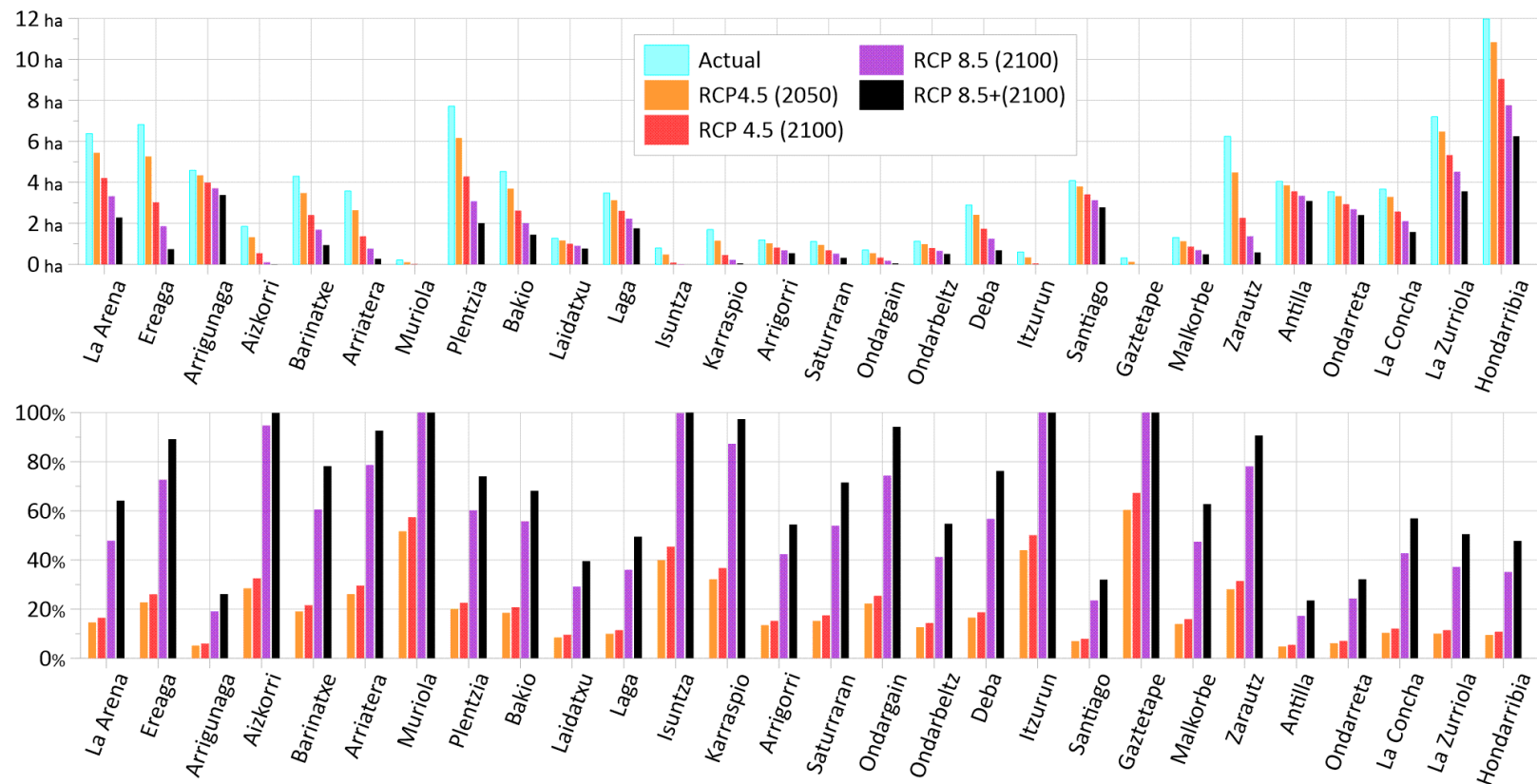


Figura 15. En la imagen superior puede verse la superficie de playa seca en los 28 arenales de la costa vasca analizados en el proyecto KOSTAEGOKI (adaptado de de Santiago et al., 2021) en la actualidad, en 2050 (RCP4.5 con un ascenso del nivel medio del mar de +26 cm) y el 2100 (RCP4.5 +51 cm de ascenso del nivel medio, RCP8.5 +70 cm y RCP8.5 pesimista con +100 cm). En la imagen inferior se muestra el porcentaje de playa seca perdido en cada uno de los cuatro escenarios de ascenso del nivel medio respecto a la situación actual.

El impacto del Cambio Climático sobre las dinámicas litorales previsto se debe fundamentalmente al esperado aumento del nivel medio del mar cuyo mayor impacto previsible es el retroceso de los arenales con pérdida de superficie de playa seca. Desde este punto de visto, la instalación de las jaulas analizada no supondrá en ningún aspecto una mayor vulnerabilidad del tramo costero frente al Cambio Climático.

10. CONDICIONES DE LA BIOSFERA SUBMARINA Y EFECTOS SOBRE LA MISMA DE LAS ACTUACIONES PREVISTAS, ASÍ COMO LOS ESPACIOS DOTADOS DE FIGURAS DE PROTECCIÓN AMBIENTAL

10.1 Condiciones de la biosfera submarina

El polígono proyectado para la instalación de las jaulas se localiza a profundidades mayores que las masas de aguas costeras existentes determinadas según la *Directiva 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* (denominada, de forma simplificada, como Directiva Marco del Agua, DMA). La masa de agua costera más próxima es Getaria-Higer (ES111C000010) que se localiza a unos 4 km al sur de la zona proyectada de la instalación (**Figura 16**). Esta masa de agua se localiza también la plataforma costera, por lo que, aunque no incluye el polígono proyectado, puede usarse como referencia espacial próxima para conocer el estado del medio.

La DMA exige, entre otros, el seguimiento del medio mediante redes de muestreo. Así, la DMA establece, en su artículo 8, las bases para el seguimiento del estado de las aguas superficiales, del estado de las aguas subterráneas y de las zonas protegidas. Asimismo, su anexo V recoge los diferentes indicadores de calidad, definiciones de estado ecológico y estrategias para el establecimiento de redes de seguimiento.

En la CAPV, URA-Agencia Vasca del Agua es el organismo que tiene como objeto llevar a cabo estas redes de seguimiento⁴, entre otras funciones. En estas redes realizan controles sobre elementos de calidad biológicos, así como elementos de calidad químicos y fisicoquímicos de soporte a los elementos de calidad biológicos. Por lo tanto, existe un excelente conocimiento histórico reciente sobre las condiciones de la biosfera submarina en el ámbito próximo a la zona de actuación.

⁴ <https://www.uragentzia.euskadi.eus/areas-actuacion/vigilancia/>

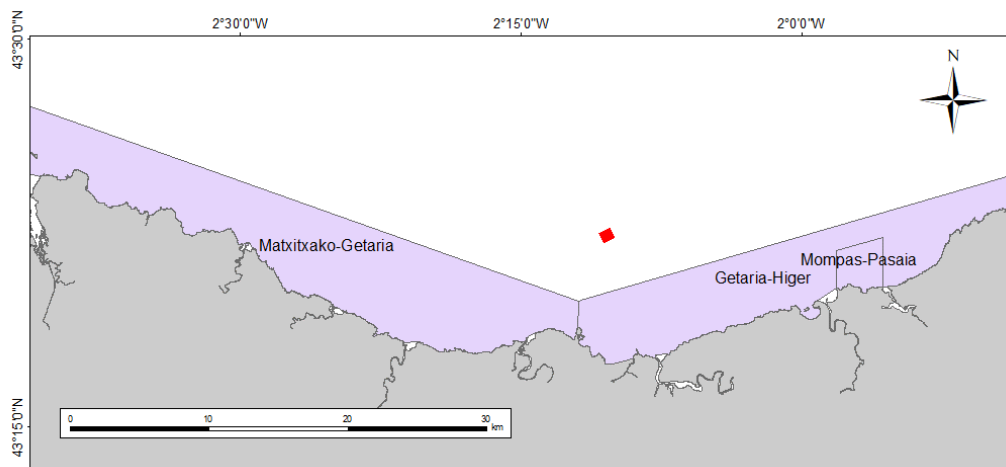


Figura 16. Ubicación de las masas de agua costeras de la Red de seguimiento del estado ecológico de las aguas de transición y costeras de la Comunidad Autónoma del País Vasco. En rojo se señala el polígono del proyecto.

La masa de agua costera Getaria-Higuer, en la campaña 2021, se diagnosticó con un estado ecológico bueno, ya que tanto el estado ecológico como el químico alcanzaron el buen estado (**Figura 17, Tabla 3**). Esta situación de cumplimiento de objetivos medioambientales se observó durante los cinco años anteriores.

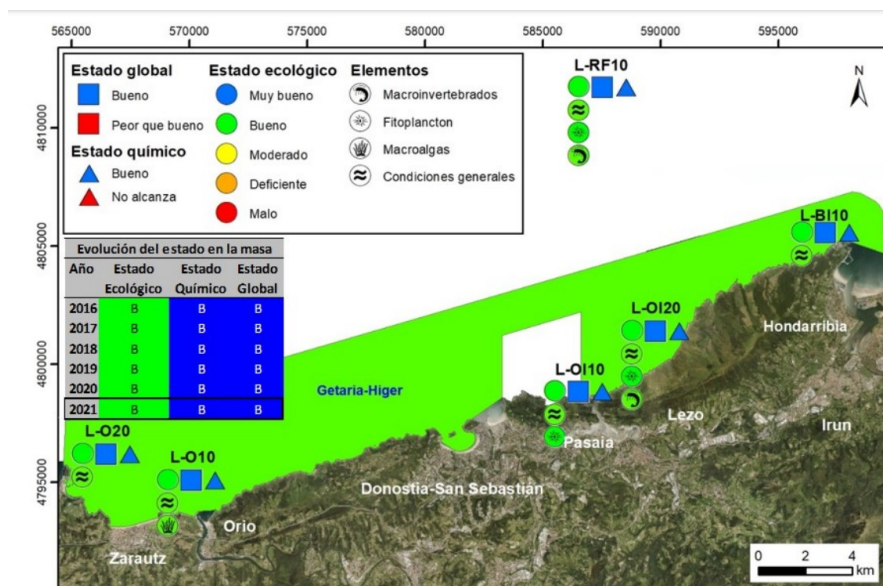


Figura 17. Calificación del Estado Ecológico, estado químico y global de las estaciones en la masa de agua costera Getaria-Higuer (y estado ecológico para la masa de agua), en 2021 (tomada de Borja et al., 2022).

Tabla 3. Resumen y el diagnóstico de Estado en la masa de agua costera Getaria-Higuer en 2021. Claves: Macroinvertebrados (MI), fitoplancton (F), macroalgas (M), estado biológico (BI), condiciones generales (CG), hidromorfología (HM) y estado ecológico: muy bueno (MB), bueno (B), moderado (Mo), deficiente (D) y malo (M). Sustancias preferentes (SP): muy bueno (MB), bueno (B), y no alcanza el buen estado (NA). Estado químico: bueno (B), y no alcanza el buen estado (NA). Estado: bueno (B) y peor que bueno (PqB) (tomado de Borja et al., 2022).

Código	Estación	MI	F	M	BI	CG	SP	HM	Estado Ecológico	Estado químico	Estado
L-O10	Litoral de Oria (Oria)	MB	MB	B	B	B	MB	MB	B	B	B
L-O20	Litoral de Getaria (Oria)	MB	MB	MB	MB	B	MB	MB	B	B	B
L-OI10	Litoral de Pasaia (Oiartzun)	MB	B	-	B	B	MB	MB	B	B	B
L-OI20	Litoral de Pasaia (Asabaratza)(Oiartzun)	B	B	-	B	B	MB	MB	B	B	B
L-BI10	Litoral de Hondarribia (Bidasoa)	MB	MB	MB	MB	B	MB	MB	B	B	B
	Getaria-Higer	MB	MB	MB	MB	B	MB	MB	B	B	B
L-RF10	Litoral Oiartzun - plataforma	B	B		B	B	MB	MB	B	B	B

Año	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Estado ecológico	B	B	B	B	B	B
Estado químico	B	B	B	B	B	B
Estado	B	B	B	B	B	B

10.2 Espacios dotados de figuras de protección ambiental en el ámbito de actuación

La localización prevista de las jaulas de cultivo se encuentra muy alejada de los espacios de la Red Natura 2000 (**Figura 16**). En lo que refiere a otros espacios naturales protegidos, también se encuentra muy alejada de ellos, siendo el Biotopo protegido “Deba eta Zumaia arteko itsasertza/Tramo litoral Deba-Zumaia” (ES212016) el más próximo de ellos (localizado a unos 7,2 km al suroeste, **Figura 19**).

En el continente existen otras figuras de protección o interés ambiental, sin embargo, la costa se localiza, al menos, a 5,7 km de la instalación, por lo que no cabe esperar posibles afecciones a estas figuras.

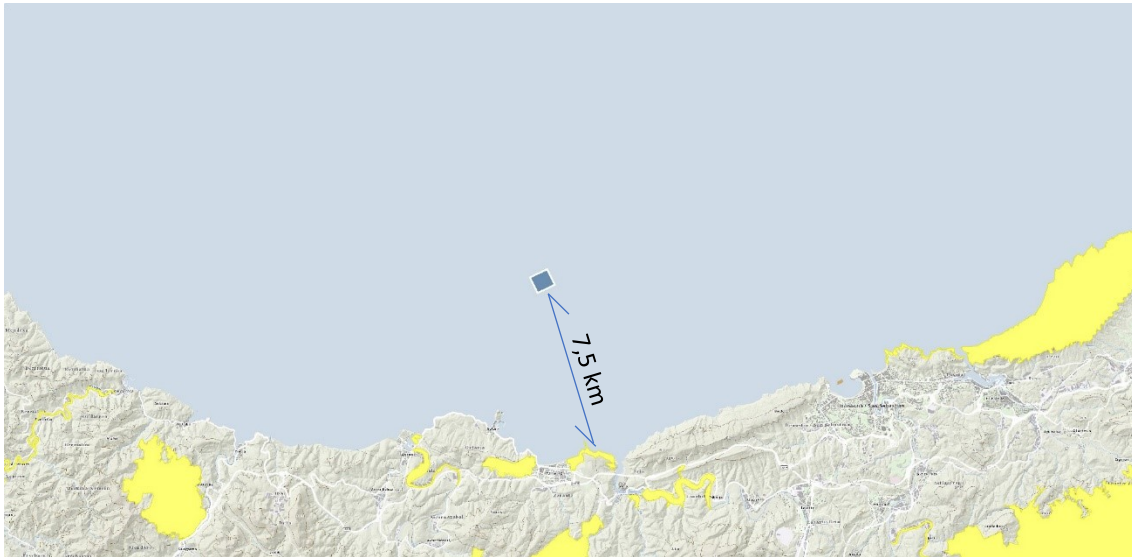


Figura 18. Localización de los espacios de la Red Natura 2000 más próximos a la zona de instalación de las jaulas. Fuente: <https://www.geo.euskadi.eus/> (acceso 26/09/2022).

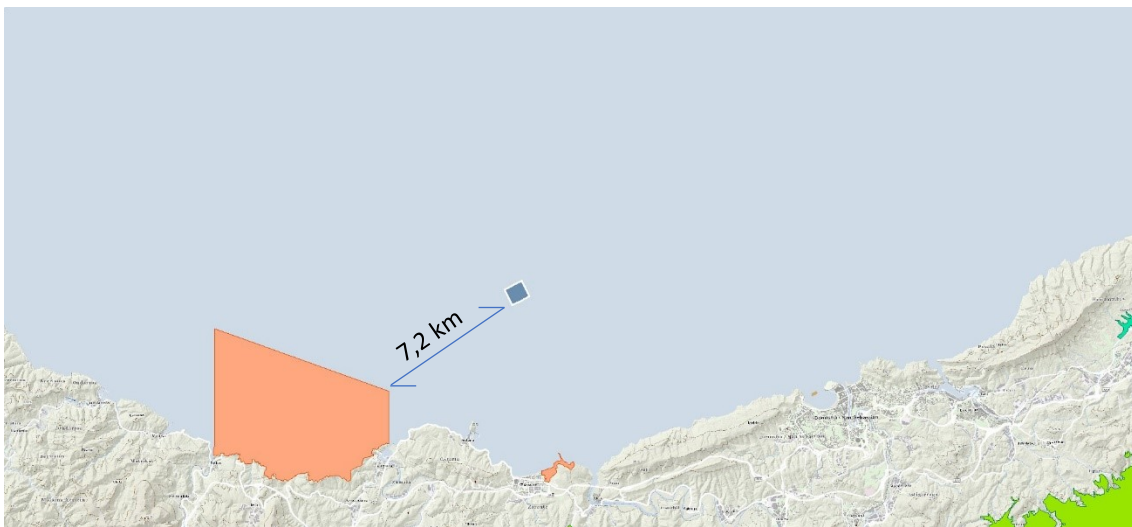


Figura 19. Localización de los espacios naturales protegidos más próximos a la zona de instalación de las jaulas. Fuente: <https://www.geo.euskadi.eus/> (acceso 26/09/2022).

10.2.1 Características bionómicas en el ámbito de la actuación

De cara a clasificar los hábitats, es habitual utilizar el sistema EUNIS (*European Nature Information System*). EUNIS es el sistema europeo de referencia sobre datos de biodiversidad en Europa.

Observando la distribución de hábitats EUNIS en la **Figura 20**, se aprecia que la zona en la que se proyecta la actividad se localiza en el hábitat EUNIS A5.35 (“Limo arenoso circalitoral”), señalado en trama gris. Este hábitat ha sido descrito en la costa vasca como un hábitat sedimentario caracterizado con contenido de finos generalmente superior al 20% y en profundidad superior a los 27 m y de baja energía (Galparsoro *et al.*, 2009). En la plataforma continental vasca, son características de este hábitat las poblaciones de las siguientes especies: *Lumbrineris cingulata*, *Thyasira flexuosa*, *Tellina compressa*, *Spiophanes bombyx*, *Chaetozone gibber*, *Ampharete finmarchica*, *Prionospio fallax*, *Aponuphis bilineata*, *Spiophanes kroyeri*, *Magelona filiformis*, nemertinos, *Chone filicaudata*, *Ampelisca tenuicornis*, *Myriochele danielssen* y *Ampelisca brevicornis* (Galparsoro *et al.*, 2009).

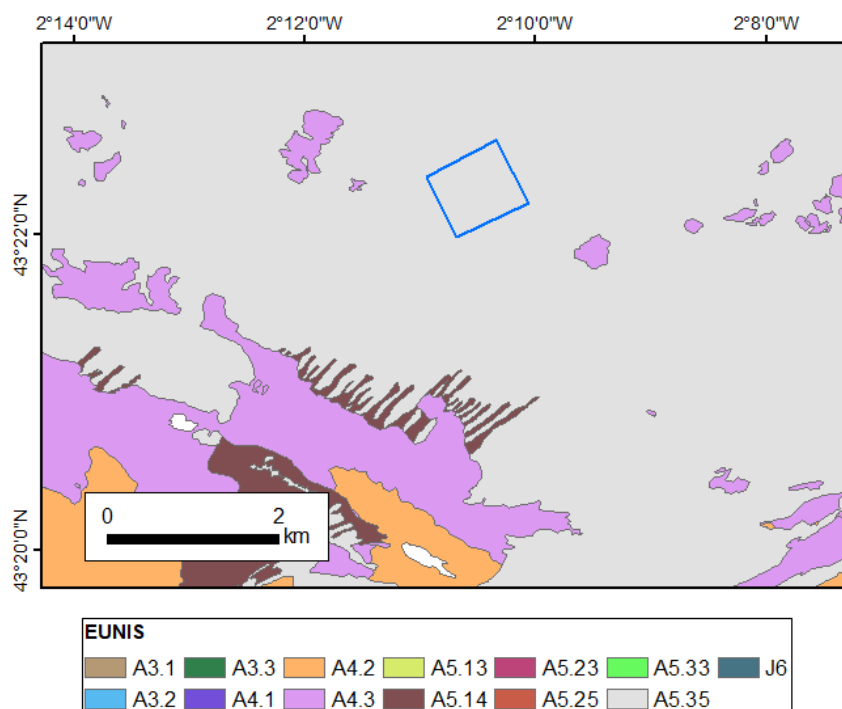


Figura 20. Tipos de hábitats según el sistema EUNIS (*European Nature Information System*). Véase texto principal para explicación.

10.2.2 Efectos de la actuación del proyecto

Con la localización prevista de las jaulas de cultivo, no se prevé afección relevante a espacios de la Red Natura 2000 o cualesquiera otros dotados de figuras de protección ambiental. Adicionalmente, cabe mencionar que la localización se encuentra a más de 400 m de las zonas de hábitat submareal de sustrato duro (**Figura 20**).

11. RECURSOS DISPONIBLES DE ÁRIDOS Y CANTERAS Y SU IDONEIDAD, PREVISIÓN DE DRAGADOS O TRASVASES DE ARENAS

El proyecto no tiene planificado el uso de áridos o de material de canteras.

12. PLAN DE SEGUIMIENTO DE LAS ACTUACIONES DEL PROYECTO

No habiendo previstas afecciones significativas a la dinámica litoral, no está previsto plan de seguimiento de ese elemento. Sin embargo, sí está previsto un plan de vigilancia ambiental que se detalla en el Documento ambiental del proyecto, acorde el Art. 45 de la Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental.

13. PROPUESTA PARA LA MINIMIZACIÓN, EN SU CASO, DE LA INCIDENCIA DE LAS OBRAS Y POSIBLES MEDIDAS CORRECTORAS Y COMPENSATORIAS

No habiendo previstas afecciones significativas a la dinámica litoral, no están previstas medidas correctoras o compensatorias de ese elemento.

14. CONCLUSIONES

Se ha realizado un estudio básico de dinámica litoral del “PROYECTO DE JAULA SUMERGIBLE PARA INSTALACIÓN DE ACUICULTURA DE ATÚN ROJO. ITSAS BALFEGÓ S.L.”

El contenido del documento responde a la solicitud de:

“Estudio básico de la dinámica litoral referido a la unidad fisiográfica costera correspondiente y de los efectos de las actuaciones previstas, de acuerdo con los términos previstos en el artículo 93 del Reglamento General de Costas.

Evaluación de los posibles efectos del cambio climático, de acuerdo a los términos previstos en los artículos 92 y 106 del Reglamento General de Costas.”

Se ha realizado un estudio de clima marítimo calculando los regímenes medios y extremos a partir de los datos de oleaje de la boya de Bilbao-Vizcaya y de los datos de nivel del mar del mareógrafo de Bilbao (ambas instalaciones pertenecientes a Puertos del Estado).

El polígono proyectado se localiza sobre fondos sustrato sedimentario limo-arenoso, alejado a más de 400 m de sustrato rocoso. El proyecto se localiza muy alejado de cualquier figura de protección, por lo que no cabe esperar afección a los mismos.

A pesar del tipo de fondo limo-arenoso de la zona de actuación (que en situación de temporales puede resuspenderse parcialmente por la acción del oleaje), el estar situada sobre fondos de unos 100 m de profundidad, a más de 7 km de la línea de costa más próxima, y la naturaleza altamente permeable y las pequeñas dimensiones de las dos jaulas (50 m de diámetro cada una de ellas) aseguran que no exista interacción con el oleaje y las corrientes a una escala mayor al entorno inmediato de los propios elementos y por lo tanto alguna alteración del transporte sedimentario litoral.

Dadas la naturaleza altamente permeable y las reducidas dimensiones de los elementos flotantes de las dos jaulas previstas (50 m Ø cada una) respecto a la distancia a las

playas encajadas de Gaztetape, Malkorbe, Zarautz y Antilla (mayor a 7 km) y en las que predominan las dinámicas marinas del oleaje incidente sobre el nivel del mar instantáneo (marea astronómica y meteorológica y nivel medio del mar en ese momento), no es de esperar impacto alguno sobre la evolución de la línea de costa de los arenales mencionados. La tipología del resto de costa son rasas mareales y zonas acantiladas también es descartable impacto alguno.

El impacto del Cambio Climático sobre las dinámicas litorales previsto se debe fundamentalmente al esperado aumento del nivel medio del mar cuyo mayor impacto previsible es el retroceso de los arenales con pérdida de superficie de playa seca. Desde este punto de visto, la instalación de las jaulas analizada no supondrá en ningún aspecto una mayor vulnerabilidad del tramo costero frente al Cambio Climático.

15. BIBLIOGRAFÍA

- Borja, Á., Collins, M., 2004. Oceanography and Marine Environment of the Basque Country. Elsevier Oceanography Series 70, 616.
- Borja, Á., Bald, J., Belzunce, M.J. Calvo, M., Fontán, A., Franco, J., Garmendia, J.M., Lanzén, A., Larreta, J., Menchaca, I., Muxika, I., Pouso, S., Revilla, M., Rodríguez, J.G., Sagarmínaga, Y., Solaun, O., Uriarte, A., Zorita, I., Adarraga, I., Aguirrezabala, F., Sola, J.C., Cruz, I., Marquiegui, M., Martínez, J., Ruíz, J.M., Cano, M., Lasamartínez, A., Manzanos, A., 2022. Red de seguimiento del estado ecológico de las aguas de transición y costeras de la Comunidad Autónoma del País Vasco. Informe de resultados. Campaña 2021. Informe elaborado por Fundación AZTI Fundazioa para URA-Agencia Vasca del Agua.
- Camus, P., Losada, I. J., Izaguirre, C., Espejo, A., Menéndez, M., Pérez, J., 2017. Statistical wave climate projections for coastal impact assessments. *Earth's Future*, 5(9), 918-933.
- Camus P., Tomás A., Díaz-Hernández G., Rodríguez B., Izaguirre C., Losada I., 2019. Probabilistic assessment of port operation downtimes under climate change. *Coastal Engineering*. 147: p. 12-24. <https://doi.org/10.1016/j.coastaleng.2019.01.007>
- Chust G, González M, Fontán A, Revilla M, Alvarez P, Santos M, Cotano U, Chifflet M, Borja A, Muxika I, Sagarmínaga Y, Caballero A, de Santiago I, Epelde I, Liria P, Ibaibarriaga L, Garnier R, Franco J, Villarino E, Irigoien X, Fernandes-Salvador JA, Uriarte A, Esteban X, Orue-Echevarria D, Figueira T, Uriarte A, 2021. Climate regime shifts and biodiversity redistribution in the Bay of Biscay. *Science of The Total Environment*, 803, 149622. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.149622>
- de Santiago I, Camus P, González M, Liria P, Epelde I, Chust G, del Campo A, Uriarte A, 2021. Impact of climate change on beach erosion in the Basque Coast (NE Spain), *Coastal Engineering*, Volume 167, 103916, ISSN 0378-3839, <https://doi.org/10.1016/j.coastaleng.2021.103916>
- Galparsoro, I., G. Rodríguez; Á. Borja, I. Muxika, 2009. Elaboración de mapas de hábitats y caracterización de fondos marinos de la plataforma continental vasca. Informe inédito elaborado por AZTI-Tecnalia para el Dirección de Biodiversidad; Viceconsejería de Medio Ambiente; Departamento de Medio Ambiente, Planificación Territorial, Agricultura y Pesca del Gobierno Vasco, 74 pp.
- Galparsoro, I., Borja, Á., Legorburu, I., Hernández, C., Chust, G., Liria, P., Uriarte, A., 2010. Morphological characteristics of the Basque continental shelf (Bay of Biscay, northern Spain); their implications for Integrated Coastal Zone Management. *Geomorphology* 118, 314-329. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2010.01.012>
- Garnier, R., de Santiago, I., Liria, P., Epelde, I., Chust, G., 2021. Increase of extreme wave events and impact in beach erosion in the Basque coast. Arias, A., Ríos, P., Paxton, H., Sánchez, O., Acuña, J. L., Álvarez, A., Manjón-Cabeza, M. E., Cristobo, J.

- (Eds). 2021. Proceedings of the XVII International Symposium on Oceanography of the Bay of Biscay (ISOBAY 17). University of Oviedo, 70 pp.
- Garnier, R., Townend, I., Monge-Ganuzas, M., de Santiago, I., Liria, P., Abalia A., Epelde, I., del Campo, A., Chust G., Valle, M., González, M., Mader, J., Gómez, M. L., Castillo, C., Uriarte, A., 2022. Modelización de la respuesta morfológica del estuario del Oka (Bizkaia) al cambio climático. In XVI Jornadas Española de Ingeniería de Costas y Puertos, Alicante, Spain, May 11-12, 2022.
- González, M., Uriarte, A., Fontán, A., Mader, J., Gyssels, P., 2004. Marine Dynamics, en: Borja, A., Collins, M. (Eds.), Oceanography and Marine Environment of the Basque Country, Elsevier, Amsterdam 133-157.
- O'Grady, J.G., Hemer, M.A., McInnes, K.L., Trenham, C.E., Stephenson, A.G., 2021. Projected incremental changes to extreme wind-driven wave heights for the twenty-first century. Scientific Reports 11, 8826. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-87358-w>
- Pascual, A., Cearreta, A., Rodríguez-Lázaro, J., Uriarte, A., 2004. Geology and palaeoceanography. Borja, A. and Collins, M. (Eds.) Oceanography and Marine Environment of the Basque Country, Elsevier Oceanography Series 70, 53-73.
- Uriarte, A., Collins, M., Cearreta, A., Bald, J., Evans, G., 2004. Sediment supply, transport, and deposition: contemporary and Late Quaternary evolution. Borja, A. and Collins, M. (Eds.) Oceanography and Marine Environment of the Basque Country, Elsevier Oceanography Series 70, 97-131.