

**POLÍGONO PARA EL CULTIVO EXTENSIVO Y
COMERCIAL DE MOLUSCOS BIVALVOS Y OTROS
INVERTEBRADOS DE INTERÉS
en el tramo litoral del Dominio Público Marítimo
Terrestre (DPMT) entre Ondarroa y Lekeitio
(Bizkaia, País Vasco)**



**INFORME PARA EL DEPARTAMENTO DE DESARROLLO ECONÓMICO Y
COMPETITIVIDAD DEL GOBIERNO VASCO**



22 de julio de 2016

Tipo documento	Memoria de proyecto para la tramitación de una zona de concesión para cultivos marinos en la Comunidad Autónoma Vasca
Titulo documento	Polígono para el cultivo extensivo y comercial de moluscos bivalvos y otros invertebrados de interés en el tramo litoral del Dominio Público Marítimo Terrestre (DPMT) entre Ondarroa y Lekeitio (Bizkaia, País Vasco)
Fecha	02/08/2016

Equipo de proyecto

D. Pedro Liria
Dña Andrea del Campo
Dña. Marga Andrés
Dr. Iñigo Muxika
Dr. Javier Franco
Dr. José Germán Rodríguez
Dr. Juan Bald
Dr. Luis Ferrer
Dra. Iratxe Menchaca
Dra. Marta Revilla
Dra. Oihana Solaun
D. Manuel González

Revisado por D. Julien Mader Dr. Adolfo Uriarte

ÍNDICE

1. ANTECEDENTES.....	9
2. INTRODUCCIÓN	11
3. OBJETIVOS.....	17
4. PROYECTO DE OCUPACIÓN DEL DOMINIO PÚBLICO MARÍTIMO-TERRESTRE	18
4.1 Justificación del proyecto.....	19
4.1.1 Justificación social y económica	19
4.1.2 Justificación técnica.....	21
4.2 Descripción del proyecto.....	27
4.2.1 Ubicación y extensión de la zona de dominio público marítimo-terrestre a ocupar.....	28
4.2.2 Características de las instalaciones y obras.....	35
4.2.3 Aproximación al cálculo de las solicitudes.....	47
4.2.4 Señalización y fondeo	48
4.2.5 Gestión de riesgos, seguridad y actuaciones previstas	48
4.2.6 Fabricación, traslado y montaje de estructuras y sistemas de fondeo	49
4.2.7 Sistema de producción y operativa de trabajo.....	51
4.2.8 Ejemplos de especies a cultivar en las fases iniciales de desarrollo del polígono: mejillón y ostra.....	61
4.3 Programa tentativo de ejecución de los trabajos	64
4.4 Estimación del presupuesto de la valoración de las principales unidades de obra	67
4.5 Posible afección a espacios protegidos.....	68
4.6 Relación con otras normativas de aplicación en la zona.....	71
4.6.1 Directiva Marco de Estrategia Marina (DMEM)	71
4.6.2 Directiva Marco del Agua (DMA).....	76
4.7 Modelo de pago de canon de ocupación	79
5. ANEXOS.....	80
ANEXO I: ESTUDIO BÁSICO DE DINÁMICA LITORAL	81
1. Capacidad de transporte litoral y balance sedimentario	84
2. Descripción del clima marítimo	85
2.1 Oleaje	85
2.2 Marea Astronómica.....	91
2.3 Descripción del clima atmosférico	94
2.3.1 Viento	100
2.4 Corrientes	102
2.4.1 Circulación General y corriente de talud.....	103
2.4.2 Corrientes debidas al viento.....	106
2.4.3 Medidas <i>in situ</i> de correntímetro fondeado en la zona de polígono.....	108
3. Batimetría y tipo de fondos.....	113
4. Condiciones de la biosfera submarina.....	115

5. Recursos disponibles de áridos.....	116
6. Plan de seguimiento de las actuaciones previstas	117
6.1 Programa de seguimiento ambiental.....	117
6.2 Control de la zona de producción de moluscos	118
6.2.1 Control de plancton productor de toxinas	120
6.2.2 Control de biotoxinas	120
6.2.3 Control de microbiología	121
6.2.4 Control de contaminantes.....	121
7. Propuesta de medidas correctoras para el polígono.....	122
8. Referencias bibliográficas.....	123
ANEXO II: ESTUDIO DE LA DISPERSIÓN DE LOS VERTIDOS	127
1. Objetivos.....	129
2. Material y métodos.....	130
2.1 Zona de estudio y batimetría	130
2.2 Modelo hidrodinámico.....	131
2.3 Velocidad de sedimentación de los vertidos.....	134
2.4 Modelo para la convección-difusión	135
3. Resultados.....	138
3.1 Resultados hidrodinámicos de la marea	138
3.2 Resultados hidrodinámicos de la corriente inducida por el viento.....	140
3.3 Estimación inicial de la dispersión.....	144
3.4 Simulaciones mediante el modelo numérico	145
4. Conclusiones.....	151
5. Referencias bibliográficas.....	153
ANEXO III: ESTUDIO DE INCIDENCIA AMBIENTAL (OSTRA Y MEJILLÓN)	157
1. Introducción	159
2. Descripción del proyecto.....	160
2.1 Descripción de las instalaciones.....	160
2.2 Sistema de producción y operativa de trabajo	163
2.3 Las especies a cultivar	164
3. Inventario ambiental	165
3.1 Medio físico	166
3.1.1 Clima marítimo, clima atmosférico y corrientes	166
3.1.2 Hidrografía y calidad de las aguas	166
3.1.3 Caracterización físico-química en biota (moluscos)	180
3.1.4 Sedimentología y calidad de los sedimentos	184
3.2 Medio biótico	188
3.2.1 Comunidades del bentos.....	188
3.2.2 Información utilizada y campañas de muestreo de bentos (2013).....	188

3.2.3 Caracterización general de las comunidades bentónicas en la zona	189
3.2.4 Caracterización de las comunidades bentónicas en enero de 2013	191
3.2.5 Caracterización de las comunidades bentónicas en octubre de 2013	198
3.3 Paisaje.....	206
3.4 Medio socioeconómico	207
3.4.1 Pesca	207
4. Identificación y valoración de impactos	221
4.1 Introducción	221
4.1.1 Metodología de valoración.....	221
4.1.2 Acciones del proyecto y factores ambientales afectados	227
4.2 Las estructuras de cultivo.....	228
4.2.1 Afección a la hidrodinamia	228
4.2.2 Afección a los sedimentos	229
4.2.3 Afección a la calidad de las aguas.....	230
4.2.4 Afección a las comunidades del bentos	231
4.2.5 Afección a la pesca	232
4.2.6 Afección a la ictiofauna	233
4.2.7 Afección al paisaje	235
4.3 Las especies cultivadas.....	236
4.3.1 Afección a la calidad de las aguas.....	236
4.3.2 Afección a las comunidades del plancton	237
4.3.3 Afección a las comunidades del bentos.....	239
4.4 La producción de biodepósitos	240
4.4.1 Afección a los sedimentos	241
4.4.2 Afección a la calidad de las aguas.....	244
4.4.3 Afección a las comunidades del bentos	245
4.5 Desprendimientos	246
4.5.1 Afección a los sedimentos	248
4.5.2 Afección a las comunidades del bentos	248
4.5.3 Afección a la ictiofauna	250
4.6 El tráfico generado por los barcos que sirven al polígono de cultivo	251
4.6.1 Afección a la calidad de las aguas.....	251
5. Jerarquización de impactos	252
6. Medidas preventivas, correctoras y compensatorias	256
7. Plan de vigilancia ambiental.....	258
8. Referencias bibliográficas.....	261
ANEXO IV: DECLARACIÓN DE CUMPLIMIENTO DE LAS DISPOSICIONES DE LA LEY 22/1998	269

1. ANTECEDENTES

La acuicultura es una de las materias sobre las que la Comunidad Autónoma del País Vasco (CAPV) ostenta competencias exclusivas. A tal efecto, la Dirección de Pesca y Acuicultura del Departamento de Desarrollo Económico y Competitividad del Gobierno Vasco, en colaboración con diversos agentes institucionales del País Vasco, ha elaborado el ‘Plan Estratégico para el Desarrollo de la Acuicultura 2014-2020’ (Gobierno Vasco, 2014), donde quedan recogidas una serie de medidas y actuaciones para el desarrollo de esta actividad en la CAPV. Una de estas actuaciones se refiere al “desarrollo de un polígono acuícola en mar abierto”, que permita la producción extensiva de especies marinas de carácter estratégico para los sectores de la pesca y la alimentación y repercuta favorablemente en la economía vasca en general.

En este sentido, el tramo litoral Ondarroa-Lekeitio es considerado como zona de interés estratégico para la producción de acuicultura en mar abierto, decisión que se basa en los resultados obtenidos en varios estudios llevados a cabo por AZTI desde 2010 (Mendiola *et al.*, 2011a, 2011b, 2012, 2015).

De hecho, de los estudios realizados en 2010 (Mendiola *et al.*, 2011b) se concluyó que en el tramo litoral entre Ondarroa y Lekeitio se dan las zonas adecuadas para el desarrollo de la actividad de producción de moluscos bivalvos en mar abierto. Este interés manifestado en el cultivo de moluscos bivalvos podría extenderse en el futuro al cultivo de otras especies de invertebrados (por ejemplo: erizo, holoturias, pulpo, etc.), que podría ser de interés comercial debido a desarrollos tecnológicos y/o científicos, por interés empresarial o de inversores, o por cambios en las preferencias de los consumidores.

Además, entre 2011 y 2014, investigadores de AZTI validaron en condiciones próximas a las reales la viabilidad técnica, medioambiental y socioeconómica de instalar sistemas *longline* para producir especies de moluscos bivalvos en ese tramo litoral (Mendiola *et al.* 2011b, 2012). Durante la ejecución de dichos estudios piloto de validación experimental, los investigadores de AZTI y técnicos del Gobierno Vasco identificaron además el alto interés que suscita la posibilidad de explotar económicamente esta actividad dentro del sector pesquero local del tramo Ondarroa-Lekeitio.

Por otro lado, y en virtud de los requerimientos establecidos por el Reglamento (CE) 854/2004¹, el Departamento de Desarrollo Económico y Competitividad del Gobierno Vasco ha emitido recientemente una Orden² sobre la declaración de una zona de producción de moluscos bivalvos por medio de cultivos marinos en el tramo litoral entre Ondarroa y Lekeitio.

Por ello, con el fin de poder instalar un polígono público-privado de producción acuícola extensiva de moluscos bivalvos en la zona de producción de moluscos declarada en el tramo litoral Ondarroa-Lekeitio (Bizkaia), la Dirección de Pesca y Acuicultura del Gobierno Vasco solicita a trámite, mediante el presente documento, la concesión de una zona de aguas interiores del Dominio Público Marítimo Terrestre (DPMT) frente a las costas de Bizkaia.

¹ Reglamento (CE) nº 854/2004 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 29 de abril de 2004, por el que se establecen normas específicas para la organización de controles oficiales de los productos de origen animal destinados al consumo humano (DOUE L 139/206, del 30 de abril de 2004).

² Orden de 8 de enero de 2016, de la Consejera de Desarrollo Económico y Competitividad, por la que se declara y clasifica una zona de producción de moluscos bivalvos por medio de cultivos marinos ubicada en el tramo litoral entre Ondarroa y Lekeitio (BOPV Nº 9, del 15 de enero de 2016).

2. INTRODUCCIÓN

Los niveles de sobreexplotación pesquera y el descenso de los volúmenes de captura de las pesquerías comerciales en el Golfo de Vizcaya implican, cada vez más, la necesidad de buscar alternativas que puedan ayudar a diversificar actividades extractivas y a generar nuevos productos y empleo dentro de los sectores marinos del País Vasco (Gobierno Vasco, 2014). De hecho, en contextos de crisis, las actividades de acuicultura marina en varios países han servido de motor para la revitalización de algunos sectores y comunidades pesqueras (p.ej. Earll, 1880; Solemdal *et al.*, 1984). En la CAPV, la falta de espacios en tierra, el uso y calidad del agua para fines marítimos y/o recreación y la falta de una industria con interés y/o necesidad por realizar actividades de producción acuícola, limitaron su desarrollo. Sin embargo, aspectos actuales como la sobreexplotación pesquera, el incremento de las importaciones a la CAPV y el contexto en alza del consumo alimentario global conllevan la necesidad de buscar alternativas para los sectores de la pesca y la transformación (CEE, 2002; Gobierno Vasco, 2009; FAO, 2008; FROM, 2009).

Una de las alternativas a considerar es el cultivo de moluscos bivalvos. Las especies de interés comercial más populares son el mejillón, la ostra o la almeja, aunque los equinodermos (erizos de mar) también son de potencial interés comercial. En lo que respecta al mejillón y la ostra, ambas son especies que se cultivan en España y en gran parte del mundo por su amplio aporte de proteínas y ácidos grasos poliinsaturados. Su cultivo se lleva a cabo mayormente mediante sistemas tipo batea, sacos, estacas, o líneas flotantes ubicadas en zonas de ríos o estuarios (como es el caso de Galicia, Cataluña o Andalucía).

La acuicultura actual (principalmente, la acuicultura intensiva de jaulas y/o bateas) puede dar lugar a conflictos con otros usos del medio marino (p. ej. la navegación, la pesca, el esparcimiento, las reservas naturales, etc.) por la necesidad de utilizar el mismo espacio (Borja, 2002). Por otro lado, es importante explicar que el impacto medioambiental de una instalación acuícola marina depende en gran medida de la especie, el método de cultivo, la densidad del stock, el tipo de alimentación y las condiciones hidrográficas (profundidad, velocidad y dirección de la corriente, principalmente) de la zona en la que se ubica (Borja, 2002).

Por ello, para poder llevar a cabo el desarrollo sostenible de la acuicultura es necesario:

- (i) disponer de un buen conocimiento del medio;

- (ii) adoptar medidas de producción y control que no degraden el medio y que a su vez sean técnicamente apropiadas, económicamente viables y socialmente aceptadas (Borja, 2002); y
- (iii) disponer de estrategias, herramientas y sistemas para la toma de decisión para una correcta planificación del medio costero y marino.

En el País Vasco, a pesar de que el litoral presenta unas condiciones severas en cuanto a competencia de usos y condiciones océano-meteorológicas, el fuerte arraigo cultural de los sectores marítimo y de pesca comercial refuerza el interés y las posibilidades de explotar actividades productivas que puedan realizarse de una manera sostenible y con rendimiento económico (Gobierno Vasco, 2014). De hecho, las actividades de acuicultura en mar abierto fueron definidas en los Planes de Pesca y Acuicultura del País Vasco (Gobierno Vasco, 2008, 2014) como oportunidad de diversificación económica pesquera.

La denominación más genérica de estas actividades es la de “sistemas de producción de organismos marinos que se desarrolla en ambientes altamente hidrodinámicos y carecen de influencia de masas terrestres” (Mendiola *et al.*, 2013). Más específicamente, los sistemas de engorde de moluscos-bivalvos en mar abierto (p. ej. *longlines* o bateas sumergidas de mejillón, ostra y almejas) se caracterizan por su alta capacidad productiva, por la calidad del producto generado y por su adecuación a las reglamentaciones medioambientales de la Administración Pública. Un aspecto a remarcar es que tanto el engorde de mejillón como el de ostra, u otros moluscos-bivalvos, en mar abierto se encuentra recogido en la categoría de acuicultura ecológica (Reglamento EC 834/2007 sobre producción ecológica) por su bajo impacto en el medio.

La práctica de esta actividad resulta una realidad a nivel comercial en algunos países como USA, Nueva Zelanda y Portugal (Bridger y Costa-Pierce, 2001; Langan, 2007), mientras que su viabilidad en aguas del País Vasco ha sido recientemente validada mediante pruebas de escala piloto industrial en aguas costeras del tramo Ondarroa-Lekeitio (Mendiola *et al.*, 2011b, 2012, 2015).

Los primeros estudios realizados en la costa vasca en 2010 concluyeron que en el tramo marino Ondarroa-Lekeitio se cumplían exitosamente las siguientes condiciones fundamentales para el desarrollo de la actividad de producción de moluscos bivalvos en mar abierto:

- (i) posibilidad legal de instalación estructural con base a líneas sumergidas de poliéster o poliestil por debajo de 8-10 metros del nivel del mar y secciones mínimas de 72mm;
- (ii) posibilidad de ubicación con fondo horizontal de arena en rango de profundidad batimétrica 25-50 m y velocidad de corriente media anual < 15 cm s⁻¹;
- (iii) posibilidad de concentraciones de material particulado y clorofila y tamaño de partículas adecuados para la alimentación y crecimiento de los moluscos (Langan y Chambers, 2010)
- (iv) posibilidad de distancias a ubicación inferiores a 1 hora de navegación a puerto comercial CAPV más cercano;
- (v) posibilidad de ubicación con captación natural de semilla; y
- (vi) posibilidad de ubicación con recursos de flota pesquera en la zona para apoyo operativo, vigilancia y control (Mendiola, 2011; Mendiola *et al.*, 2011).

Por otro lado, entre 2011 y 2014, AZTI validó, en condiciones próximas a las reales, la viabilidad técnica, medioambiental y socioeconómica de instalar sistemas *longline* para producir especies de moluscos bivalvos en el mismo tramo litoral entre Ondarroa y Lekeitio. Para ello, AZTI (en colaboración con el Gobierno Vasco) solicitó una concesión experimental del Dominio Público Marítimo Terrestre (DPMT). En ella se desarrollaron durante 3 años varios proyectos de investigación sobre acuicultura de moluscos bivalvos (mejillón y ostra) en colaboración con empresas y asociaciones del sector pesquero artesanal y marítimo de la zona.

Los principales aspectos que concluyeron estos estudios de investigación se resumen a continuación:

- (i) es viable tramitar y obtener los permisos y autorizaciones de concesión del espacio DPMT de la zona para usos acuícolas, vía Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA) y administraciones/agentes implicados;
- (ii) es viable coordinar y ejecutar, con los medios locales disponibles, los trabajos de diseño, fabricación, instalación, vigilancia y aseguramiento de sistemas e ingenierías de cultivo en la zona;

- (iii) es viable captar semilla natural en volúmenes productivos;
- (iv) es viable realizar operaciones de encordado, desdoble y cosechado utilizando los recursos pesqueros y portuarios del tramo litoral;
- (v) es viable producir moluscos-bivalvos con calidad microbiológica “apta” para consumo humano y categoría microbiológica del tipo A;
- (vi) es viable producir moluscos bivalvos con características nutricionales y organolépticas adecuadas para su encaje en el mercado alimentario.

Tras la ejecución de los estudios de validación, los investigadores de AZTI y técnicos de la Administración Pública han identificado el alto interés que suscita, dentro del sector pesquero del tramo litoral, la posibilidad de explotar éste actividad económica. A tal fin, los ayuntamientos y asociaciones de las comarcas litorales de Ondarroa y Lekeitio han manifestado interés prioritario por beneficiarse de las repercusiones socioeconómicas de la actividad resultante. El éxito de dicha actividad puede suponer:

- (i) una mejora en la calidad de vida para colectivos del sector pesquero vasco;
- (ii) un aumento en el volumen de producto alimentario autóctono con denominación de origen;
- (iii) una reducción y/o diversificación del esfuerzo pesquero; y
- (iv) generación de economía en general para zonas costeras.

Por ello, la Dirección de Pesca y Acuicultura del Gobierno Vasco ha decidido impulsar la instalación de un polígono para el cultivo de moluscos bivalvos en el tramo costero entre Ondarroa y Lekeitio. A efectos normativos y/o administrativos de gestión, el polígono cumplirá las siguientes condiciones principales:

- La actividad a desarrollar será exclusivamente la “de tipo acuicultura” definida como “cultivo de organismos acuáticos, que con intervención humana, aborda el proceso de producción animal hasta la venta. La producción implica la propiedad individual o corporativa del organismo cultivado” (según definiciones de la FAO).
- Por el medio utilizado, la acuicultura a realizar será “de tipo marino” y la producción abarcará exclusivamente a especies de moluscos bivalvos con ciclo biológico marino, para los que las normativas de producción y/o comercialización puedan interpretarse de manera común.

- Por el control sobre el cultivo, la acuicultura a realizar será “de tipo extensivo”, basada en: actividad tradicional en el medio natural, especies en condiciones de baja densidad y acciones de control limitadas al mantenimiento de las condiciones del cultivo.
- Por el emplazamiento definido, la acuicultura a realizar será “de tipo mar abierto”; la producción quedará ubicada en una zona marina expuesta y sujeta a oleaje y corrientes sin influencia de masas terrestres.
- Por la fase biológica de producción, la acuicultura a realizar será “de tipo engorde”; la producción será orientada a la obtención de individuos de talla comercial.
- Por la finalidad de la producción, la acuicultura a realizar será “de tipo comercial”, siendo los sistemas de producción ubicados dentro del polígono y sus parcelas de propiedad privada (si bien el polígono será gestionado desde la Administración Pública).

Cabe mencionar que durante los últimos años la Dirección de Pesca y Acuicultura del Gobierno Vasco (a través de la participación en la Junta Asesora Nacional de Cultivos Marinos, JACUMAR, y los proyectos de AZTI) ha venido desarrollando y promoviendo diversas iniciativas (comisiones tecnológicas, jornadas sectoriales, foros, congresos, reuniones con inversores, etc.) para atraer el conocimiento sobre la materia del presente proyecto y poner a punto una tecnología local, coordinando a los agentes pesqueros y a la Administración Pública junto al vehículo inversor. Todo ello, con el fin último de facilitar el despegue de la acuicultura de moluscos-bivalvos en mar abierto frente a la costa vasca. Para ello, se ha contado con el apoyo del programa europeo de Fondos Estructurales para la Pesca (FEP) a través de diversos proyectos ejecutados entre 2010 y 2015. Esto ratifica que la presente actividad propuesta por la Dirección de Pesca y Acuicultura del Gobierno Vasco se encuentra en correspondencia con las estrategias de la Comisión Europea en materia de sostenibilidad y diversificación pesquera en los contextos de la Reforma de la Política Pesquera Común, la Estrategia Atlántica y la Economía Azul.

En virtud de los requerimientos establecidos por el Reglamento (CE) 854/2004 , el Departamento de Desarrollo Económico y Competitividad del Gobierno Vasco ha emitido una Orden sobre declaración de la zona litoral entre Ondarroa y Lekeitio (Orden de 8 de enero de 2016), en la que se incluye lo siguiente:

- (i) la declaración de la zona de producción extensiva de moluscos bivalvos por medio de cultivos marinos en el tramo litoral ubicado entre Ondarroa y Lekeitio;
- (ii) la zona de producción correspondiente se clasifica como zona A (en relación con la calidad de las aguas y sus efectos sobre el ejercicio de la acuicultura);
- (iii) la clasificación de las zonas de producción establecidas afecta al cultivo de ostra (*Ostrea edulis* y *Crassostrea gigas*) y mejillón (*Mytilus galloprovincialis*);
- (iv) la obligatoriedad de realizar los análisis y muestreos reglamentarios dirigidos a establecer la clasificación anual de las aguas comprendidas en la zona de producción.

En este contexto, el Gobierno Vasco, a través de la Dirección de Pesca y Acuicultura, ha decidido declarar como polígono de interés para el cultivo extensivo y comercialización de moluscos bivalvos una zona comprendida entre Ondarroa y Lekeitio. Además, el Gobierno Vasco establecerá y vigilará el cumplimiento de las normas de gestión del espacio y su actividad conforme a la legislación vigente.

3. OBJETIVOS

El objetivo general de este documento consiste en **aportar toda la información técnica requerida para la tramitación**, tanto en el ámbito autonómico como en el estatal, **de una zona de ocupación del DPMT**, en su figura de zona de interés para cultivos marinos en aguas interiores de la costa vasca.

La presente documentación se presenta a los trámites autonómico (Agentes locales, Gobierno Vasco) y estatal (Demarcación de Costas, Capitanía Marítima y MAGRAMA), para el establecimiento de un polígono de 290 ha, para el cultivo extensivo, inicialmente, de moluscos-bivalvos en el tramo litoral entre Ondarroa y Lekeitio, con la posibilidad de ampliarse en el futuro a otras especies de invertebrados de interés.

4. PROYECTO DE OCUPACIÓN DEL DOMINIO PÚBLICO MARÍTIMO-TERRESTRE

Una vez declarada la zona de interés para cultivos marinos, las empresas interesadas solicitarán la ocupación, parcial o total, del Dominio Público Marítimo Terrestre de un polígono en el tramo litoral entre Ondarroa-Lekeitio (Bizkaia) (Figura 1), entendido éste como unidad de referencia cuantificada en superficie marina, que se destinará a la acuicultura de moluscos bivalvos y estará debidamente delimitado.

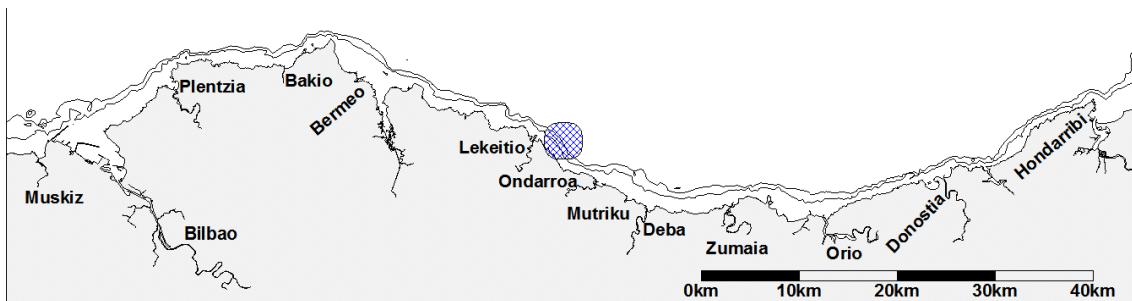


Figura 1. Localización aproximada de la zona en la que se quiere ubicar la instalación de acuicultura (área rayada de color azul,)entre las batimétricas de 30 y 50 m de profundidad, en el tramo litoral entre Ondarroa y Lekeitio, frente al municipio de Mendexa (Bizkaia).

El área productiva de este polígono se localiza dentro de una Zona de Interés para la Acuicultura, resultado de la compatibilidad de la misma con la zonificación del Plan Estratégico para el desarrollo de la Acuicultura 2014-2020 (Gobierno Vasco, 2014). El polígono destinado a la acuicultura podrá contar con una subdivisión en parcelas, que serían las superficies netas para la implantación de un establecimiento o unidad de producción, con sus instalaciones accesorias. En caso contrario, se podrá considerar el polígono como única parcela a los efectos de desarrollos de acciones acuícolas de tipo colectivo, asociativo o de interés público.

Las autoridades competentes en materia agro-pesquera del Gobierno Vasco se ocuparán de gestionar (de acuerdo a la legislación vigente) la propia actividad de los cultivos, a través del seguimiento ambiental, sanitario y el sistema de señalización correspondientes.

El presente proyecto tiene carácter de explotación comercial y consiste en:

- (i) la delimitación y ocupación de un polígono marino de extensión de 290 ha,
y

- (ii) el cumplimiento de la correcta gestión de la actividad acuícola que se desarrolle dentro de dicho polígono.

Para la solicitud de dicho espacio marino, en este documento se presenta la siguiente información:

- Proyecto de ocupación del dominio público marítimo-terrestre.
- Estudio económico-financiero.
- Estudio básico de dinámica litoral (Anexo I).
- Estudio de la dispersión de los vertidos (Anexo II).
- Estudio ambiental (Anexo III).
- Declaración de cumplimiento de las disposiciones de la Ley de Costas (Anexo IV).

4.1 Justificación del proyecto

Como ya se ha mencionado, mediante el presente documento, las empresas interesadas solicitarán a trámites autonómico y estatal la concesión de una zona de aguas interiores del Dominio Público Marítimo Terrestre (DPMT) para el establecimiento de un polígono de producción extensiva de acuicultura en el tramo litoral entre Ondarroa y Lekeitio.

4.1.1 Justificación social y económica

La justificación política, social y económica de la presente solicitud se fundamenta en los siguientes aspectos:

- **La disposición de un polígono acuícola en aguas del País Vasco cubre las siguientes necesidades:**
 - Necesidad de alternativas profesionales para el sector de la pesca; ya que la situación de algunas especies pesqueras de interés comercial en la CAPV debería promover nuevos planteamientos de actividades productivas (como la acuicultura marina).
 - Necesidad económica; el polígono estimulará al capital privado (local o internacional) para la inversión en nuevas oportunidades empresariales en torno a la acuicultura.

- Necesidad de empleo; las nuevas oportunidades empresariales/sectoriales conllevará la generación/diversificación de empleo en los sectores agro-pesquero, alimentario, marítimo y servicios, principalmente (reciclaje de profesionales de la pesca, oportunidades para licenciados y graduados en FP, maquinistas, soldadores, patrones de barco, buceadores, etc.)
 - Necesidad de biomasa alimentaria; el polígono de producción acuícola local propiciará nuevas especies, materia prima para empresas alimentarias y/o alimento final; así como un replanteamiento en torno a la importación y a los canales de comercialización actual para las especies objetivo (mejillón y ostra).
 - Fomento de imagen socio-política: El polígono y su actividad favorecerá la imagen de la CAPV en los ámbitos de la Política Pesquera Común y el desarrollo sostenible Europeo (internacional), así como en los círculos locales (apuesta por el sector primario y la generación de productos naturales, saludables e innovadores).
- **La disposición de un polígono acuícola en aguas del País Vasco producirá los siguientes resultados (como productos y servicios) a la CAPV:**
 - Se favorecerá la creación de un conglomerado de empresas/asociaciones de “Producción Acuícola”, que aumentan y/o diversifican los volúmenes actuales de biomasa de algunas especies de alto consumo alimentario. Ligado a la comunidad pesquera, generando empleo y dinamizando economía.
 - Servicios a empresas alimentarias de “Transformación y Comercialización” de producto pesqueros”:
 - Servicios a “Consejos Reguladores”: Oportunidades para acceso a certificaciones y nuevas denominaciones de origen (producción ecológica, Euskolabel, etc.)
 - Servicios a “Canales Horeca y Cadenas de Distribución/Supermercados” para contratos/venta directa de nuevos productos del mar.
 - Servicios a empresas del “Sector Marítimo”: Fomento de contratos para despliegues marinos, mantenimiento anual de instalaciones de

producción en mar abierto; innovación, desarrollo y construcción de nuevos equipos o barcos de apoyo logístico.

- Servicios a empresas del “Sector Cultura y Turismo”. Fomento de actividades ambientales y/o turísticas en torno al parque acuícola marino.
 - Servicios a “Universidades y Centros Tecnológicos”. Fomento de actividades de generación del conocimiento, masa crítica, I+D aplicado, servicios tecnológicos, patentes, etc.
 - Servicios a “Administraciones extranjeras”. Propiciando la posibilidad de exportar conocimiento y tecnologías a países con acuerdos.
- **La disposición de un polígono acuícola en aguas del País Vasco generará los siguientes beneficios:**
 - Generación de una nueva actividad económica, nuevo empleo y PIB a través de la dinamización empresarial en materia de acuicultura, muy ligada al sector pesquero, marítimo y alimentario.
 - Generación de nuevos productos, materia prima y alimentos pesqueros locales.
 - Generación de nuevas marcas y accesos a denominación de origen.
 - Generación de nueva masa crítica local (proveniente de Universidades, FPs, etc.)
 - Generación de acuerdos bilaterales, transferencias, exportación de tecnología u oportunidades generales de colaboración con países terceros.

4.1.2 Justificación técnica

AZTI (en colaboración con la Dirección de Pesca y Acuicultura del Gobierno Vasco) realizó, durante los años 2009-2014, una serie de estudios de prospección científico-tecnológica y experimental relacionados con la evaluación de la viabilidad del uso de dispositivos sumergidos *longline* para el cultivo de moluscos bivalvos y algas en aguas del mar abierto del País Vasco (Mendiola *et al.*, 2011b, 2012, 2015). Esta actividad se concibió en 2009 como una propuesta de alternativa de diversificación de actividades extractivas para el sector pesquero local. Las especies estudiadas, en diferente medida, vienen siendo el mejillón (género *Mytilus*), las ostras (géneros *Crassostrea* y *Ostrea*), la

almeja (género *Ruditapes*), el erizo de mar (género *Paracentrotus*) y las algas (género *Sacharina*); los estudios se han centrado sobre todo en mejillón y ostra, por sus amplias e inmediatas posibilidades de explotación.

Las **primeras fases de los estudios de AZTI entre 2009-2010** se enfocaron a:

- (i) identificar tecnologías *longline* para su posible aplicación en aguas del mar Cantábrico;
- (ii) valorar las implicaciones técnicas, socioeconómicas y de mercado derivadas de la puesta a punto de actividades *longline* en el contexto de las prácticas operativas del sector pesquero;
- (iii) seleccionar y caracterizar zonas idóneas frente a la costa vasca para la implantación de sistemas *longline*; y
- (iv) diseñar prototipos de sistemas *longline* para su utilización en las condiciones oceanográficas del mar cantábrico.

Entre los diferentes resultados se evidenció que en el País Vasco podrían confluir las condiciones hidrográficas, biológicas y normativas adecuadas para la instalación de sistemas sumergidos *longline* en las aguas interiores y en mar abierto. A falta de la realización de pruebas de validación *in situ*, los estudios de AZTI ya concluyeron en 2009 que existían oportunidades para:

- (i) el diseño, fabricación e instalación de sistemas para cultivo de mejillón (*M. galloprovincialis*) y ostra (*C. gigas* y *O. edulis*) adecuados para la CAPV;
- (ii) complementar y diversificar (mediante fórmulas concretas) la actividad extractiva del sector pesquero artesanal de la CAPV;
- (iii) generar nuevos productos alimentarios al fresco y/o simple transformado y;
- (iv) acceder a nichos de mercado alimentario, muy concretos y previsibles, mediante las estructuras actuales.

Las conclusiones técnicas de los estudios de AZTI del 2009-2010 fueron las siguientes:

1. Existen tecnologías de cultivo de moluscos bivalvos adaptables a las condiciones del mar abierto frente a la costa vasca. Dichas tecnologías son simples, respetuosas con el medio ambiente y de relativo bajo coste. Los conceptos estudiados provienen de Estados Unidos, Francia, Alemania, Canadá y Nueva Zelanda y además se han identificado empresas del País

Vasco con interés y capacidad para desarrollar dichas tecnologías de cultivo. Las especies susceptibles de ser cultivadas mediante dichas tecnologías pueden ser el mejillón, las ostras y/o vieiras, principalmente.

2. Existe interés manifiesto por parte del sector pesquero artesanal en participar en el desarrollo de actividad diversificadora basadas en el cultivo de moluscos bivalvos. En este sentido, el sector pesquero reuniría las condiciones, en cuanto a infraestructuras y capacitación técnica personal, para operar eficazmente dichas instalaciones en un periodo de corto-medio plazo. No obstante, el sector requiere realizar inversiones puntuales y definir el formato organizativo de su sistema de explotación (empresas independientes, cooperativas, etc.). También se debería de prever la realización de cursos de formación a medio plazo.
3. Existen oportunidades relacionadas con la producción y venta de mejillón fresco para consumo local y la producción y venta de ostra (y/o otras especies) en fresco para la exportación a Países de alta demanda (como Francia y/o Portugal). También se derivan oportunidades de mercado dependientes de la fórmula de diversificación adoptada del producto en venta (formato de presentación, tipo de transformación, eco-etiquetas, orientación del producto, canales de venta, etc.).
4. Existen posibilidades de obtener una rentabilidad económica positiva, con las variables asumidas en los “modelos” bio-económicos (volúmenes de producción, temporalidad, costes de producción, precios en primera venta, costes variables, etc.) de AZTI.
5. El tramo litoral entre Ondarroa y Lekeitio (frente al municipio de Mendexa, frente a la costa de Bizkaia), en su entorno batimétrico de 30-50 metros reúne las condiciones adecuadas para la implantación de una instalación sumergida *longline*. Las características de dicha zona son favorables en cuanto a: (i) zona de hidro-dinamismo alto-moderado y fondo de arena que permitiría resolver los problemas de integridad estructural y rendimiento de ingenierías; (ii) zona con rangos óptimos en temperatura, oxígeno, salinidad del agua y velocidad de corriente para asegurar crecimiento y supervivencia biológica de especies; (iii) zona libre de conflicto normativo para la acuicultura; (iv) zona libre de conflictos con los sectores de la pesca (artesanal y cerco-cebo vivo) local; y (v) la disposición de otros factores que favorecerían la rentabilidad de la actividad (cercanía a puertos base, sectores interesados y logística comercializadora).

6. Sin embargo, todavía no se dispone de información real *in situ* sobre, el rendimiento biológico de la especie de cultivo, la calidad físico-química de las aguas (temperatura, salinidad, pH, oxigenación, turbidez, metales pesados y metabolitos de nitrógeno, principalmente.), la variación de clorofila, seston (fracción orgánica e inorgánica) y productividad primaria (fitoplancton), la ausencia/presencia de factores patógenos (metales pesados, coliformes fecales, benzo(a)pirenos, biotoxinas,...), la interacción con el medio ambiente, etc., de la zona propuesta.

Posteriormente, **entre 2011 y 2014** se realizaron una serie de proyectos piloto para el Gobierno Vasco (Mendiola *et al.*, 2011b, 2012, 2015) a fin de validar el cultivo del mejillón y la ostra en las condiciones planteadas frente a las costas de Ondarroa y Lekeitio. En dichos estudios AZTI validó y concluyó que las siguientes condiciones fundamentales para el desarrollo de la actividad en la CAPV se cumplían exitosamente:

1. Posibilidad legal de fabricar e instalar estructuras con base a líneas artesanales sumergidas de poliéster y poliestil por debajo de 8-14 metros del nivel del mar y sección mínima de 36-72mm, con fondeos y boyas, todo ello resistente a los temporales de la costa vasca
2. Posibilidad de disponer de extensión amplia con fondo de arena, rango de profundidad de 25-50 m y velocidad de corriente “media” anual de 9 cm s^{-1} , susceptible de permisos y autorizaciones de actividad, sin conflictos.
3. Concentraciones de material particulado y clorofila y tamaño de partículas adecuados para la alimentación y crecimiento de los moluscos (Langan y Chambers, 2010).
4. Posibilidad de distancias inferiores a 1 hora de navegación a puerto comercial de la CAPV más cercano.
5. Posibilidad de ubicación con captación natural de semilla.
6. Disponibilidad de recursos e instalaciones pesqueras en los Puertos de Ondarroa, Lekeitio y Mutriku para vigilancia, control, mantenimiento, asegurado y comercialización.
7. Viabilidad para la realización de operaciones de encordado, desdoble y cosecha en la propia instalación ó utilizando los recursos del tramo litoral indicado. Desde el punto de vista productivo y tecnológico, la actividad es completamente viable, ya que puede además disponer de agentes

promotores locales con amplio aval empresarial, redes de contactos/clientes que operan a lo largo de la cadena de valor de los productos pesqueros y el aval de la cobertura ya realizada por el I+D.

8. Calidad microbiológica (categoría tipo A) de las aguas para la producción de moluscos-bivalvos en la zona.
9. Viabilidad para producir moluscos-bivalvos con características nutricionales y organolépticas adecuadas para su encaje en el mercado alimentario al fresco.
10. Viabilidad comercial. Los productos y servicios de la actividad son innovadores en el mercado y ayudarán a generar una economía indirecta más potente a través de sus clientes. La definición y puesta en marcha inmediata de un adecuado plan comercial es un aspecto determinante del éxito último. El acceso a mercados internacionales, la optimización de las técnicas productivas y el despliegue de actividad secundaria en etapas tempranas de la actividad son también factores clave.

Finalmente, **entre 2014 y 2015**, la Dirección de Pesca y Acuicultura decide llevar a cabo los trámites para la declaración de la zona y solicitar los correspondientes permisos y autorizaciones para la ocupación del espacio del Dominio Público Marítimo Terrestre. En dichos proyecto se validan y concluyen los siguientes aspectos de importancia para la declaración del tramo litoral entre Ondarroa y Lekeitio como Zona de Interés para la Acuicultura y Zona de Producción de Moluscos-bivalvos y equinodermos:

1. **La zona de estudio presenta unos niveles de contaminantes químicos y microbiológicos en mejillón que cumplen con todos los niveles exigidos por la legislación** (es decir, inferiores a los máximos establecidos para Hg, Cd, Pb, hidrocarburos poliaromáticos, dioxinas y PCBs, *Salmonella*, y *Escherichia coli*). Esto está relacionado con la **relativa baja presencia de fuentes de contaminación** en la zona y el **elevado grado de dispersión hidrodinámica** de la zona favorecido por el oleaje y las corrientes.
2. De las fuentes de contaminación más próximas a la zona de interés, de acuerdo con las descripciones generales de los patrones de corrientes de la costa vasca y los resultados obtenidos por las modelizaciones numéricas, se considera que podrían afectar al área de producción de forma significativa los aportes de las EDAR de Lekeitio y Ondarroa, así como las plumas de los cauces fluviales de la zona, especialmente en situación de avenidas; sin embargo, de la analíticas realizadas durante los dos últimos años sobre

mejillón y ostras de muestreo **no se han observado evidencias de contaminación en los tejidos analizados.**

3. Respecto a las corrientes medidas en la zona se observa que **las corrientes son notables, situándose el valor medio anual en unos 9 cm.s⁻¹ y el valor máximo (extremal) en 40 cm.s⁻¹ a 15 m de profundidad.** Las corrientes dominantes durante el período de medida han sido hacia el oeste-noroeste (24% de los casos) y hacia norte-noroeste (el 17% de los casos).
4. **La amplitud de la oscilación de la temperatura puede llegar a ser de 4°C a casi 6°C entre la pleamar y la bajamar,** midiéndose temperaturas entre 24°C y 20-18°C con unas 6 horas de diferencia de tiempo.
5. Se ha definido un programa de muestreo para el seguimiento de la calidad de la zona relativamente similar al realizado actualmente en el resto de **zonas de producción de bivalvos de la CAPV.** Éste deberá ser modificado en caso de exigencias legales o cambios en las condiciones del medio, así como en el caso de que se observe cualquier elevada variabilidad espacial en los parámetros evaluados, una vez iniciada la actividad de producción.
6. Debido a la ausencia de *Salmonella* y la mínima concentración de *Escherichia coli* en tres de los cuatro muestreos, se **recomienda que la clasificación en relación a la contaminación fecal sea provisionalmente de Clase A.** Esta clasificación concierne sólo a los moluscos bivalvos, y podrá variar en función de los resultados del seguimiento de la calidad de la zona. **El estudio considera que, con respecto a la contaminación química y microbiológica, en el área estudiada se puede declarar la zona de producción de moluscos bivalvos.**
7. En cuanto al estudio del fitoplancton llevado a cabo entre mayo y octubre de 2014, se ha observado una **elevada variabilidad temporal en la biomasa (medida como concentración de clorofila "a") que es coherente con la alta variabilidad de las condiciones hidrográficas** en el área de estudio. Así, la clorofila presentó picos esporádicos por debajo de 25 m de profundidad, cuya magnitud sin embargo no fue muy elevada ($2,0 \mu\text{g L}^{-1}$, máximo del período de estudio). Generalmente la fracción del picofitopláncton ($<3 \mu\text{m}$) dominó la biomasa a lo largo de la columna de agua. No obstante, por debajo de 25 m de profundidad ocasionalmente la comunidad se encontró dominada por las fracciones nano-omicronoplánctonicas.

8. El nivel de toxinas lipofílicas en mejillón superó los límites permitidos para su consumo en uno de los diez muestreos analizados entre los años 2014 y 2015 (concretamente en mayo de 2014); esto coincidió con un pico de clorofila “a” en las aguas de fondo, entre los 30 y 40 m. Es importante recalcar que dicho pico estuvo causado por diatomeas, mientras que los niveles de toxina se debieron a la presencia de dinoflagelados (probablemente *Dinophysis acuminata*) cuya contribución a la concentración de clorofila “a” habría sido mucho menor. Por su parte, el nivel de biotoxinas observado en ostras ha sido nulo tras los análisis realizados entre los años 2014 y 2015.
9. **La zona de estudio presenta unos niveles de biotoxinas en mejillón y ostra que cumplirán con los niveles exigidos por la legislación al 90% según el número de muestreos realizados en el presente estudio.**
10. El control del fitoplancton deberá de considerarse como un elemento importante dentro del plan de seguimiento y control de las posibles producciones comerciales, como ya viene siendo el caso de las explotaciones de otras Comunidades Autónomas y países europeos.

Sin embargo, la oportunidad real de la explotación de la actividad comenzará una vez se obtengan los permisos de ocupación del espacio del Dominio Público Marítimo Terrestre, objeto de la presente documentación.

Las actuaciones descritas se encuentran enmarcadas tanto en los objetivos técnicos de la “Perspectiva sobre Innovación y Mejora de Procesos” del Plan Estratégico de Pesca 2009-2013, como en el recientemente aprobado Plan Operativo de la Estrategia de Acuicultura 2014-2020 del País Vasco. A los efectos oportunos, se informa de que tanto **los proyectos precedentes como la actual solicitud de ocupación del DPMT han sido y son proyectos de interés público y carácter estratégico para la Comunidad Autónoma Vasca. Todas las actuaciones se han realizado con cargo al Fondo Europeo de la Pesca (FEP) y reguladas mediante el Reglamento (CE) 1198/2006, del Consejo, de 27 de julio de 2006.**

4.2 Descripción del proyecto

Este apartado describe las características generales del proyecto de instalación de polígono acuícola en el tramo litoral entre Ondarroa-Lekeitio (Bizkaia).

4.2.1 Ubicación y extensión de la zona de dominio público marítimo-terrestre a ocupar

La instalación del polígono y los sistemas de producción mencionados se llevará a cabo en la franja de aguas interiores del **tramo litoral entre Lekeitio-Ondarroa**, frente al municipio de Mendexa. En la Figura 2 se muestran unas fotografías del puerto de Ondarroa y de las inmediaciones de la zona en la que se pretende ubicar dicho polígono.

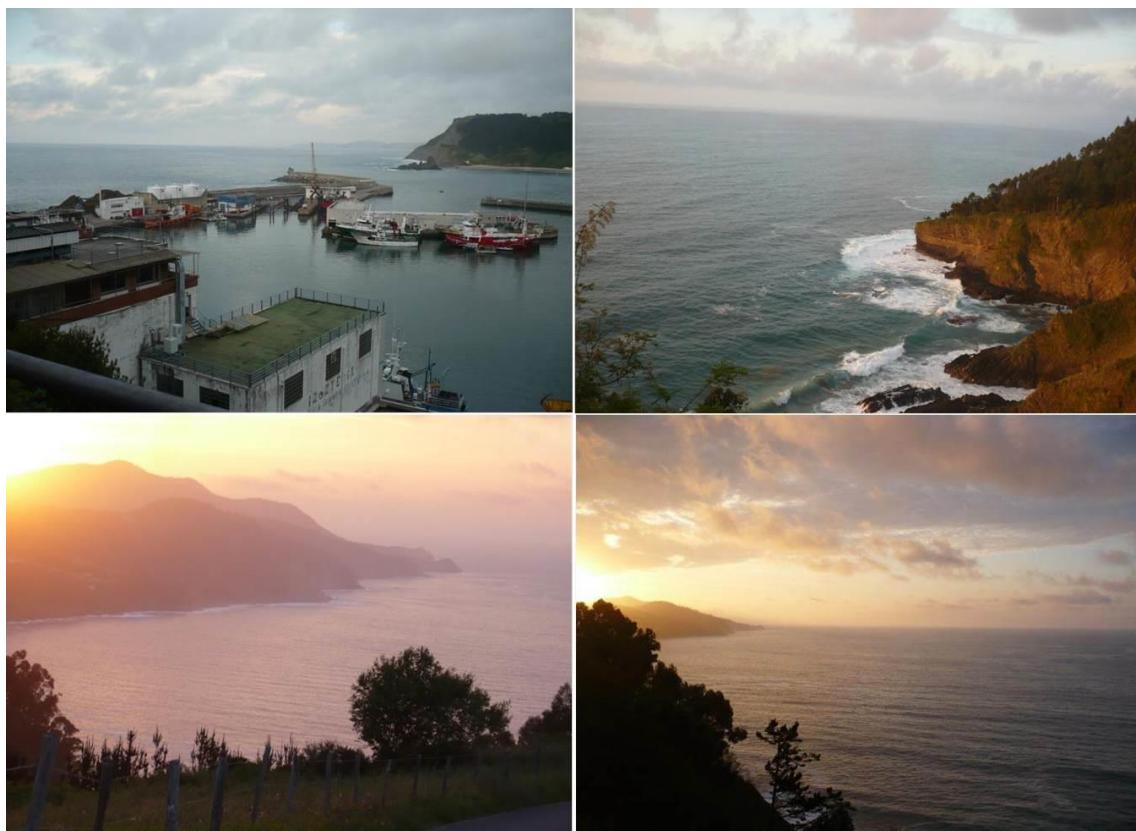


Figura 2. Fotografías descriptivas de la zona. Puerto de Ondarroa (arriba a la izquierda), entorno hacia el oeste (arriba a la derecha). Entorno hacia el este (imágenes inferiores).

A pesar de que el área efectiva destinada a la producción es de 214 ha, **el área total de ocupación del DPMT para el proyecto es de 290 ha**, en la que se incorporará el sistema de señalización y balizamiento correspondiente.

El plano de localización del polígono se representa en la Figura 3, en la que se incluyen los límites de producción (V) y los límites del balizamiento (B).

En la Figura 4 se muestra todo lo anterior sobre la carta náutica del Instituto Hidrográfico de la Marina publicada en 1960.

En la Tabla 1 se indican las posiciones de los 7 puntos que delimitarán el área total de la concesión de polígono por medio del sistema de balizamiento que determine la Autoridad de Puertos del Estado.

Tabla 1. Coordenadas de los puntos que delimitan el espacio solicitado a ocupar, referidas a la carta náutica de la costa norte de España de Guetaria a Cabo Ogoño del Instituto Hidrográfico de la Marina (WGS84) publicada en 1960.

	Latitud (Norte)	Longitud (Oeste)
B1	43° 22,238'	2° 27,901'
B2	43° 21,903	2° 28,318'
B3	43° 20,911'	2° 27,501'
B4	43° 20,421'	2° 26,549'
B5	43° 20,384'	2° 26,174'
B6	43° 20,639'	2° 25,908'
B7	43° 21,113'	2° 27,059'

En la Tabla 2 se presentan las coordenadas de los 7 vértices productivos que se han determinado para delimitar la actividad en el interior del polígono según criterios técnicos y batimétricos (entre 30 y 45 metros de profundidad).

Tabla 2. Coordenadas de los vértices de producción dentro del polígono, referidos a la carta náutica de la costa norte de España de Guetaria a Cabo Ogoño del Instituto Hidrográfico de la Marina publicada en 1960.

	Latitud (Norte)	Longitud (Oeste)
V1	43° 22,147'	2° 27,919'
V2	43° 21,894'	2° 28,223'
V3	43° 20,949'	2° 27,449'
V4	43° 20,472'	2° 26,524'
V5	43° 20,444'	2° 26,209'
V6	43° 20,623'	2° 26,015'
V7	43° 20,066'	2° 27,098'

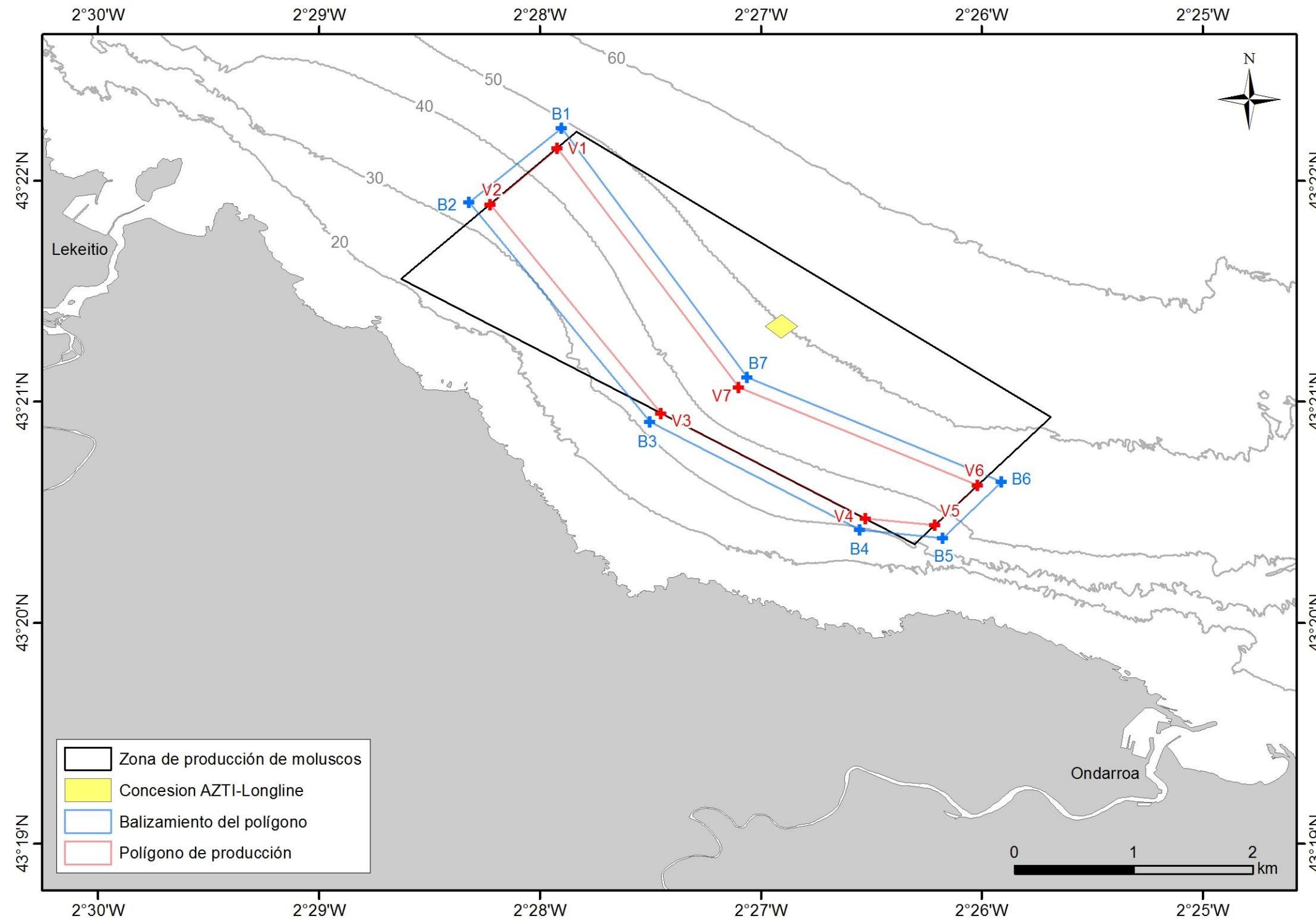


Figura 3. Posicionamiento escalado. La línea de color azul indica el límite del espacio de concesión a ocupar por el polígono de 290 ha. La línea de color rojo indica el límite para el área productiva interior de 214 ha. La línea de color negro indica la Zona de Interés del Gobierno Vasco para la Producción de Moluscos Bivalvos (Rodríguez *et al.*, 2014). Los límites operativos del polígono (en rojo) se sitúan en paralelo a las batimétricas de 30 y 42 m de profundidad. El cuadrado pequeño de color amarillo indica la instalación experimental (Código de balizamiento: BI.21.00; Nombre de balizamiento: AZTI - LONGLINE EXPERIMENTAL; Registrado por INSTITUTO HIDROGRÁFICO DE LA MARINA) que actualmente ya se encuentra en la zona y que sirve para pruebas de investigación sobre moluscos bivalvos.

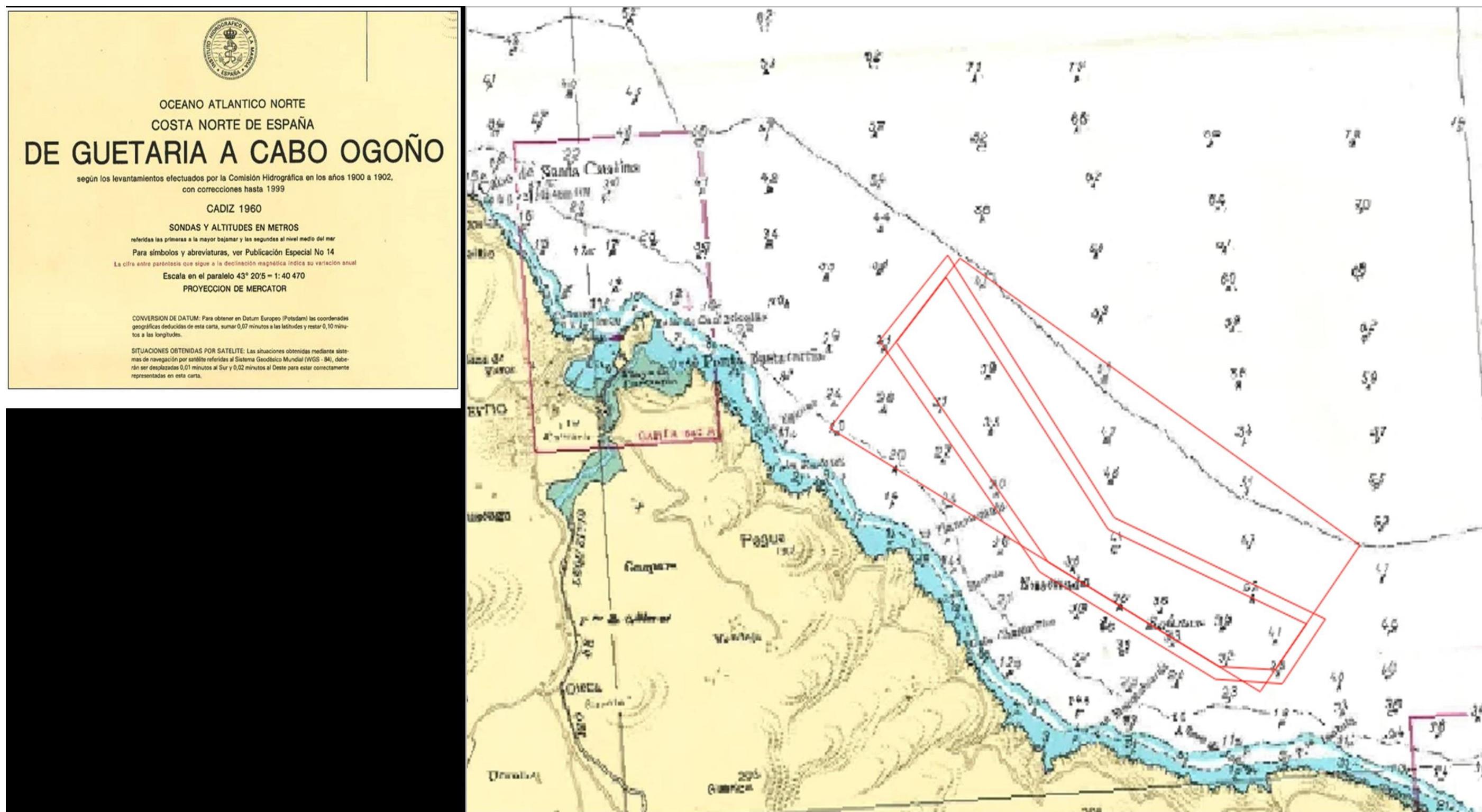


Figura 4. Puntos de la zona de balizamiento (B1, B2, B3, B4, B5, B6, B7) trazados sobre la carta náutica de la costa norte de España de Guetaria a Cabo Ogoño publicada por el Instituto Hidrográfico de la Marina en 1960. A título informativo se ha dibujado la zona normativa de Producción de Moluscos del Gobierno Vasco (P. Norte, P. Este, P. Sur, P. Oeste) (Rodríguez *et al.*, 2014) y los puntos (V1, V2, V3, V\$, V5, V6, V7) que delimitan la producción interior entre los 30 y 42 m de profundidad. El cuadrado sombreado es la zona de pruebas de Mendexa actualmente en funcionamiento y cuyo sistema de señalización es gestionado por AZTI.

4.2.2 Características de las instalaciones y obras

La delimitación del polígono de acuicultura en la zona de interés estratégico para la actividad de moluscos bivalvos y de otras especies de invertebrados de interés, en el tramo Ondarroa-Lekeitio, así como las parcelas de producción (unidad de establecimiento útil o unidad productiva mínima) se presentan en la Figura 5.

Las características principales del polígono propuesto son:

- **Nº de hectáreas netas:** 290 ha
- **Nº de hectáreas destinadas a producción y zonas de laboreo:** 214 ha
- **Nº de hectáreas destinadas a elementos comunes:** 76 ha
- **Nº de establecimientos productivos:** 52
- **Tipo de establecimientos:** sistemas *longline*.
- **Especies cultivables:** moluscos bivalvos (y otras especies de invertebrados).
- **Producción promedio/hectárea estimada:** 40 Toneladas
- **Producción máxima/hectárea estimada:** 60 Toneladas
- **Producción promedio del polígono estimada:** 2.080 Toneladas
- **Producción máxima del polígono estimada:** 3.120 Toneladas

A los efectos de ordenación interior del presente polígono (en las condiciones del cultivo extensivo y para las especies definidas), se fija que sea de, aproximadamente, 1 ha (10.000 m^2) la dimensión de parcela asociada a la unidad de establecimiento útil o unidad productiva mínima. Cada una de ellas se regulará bajo el supuesto de producción promedio de 40 T y máximo de 60 T de moluscos-bivalvos.

La implantación de cualquier establecimiento o unidades de producción dentro de dichas parcelas requerirá de la preceptiva autorización administrativa de la Dirección de Pesca y Acuicultura del Gobierno Vasco, conforme a la legislación vigente. Podrán ser objeto de otorgamiento y autorización administrativa de actividad una, varias o la totalidad de las parcelas que integren el polígono.

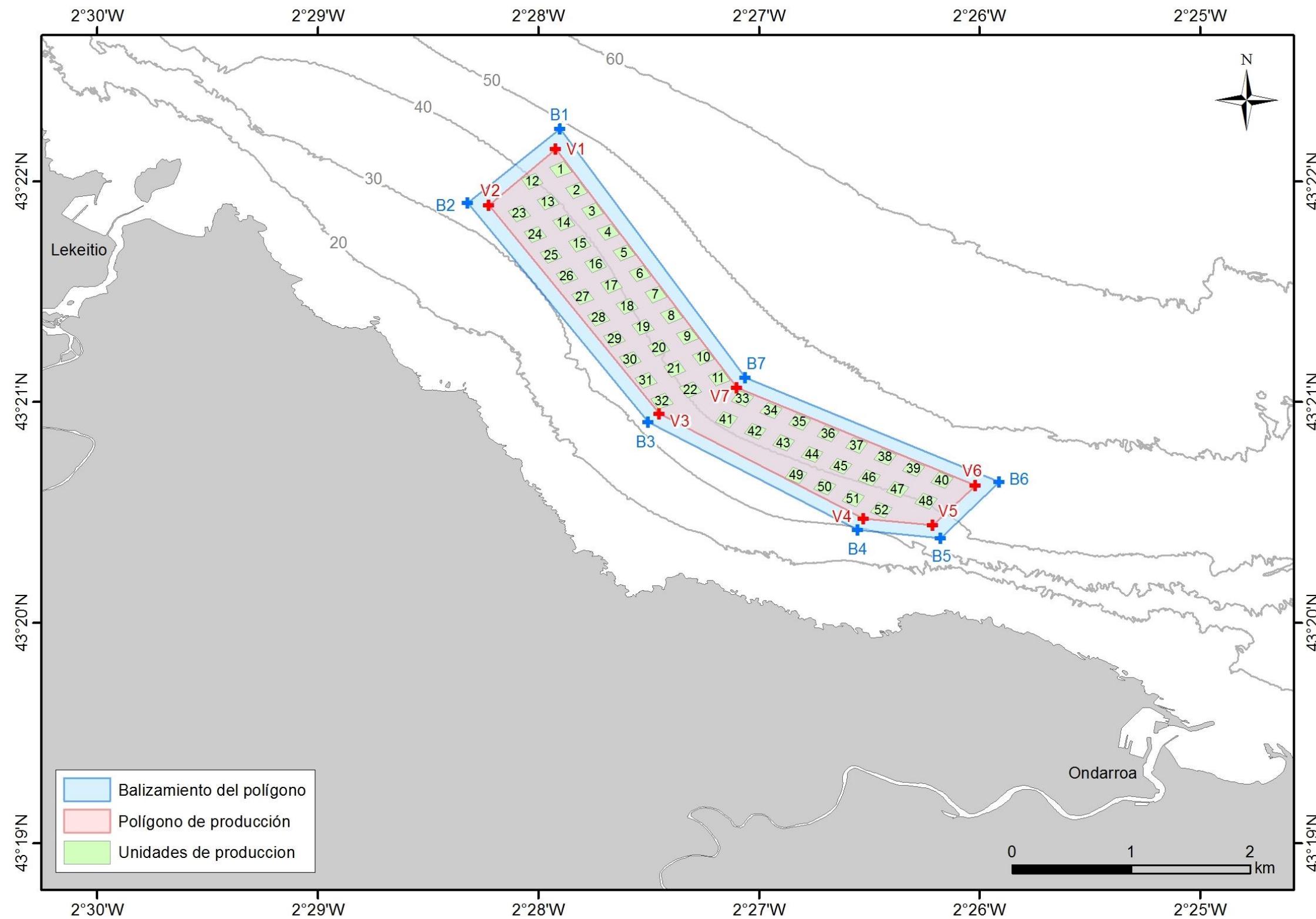


Figura 5. Características del polígono propuesto y del parcelamiento interior para el tramo litoral entre Ondarroa-Lekeitio. Se representan las características delimitadoras; la línea azul representa el perímetro del área neta de la concesión a solicitar (290 ha); la línea roja representa el perímetro de producción y laboreo (214 ha). En cuanto a las características de uso, el área en azul representa el área de elementos comunes; el área en rosa representa el área destinada a producción y laboreo; el área en verde representa de forma aproximada las unidades de producción.

El polígono propuesto estará dividido en:

- **Parcelas productivas** destinadas a la implantación de establecimientos o unidades para la producción biológica de acuicultura, incluida la superficie libre accesoria al mismo, siempre que no se dificulten los accesos a la parcela.
- **Elementos comunes** o de naturaleza comunal del conjunto del polígono, siendo estos los espacios comunes para la óptima accesibilidad a las parcelas del polígono, al propio polígono, sus elementos de señalización, monitorización y/o balizamiento.

La ordenación detallada de la Zona de Interés Estratégico para la Acuicultura del tramo entre Ondarroa y Lekeitio y su gestión ulterior, comprenderá un programa medioambiental y sanitario, para el control y cumplimiento de los aspectos sobre capacidad productiva, normas especiales, autorizaciones y sanciones. Todo ello, a fin de lograr un correcto funcionamiento del polígono en conformidad a los requerimientos establecidos por:

- (i) la Ley 2/2013, sobre protección y uso sostenible del litoral,
- (ii) la Ley 6/1998 de Pesca Marítima del País Vasco, y
- (iii) los Reglamentos Europeos (CE) 852 y 854/2004 (y normativa relacionada) sobre controles oficiales relativos a la producción y comercialización de moluscos bivalvos (y las normativas aplicables en el caso que la producción sea ampliada en el futuro a otras especies).

La implantación a posteriori de cualquier establecimiento o unidad productiva dentro del polígono, requerirá de la autorización del Gobierno Vasco. Dada la reserva al sector público de la actividad de los cultivos marinos, por su interés general y en conformidad con las disposiciones de la Ley 6/1998 de Pesca Marítima, le corresponde a la Dirección de Pesca y Acuicultura del Gobierno Vasco, a través de su correspondiente Viceconsejería, la ordenación detallada del interior del polígono y su división y gestión de la actividad en parcelas.

La adjudicación de parcelas resultantes del polígono a beneficiarios será en proporción a sus respectivos derechos derivados del procedimiento de autorización o concesión concursal que en su caso regulará la Vice-consejería de Agricultura, Pesca y Política Alimentaria del Gobierno Vasco. Las empresas una vez obtenido el permiso de instalación del gobierno vasco solicitarán la concesión del espacio del DPMT al Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

La obtención de la concesión generará la ejecución de los elementos comunes (infraestructuras e instalación de señalización y balizamientos) del polígono, así como los mecanismos de gestión conjunta (tanto pública como privada) para garantizar el inicio de su funcionamiento, bajo las condiciones establecidas en el título administrativo que otorgue el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. La Vice-consejería de Agricultura, Pesca y Política Alimentaria del Gobierno Vasco, a través de la Dirección de Pesca y Acuicultura, velará por la correcta ejecución de los mismos y su consecuente gestión en coordinación con dicho Ministerio.

4.2.2.1 *Parcelas productivas*

El tipo de establecimiento o unidad de producción a instalar dentro del área del polígono objeto de la presente solicitud, se tratará de **sistemas sumergidos** exclusivamente. Las instalaciones sumergidas deberán presentar alta resistencia a las condiciones meteorológicas adversas, estando diseñadas para operar parcial o totalmente sumergidas el 100% del tiempo. Estas instalaciones podrán disponer de sistemas para aumentar la flotabilidad y subirlas a superficie para operaciones de mantenimiento, sembrado, clasificaciones o cosechas.

El tipo de establecimiento o unidad de producción a instalar dentro del presente polígono se detalla sintéticamente en las Figura 6 y Figura 7. Se basarán en el concepto de **sistemas longline** adaptados a las condiciones de la costa vasca. El sistema básico constará de cuerdas suspendidas mediante boyas, de las cuales colgarán cabos biodegradables de cultivo dedicados a la producción de las especies autóctonas de moluscos bivalvos y equinodermos, principalmente.

Más específicamente, los sistemas propuestos dispondrán de:

- Cuerdas de engorde de moluscos
 - En la unidad de producción, las cuerdas de captación y engorde se unirán al emparrillado por medio de la rabiza (cabo corto y delgado unido por un extremo a la cuerda de engorde, para facilitar su manejo o sujeción a la unidad de producción), debiendo esta diferenciarse claramente de la cuerda de engorde y mantenerse limpia de ejemplares salvajes.
 - La cuerda de engorde tendrá libre uno de sus extremos. No obstante, a fin de favorecer la operatividad, la homogeneidad del producto y mejorar su calidad, podrá realizarse chicoteo o técnica de línea continua, consistente en sujetar al emparrillado de la unidad de producción el extremo libre de las cuerdas de engorde.

- Fondeo de las líneas de cultivo

Las líneas de cultivo podrán ser sencillas, dobles, múltiples o contener nasas, pudiéndose instalar entre aguas. A su vez, los sistemas podrán constar de uno o dos niveles de cultivo en la misma columna de agua. No obstante, a fin de favorecer la homogeneidad del producto, podrá realizarse captación natural en superficie, durante los meses de semillado. En cualquier caso, el área ocupada por las líneas estará señalizada mediante un mínimo de cuatro boyas situadas en los vértices del área.

Todos los grupos de líneas y cuerdas deberán estar sustentados por boyas y, en sus cabeceras, fondeados mediante muertos que pueden ser bloques de hormigón armado o anclas convencionales. Las boyas que se encarguen de mantener el sistema a flote podrán ser, preferentemente, de dos tipos (o equivalente que demuestre una capacidad semejante):

- (i) las situadas en las cabeceras de las líneas (que podrán ser de materiales en polietileno o acero) con volumen útil aproximado a 2.000 l y
- (ii) las intermedias (que podrán ser de materiales en polietileno y presión en llenado superior a 2 kg) con volumen útil aproximado de 200 l.

Cada tipo de establecimiento o unidad de producción tal y como se ha contemplado en este documento ocupará, aproximadamente, zonas de 100 x 100 m (es decir, 1 ha) de superficie útil productiva en orden de magnitud. Aun así, debido a la diversidad de sistemas longline existentes en el mercado cada instalación específica tendrá una disposición de elementos característica, que deberá ser adecuadamente descrita en el correspondiente proyecto constructivo. Dicha disposición de elementos tanto en cuanto a su ocupación máxima en fondo como en superficie, debe respetar en cualquier caso la disposición de elementos comunes y ocupación del dominio público descritas en este documento.

Del mismo modo la producción promedio y máxima de cada unidad deberá estar dentro de los límites establecidos.

En este sentido, el volumen de producción estimado por cada establecimiento dependerá de las especies definidas (**mejillón, ostra**, etc.). Inicialmente, se establece un promedio productivo de 40 T y un máximo, estimado, de 60 T por cada unidad productiva/año, equivalente aproximadamente a 1 ha de ocupación espacial (y considerando la incertidumbre del desprendimiento productivo).

Sobre el **funcionamiento de las unidades de producción dentro del polígono** se establece que todo establecimiento (o unidad de producción) dentro del polígono deberá gestionar de manera eficiente los aspectos ambientales de su instalación, incluyendo en el sistema de gestión la identificación de medidas para el correcto control y reducción de posibles impactos o riesgos derivados de su propia actividad.

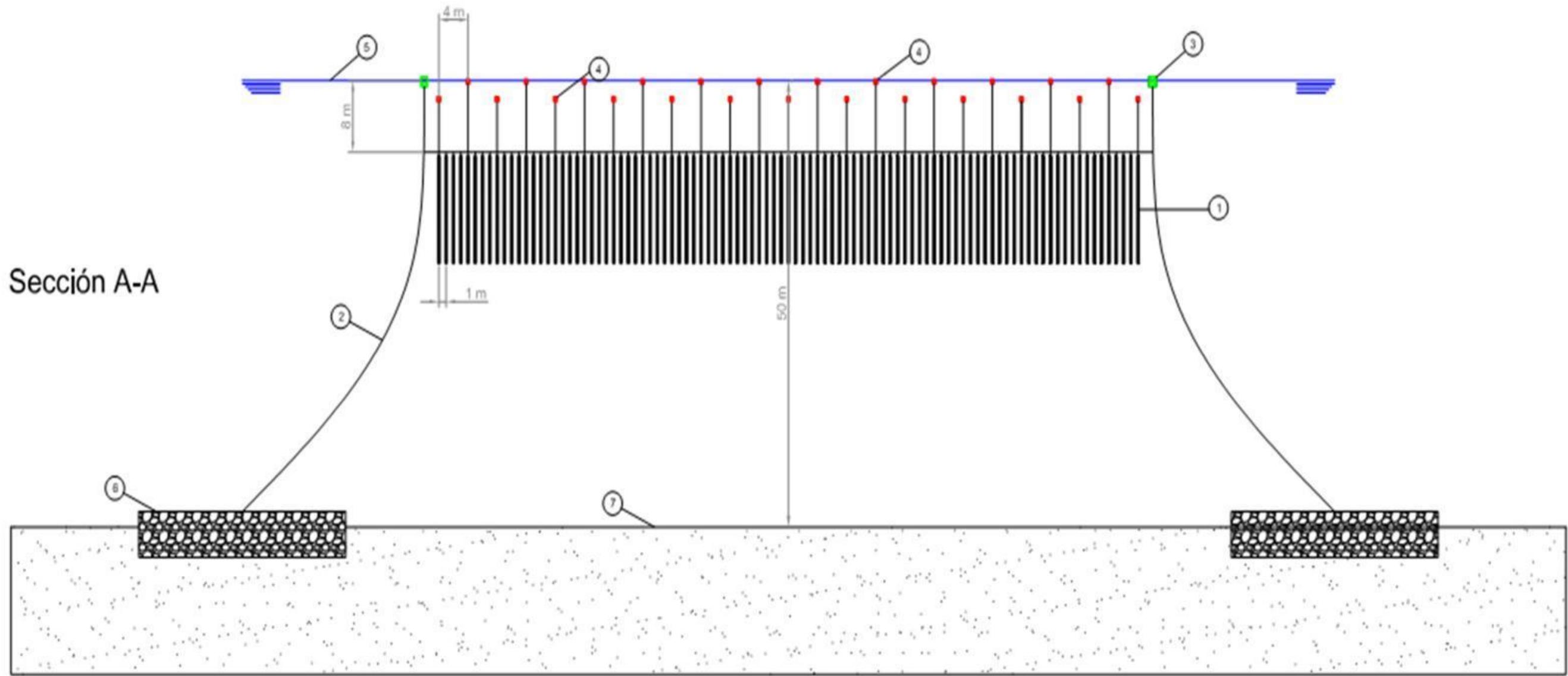


Figura 6. Croquis descriptivo de la unidad de producción en perfil: Sistema *longline* modelo permitido a instalar dentro del polígono. Versión en alzado de la disposición del entramado y sus fondeos (en este caso, formato de muerto de hormigón). La extensión máxima productiva del sistema no podrá sobrepasar 1 ha por parcela. Cada parcela podrá contener hasta un máximo de 3 unidades *longline*. El concepto es general, si bien solo se aceptarían cambios menores. Se incluye con números la ubicación de: (1.) las cuerdas productoras, (2.) línea de fondeo, (3.) boyas de cabecera, (4.) boyas intermedias con opciones, (5.) la línea de nivel de agua, (6.) los fondeos y (7.) el fondo marino.

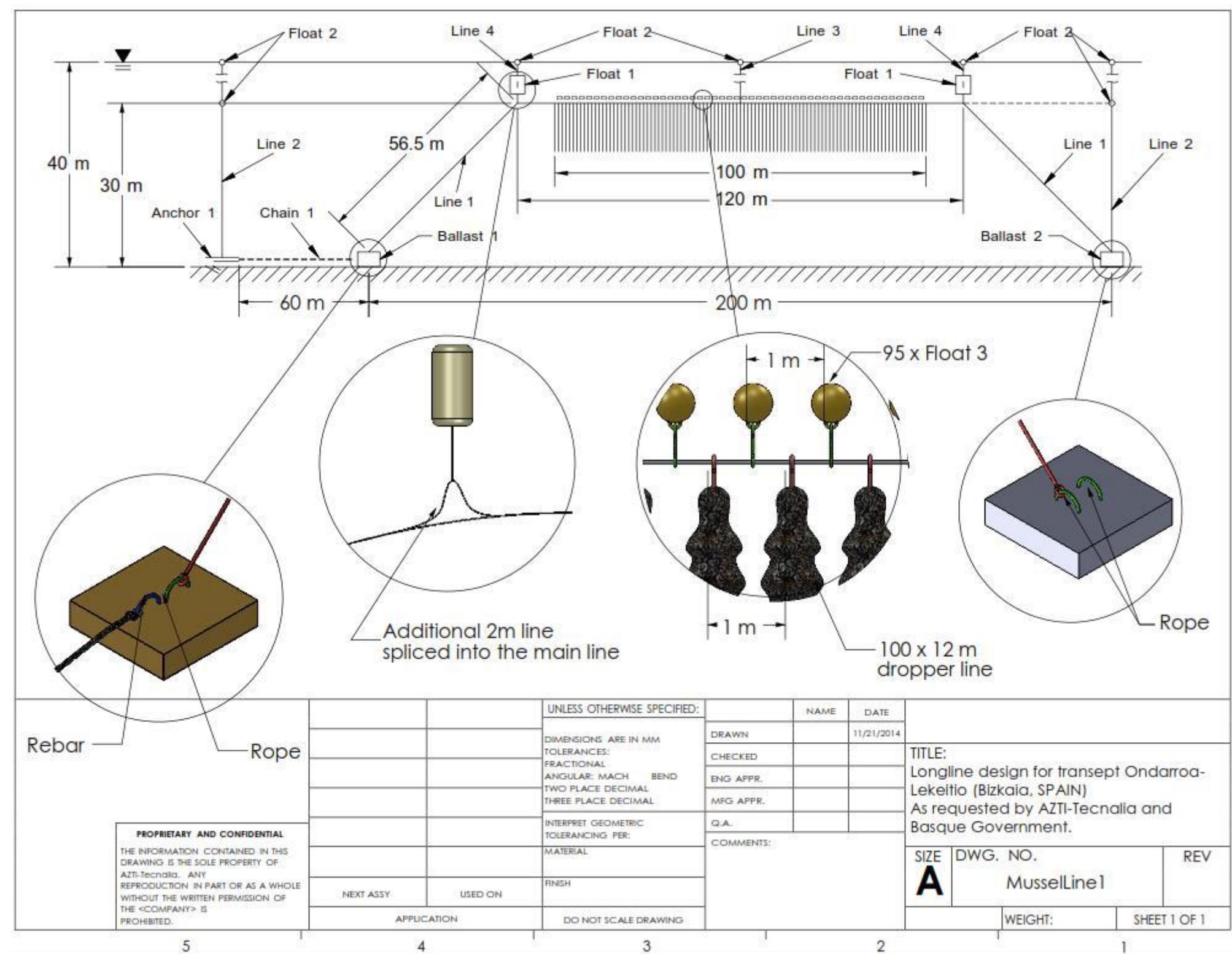


Figura 7. Croquis de diferentes elementos constructivos de la unidad de producción. Versión a mayor detalle (en alzado) de los componentes, disposición y medidas del sistema *longline* sumergido idóneo para el polígono del tramo litoral Ondarroa-Lekeitio (Bizkaia, SPAIN). La dimensión máxima del sistema y sus fondeos no podrá sobrepasar 1 ha de ocupación del espacio. En este caso, los fondeos comparten ancla y hormigón. Si bien en esta fase los detalles de la ingeniería son orientativos y serán objeto de evaluación.

4.2.2.2 Elementos comunes

El polígono contará con los siguientes elementos comunes mínimos:

- **Espacios intersticiales comunes** para la óptima accesibilidad a las parcelas del polígono: estos espacios se garantizan para la plena funcionalidad de los establecimientos, unidades de producción y/o actividad destinada a la acuicultura de las parcelas correspondientes.
- **Señalización y balizamiento del polígono:** los vértices del polígono quedan definidos por coordenadas y su señalización y balizamiento se realizará de acuerdo con la normativa estatal e internacional vigente en la materia. El beneficiario del polígono (Dirección de Pesca y Acuicultura) o en su caso la entidad pública o privada adjudicada para la gestión del mismo, será responsable de la instalación y mantenimiento de las citadas señalizaciones.
- **Vigilancia Ambiental del Polígono:** el polígono contará con una vigilancia ambiental única y común a todos los beneficiarios de los títulos de autorización o concesión.

4.2.3 Aproximación al cálculo de las solicitudes

AZTI ha colaborado con el Gobierno Vasco en la definición de los cálculos de los valores de los parámetros mínimos a tener en cuenta en la definición de las solicitudes a las que se vería sometida la unidad de producción para el polígono. Si bien los cálculos definitivos estarán sujetos a una evaluación más en detalle, una vez iniciadas las tramitaciones de parcelas interiores, en el correspondiente proyecto constructivo los cálculos actuales servirán como referencia para las adjudicaciones. La viabilidad de estos cálculos en las aguas del emplazamiento solicitado ha sido validada por AZTI durante 3 años.

Se considera imprescindible en cualquier proyecto constructivo que se presente el estudio de las fuerzas actuantes sobre las estructuras: viento, corrientes y la generada por olas.

El viento considerado propuesto es el de una situación de Beaufort 10 (55 Nudos), la velocidad de corriente considerada en dicho cálculo será de $1,50 \text{ m s}^{-1}$ y la altura de ola de 9,5 m con un período de 16 s. No obstante, pueden ser admitidas variaciones en dichas solicitudes, siempre y cuando queden debidamente justificadas con información y metodologías adecuadas.

En base a estos parámetros de cálculo se predimensionarán los elementos de fondeo de la estructura. Los cálculos se realizan para el supuesto de que la instalación esté a plena carga, es decir, con todas las cuerdas de producción al máximo teórico de su capacidad, ya que ésta es claramente la situación más desfavorable.

4.2.4 Señalización y fondeo

El área del polígono que englobará a todos los sistemas *longline* (para el caso del cultivo de bivalvos; si bien en el futuro podría sustituirse por otros sistemas, en el caso de que el cultivo se amplie a otras especies de invertebrados de interés) y sus parcelas se señalizará y balizará de acuerdo a las recomendaciones de la IALA-AISM 2010 (http://www.puertos.es/sites/default/files/pdfs/iala-mbs_2010_en.pdf) y cumpliendo en cualquier caso con las indicaciones que se reciban desde la Capitanía Marítima de Bilbao. Para ello se realizarán los oportunos contactos y reuniones de trabajo que se estimen necesarias con los técnicos de dicha Capitanía.

A tal fin, ya se ha tramitado la autorización de balizamiento provisional, zona restringida y zona de exclusión al fondeo con la Autoridad de Puertos del Estado.

En cualquier caso, la instalación se balizará de acuerdo a las normas del RD 1835/1983, de 25 de mayo, por el que se adopta el sistema de la Asociación Internacional de Señalización Marítima para las costas españolas, teniendo en cuenta lo previsto en el art. 85 de la Ley 48/2003, de 26 de Noviembre, según queda modificado por el artículo segundo de la Ley 33/2010, de 5 de agosto.

4.2.5 Gestión de riesgos, seguridad y actuaciones previstas

Dado el carácter de explotación acuícola del presente polígono, la Dirección de Pesca y Acuicultura, a través de sus propias herramientas, servicios y competencias realizará el seguimiento en continuo de todas las características relacionadas con la correcta gestión de la actividad, la integridad de las infraestructuras comunes (balizamiento y señalización), así como la supervisión del cumplimiento de las normas de responsabilidad civil, el control de la zona de producción y aspectos ambientales, conforme a la legislación vigente.

A tal fin, la Dirección de Pesca y Acuicultura, pondrá a disposición del polígono y su instalación:

- (i) un programa de vigilancia ambiental y de control de la zona de producción ;
y

- (ii) un equipo con embarcación e instrumentación operativa para llevar a cabo labores de inspección de polígono y/o apoyo a situaciones de contingencia.

De esta manera, se velara por:

- (i) la correcta gestión operativa y productiva del polígono y
- (ii) la seguridad y control de riesgos a la navegación durante la vida de la concesión de ocupación.

A tal efecto, se ha elaborado un Plan de Contingencia que servirá para coordinar entre los equipos de Dirección de Pesca y Acuicultura del Gobierno Vasco y la Administración Marítima, las actuaciones que se correspondan en materia de seguridad marítima. El equipo designado por el Gobierno Vasco se comprometerá a:

- (i) inspeccionar posibles incidencias en sistemas y/o elementos comunes (señalización, balizas, etc.);
- (ii) desarrollar acciones de vigilancia, corrección, y/o prevención de vertidos, materiales o contaminación al mar y;
- (iii) reportar incidencias y comunicarse con las autoridades competentes cuando sea requerido.

La Dirección de Pesca y Acuicultura se comunicará con la Capitanía Marítima durante y después de cualquier instalación de sistemas. Por su parte, esta Dirección también supervisará:

- (i) la correcta contratación de seguros de responsabilidad civil por parte de los adjudicatarios de parcelas interiores, para garantizar coberturas de daños propios y a terceros;
- (ii) el sistema de autorizaciones y sanciones y
- (iii) las condiciones para la subrogación y/o cesión de actividades.

4.2.6 Fabricación, traslado y montaje de estructuras y sistemas de fondeo

Una vez resuelta y otorgada la presente concesión del DPMT a la Dirección de Pesca y Acuicultura del Gobierno Vasco, la adquisición, montaje e instalación de los sistemas de señalización y balizamiento para la delimitación del área de polígono correrá a cargo de la Dirección de Pesca y Acuicultura. Todo ello podría realizarse a través de una subcontratación concursal a una empresa del sector marítimo. En este sentido,

existe un amplio número de empresas (locales y nacionales) con experiencia en la fabricación e instalación de balizamientos marinos para el Cantábrico.

Por su parte, el Gobierno Vasco también dispone de embarcaciones propias ligada al Servicio de Inspección Pesquera (Figura 8), como posible elemento supervisor y coordinador para medidas de control y seguimiento del funcionamiento del polígono en la jurisdicción de aguas interiores.



Figura 8. Embarcación "Garbi" de Inspección Pesquera del Gobierno Vasco.

En lo referido a la fabricación, montaje e instalación de sistemas *longline* a ubicar en parcelas, la Dirección de Pesca y Acuicultura supervisará las autorizaciones y actuaciones de instalación, cuya responsabilidad recaerán en último término sobre los promotores adjudicatarios de parcelas. Para una correcta coordinación y registro de la actividad cada autorización del Gobierno Vasco será informada a las autoridades competentes en materia de gestión del DPMT (Capitanía Marítima, Demarcación de Costas, Puertos del Estado y Dirección de Puertos del Gobierno Vasco, principalmente).

Las actuaciones de instalación de sistemas *longline* serán supervisadas por los técnicos del Gobierno Vasco o expertos acreditados en ingeniería marina a fin de vigilar el correcto cumplimiento de las características definidas en el modelo básico instalable de sistema de producción (ver Figura 6 y Figura 7).

La fabricación de los sistemas de producción correrá a cargo de cada promotor y/o de sus proveedores asociados. El montaje de estructuras y/o componentes se realizará también en las instalaciones de cada promotor o proveedor. A continuación, los materiales podrán ser transportados (en camión o en barco) para su despliegue inmediato desde puerto pesquero. En el caso del presente proyecto, se define Ondarroa como puerto base, sobre el cual se solicitarán los permisos oportunos para la

ejecución de las labores previas (carga y descarga, preparación de amarres, barco operativo para fondeos, etc.) a los despliegues marinos en el polígono de Mendexa.

4.2.7 Sistema de producción y operativa de trabajo

En esta sección se describe de una manera detallada la información sobre los sistemas artesanales *longline* (considerados en esta fase inicial como los más adecuados para el cultivo de bivalvos, si bien en el futuro podría adaptarse a las necesidades de otras especies de invertebrados), las etapas del proceso de cultivo para la producción de las especies objetivo y la identificación de las herramientas operativas a utilizar durante los procesos de producción.

4.2.7.1 Sistema *longline*

El *longline* sumergido es un sistema de cultivo en suspensión con origen conceptual en el palangre utilizado para la pesca y los sistemas de cultivo flotante tipo batea. Al sobredimensionar las medidas de las boyas y los cabos utilizados en las actividades de la pesca, al *longline* de cultivo se le confirió la capacidad suficiente para soportar el peso de cuerdas que contienen diferentes especies de moluscos. Estos sistemas son sencillos, artesanales y biodegradables, si bien requieren de unos buenos cálculos previos. En este sentido, las nuevas tecnologías plásticas y textiles y la experiencia adquirida en los últimos años hacen posible instalar ahora estos sistemas de cultivo sumergidos en áreas expuestas con mínimo impacto sobre el medio (Figura 9).

En términos generales, el sistema *longline* que se propone como modelo es una estructura de cultivo en suspensión, que dispone de una línea madre sumergida, a 10-12 m de profundidad, al que se le atan:

- (i) boyas que permiten la flotabilidad neutra de la estructura bajo el agua y
- (ii) cuerdas que engordan especies de moluscos-bivalvos.

La línea madre comienza en una boyá de superior tamaño (boyá de cabecera) que se mantiene firme en el fondo marino a través de un muerto principal tipo ancla u hormigón, cuyo peso es calculado en base a la carga, la profundidad y las condiciones oceanográficas del lugar donde se proponga instalar. Entre los fondeos principales y las boyas de cabecera se colocan entre uno y tres contrapesos de tensión para permitir mantener siempre la línea principal tensa (tanto cargada como vacía, tanto con marea baja como con marea alta). Las boyas de cabecera son el enlace entre el muerto y el tiro que origina la carga y la flotabilidad de todo el sistema. Las diferencias de flotabilidad entre el *longline* vacío o a plena carga se van compensando mediante la

agregación de pequeñas boyas, que además de mantener las cargas de cada cuerda, añaden rangos de seguridad del 33% adicional a la integridad y flotación total del sistema. Las cuerdas o los sistemas de cultivo (según especie) se cuelgan de la línea madre, según corresponde. Las cargas son siempre previstas en base a las densidades de molusco y los crecimientos estimados de cada zona.

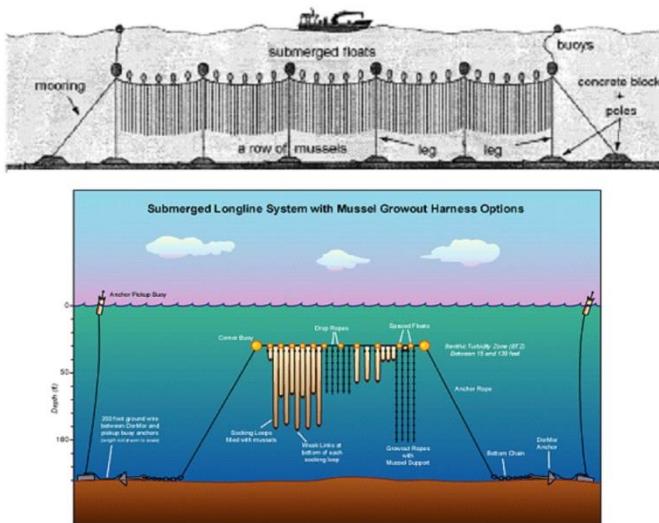


Figura 9. Arriba: *Longline* antiguo; Esquema en B/N de un sistema de 1996 de Languedoc-Roussillon (Francia). Abajo: *Longline* actual; Esquema en color de un sistema *longline* de 2013 de Boston (EEUU).

4.2.7.2 Procedimientos de cultivo de bivalvos

Los 4 procedimientos generales a considerar en la presente solicitud son:

- (i) obtención de semilla;
- (ii) encordado o encajado de semillas;
- (iii) desdobles; y
- (iv) cosecha de mejillón (u otras especies de bivalvos)

Obtención de semilla

Existen varios modos de captación de semilla (o mejilla, en nuestro caso). Mediante obtención en los roquedos del litoral, mediante la fijación a colectores y/o a la propia estructura de *longline*, o bien mediante compra a criaderos (Figura 10). En el presente proyecto se captará semilla natural de mejillón existente en la zona y se obtendrán semillas de ostra de centros de la Unión Europea de expedición certificada. En regiones como Galicia se han observado dos períodos claros de reproducción del mejillón, uno

en primavera y otro en otoño. En Andalucía se observan puestas a lo largo de todo el año, aunque la puesta más abundante se produce en primavera, por lo que durante el verano suelen tener lugar fijaciones masivas de mejillón a las cuerdas de las bateas. En el País Vasco el ciclo reproductor del mejillón (*M. galloprovincialis*) también ha sido estudiado durante los últimos años, registrándose puestas e implantación de semilla entre los meses de abril y octubre.



Figura 10. De izquierda a derecha y de arriba abajo, fotografías de (i.) semillas de mejillón compradas; (ii.) captador de semilla de mejillón; (iii.) detalle de tamaño de la mejilla; cuerdas de polipropileno captadoras de semilla (modelos Canadá y Nueva Zelanda); (iv.) semillas de ostra compradas a *hatchery* certificada de la UE.

En el País Vasco existe mejillón maduro durante varios meses pero la puesta de mayor intensidad ocurre especialmente entre abril y junio (Azpeitia *et al.*, 2016), muy parecido a lo que ocurre en Galicia (Cáceres- Martínez *et al.*, 1993; Villalba, 1993; 1995). También se han identificado puestas de menor importancia durante el otoño (Andreu 1958, 1965, 1968; Aguirre, 1979; Mariño *et al.*, 1982). En cualquier caso, aunque las poblaciones de mejillón se encuentran bien distribuidas a lo largo de gran parte de las zonas estuáricas y costeras del Cantábrico, existen evidencias de que la fuente de semilla autóctona podría no estar disponible todos los meses. La compra de semillas de molusco-bivalvo (mejillones u ostras) podrá ser autorizada por el Gobierno Vasco, siempre y cuando se disponga de la documentación correspondiente (certificados veterinarios en origen, identificación de centro de expedición

homologado, guías de transporte y documentos TRACE europeos), de acuerdo a la legislación vigente.

Encordado o encajado

La semilla puede fijarse de forma natural o artificial a las cuerdas. Si su fijación al colector (cuerda de polipropileno) no resulta homogénea, podría ser necesario retirarla y volverla a encordar manual o hidráulicamente. En la fase de encordado (Figura 11) se envolverá la mejilla sobre la cuerda por medio de una red de algodón biodegradable, que se acabará descomponiendo a los pocos días de su colocación en el agua (aunque con tiempo suficiente para que el mejillón haya quedado fijado sobre las cuerdas). En general, la labor del encordado de semilla se llevará a cabo de forma manual, para lo cual se dispondrá de cajones elevados (“carros”) con patas de altura aproximada al codo de la persona, y con un rodillo sobre el que se irá desplazando la cuerda.

La preparación de un encordado de semilla de ostra plana difiere muy poco del modo artesanal del mejillón. Se utilizan los mismos medios (cuerda, lastrado, carro artesanal, etc.) y las semillas de ostra (un poco más grandes) se van encolando una a una a las cuerdas de engorde o se introducen en pequeñas nasas para su crecimiento más holgado.

Con la mejilla dentro del cajón del carro se procederá a encordar comenzando por el extremo inferior de la cuerda, con la ayuda de un ovillo de red de malla especial para soportar el peso de la mejilla y posterior degradación. La red con la que se envolverá el mejillón recién encordado podrá ser de nylon o algodón, o con mezclas de estos materiales. La cuerda viene construida con una superficie porosa de pelos y/o rizos en poliéster, que trata de evitar el deslizamiento de la masa de mejillón encordada. Además, la cuerda de engorde puede incorporar unos travesaños de plástico (i.e., palillos) de aproximadamente 1,5 cm de diámetro y 24 cm de longitud que, a intervalos aproximados de 40 cm, se colocarán también en las partes de mayor densidad de la cuerda para evitar desplazamientos de carga.

Las cuerdas de cría (en poliéster poroso con pelos y/o rizos), dependiendo del sistema y ubicación, suelen medir de 7 a 12 m y tienen un diámetro de 2,5 cm. La cría de mejillón se colocará bien repartida sobre la cuerda, dejando algo de espacio sin cubrir (aproximadamente un 25%), para permitir un crecimiento homogéneo y evitar la competencia por el espacio entre individuos. En el caso de la ostra, las semillas en densidad conocida también se pueden meter en pequeñas nasas (con dimensión

aproximadas de 1 m alto x 1 m ancho) que se cuelgan de los *longlines* y se recogen cada cierto tiempo (Figura 11).

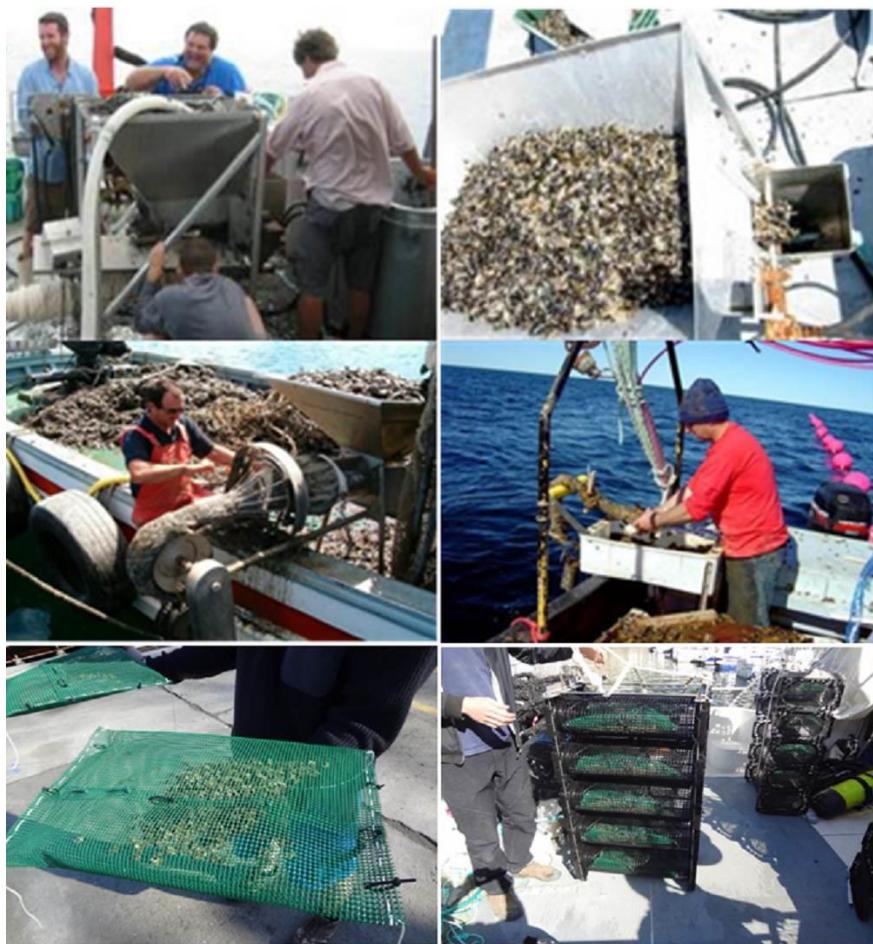


Figura 11. De izquierda a derecha; y de arriba abajo, fotografías de (i) procedimiento de encordado hidráulico; (ii) tolva de mejilla para encordar; (iii) operación de encordado durante desdobles; (iv) operación de encordado manual; (v) mallas de semilla de ostra; y (vi) nasas de semilla de ostra para crecimiento inicial.

Desdoble

Después de aproximadamente 4 o 5 meses (dependiendo de la productividad de la ubicación), si el mejillón o las ostras alcanzan una talla aproximada de 4,5-5,5 cm habría que desdoblar las cuerdas. En ese momento, las cuerdas, con un peso medio de 20-30, kg se sacan del mar y se desdoblan. Las épocas de desdoble son fundamentales para obtener una buena cosecha, lo que requiere de una buena programación de todo el proceso de cultivo. El desdoble consiste en despegar o sacar de las nasas el mejillón o las ostras, lavarlos y clasificarlos por tamaños para volverlo a encordar o encajar dejándoles el espacio suficiente para que pueda continuar su crecimiento hasta talla comercial, sin competir por el espacio. De esta forma, no sólo se reducirá la densidad de población, sino que se intentará que los tamaños de venta sean lo más

homogéneos posible. La operación de desdoble requiere sub-procesos de lavado, desgranado y clasificado; todos ellos, se realizarán mediante maquinaria específica (cepilladora, desgranadora, mesa clasificadora, etc.) de moluscos, que puede estar instalada en el propio barco o en alguna lonja pesquera (Figura 12).

El conjunto de maniobras de trabajo con las cuerdas, tanto en la fijación como en los desdobles o en las cosechas, se lleva a cabo desde un barco propio, provisto de grúa hidráulica y de cinta elevadora para subir las cuerdas o nasas de moluscos a la cubierta del barco. Una vez que se tienen los moluscos en la cubierta del barco, se procede a su limpieza y clasificación. Para ello se acopla una cuchara (o cesto de izado) a la grúa con la cual se recogerá el mejillón, que se encuentre sobre la cubierta, y se depositará en una tolva sobre la toldilla del barco. La tolva comunicará con la lavadora-desgranadora, la cual romperá las piñas y realizará un seleccionado previo de tamaños, ya que dispondrá de un sistema preliminar de selección de tamaños más o menos regulable, con limpieza intensa bajo chorro de agua continuo. La desgranadora descargará el mejillón sobre una parrilla cuya separación entre las varillas será equivalente al tamaño del mejillón que se desea encordar. Sobre la parrilla se moverá el mejillón (ya teóricamente desgranado) para seleccionar los diferentes tamaños (eliminando el más pequeño) de manera homogéneo. El mejillón clasificado por tamaños se volverá a encordar, utilizando de nuevo una malla biodegradable que evitará que éste se desprenda antes de que vuelva a fijar a la cuerda (Figura 12).

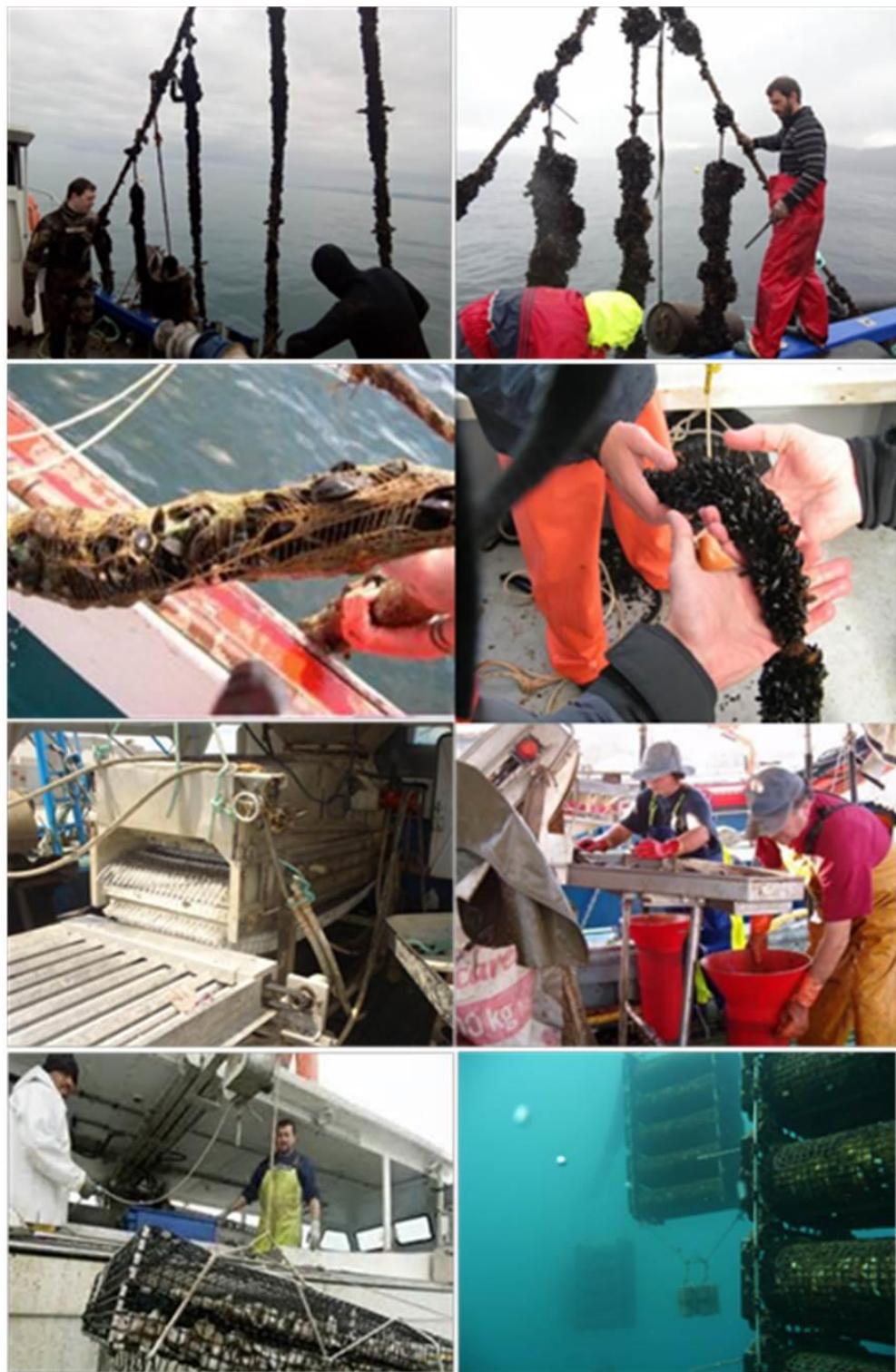


Figura 12. De izquierda a derecha; y de arriba abajo, fotografías de: (i) detalle de cuerda de captación y engorde de mejillón; (ii) detalle de cuerda de engorde con malla protectora de algodón; (iii) cuerda de captación con semillado previo desdoble; (iv) maquinaria cepilladora y desgranadora en barco; (v) ejemplo de operaciones artesanales de tamizado y clasificado de mejillón; (vi) izado de nácas de ostra y (vii) detalle de nácas de ostra debajo del agua.

Cosecha

Las cosechas se realizan apenas se alcanza el tamaño comercial referencia de mercado. Todo ello para evitar pérdidas por desprendimiento. De esta forma se intenta recoger la mayor parte de la cosecha en los meses favorables. El proceso de recolección se realiza tal y como se ha descrito para el desdoble, sólo que esta vez únicamente se vuelve a encordar el mejillón de tamaño inferior a la talla comercial. El resto, una vez lavado, desgranado y clasificado, se deposita en sacos de plástico o contenedores para su posterior traslado a centro de depuración o planta de transformación (Figura 13)

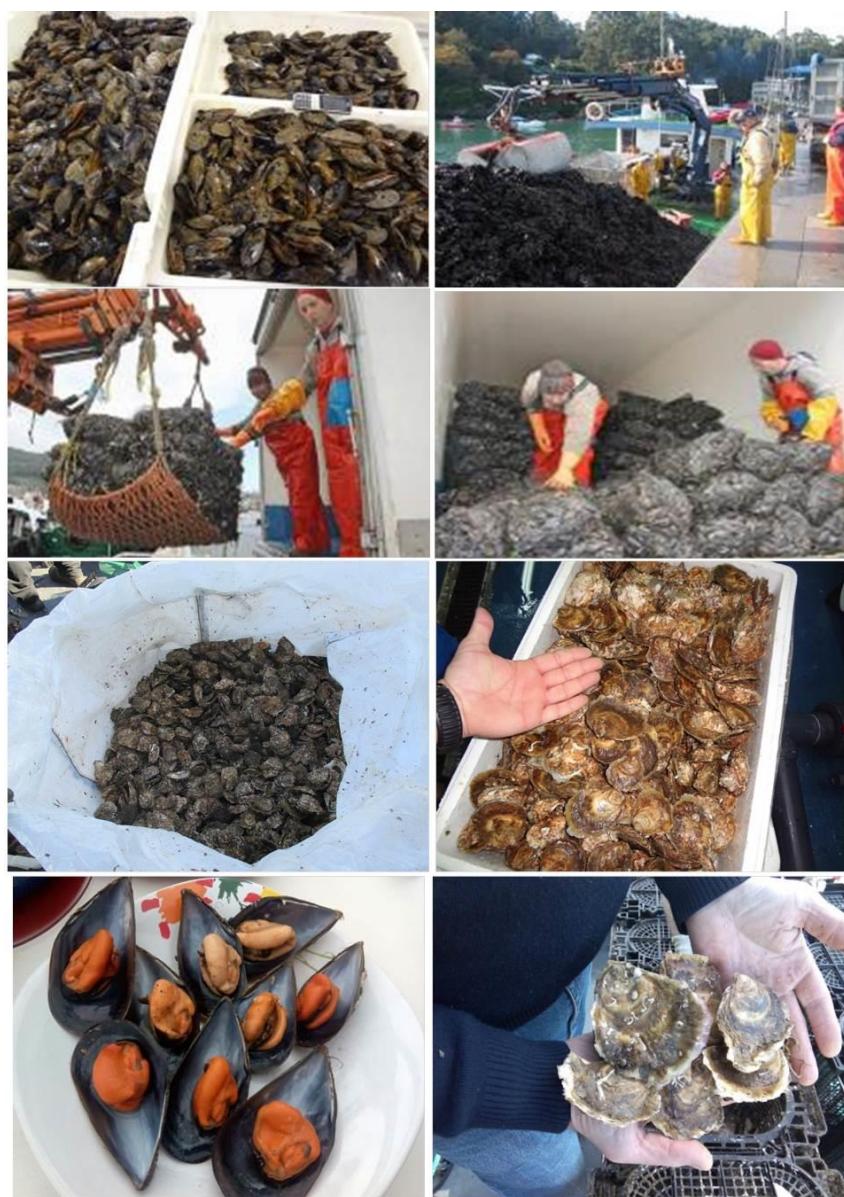


Figura 13. De izquierda a derecha y de arriba abajo, fotografías de: (i) cosecha de mejillón en talla comercial sin procesar; (ii) descarga en puerto de cosecha de mejillón comercial a granel; (iii) traspaso de mejillón comercial enmallado a camión de transporte; (iv) detalle de mallas de mejillón comercial post-cosecha; (v) saco con cosecha de ostra en talla comercial; (vi) detalle de caja de ostra en talla comercial; (vii) detalle de producto de mejillón; (viii) detalle de producto de ostra en talla comercial.

La ostra generalmente se cosecha a tallas superiores a los 75 mm de longitud de concha y un peso vivo de 70–100+ g. Por ejemplo, en Galicia, los mejillones de bateas se cosechan tras unos 16-17 meses desde su siembra inicial, cuando han alcanzado la talla comercial ideal de 7 a 8 cm. De los estudios del País Vasco se desprende que el mejillón en aguas del Cantábrico alcanza la talla comercial en 12-14 meses y la ostra en torno a 17 meses.

4.2.7.3 Herramientas operativas para el cultivo de bivalvos

También existen una serie de herramientas operativas que se requieren para el desarrollo de los procedimientos de producción mediante sistemas *longline* (Figura 14). Entre ellas, se utilizarán:

- (i) carro para encordar semilla;
- (ii) encordadora hidráulica;
- (iii) mesa de cribado;
- (iv) cesto y gancho para izados;
- (v) cepilladora-desgranadora;
- (vi) grúa y haladores, etc.

Dichos componentes, se encuentran instalados en el barco tipo que utilizará el productor (Figura 14). El barco siempre se caracterizará por ser de tipo artesanal, figurando en el catálogo de la lista pesquera. La embarcación tipo puede ser de acero o de aluminio con medidas variables (normalmente <12 m de eslora) y adaptada a las condiciones marítimas de la zona de trabajo. De manera sintética, la embarcación a usar dispondrá de espacio disponible para cosechas en cubierta, una grúa (con alcance hidráulico de 11,7 m y carga 1.550 kg; equipada con cabrestante hidráulico de arrastre), una cinta elevadora y unos *splits* (Figura 15) para mover el barco por encima del sistema *longline*, con maquinillas (Figura 15). Si bien la actividad propuesta refiere una novedad para su desarrollo en el Cantábrico, todos los procedimientos y herramientas se encuentran disponibles en el mercado comercial de la acuicultura y no existen riesgos tecnológicos.

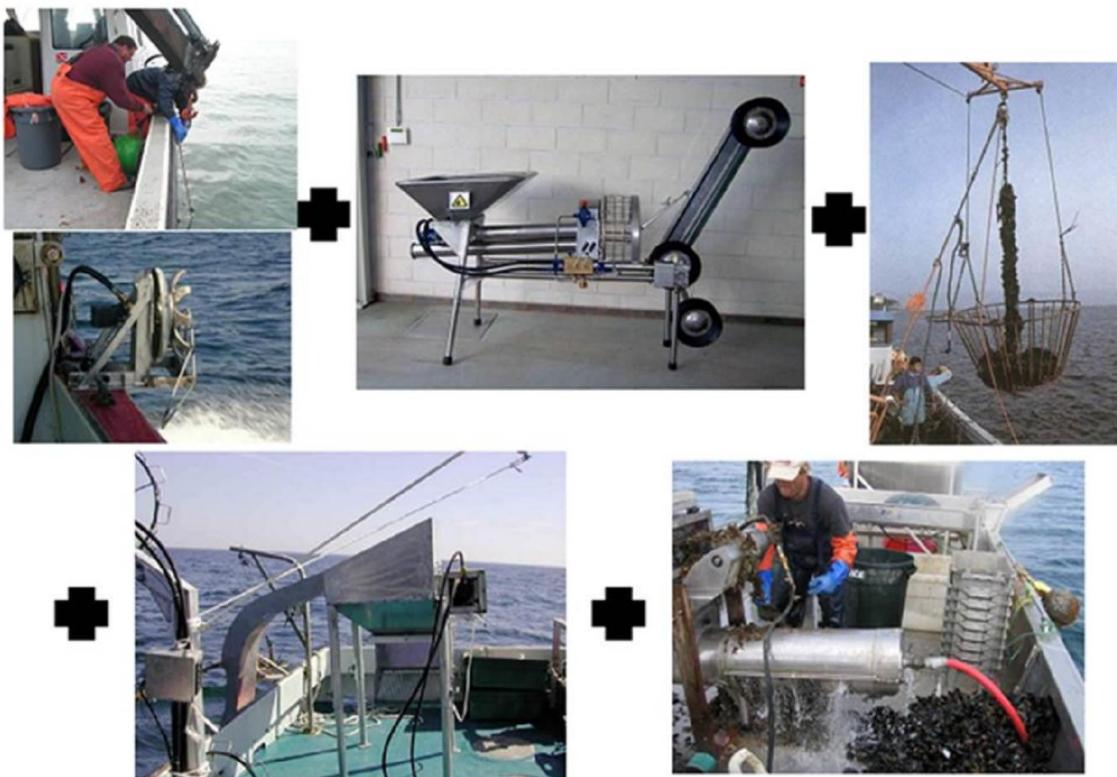


Figura 14. De izquierda a derecha y de arriba abajo, fotografías de herramientas típicas. (i) detalle de grúa para izados; (ii) halador para fijación a línea madre; (iii) encordadora; (iv) cesto (o cuchara) para izados; (v) vistas de cosechadora; (vi) formato de desgranadora y mesa de tamizado al fondo.



Figura 15. De izquierda a derecha y de arriba abajo, (i) detalle en planta de cubierta de barco para operaciones de *longline*; (ii) infografía de barco típico del sector mejillonero; (iii) gancho para izados de líneas madre; (iv) barco típico para operaciones de moluscos.

4.2.8 Ejemplos de especies a cultivar en las fases iniciales de desarrollo del polígono: mejillón y ostra

4.2.8.1 Origen geográfico

La principal especie a cultivar es el mejillón, *Mytilus galloprovincialis* (Lamarck, 1819), la cual ocupa también otras zonas de la cornisa cantábrica (Aguirre, 1979; Andreu 1958, 1965, 1968; Ogueta 1994; Mariño *et al.*, 1982; Azpeitia *et al.*, 2016); en las partes este y sureste del Golfo de Bizkaia convive con su especie afín *Mytilus edulis*, de más amplia distribución (Azpeitia *et al.*, 2016; Buck, 2007;). La taxonomía de estas dos especies se encuentra en revisión, siendo muy difícil la distinción entre ellas.

La ostra es una de las especies de bivalvos más cotizadas en las lonjas y mercados españoles y europeos (Robert 2013); pertenece a la familia de Ostreidae. Por norma general, se llama ostra a la ostra plana (*Ostrea edulis*), que es la especie autóctona de la costa norte y también con cierta tradición en el País Vasco. Por su parte, la ostra rizada (*Cassostrea gigas*) se considera especie invasora, que se ha asentado a lo largo de los años en la cornisa Cantábrica, así como en la fachada Francesa y Portugal, y que también genera una demanda importante en el mercado de Francia.

4.2.8.2 Descripción

El mejillón (*M. galloprovincialis*, Lamarck, 1819) pertenece a la Clase Bivalvos, subclase Anisomiarios, Orden Mitiláceos, Familia Mitílidos, subfamilia Mitilinos. Por su parte, la ostra es una especie de molusco de la Clase Bivalvos, Orden Ostreoida, Familia Ostreidae y géneros *Crassostrea* u *Ostrea* (Figura 16).

Morfológicamente, como el resto de moluscos bivalvos, carecen de esqueleto interno, y su cuerpo se halla encerrado en dos valvas unidas por ligamentos. El cuerpo está formado por dos lóbulos simétricos que envuelven la masa visceral, de la que sobresale el pie. Entre el manto y la masa visceral están situadas las branquias, que son las encargadas de la respiración y la captura del alimento por filtración del agua de mar.



Figura 16. Imagen de mejillón *Mytilus galloprovincialis* y ostra *Crassostrea gigas* (Lamarck, 1819).

4.2.8.3 Hábitat

El hábitat del mejillón se encuentra en la zona intermareal y submareal, pudiendo llegar hasta profundidades de más de 15 m. Son organismos de características gregarias y sedentarias que crean grandes colonias. De forma natural se encuentran recubriendo los sustratos rocosos formando agrupaciones muy compactas y fuertemente adheridas a las grietas.

La ostra salvaje vive como máximo a 80 m de profundidad. Suele encontrarse entre las rocas, unidas a estas, como si fuesen una parte más de la roca; también se encuentran bajo la arena. La ostra se encuentra ampliamente extendida por todo el Cántabro y el golfo de Vizcaya, si bien las poblaciones son residuales. Por zonas geográficas, donde más ostra se ha producido y donde ahora existen los principales criaderos de acuicultura son el océano Atlántico, el mar Mediterráneo y el mar Negro. En España la principal zona de tradición en bivalvos tipo ostra es la zona de Galicia. Aunque actualmente también se observa una demanda importante en el Mediterráneo español. La explotación de la ostra en el País Vasco, también conocida como “Belarri”, se daba inicialmente mediante captura de forma tradicional, pero también se llegaron a cultivar en varias ostreras de Bizkaia.

4.2.8.4 Óptimos metabólicos

El óptimo metabólico de estas especies se sitúa en torno a los 16 y 22°C de temperatura del agua de mar. Las condiciones de oxigenación requeridas son altas, mientras que la salinidad debe situarse por encima de 24.

4.2.8.5 Reproducción

El mejillón es un organismo sésil y filtrador que se alimenta de partículas de materia orgánica en suspensión y fitoplancton. La especie alcanza la madurez sexual cuando tiene entre cinco y ocho meses de edad (tamaño de concha entre 15 y 35 mm) y su fecundación se considera externa. El desarrollo larvario, dependiendo de factores endógenos y exógenos, dura entre tres semanas y tres meses (Widdows, 1991). El ciclo reproductivo del mejillón (*M. galloprovincialis*) en el País Vasco se ha estudiado desde 1994 en estudios de desarrollo de góndadas, gametos y reservas, que se realizaron en muestras de individuos de diferentes localidades de la costa de Bizkaia (Ogueta, 1994). De acuerdo a diversos estudios, en el País Vasco el mejillón presenta una puesta de mayor intensidad en primavera (Caceres-Martinez *et al.*, 1993; Villalba, 1993; 1995) y otra de menor importancia durante el otoño (Andreu, 1958; 1965; 1968; Aguirre, 1979; Mariño *et al.*, 1982). Por su parte, la fijación de los individuos larva al sustrato se puede producir en dos etapas: fase de predilección por sustratos filamentosos (algas,

hidroideos, etc.) y fase de fijación secundaria a sustrato definitivo (Bayne, 1976). El desarrollo de gametos en el mejillón está estrechamente ligado a factores ambientales que afectan a células adipogranulares y vesiculares del tejido conectivo (Bayne, 1976).

La reproducción de mejillón es todavía puramente salvaje y no se controla mediante criaderos.

Con respecto a la ostra, en lugares donde la semilla silvestre es abundante y segura, los ostricultores colocan colectores para asegurar su abastecimiento, prescindiendo de los criaderos, si bien lo más frecuente es obtenerla de criaderos certificados de la UE. En algunas partes de Francia la semilla todavía se obtiene a partir de la captura en el medio natural, utilizando distintos materiales de fijación (conchas de mejillón, tejas, etc.) suspendidos en líneas y balsas. Los reproductores de ostra para criaderos se obtienen de las instalaciones de producción de las propias unidades comerciales. Se desconoce el sexo de los adultos, por lo que se obtienen grupos de adultos a intervalos regulares desde el invierno hasta la época de desove natural. Se les mantiene individualmente en tanques de flujo continuo, provistos con algas cultivadas, agua de mar a 20–22 °C y una salinidad de 25–32. Durante los meses del invierno, cuando los adultos no se han desarrollado sexualmente, se requieren cerca de seis semanas de acondicionamiento en cautiverio para iniciar la gametogénesis y alcanzar la maduración de los gametos. La duración del acondicionamiento se va acortando progresivamente al ir aumentando la temperatura del mar conforme se aproxima la temporada de desove. Las hembras maduras de 70–100 g producen más de 50–80 millones de huevos. Para fines productivos se fertilizan los huevos de seis o más hembras con pequeñas muestras de esperma de un número similar de machos. El desarrollo desde el huevo fertilizado hasta la etapa prodisoconcha 1 (larva-D) (concha totalmente desarrollada) se efectúa en tanques de gran volumen llenos con agua de mar finamente filtrada – y que con frecuencia recibe tratamiento UV – entre 25–28 °C y salinidad de 25–32. Los tanques no se airean y no se adiciona alimento durante el desarrollo temprano, el cual dura aproximadamente 24 h. Actualmente muchos de los criaderos alrededor del mundo se enfocan hacia la producción de organismos triploides (individuos más resistentes a las enfermedades). La manipulación de poliploidía, generalmente provocada mediante choques térmicos, se lleva a cabo poco después de la fertilización, aunque las tendencias más recientes son las cruzas de tetraploides con diploides, lo cual garantiza un resultado de triploidía al 100 por ciento.

4.2.8.6 Patología y parasitismo

Entre los principales parásitos del mejillón cabe destacar los siguientes:

- *Martelia refrigens*: protozoario que se instala en la glándula digestiva.
- Trematodos de los géneros *Gymnophalus* y *Buceohalus* cuya infección se describe en el manto, la glándula digestiva y las góndadas.
- *Mitilicola intestinalis*: copépodo de color rojo vivo. Sus formas adultas viven en el estómago del mejillón, fijándose en sus paredes por medio de garfios, occasionándole importantes lesiones.

En lo que respecta a las ostras *Crassotrea gigas* y *Ostrea edulis*, se han reportado enfermedades significativas. Lo más preocupante son los incidentes de “mortandad de verano”, la cual parece estar relacionada con el estrés fisiológico del desove en aguas templadas y en lugares donde hay una alta densidad de individuos. Estas especies registran algunos parásitos, que incluyen el gusano barrenador *Ceratostoma inornatum*, el gusano plano *Pseudostylochus ostreophagus*, el parásito copépodo *Mytilicola orientalis* ó los parásitos/protozoos *Mikrocytos mackini* y *Bonamia* (*B. ostreae* y *B. exitiosa*). También pueden observarse enfermedades bacteriológicas atribuidas a *Vibrio* spp. y *Nocardia crassostrea*. Y de especial relevancia son las enfermedades del tipo virus, como el herpes virus (OHSV-1) o la enfermedad del velo (OVVD).

Las enfermedades descritas no afectan al consumidor humano, afectan a las poblaciones de moluscos bivalvos que se encuentren en un radio cercano de +/- 500 m. No hay medidas curativas disponibles. A día de hoy, las soluciones más adoptadas en la UE son asegurar la correcta selección de espacios y las buenas prácticas de manejo para limitar el impacto, así como supervisión y control obligatorio de las transferencias de moluscos de otras localidades (Sistema TRACES). En cualquier caso, la realización de acuicultura extensiva de mar abierto representa una solución en sí misma para la prevención de enfermedades.

4.3 Programa tentativo de ejecución de los trabajos

En la Figura 17 se presenta el cronograma de las tareas relacionadas con el desarrollo del polígono para el cultivo de moluscos bivalvos (en la fase inicial de desarrollo del polígono) en el tramo litoral Ondarroa-Lekeitio.

Tras las tramitaciones correspondientes a nivel autonómico y estatal, y una vez obtenida la concesión del dominio público marítimo terrestre, será necesario balizar el polígono para que las empresas adjudicatarias de las parcelas puedan realizar la instalación de los sistemas *longline* correspondientes.

Se estima que para el último trimestre de 2016 pueda estar en funcionamiento el polígono, por lo que los programas de seguimiento establecidos se pondrían entonces en marcha.

CRONOGRAMA TAREAS	2016																							
	MES				SEMANA																			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
CRONOGRAMA PARA EL DESARROLLO DEL POLIGONO																								
FASE AUTONÓMICA DE TRAMITACION (Gobierno Vasco, Agentes Publicos, Capitanía Maritima y Demarcacion de Costas)																								
FASE ESTATAL DE TRAMITACION (MAGRAMA Y PUERTOS DEL ESTADO)																								
RESOLUCION CONCESION DPMT, ACEPTACION DE CONDICIONES, AUTORIZACION DE ACTIVIDAD																								
FABRICACIÓN EN TIERRA DE BOYAS DE SEÑALIZACIÓN, GESTION DE SUBCONTRATAS Y OBTENCION DE PERMISOS PORTUARIOS, IHM Y CAPITANIA PARA LA INSTALACION DEL BALIZAMIENTO PERIMETRAL DEL POLIGONO																								
EJECUCION DE LOS TRABAJOS DE BALIZAMIENTO DEL PERIMETRO MEDIANTE USO DE BARCO PROPIO Y COLOCACION DE 7 BALIZAS DE SEÑALIZACIÓN CON LUCES Y REFLECTORES DE RADAR (DE ACUERDO A PROYECTO ORIGINAL VISADO UTILIZADO POR LA DIRECCION DE OBRA PARA LOS SISTEMAS DE BALIZAMIENTO)																								
INSTALACION DE SISTEMAS LONGLINE POR PARTE DE LOS ADJUDICATARIOS DE PARCELAS, CONCURSADOS POR GOBIERNO VASCO Y DE ACUERDO A LOS PROYECTOS ORIGINALES VISADOS QUE APORTEN PARA LA DIRECCION DE OBRA PARA LOS SISTEMAS DE CULTIVO																								
REPLANTEOS, LEVANTAMIENTOS DE ACTA, REGISTROS Y AUTORIZACIONES REGA																								
PROGRAMA DE SEGUIMIENTO Y CONTROL EN CONTINUO (durante los sucesivos años)																								

Figura 17. Cronograma de las tareas a llevar a cabo para la puesta en marcha del polígono para el cultivo de moluscos bivalvos en el tramo litoral Ondarroa-Lekeitio.

4.4 Estimación del presupuesto de la valoración de las principales unidades de obra

Para el balizamiento del polígono al que hace referencia este proyecto se emplearán 7 boyas de señalización de color amarillo, según la reglamentación de marcas especiales y señales marítimas en el sistema I.A.L.A. (Figura 18).



Figura 18. Boya de señalización a utilizar en el balizamiento del polígono para cultivo de moluscos bivalvos en el tramo litoral Ondarroa-Lekeitio.

Cada una de estas boyas está formada por un flotador de 1.400 l, atravesado por una barra de acero galvanizado en cuyo extremo superior va fijado un soporte con dos reflectores de Radar; sobre ellos va la cruz de San Andrés y por encima de esta se encuentra la base donde va fijada la luz amarilla de 3 millas de alcance, dotada de placa solar para su carga. Esta luz se puede programar a la frecuencia de destellos que indiquen las autoridades marítimas. En la parte inferior del flotador se encuentra un cáncamo giratorio donde se amarrará la cadena de fondeo mediante un grillete de tipo lyra.

Cada una de estas boyas estará fondeada con un muerto, de 2.500kg, de hormigón de alta resistencia reforzado con un armazón de acero inoxidable unido a su cáncamo. La línea de fondeo está compuesta por:

- Cadena de alta resistencia de 19 mm de diámetro el eslabón.

- Cabo de nylon de 18 mm de diámetro, con sus correspondientes gazas y guardacabos de acero inoxidable.
- Cabo de polipropileno de 18 mm de diámetro con sus correspondientes gazas y guardacabos de acero inoxidable
- Grilletes tipo Lyra galvanizado 3.25T
- Tren de bolos

En la Tabla 3 se presenta el presupuesto de balizamiento del polígono, en el que se incluye el suministro y colocación de 7 boyas perimetrales.

Tabla 3. Presupuesto para el balizamiento del polígono para el cultivo de moluscos bivalvos (en la fase inicial de desarrollo de la explotación) en el litoral de Ondarroa-Leketio.

	Precio unitario	Unidades	Subtotal
Boya perimetral de color amarillo con luz amarilla de destellos programable, reflector radar y cruz de San Andres, rotulada	2.380,00 €/ud	7	16.660,00 €
Fondeo de 2000 kg de hormigón reforzado y cáncamo de acero inoxidable	1.000 €/ud	7	7.000,00 €
Línea de fondeo	1.080,00 €/ud	7	7.560,00 €
Camión grúa	752,00 €/día	1	752,00 €
Barco para la colocación de los fondeos y de las boyas	6.000,00 €/día	1	6.000,00 €
Total balizamiento de la zona			37.972,00 €
Material de repuesto: boya completa, línea de fondeo y piedra			4.460,00 €

4.5 Posible afección a espacios protegidos

A efectos técnicos, son numerosos los criterios que pueden determinar la idoneidad de una zona de mar abierto para la ubicación de sistemas sumergidos como los del presente polígono. Se incluyen los aspectos normativos, físicos (hidrodinámica, vientos y corrientes), biológicos (concentración de fitoplancton, mareas rojas, parásitos, predadores, etc.), proximidad a infraestructuras portuarias, aspectos topográficos, conflictos de usuario, geomorfología del fondo marino o los aspectos físico-químicos (temperatura, oxígeno, turbidez, contaminantes, etc.). Todos ellos se han estudiado detenidamente y se han considerado en la valoración de idoneidad del emplazamiento seleccionado.

Desde el punto de vista normativo, el emplazamiento seleccionado no colisiona con ninguna de las normativas de carácter ambiental vigentes en la CAPV, entre las cuales

cabe mencionar el Plan Territorial Sectorial del Litoral (PTS; Gobierno Vasco, 2007), la Ley de Costas y las figuras de protección incluidas en la Ley General de Protección del Medio Ambiente del País Vasco (1998) (Ej. Red Natura 2000, incluyendo, Zonas de Especial Conservación (ZEC); lugares de Interés Comunitario (LICS); y Zonas de especial protección para las aves (ZEPAs); la Red Vasca de Espacios Naturales Protegidos y Planes de Ordenación de Recursos Naturales en tramitación, el Plan de Uso y Gestión de la Reserva de la biosfera del Urdaibai y la lista RAMSAR de Humedales (Figura 19(A)).

Además, se han considerado también una serie de factores técnicos para favorecer la sostenibilidad de la ubicación de cara a futuro. Por ejemplo:

- (i) se ha validado la posibilidad de excluir la actividad pesquera dentro del área del polígono a través de un compromiso de gestión compartida y beneficios con la cofradías locales;
- (ii) la zona seleccionada es la que menor incidencia de energía del oleaje recibe de toda la costa vasca (Figura 19(B));
- (iii) la zona seleccionada se sitúa en batimetrías de 30-50 m, con fondos de arena y contornos de pendiente muy leve (Figura 20); y
- (iv) la zona seleccionada ha presentado una calidad microbiológica anual excepcional propia de zonas de categoría A (Rodriguez *et al.*, 2014).

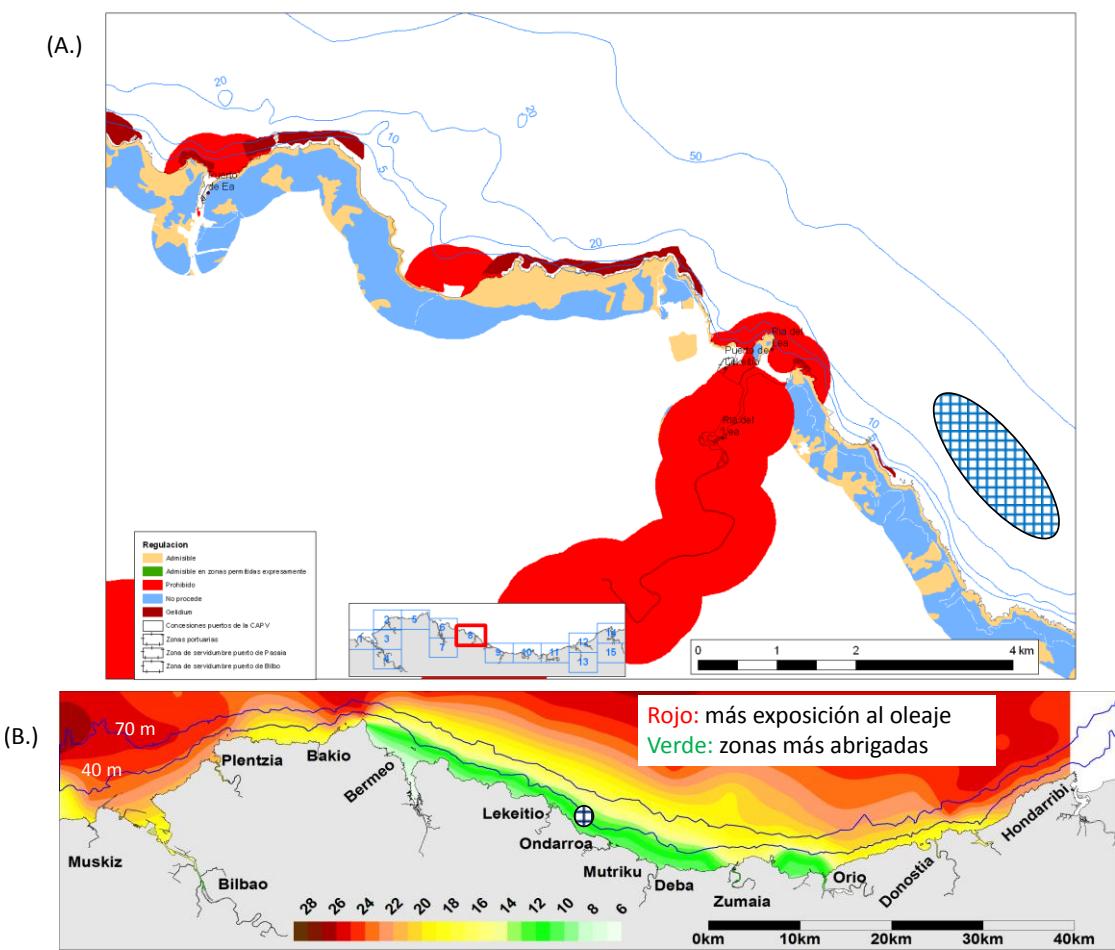


Figura 19. (A.) Representación de la zona propuesta para polígono (círculo con mallas azules) como zona idónea en el contexto de la Normativa del PTS Litoral sobre usos de acuicultura en el DPMT del País Vasco (Gobierno Vasco, 2007). (B.) Ubicación de la zona propuesta para polígono como zona idónea en el contexto del atlas de energía del oleaje del País Vasco (Galparsoro *et al.*, 2012).

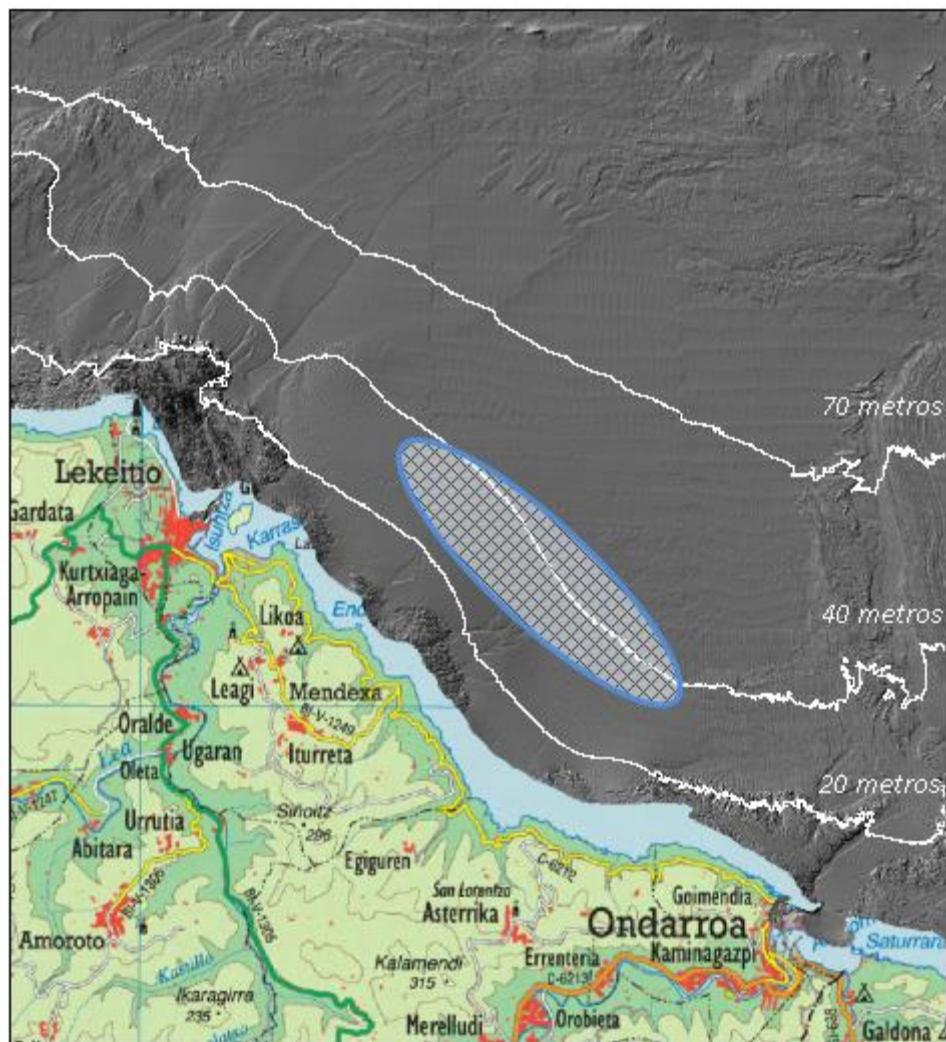


Figura 20. Ubicación del emplazamiento seleccionado con referencia a la batimetría (zona de 30-45 m) y a la geomorfología (fondo llano de playa marina libre de rocas) del tramo litoral. En esta figura el tamaño de la ubicación no está escalado.

Así, se considera que la ubicación más idónea para el País Vasco es la que se ha planteado en la presente solicitud de ocupación del dominio público marítimo-terrestre.

4.6 Relación con otras normativas de aplicación en la zona

4.6.1 Directiva Marco de Estrategia Marina (DMEM)

La Directiva Marco sobre la Estrategia Marina (DMEM; Directiva 2008/56/CE) establece que los Estados miembros deben adoptar las medidas necesarias para lograr o mantener un buen estado ambiental del medio marino, a más tardar en el año 2020.

En este sentido, la Decisión de la Comisión 2010/477/UE aprueba los criterios (e indicadores asociados) que se deben utilizar para evaluar el grado de consecución del buen estado ambiental de una zona, en relación a los 11 descriptores recogidos en el Anexo I de la DMEM (Tabla 4).

Tabla 4. Criterios sobre el buen estado ambiental aplicables a los 11 descriptores de la DMEM.

Descriptor	Criterios
Descriptor 1: biodiversidad	1.1. Distribución de las especies 1.2. Tamaño de la población 1.3. Estado de la población 1.4. Distribución de los hábitats 1.5. Extensión de los hábitats 1.6. Estado de los hábitats 1.7. Estructura de los ecosistemas
Descriptor 2: especies alóctonas	2.1. Abundancia y caracterización del estado de las especies alóctonas y, en especial, de las invasoras 2.2. Impacto ambiental de las especies invasoras
Descriptor 3: especies explotadas comercialmente	3.1. Nivel de presión de la actividad pesquera 3.2. Capacidad reproductiva de la población 3.3. Edad de la población y distribución por tallas
Descriptor 4: redes tróficas	4.1. Productividad de las especies o grupos tróficos principales 4.2. Proporción de las especies seleccionadas en la cima de las redes tróficas 4.3. Abundancia/distribución de los grupos tróficos/especies principales
Descriptor 5: eutrofización	5.1. Niveles de nutrientes 5.2. Efectos directos del exceso de nutrientes 5.3. Efectos indirectos del exceso de nutrientes
Descriptor 6: integridad de los fondos marinos	6.1. Daños físicos en relación con las características del substrato 6.2. Estado de la comunidad bentónica
Descriptor 7: condiciones hidrográficas	7.1. Caracterización espacial de las alteraciones permanentes 7.2. Impacto de los cambios hidrográficos permanentes
Descriptor 8: contaminantes	8.1. Concentración de contaminantes 8.2. Efectos de los contaminantes
Descriptor 9: contaminantes en el pescado	9.1. Niveles, número y frecuencia de los contaminantes
Descriptor 10: basuras marinas	10.1. Características de los desechos en el medio marino y costero 10.2. Impactos de los desechos en la vida marina
Descriptor 11: ruido	11.1. Distribución temporal y espacial de los ruidos impulsivos de alta, baja y media frecuencia 11.2. Ruido continuo de baja frecuencia

Sin embargo, las actividades de producción extensiva y sumergida de moluscos bivalvos en mar abierto (en la primera fase de desarrollo productivo de la zona), como la propuesta en el presente ‘Proyecto de polígono acuícola entre Ondarroa y Lekeitio

(País Vasco)', no se espera que afecten a todos los descriptores de la DMEM. De hecho, en la evaluación inicial de la Demarcación Nor-atlántica (MAGRAMA, 2012) se indica que las actividades de acuicultura y maricultura en dicha demarcación pueden dar lugar a las presiones/impactos recogidas en Tabla 5, y que básicamente pueden afectar a 7 de los 11 descriptores de la DMEM.

Tabla 5. Presiones/impactos originadas por las actividades de acuicultura/maricultura que se desarrollan en la Demarcación Noratlántica y descriptores de la DMEM que pueden verse afectados por la presente propuesta de polígono (MAGRAMA, 2012).

	Presiones/Impactos	Descriptores
Daños físicos	Modificaciones de la sedimentación	1, 6
Acumulación de nutrientes y materias orgánicas	Entrada de fertilizantes y otras sustancias ricas en nitrógeno y fósforo	5
	Entrada de materias orgánicas	5
Perturbaciones biológicas	Introducción de organismos patógenos microbianos	1 y 9
	Introducción y transferencia de especies alóctonas	1, 2 y 4
	Extracción selectiva	3 y 4

Por ello, a continuación se valora cada una de estas presiones/impactos en el contexto de la actividad de producción extensiva de moluscos propuesta para el presente proyecto. Cabe mencionar, que las evidencias se fundan en los análisis y resultados obtenidos por AZTI tras varios años de investigación en el mismo tramo litoral.

4.6.1.1 Daños físicos producidos por la modificación de la sedimentación

Tal y como se ha indicado en el Estudio de incidencia ambiental (Anexo III), la producción de bio-depósitos es una de las principales actividades generadoras de impacto asociada a este tipo de cultivos suspendidos. De acuerdo con el estudio de dispersión realizado en la zona donde se pretende instalar el polígono para el cultivo de moluscos (ver Anexo II), con las velocidades de la corriente en la zona y un valor medio-bajo de la velocidad de sedimentación de las heces (1 cm s^{-1}), la extensión de la zona afectada por los vertidos de heces y pseudoheces se estima en un radio de unos 500 m alrededor de la instalación.

Por lo tanto, la actividad de cultivo a desarrollar en esta zona de la costa vasca afectará a las características del substrato y por tanto, a la comunidad bentónica principalmente.

En el caso de los cultivos de ostra, cualquier efecto negativo esperado en estos términos aun sería inferior, ya que el cultivo de esta especie se realiza mediante sistemas de nasas recuperables, evitando así el desprendimiento al fondo de cualquier

individuo (ya que los organismos tanto vivos, muertos como sus conchas siempre quedan en el interior de la nasa).

4.6.1.2 Acumulación de nutrientes y materia orgánica

Diversos estudios han señalado que la deposición de heces y pseudoheces procedentes de los cultivos de mejillón es un factor enriquecedor del sedimento en materia orgánica. De todos modos, teniendo en cuenta las velocidades de la corriente en el emplazamiento seleccionado para el presente proyecto, se espera que el incremento de materia orgánica suponga un contenido de la misma en los sedimentos que estará por debajo del 9-10%, valor a partir del cual comienza a darse un cambio en las características del mismo (Chivilev y Ivanov, 1997).

Por otro lado, la descomposición de la materia orgánica depositada da lugar a un incremento de la demanda de oxígeno en el sedimento y, en consecuencia, la generación de zonas anaerobias que pueden inducir un aumento de los procesos de liberación de amonio y de sulfato-reducción. Además, los mejillones y las ostras excretan amonio, pudiendo dar lugar a una afección sobre la dinámica de los nutrientes en la columna de agua y a una alteración en las comunidades de fitoplancton, tal y como ha sido descrito por varios autores (véase apartado 4.2.8 para más detalles).

De todos modos, debido a que el polígono se sitúa en mar abierto, con una alta tasa de renovación de las aguas, se espera que el impacto asociado a estos procesos sea moderado.

4.6.1.3 Perturbación biológica

Por perturbación biológica se entiende la introducción o extracción, controlada o incontrolada, de organismos marinos que pueden ocasionar, entre otros impactos, una merma de las poblaciones (MAGRAMA, 2012).

En este sentido, la semilla a introducir en los *longlines* a colocar en el polígono del presente proyecto, será natural de la zona o tendrá todos los certificados sanitarios exigidos. Además, para evitar poner en el mercado moluscos que no cumplen con la calidad requerida para el consumo humano, se realizarán los controles exigidos en la normativa vigente.

Por otro lado, las especies propuestas a cultivo en este polígono son el mejillón *Mytilus galloprovincialis* y las ostras (*Crassostrea gigas* y *Ostrea edulis*). No se considera la opción de cultivar especies alóctonas en este polígono.

En lo que respecta a la extracción selectiva de especies, efectivamente se va a engordar mejillón y ostra para su extracción con fines comerciales. Sin embargo, será un cultivo extensivo, es decir, todas las especies estarán en condiciones de baja densidad y las acciones de control se limitarán al mantenimiento de las condiciones del cultivo.

Por lo tanto, la afección producida por la ejecución del presente proyecto de polígono de moluscos, en lo que respecta a perturbaciones biológicas provocadas por las especies cultivadas, se espera que no dé lugar impactos severos. Por ello, se considera que el presente proyecto no debería comprometer, a este respecto, el cumplimiento del buen estado medioambiental de la zona.

4.6.1.4 Afección general sobre el fondo marino

El área de la costa vasca elegida para la instalación del polígono de producción extensiva y sumergida correspondiente al presente proyecto se ubica en una zona de hidrodinamismo alto-moderado, fondo de arena libre de rocas, contornos de pendiente muy leve, con un rango de profundidad batimétrica de 25-50 m y una velocidad de corriente media anual $< 15 \text{ cm s}^{-1}$.

Los sistemas propuestos para cada uno de los establecimientos o unidades de producción (52 parcelas en total) a instalar dentro del presente polígono se detallan en el apartado 4.2.7.1. Estos sistemas dispondrán de cuerdas de engorde de moluscos y fondeo de las líneas de cultivo. Todos los grupos de líneas y cuerdas deberán estar sustentados por boyas y, en sus cabeceras, fondeados mediante muertos, que pueden ser bloques de hormigón armado o anclas convencionales. En zonas sedimentarias como la seleccionada para llevar a cabo este proyecto, los fondeos ofrecen una superficie de sustrato duro artificial que puede atraer a algas y fauna sésil. Por otro lado, en lo que respecta a la línea de amarre utilizada en el tren de fondeo de estas estructuras, cabe señalar que en el radio de acción de la sección de roce con el fondo, la zona podría quedar desprovista de flora y fauna.

Por último, es probable que la serie de fondeos utilizados para el amarre de las líneas, debido a su tamaño y peso, no puedan ser recuperados fácilmente tras su vida útil, por lo que supondrán un nuevo elemento de sustrato duro que debería ser convenientemente notificado a la navegación y al ejercicio de la pesca. También se puede solicitar su recuperación.

4.6.2 Directiva Marco del Agua (DMA)

El polígono de cultivos se localiza en la masa de agua costera Matxitxako-Getaria, una de las cuatro masas de agua costeras establecidas en la costa vasca para la implementación de la Directiva Marco del Agua (DMA). Al igual que el resto de masas de agua, el seguimiento y la evaluación de su estado de calidad se llevan a cabo en la cual se incluye en la “Red de seguimiento del estado ecológico de las aguas de transición y costeras de la Comunidad Autónoma del País Vasco”, a cargo de Ura-Agencia Vasca del agua (último informe en http://www.uragentzia.euskadi.eus/informe_estudio/red-de-seguimiento-del-estado-ecologico-de-las-aguas-de-transicion-y-costeras-informe-de-resultados-2014/u81-000374/es/). Dicha red de seguimiento evalúa el estado químico y el estado ecológico acorde a los requerimientos de la mencionada directiva.

Tal como se ha explicado en apartados anteriores, las actividades de la zona de cultivo llevan asociadas presiones en el medio. En este sentido es relevante considerar el posible efecto de dichas presiones sobre los estados ecológico y químico de la masa de agua costera Matxitxako-Getaria.

Tal como se detalla en el Estudio de incidencia ambiental (Anexo III), la generación de material particulado en la zona de la actividad de cultivo (heces, cáscaras, organismos nustros, etc.) y su distribución en el entorno puede producir una modificación en la dinámica sedimentaria, que podría a su vez afectar directamente asociada a la actividad de cultivo afectará a las características del substrato e indirectamente y por tanto, a la comunidad bentónica principalmente. La comunidad bentónica es uno de los elementos biológicos que interviene en la evaluación del estado para la implementación de la DMA. Sin embargo, con las velocidades de corriente habituales en la zona y un valor medio-bajo de la velocidad de sedimentación de las heces (1 cm s^{-1}), la extensión de la zona afectada por los vertidos se estima en un radio de unos 500 m alrededor de la instalación; no esperándose en cualquier caso impacto sobre la línea de costa ni en las situaciones más desfavorables (véase Anexo II). Así, el impacto sobre el bentos se espera que sea limitado al entorno del polígono y no significativo en la totalidad del ámbito de la masa de agua Matxitxako-Getaria.

Por otro lado, tal como se detalla en el Estudio de incidencia ambiental (Anexo III), las actividades de cultivo pueden modificar la calidad del agua, resultado en un incremento de amonio y disminución de oxígeno en el agua próxima al fondo. La calidad del agua es uno otro de los elementos que se evalúan para la implementación de la DMA. Sin embargo, debido a que el polígono se sitúa en mar abierto, con una alta tasa de renovación de las aguas, se espera que la afección

producida no dé lugar a situaciones de eutrofización o deterioro que afecten de forma significativa a los indicadores de calidad en el agua en el ámbito de la masa de agua Matxitxako-Getaria.

En lo que refiere al resto de elementos evaluados en el programa de seguimiento y evaluación del estado que se lleva a cabo regularmente para el cumplimiento de la DMA, no se esperan a priori efectos relevantes. En cualquier caso, la red de seguimiento existente permitirá valorar la posible afección de la zona de cultivo a la masa de agua costera Matxitxako-Getaria.

4.6.2.1 Valoración de la necesidad del establecimiento de niveles objetivos de calidad específicos

La calidad del medio tiene notable relevancia en la actividad del cultivo de moluscos y, por ende, los factores antropogénicos o naturales que afectan a dicha calidad. En el caso de los cultivos en aguas abiertas, las principales presiones antropogénicas que pueden afectar a la calidad de los moluscos y de su cultivo son la contaminación química y la contaminación microbiológica. En este sentido, en Europa existen zonas protegidas para la acuicultura en las que se establecen objetivos de calidad de los principales factores y variables ambientales con el objeto de garantizar las buenas condiciones de los procesos de producción y de los productos generados.

En lo que refiere a la contaminación química en la zona de explotación, los estudios previos han mostrado que los niveles de las sustancias químicas en los moluscos cumplen, con notable margen, los requerimientos legales para la explotación comercial (Estudio de incidencia ambiental, Anexo III). Dicho en otras palabras, los niveles de contaminantes en la biota son muy inferiores a los límites máximos permitidos para la alimentación humana. Estos estudios coinciden con los resultados de los años más recientes de la “Red de seguimiento del estado ecológico de las aguas de transición y costeras de la Comunidad Autónoma del País Vasco”. Así, los estudios de dicha Red concluyen que en la masa de agua costera Matxitxako-Getaria se alcanza el buen estado químico durante el periodo 2009-2014. Por lo tanto, no existen evidencias de contaminación química relevante en la zona de explotación en los años más recientes.

Por otro lado, los límites existentes de concentración de sustancias químicas en biota no son fácilmente trasladables a equivalentes en el agua. Dicho en otras palabras, es muy complejo establecer unos límites u objetivos de calidad en aguas que aseguren el cumplimiento de las normas de calidad referentes a alimentación o que puedan limitar el desarrollo de las actividades de cultivos (como crecimiento de las especies).

Ambos aspectos, ausencia de evidencias de contaminación y dificultad de establecer normas para aguas, aconsejan, en la fase inicial de la explotación, no plantear objetivos de calidad específicos en dicha matriz para las sustancias químicas. Sin embargo, en el caso de que en el futuro los resultados de las redes de seguimiento del medio y de actividad evidencien que sí existe contaminación química, podrán realizarse estudios específicos para establecer objetivos de calidad del medio útiles para garantizar las buenas condiciones de los procesos de producción y de los productos generados.

En lo que refiere a la contaminación microbiológica en la zona de explotación, los estudios previos han mostrado que los niveles corresponden a zona de producción de moluscos de categoría A (Estudio de incidencia ambiental, Anexo III). Esto implica que los moluscos recolectados en esta zona no requieren depuración previa a su consumo (siempre y cuando se mantenga la clasificación de categoría A). Así, los niveles de *Salmonella* y *E. coli* en todos los muestreos realizados cumplen con los límites de categoría A, con la excepción de un muestreo realizado tras un período de elevada pluviosidad en el que el segundo parámetro no cumplió los límites de dicha categoría. Debe tenerse en cuenta que las bajas salinidades y altas concentraciones de material en suspensión asociadas a la elevada pluviosidad aumentan la tasa de supervivencia de *E. coli*, por lo que estos eventos puntuales sí pueden afectar a la calidad de la biota durante períodos limitados.

Con la información disponible, los niveles de contaminación microbiológica en la zona no parecen limitantes para la actividad de cultivo de moluscos. Por otro lado, y de forma análoga a lo indicado para sustancias químicas, es muy complejo establecer unos límites u objetivos de calidad en aguas que aseguren el cumplimiento de las normas de calidad referentes a alimentación o que puedan limitar el desarrollo de las actividades de cultivos. Ambos aspectos, ausencia de evidencias de contaminación microbiológica relevante y dificultad de establecer normas para aguas, aconsejan en la fase inicial de la explotación no plantear objetivos de calidad específicos en dicha matriz para la contaminación microbiológica. Sin embargo, en el caso de que en el futuro los resultados de las redes de seguimiento del medio y de la biota evidencien que sí existe contaminación microbiológica, podrán realizarse estudios específicos para establecer objetivos de calidad del medio, útiles para garantizar las buenas condiciones de los procesos de producción y de los productos generados.

En el caso de que en el futuro se establezcan objetivos de calidad en el medio, también se evaluará la conveniencia de implantar medidas orientadas a la consecución de dichos objetivos ambientales.

4.7 Modelo de pago de canon de ocupación

Para fomentar el desarrollo de la actividad económica en el tramo litoral del Dominio Público Marítimo Terrestre (DPMT) entre Ondarroa y Lekeitio (Bizkaia, País Vasco) se propone una ocupación por fases.

En cada una de las fases de instalación de los sistemas de cultivo en la zona de estudio, se deberá presentar la documentación completa al Gobierno Vasco (proyecto constructivo, análisis de viabilidad técnica y económica, estudios ambientales, etc.).

Será el Gobierno Vasco quien se encargará de la tramitación del proyecto en la Administración Central y será la entidad solicitante quien deba pagar el canon de ocupación del espacio de DPMT que le corresponda.

5. ANEXOS

Anexo I: Estudio básico de dinámica litoral

Anexo II: Estudio de dispersión de los vertidos

Anexo III. Estudio de incidencia ambiental

Anexo IV: Declaración de cumplimiento de las disposiciones de la Ley 22/1998

Anexo V: Equipo de trabajo

ANEXO I: ESTUDIO BÁSICO DE DINÁMICA LITORAL

El objetivo de este anexo es la presentación del Estudio Básico de Dinámica Litoral asociado al proyecto de instalación de un sistema de polígono para el cultivo de mejillón en el litoral del municipio de Mendexa (Bizkaia, País Vasco), de acuerdo con los requerimientos establecidos en el artículo 93 del Real Decreto 876/2014, de 10 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento General de Costas. En dicho estudio se incluye la siguiente información:

- Capacidad de transporte litoral y balance sedimentario
- Descripción del clima marítimo
- Batimetría y tipo de fondos
- Condiciones de la biosfera submarina
- Recursos disponibles de áridos
- Plan de seguimiento de las actuaciones previstas
- Propuesta de medidas correctoras para el polígono

Para la realización de este trabajo se han considerado tanto datos específicos de la zona de estudio, así como datos genéricos de la región. En este sentido, se puede considerar que existe buena información previa de la zona seleccionada. La información actualmente disponible se ha procesado y elaborado de forma adecuada a las exigencias de este proyecto de polígono, con el fin de redactar un documento que contemple los aspectos anteriormente citados.

1. CAPACIDAD DE TRANSPORTE LITORAL Y BALANCE SEDIMENTARIO

Considerando la aproximación de Hallermeier (1981) para la estima de la profundidad de cierre:

$$PdC_{act} = 2,28 \cdot H_{s,12} - 68,5 \left(\frac{H_{s,12}^2}{g T_p^2} \right)$$

Una cota superior de este valor se puede obtener simplemente despreciando el valor del término de la derecha.

Donde $H_{s,12}$ es la altura significante que se produce 12 horas al año en la zona y T_p es el período de pico asociado.

Y asumiendo la distribución de Weibull para calcular la altura $H_{s,12}$:

$$F_e(H) = 1 - \exp \left[- \left(\frac{H_{s,12} - B}{A} \right)^c \right] = 1 - \frac{0,5}{365} = 0,99863$$

Se puede estimar la profundidad activa. Los coeficientes A, B y C de la distribución de Weibull se pueden obtener para la boya de Bilbao de los informes del registro de oleaje de la boya de Bilbao-Vizcaya de Puertos del Estado. En el caso del clima medio anual los valores de A, B y C son: 1,79; 0,20 y 1,34, respectivamente y en el caso del clima medio de los meses de invierno son: 2,67; 0,23 y 1,81; respectivamente.

Con esta aproximación se obtiene una profundidad de cierre activa PdC_{act} aproximada de 7 m en el caso del clima medio anual y de casi 8 m en el caso del clima medio invernal. La profundidad de cierre máxima, usualmente, se estima entre 1,5 y 2 veces la PdC_{act} .

La profundidad de cierre máxima, usualmente, se estima entre 1,5 y 2 veces la PdC_{act} .

La zona de la instalación se situará en el rango 30-42 m de profundidad considerablemente más profunda que la zona activa del perfil de playas, y en una situación relativamente alejada (unos 4 km) de las playas más próximas (Isuntza, Karraspio, Arrigorri y Saturraran).

Teniendo en cuenta tanto la elección de la zona (relativamente abrigada dentro de la costa vasca), como las características de la instalación proyectada, **no es de prever ninguna modificación en los patrones del transporte ni en el balance sedimentario.**

2. DESCRIPCIÓN DEL CLIMA MARÍTIMO

En este apartado se realiza una descripción del clima marítimo en la zona de estudio en base a las siguientes fuentes de datos:

Oleaje:

- Banco de Datos Oceanográficos de Puertos del Estado (www.puertos.es). Ministerio de Fomento, Gobierno de España.
- ODIN: módulo de ayuda a la caracterización del oleaje que forma parte del Sistema de Modelado Costero (SMC). Ofrece datos de regímenes medios y extremal de oleaje en cualquier punto de la costa española. El SMC es un paquete integral de apoyo para el estudio de la dinámica costera, que ha sido desarrollado por el grupo G.I.O.C. de la Universidad de Cantabria y la Dirección General de Costas del Ministerio de Medio Ambiente, dentro del proyecto de investigación “Modelo de Ayuda a la Gestión del Litoral”. Incluye documentos temáticos y herramientas numéricas para el estudio de los distintos procesos litorales.

Viento:

- ROM 04-95: ACCIONES CLIMÁTICAS II: VIENTO. Recomendaciones de diseño en el proyecto de obras marítimas de Puertos del Estado (www.puertos.es).

Corrientes:

- Recopilación de datos de diferentes campañas de medidas *in situ* en la zona de estudio y simulaciones hidrodinámicas realizadas por AZTI-Tecnalia en la costa vasca.

2.1 Oleaje

El oleaje en la costa cantábrica está directamente relacionado con su posición geográfica en el contexto del golfo de Vizcaya y del Atlántico nordeste. Por su orientación y posición respecto a los centros de las borrascas que se forman en la zona de transición entre las altas presiones del anticiclón de las Azores y las bajas presiones subárticas, la costa vasca está expuesta a grandes *fetches* (recorrido, sin obstáculos, del viento en el mar) que alcanzan distancias del orden de 1500 km desde el centro de las borrascas que se sitúa frecuentemente entre el noroeste de las islas Británicas e Islandia (González *et al.*, 2004). Estos temporales, temporales de Gran Sol, son consecuencia de la formación y evolución de las bajas presiones noratlánticas

formadas en el frente de contacto entre las masas de aire polar y la masa templada del anticiclón de las Azores. Estas borrascas originan fuertes vientos sobre el Atlántico Norte y fuertes oleajes del cuarto cuadrante. Este oleaje, mar de fondo del noroeste, es el dominante y más común del área de estudio y persiste en situaciones de calma local e, incluso, con vientos fuertes y relativamente persistentes de direcciones netamente diferenciadas del noroeste. Un ejemplo típico de estas condiciones se da en otoño con vientos del sur enfrentados a la mar de fondo del noroeste.

Durante la época estival, con la extensión del anticiclón de las Azores, se relaja la secuencia de formación de borrascas noratlánticas y también su intensidad. En estas condiciones predomina en la costa el régimen de brisas y la circulación de vientos del nordeste. Ocasionalmente puede formarse mar de fondo u oleaje del nordeste como respuesta a la propia extensión del anticiclón de las Azores y a la circulación de vientos inducida por las borrascas de origen térmico que se forman sobre la península o al establecimiento de una borrasca de pequeñas dimensiones asociada al pseudofrente mediterráneo que también puede activar dicha circulación. La plataforma continental septentrional del golfo de Vizcaya está expuesta a un amplio rango de estados de la mar posibles, tanto refiriéndonos a altura de la ola (H_s , altura de ola significante, media del tercio de olas más altas dentro de un registro), como de período de pico (T_p , período para el cual la función de densidad espectral alcanza su máximo valor).

Se puede definir como régimen medio del oleaje, al conjunto de estados de oleaje que más probablemente nos podemos encontrar. Los períodos de ola registrados en la zona comprenden desde 4 hasta 22 segundos, siendo los más frecuentes entre 8 y 12 segundos (Castaing, 1981). El estudio estadístico de direcciones de ola evidencia una predominancia de olas (tipo *swell*) del sector noreste (25%), coincidiendo éstas con las olas de mayor tamaño en la zona. El 77% de las olas proviene del cuarto cuadrante.

La Dirección General de Puertos y Costas (www.puertos.es) dispone de un banco de datos de oleaje de acceso público, que sirve de apoyo al desarrollo de nuevos proyectos de ingeniería civil en el entorno portuario y costero. La boya más cercana a la zona de estudio del polígono de moluscos es la Puerto de Bilbao ($43^{\circ} 24'N$ $03^{\circ} 08' 36''W$), cuya localización se muestra en la Figura AI-1.

En la Figura AI-2 se recoge la distribución anual conjunta del período de pico y la altura de ola significante, de la boya de Bilbao en el período 1985-2000. Se puede observar que el oleaje más frecuente en el puerto de Bilbao es de altura de ola significante entre 0,5 y 1,5 m y período de pico entre 8 y 14 s.

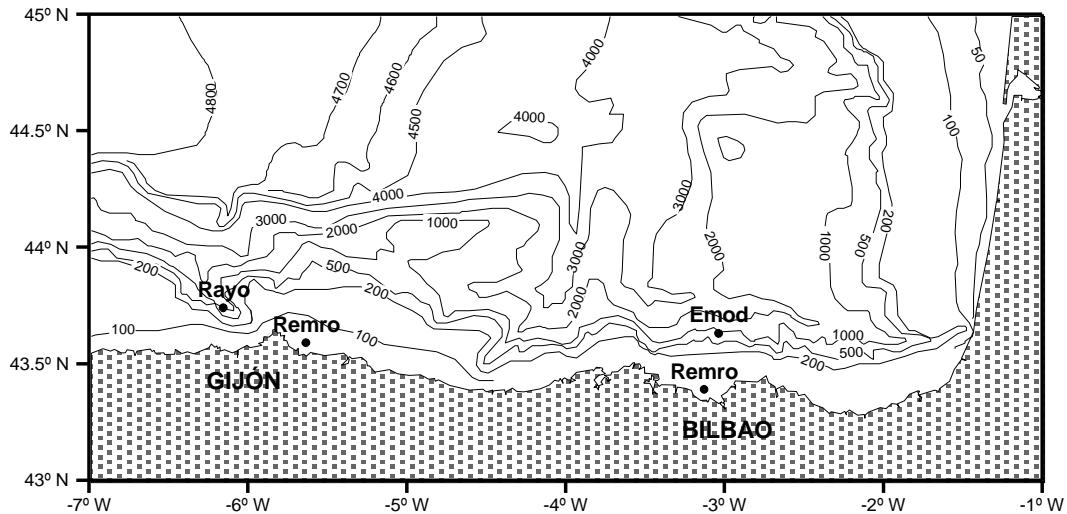


Figura AI-1. Localización de las boyas de oleaje de la Red de Medida y Registro de oleaje (Puertos del Estado, www.puertos.es).

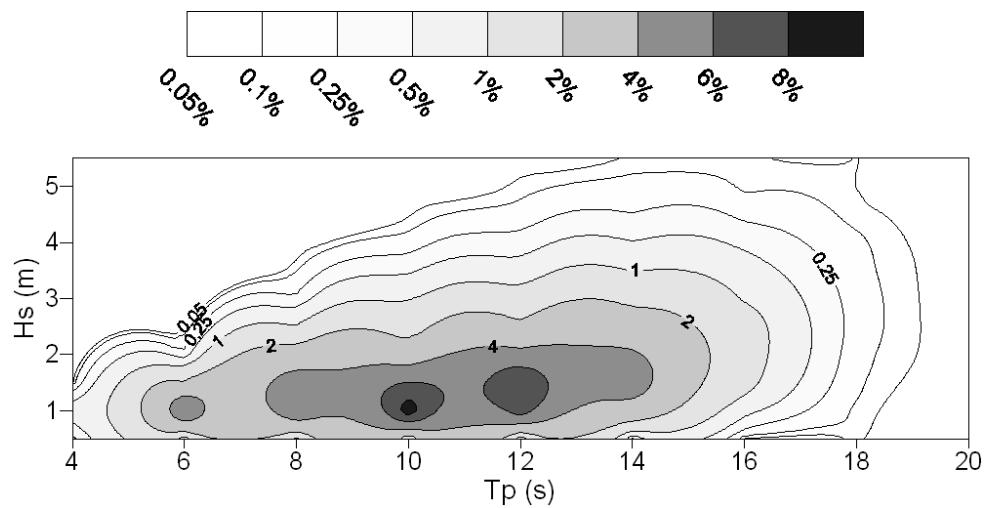


Figura AI-2. Distribución anual conjunta Tp-Hs, correspondiente a la boya del puerto de Bilbao en el periodo 1985-2000.

En la imagen de la Figura AI-3, se puede ver la distribución estacional del periodo de pico y la altura de ola significante en el puerto de Bilbao. Durante la época invernal se observa que el oleaje más frecuente se encuentra comprendido entre 1,5 y 2 m de altura de ola con período próximo a los 14 s. En primavera y otoño, el oleaje más frecuente es de 1,5 m y 12 s. Mientras que, en verano, la altura y periodo del oleaje más probable se reduce a 1 m y 10 s, respectivamente.

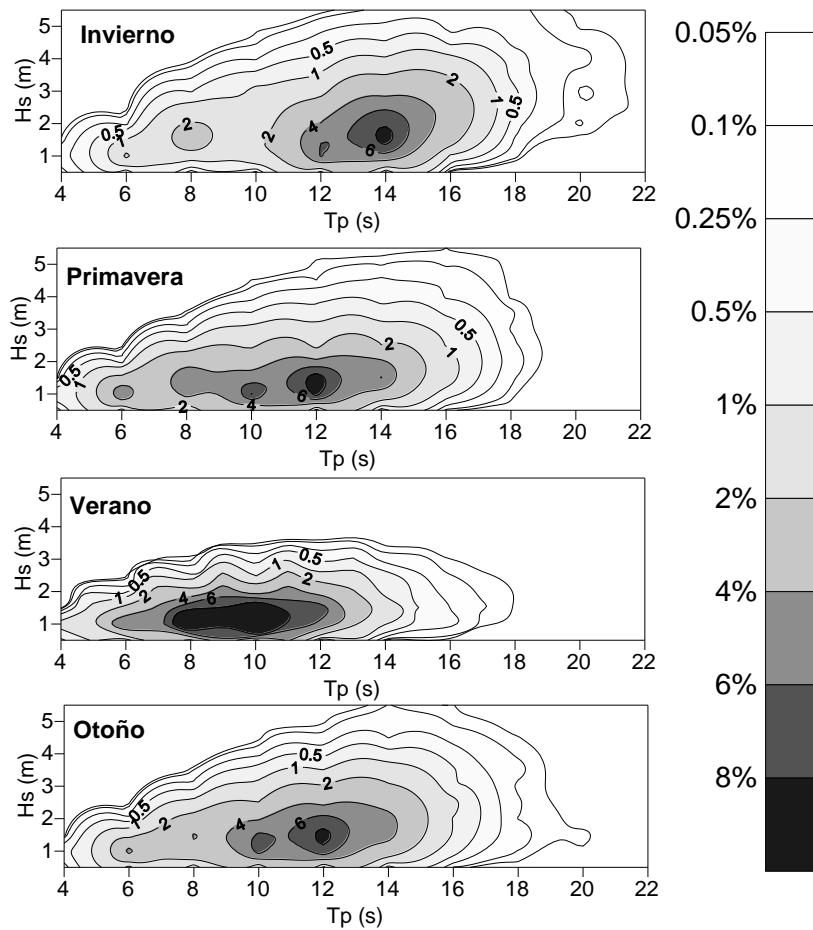


Figura AI-3. Distribución estacional conjunta Tp-Hs entre 1981 y 2000 de la boyas del puerto de Bilbao (Puertos del Estado).

En las imágenes recogidas en la Figura AI-4 puede verse la información direccional del oleaje en la boyas Bilbao-Vizcaya de Puertos del Estado del período 1990-2014. En la columna de la izquierda se muestra la rosa del oleaje y en la columna de la derecha, la distribución por períodos (imagen superior) y alturas significantes del régimen medio del oleaje (imagen inferior).

El régimen extremal de un parámetro de oleaje representa la probabilidad de que su valor máximo en un cierto período de tiempo no supere un valor fijado. Asimismo, el número de años que, en término medio, transcurre entre dos excedencias sucesivas de un valor dado, se denomina periodo de retorno.

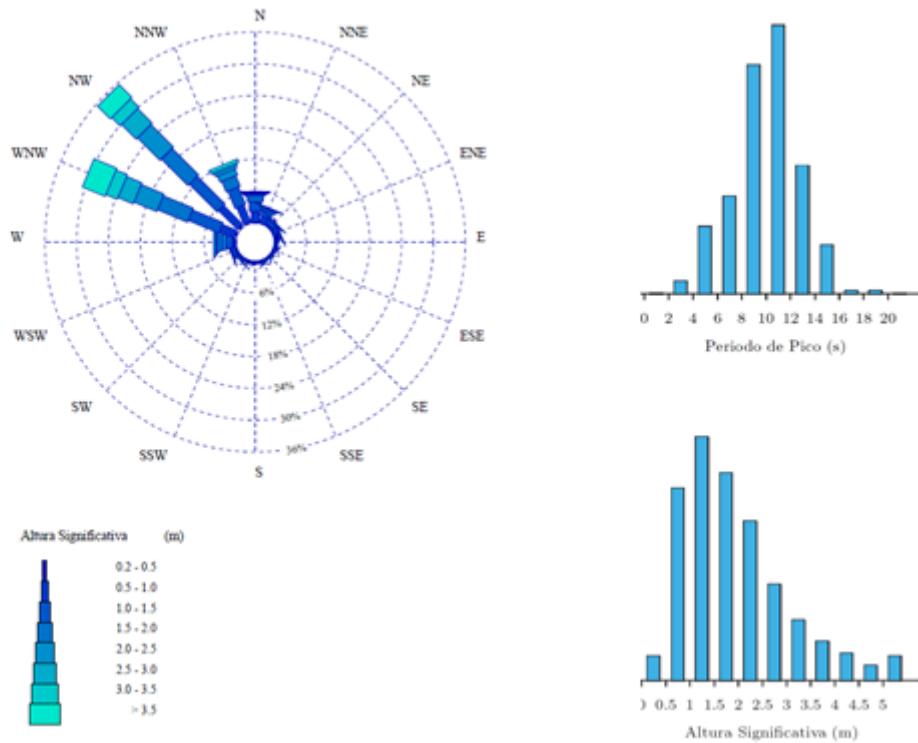


Figura AI-4. Rosa del oleaje para la costa vasca. La imagen superior derecha representa la distribución por frecuencias de período de pico. La imagen inferior derecha representa la distribución de altura significativa, para un año medio, calculado a partir de la serie de datos de la boyas Bilbao-Vizcaya en el periodo comprendido entre 1990 y 2014 (Fuente: base de datos oceanográficos de Puertos del Estado).

El cálculo del régimen extremal para la boyas Bilbao-Vizcaya en el periodo comprendido entre noviembre de 1990 y agosto de 2004, indica que la altura del oleaje puede superar los 10 m con períodos de retorno de 20 años y superar los 11 m con períodos de 50 años (Tabla AI-1). Las correlaciones disponibles entre la altura de ola y el período durante temporales (régimen extremal) consideran que el período de pico Tp depende linealmente de la raíz cuadrada de la altura significante Hs con coeficientes que varían entre 5 y 8,5 para el caso de Bilbao, pudiéndose extender este criterio a toda la costa vasca.

Tabla AI-1. Régimen extremal de Hs (altura significante) en mar abierto calculado a partir del registro de la boyas Bilbao-Vizcaya en el periodo noviembre de 1990 - agosto 2004 (Fuente: Puertos del Estado) y Tp asociado (período de pico) según la ROM 03-91.

Período de retorno (años)	20	50	225	475
Estima central de Hs (m)	10,7	11,5	12,7	13,2
Valor esperado de Tp (s)	16-22	16-22	18-22	18-22

Tal y como se ha mencionado con anterioridad, la actualización de las bases de datos de oleaje en la costa vasca durante los últimos años sugieren un fuerte efecto sobre los valores de altura significante de oleaje en régimen extremal debido a diferentes episodios de fuerte oleaje, especialmente el episodio Klaus en el que se registró casi 13,7 m de altura significante. Teniendo en cuenta este evento la altura de ola en aguas profundas, asociada a 20 años de período de retorno sería de 12,5 m, la de 50 años, 13,75 m, la de 225 años, 15,69 m y la de 475 años 16,63 m. (véase: http://calipso.puertos.es//BD/informes/extremales/EXT_OLE_REDEXT_2136.pdf).

En cuanto a otras fuentes de datos, en la Tabla AI-2 se muestran los principales parámetros que caracterizan el régimen medio y extremal, para un punto intermedio de la zona del proyecto de polígono de moluscos, según el programa ODIN. Se muestra la información direccional del oleaje tanto en profundidades indefinidas como sobre los 40 m de profundidad en base a la información existente

Tabla AI-2. Régimen medio de oleaje. Frecuencia de oleaje por direcciones en el tramo de estudio en profundidades indefinidas y a 40 m de profundidad.

	Profundidades Indefinidas	En el centro de la zona del polígono a 40 m de profundidad
Calmas (<1 m)	5,9%	50,2%
N	6,4%	7,0%
NNE	3,2%	3,6%
NE	2,9%	3,5%
ENE	2,3%	3,5%
E	3,6%	5,2%
ESSE	1,4%	1,5%
SE	0,9%	0,0%
SSE	1,5%	0,0%
S	1,6%	0,0%
SSW	1,7%	0,0%
SW	1,4%	0,0%
WSW	2,2%	0,0%
W	20,5%	0,0%
WNW	22,3%	0,0%
NW	15,6%	16,8%
NNW	6,5%	8,7%

Desde el punto de vista del grado de exposición al oleaje, la zona en la que se enclava la actuación objeto del presente informe se encuentra en un tramo de costa muy abrigado frente a los oleajes de componente W y WNW; puede observarse que las calmas (con altura significativa inferior a 1 m) representan el 50% de las situaciones.

La información de direcciones del oleaje cuya probabilidad (descartando calmas y oleajes fuera de rango) excede el 15% en situaciones de régimen medio se encuentra en la Tabla AI-3.

Tabla AI-3. Régimen medio de oleaje en la zona del polígono de moluscos. Direcciones con probabilidad de ocurrencia superior al 15%. $H_{s,50}$ es la altura significante que se supera en el 50% de las ocasiones (en metros) y $T_{s,50}$ es el período de pico asociado a $H_{s,50}$ (en segundos). $H_{s,01}$ es la altura significante que se supera en el 1% de las ocasiones (en metros) y $T_{s,01}$ es el período de pico asociado a $H_{s,01}$ (en segundos).

Dirección	$H_{s,50}$	$T_{s,50}$	$H_{s,01}$	$T_{s,01}$
NW (17%)	1,9	10	4,1	15
NNW (9%)	1,7	11	4,3	19

Porcentaje de calmas ($H_s < 1 m$) = 50%

En cuanto al régimen extremal la dirección de procedencia es del NNW, para un período de retorno de 50 años la altura significante en la zona de estudio, es de 9 m con un período de pico de 16 a 22 s, para un período de retorno de 100 años la altura significante es de 9,5 m con un período de pico de 17 a 22 s.

2.2 Marea Astronómica

La marea en el golfo de Vizcaya es de tipo semidiurno. La onda de marea penetra en el golfo por el oeste y se propaga hacia el este aumentando ligeramente su amplitud en este eje. El máximo rango anual en la costa vasca supera los 4,5 m. Según estos datos se define como mesomareal baja durante los períodos de mareas muertas, y de mesomareal alta durante las épocas de mareas vivas (González *et al.*, 2004).

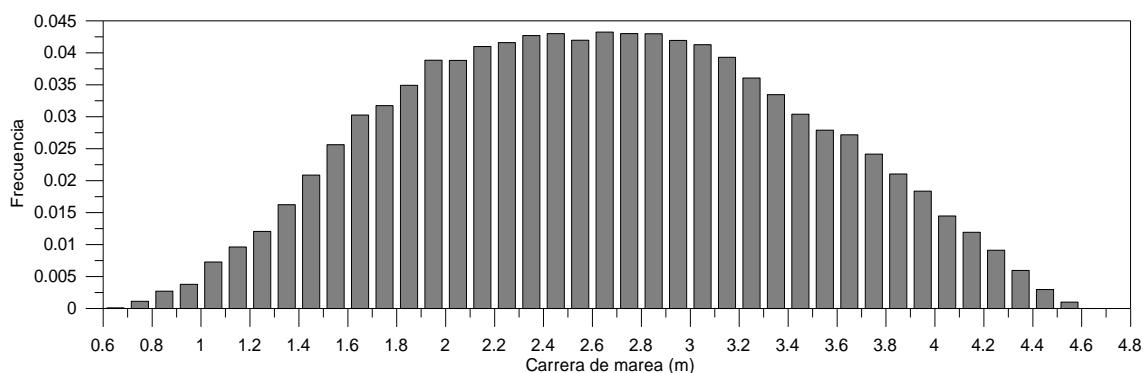
La marea está fuertemente dominada por la componente semidiurna lunar principal M2 y la semidiurna solar principal S2, tanto en oscilaciones de la superficie libre como en corrientes. Como información de base de mejor calidad en la zona se dispone de los datos cincominutarios de nivel de marea del mareógrafo 3110 de Puertos del Estado situado en el puerto de Bilbao.

En la Tabla AI-4 se encuentran las amplitudes y fases de las componentes de la marea astronómica más importantes calculadas mediante el análisis armónico del registro del mareógrafo de Bilbao. Las componentes semidiurnas (las que llevan en su nombre un 2) son las que tienen mayor amplitud. De hecho, la componente semidiurna lunar principal (M2 de 12,42 h de período) y la semidiurna solar principal (S2 de 12 h de período) representan 2/3 de la amplitud total de la marea. La componente Z0 es el nivel medio del mar durante el período registrado.

Tabla AI-4. Amplitudes y fases de las principales componentes armónicas de la altura de la superficie libre registrada por el mareógrafo 3110 de Puertos del Estado (1992-2012).

Nombre	Frecuencia (º/h)	Amplitud (m)	Fase (º)
Z0	0,000	2,411	0,000
M2	28,984	1,320	181,600
S2	30,000	0,464	126,860
N2	28,440	0,280	309,100
K2	30,082	0,134	286,430
O1	13,943	0,072	237,540
K1	15,041	0,064	241,080
NU2	28,513	0,053	104,560
MU2	27,968	0,048	227,510

En la Figura AI-5 se muestra el histograma de frecuencias de ocurrencia de las carreras de marea en el Puerto de Bilbao obtenidas a partir de los datos del mareógrafo 3110. Como puede observarse en esta Figura las carreras de marea en la zona se sitúan entre 0,7 y 4,6 metros siendo las más frecuentes las amplitudes entre 2 y 3,2 m.

**Figura AI-5.** Frecuencia de las carreras de marea en el mareógrafo 3110 de Puertos del Estado.

En la Figura AI-6 puede verse la función de distribución de las carreras de marea en la zona de estudio obtenida a partir del registro de la marea en el Puerto de Bilbao. La mediana de la función de distribución de las carreras de marea se sitúa en 2,6 m, el percentil del 10% corresponde a una carrera de marea de 1,6 m y el percentil del 90% a una carrera de marea de 3,75 m de amplitud.

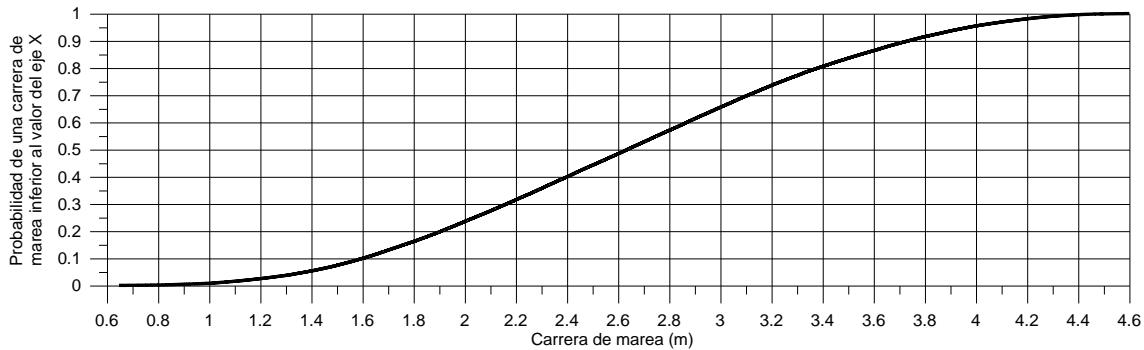


Figura AI-6. Función de distribución acumulada de las carreras de marea obtenidas a partir de los datos del mareógrafo 3110 de Puertos del Estado.

A pesar de su relevancia en cuanto a oscilaciones del nivel del mar la aportación de la marea astronómica a las corrientes es más modesta en la costa cantábrica. Las medidas y los resultados de diversos modelos numéricos indican, que los valores máximos de la corriente de origen mareal disminuyen al aumentar la profundidad de la columna de agua. Si nos referimos a la distribución espacial de la corriente de marea en zonas de mar abierto, a igual profundidad, cuanto más al norte nos encontramos mayor, es la velocidad de la corriente de origen mareal (Álvarez *et al.*, 1998). Las corrientes de marea se amplifican por efecto de la topografía sobre la plataforma; de este modo, sobre la plataforma Armoricana las corrientes de marea son significativas, alrededor de 30 cm.s^{-1} . Sin embargo, en el sur del Golfo (al sur de 45° N) las corrientes de origen mareal se debilitan y son inferiores a 15 cm.s^{-1} (Le Cann, 1990) y la circulación está gobernada principalmente por el viento y la densidad (Puillat *et al.*, 2006). En la zona costera del sudeste del golfo de Vizcaya las corrientes de marea son aún menores no alcanzándose valores superiores a 10 cms^{-1} más que en las zonas de bajos y entradas a estuarios.

De un trabajo realizado para Puertos del Gobierno Vasco se dispone de un registro de marea en el puerto de Ondarroa (desde el 22/01/2011 hasta el 01/03/2011). Dicho punto se encuentra a menos de 1 milla náutica de distancia al emplazamiento del polígono de moluscos y por lo tanto es representativo del mismo. El resultado del análisis armónico de esta serie de datos puede verse en la Tabla AI-5 y se ha empleado como condición de contorno para la simulación de las corrientes inducidas por la marea.

Tabla AI-5. Amplitud y fase de las principales componentes armónicas (de amplitud superior a 5 cm) detectadas en el registro de marea del puerto de Ondarroa.

Nombre	Amplitud (m)	Fase (º)	Frecuencia (º/hora)
M2	132,6	34,98	28.984104252
S2	49,1	125,90	30
N2	27,3	295,13	28.439729568
K2	15,8	270,22	30.082137264
O1	8,2	273,78	13.943035584
K1	6,2	68,46	15.041068632
NU2	8,5	17,95	28.512583128

2.3 Descripción del clima atmosférico

El País Vasco se sitúa en las latitudes medias del Océano Atlántico nordeste y, en particular, en la franja climática de los vientos del oeste. El clima es templado y oceánico, con inviernos y veranos moderados, y con una marcada estacionalidad, siendo la temperatura media anual superior a 10 °C. Todos los meses presentan temperaturas medias inferiores a los 22 °C y los meses de invierno medias superiores a 3 °C (Usabiaga *et al.*, 2004).

El clima es lluvioso con una media de, aproximadamente, 1.200 mm de precipitación anuales para el periodo 1961-2013 en Bizkaia y entre 1.500 y 1.600 mm en Gipuzkoa. Las precipitaciones ocurren normalmente durante todo el año, presentando el mes más seco una tercera parte de las precipitaciones del mes más lluvioso. Las precipitaciones son más frecuentes en otoño e invierno (noviembre-enero), siendo noviembre el mes más lluvioso y observándose un máximo relativo en abril. Por el contrario, las lluvias son menos frecuentes durante los meses de junio a julio (Figura AI-7). Según la clasificación de Koppen, el área está asociada con un clima de tipo Cfb (marino costero occidental suave) (Usabiaga *et al.*, 2004).

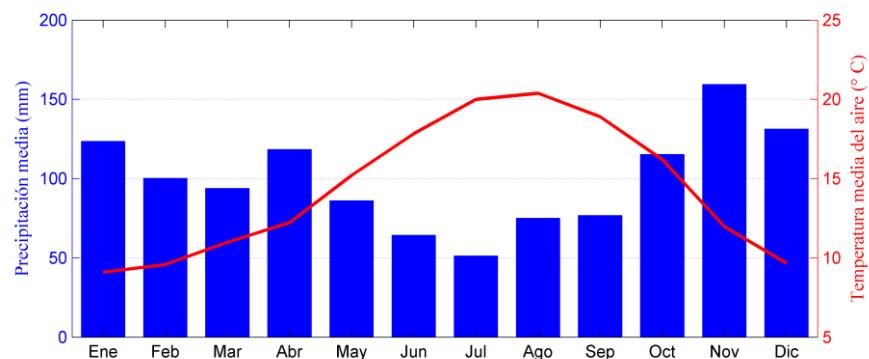


Figura AI-7. Evolución media de la temperatura del aire ($^{\circ}\text{C}$) y de la precipitación (mm) a lo largo del año en la estación meteorológica de Sondika-Loiu para el periodo 1961-2013.

En la Figura AI-8 se muestra la evolución media de la temperatura atmosférica a lo largo del año en la estación meteorológica de Sondika-Loiu, en comparación con la media \pm desviación estándar para el registro completo (1961-2013). Las temperaturas más bajas se registran entre diciembre y febrero, siendo enero el mes más frío, con temperaturas mensuales que oscilan entre aproximadamente 7,7 y 11,4 $^{\circ}\text{C}$. Agosto es el mes más cálido, seguido del mes de julio, con temperaturas medias mensuales comprendidas entre 18,7 y 21,6 $^{\circ}\text{C}$, aproximadamente.

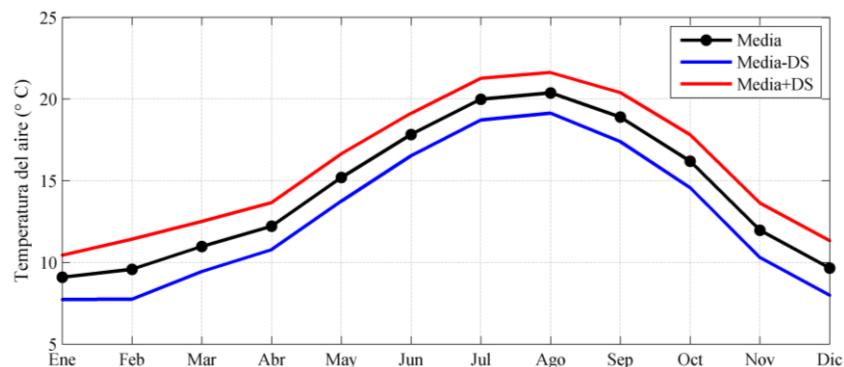


Figura AI-8. Media de la temperatura del aire ($^{\circ}\text{C}$) a lo largo del año en la estación meteorológica de Sondika-Loiu en comparación con la media \pm desviación estándar (DS) para el periodo 1961-2013.

Una descripción general del clima atmosférico en la costa vasca usando datos del período 1928 a 2001 del Observatorio Meteorológico de Monte Igeldo (AEMET, Donostia-San Sebastián, 43° 18' 27" N, 02° 02' 22" W, 252 m), se encuentra en Usabiaga *et al.* (2004). La temperatura media anual se sitúa en unos 13°C, agosto es el mes más cálido (18,6°C de media) y enero el más frío (7,6°C de media).

En el País Vasco se dispone de la serie de temperaturas máximas y mínimas diarias del Observatorio de Monte Igeldo desde la década de los años 20 del siglo pasado (Figura AI-9). Puede observarse como, las máximas diarias en algunos casos superan los 35°C y las mínimas han llegado a los 10°C en la década de los 10 y por debajo de los 5°C en 1985.

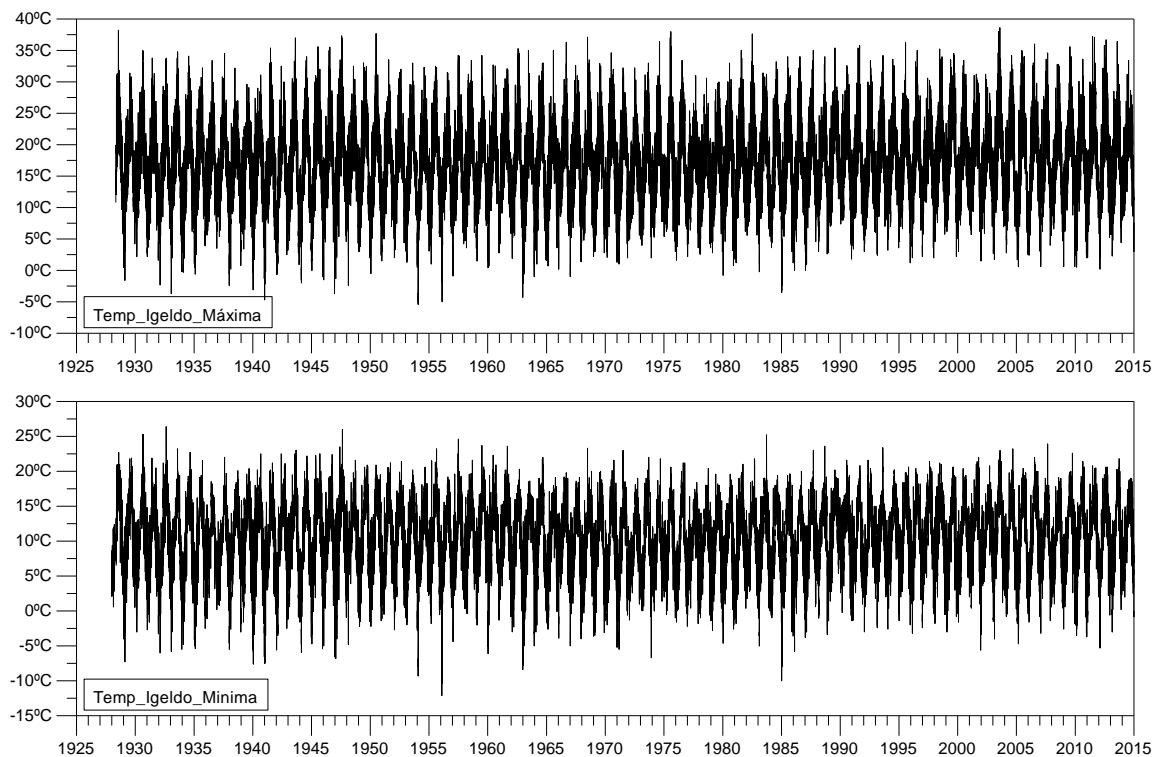


Figura AI-9. Datos de temperatura máxima y mínima diarias en el Observatorio de Monte Igeldo.

En González *et al.* (2008) se ha estudiado la evolución de los máximos y mínimos diarios de temperatura en Igeldo en el periodo 1928-2007 (Tabla AI-6). Hasta esa fecha el número de días con temperatura máxima igual o superior a 38°C fue de 4 días. También, sólo ha habido 4 días con temperaturas por debajo de -10 °C en el período 1928-2007.

Tabla AI-6. Valores medios mensuales de la temperatura máxima y mínima diaria \pm desviación estándar ($\pm\sigma$) en el Observatorio Meteorológico de Monte Igeldo, (AEMET, Donostia-San Sebastián, 43° 18' 27" N, 02° 02' 22" W, 252 m), entre 1928 y 2007, (González *et al.*, 2008).

Mes	Tº Max. (ºC)			Tº Min. (ºC)		
	$\bar{T} - \sigma$	\bar{T}	$\bar{T} + \sigma$	$\bar{T} - \sigma$	\bar{T}	$\bar{T} + \sigma$
Enero	6,5	10,6	14,7	1,6	5,4	9,2
Febrero	6,6	11	15,5	1,6	5,5	9,3
Marzo	9	13,3	17,7	3,8	7	10,3
Abril	10,2	14,4	18,7	5,3	8,1	10,9
Mayo	12,8	17,2	21,6	8,1	10,6	13,1
Junio	15,9	19,8	23,7	11,3	13,4	15,6
Julio	18,1	21,6	25,3	13,5	15,5	17,5
Agosto	18,7	22,2	25,8	13,9	16	18,1
Septiembre	17,37	21,1	25	12,1	14,7	17,2
Octubre	14,1	18	21,8	8,9	12,1	15,2
Noviembre	9,9	13,6	17,3	5,0	8,4	11,8
Diciembre	7,1	11	14,9	2,4	6,1	9,8

En la Figura AI-10 puede verse la temperatura media anual (máximas y mínimas) desestacionalizada (sin $T < 1$ año) en el Observatorio de Monte Igeldo. El valor medio anual de las máximas se sitúa en 16,25 °C (el rango de variación de las medias anuales se sitúa entre 14,5°C y 20°C) y el de las mínimas en 10,25°C (con valores medios anuales entre 8,8°C y 12,5°C). Destacan claramente los años cálidos desde 1995 hasta la actualidad, tanto en cuanto a temperaturas máximas como a temperaturas mínimas.

En la Figura AI-11 se muestran los valores medios anuales desestacionalizados de las temperaturas máxima y mínimas diarias medidas en el aeropuerto de Hondarribi desde 1970. La temperatura máxima media en el año es de 18,8°C y la media anual de las mínimas 10,25°C.

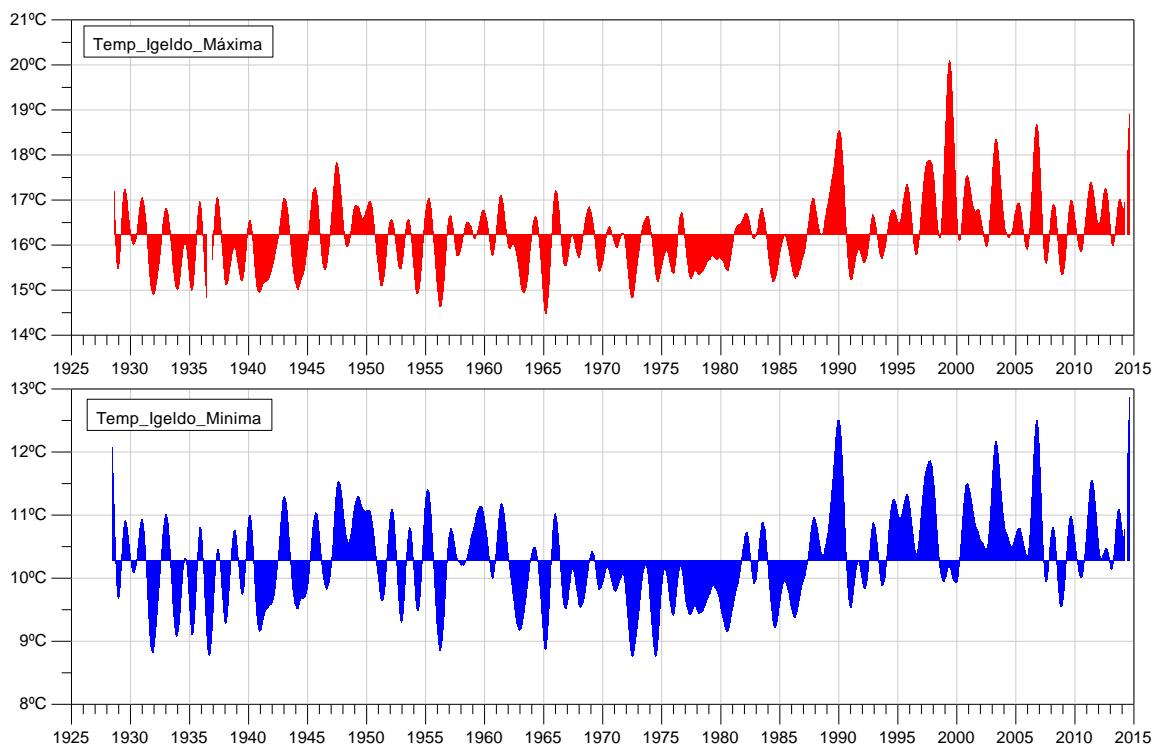


Figura AI-10. Media anual de las temperaturas máximas diarias (arriba) y mínimas diarias (debajo) en el Observatorio de Monte Igeldo.

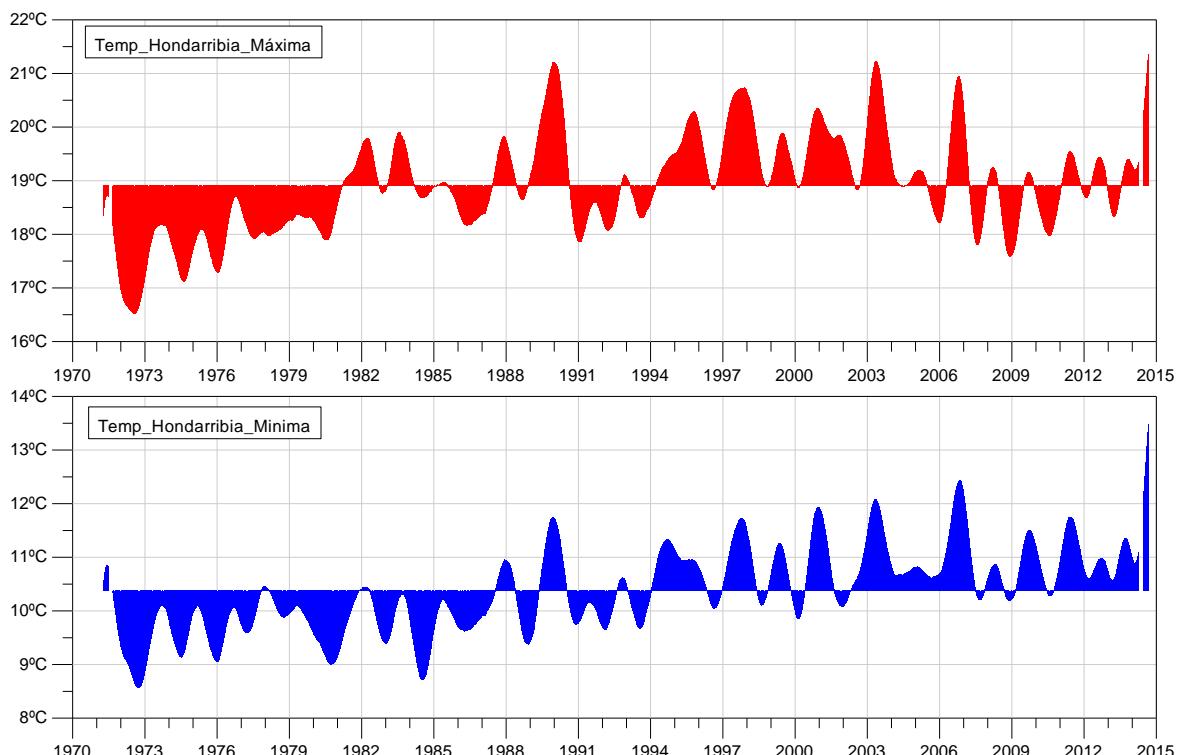


Figura AI-11. Media anual de las temperaturas máximas diarias (arriba) y mínimas diarias (debajo) en el Observatorio del aeropuerto de Hondarribia.

Por último, en la Figura AI-12 pueden verse los mismos datos del aeropuerto de Sondika-Loiu pero, en este caso solamente se dispone de la información entre 1996 y 2014.

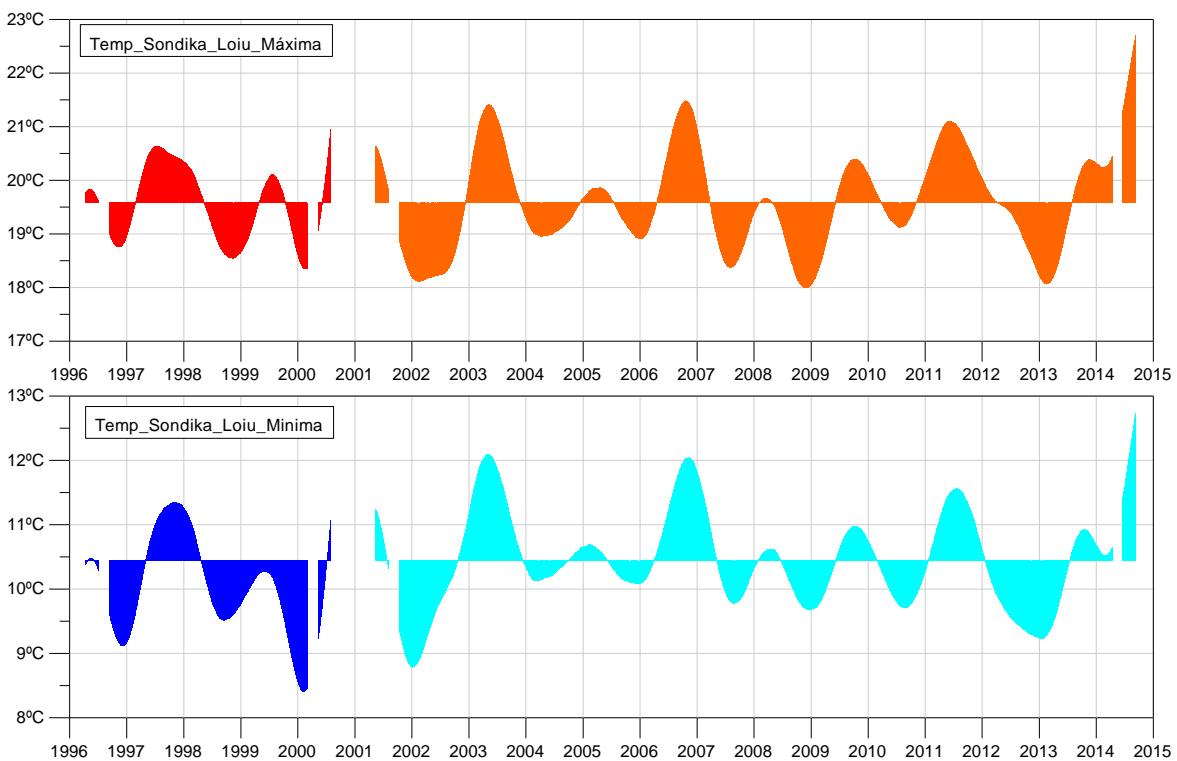


Figura AI-12. Media anual de las temperaturas máximas diarias (arriba) y mínimas diarias (debajo) en el Observatorio del aeropuerto de Sondika (en rojo y azul marino)-Loiu (en naranja y azul celeste).

Uno de los factores más importantes en el clima atmosférico es la insolación, que suele expresarse como horas de sol diarias. En la Figura AI-13 pueden verse la media anual de las horas de sol registradas en el Observatorio de Monte Igeldo desde 1945 hasta 2014. El promedio de horas de sol es de $4,78 \text{ h d}^{-1}$.

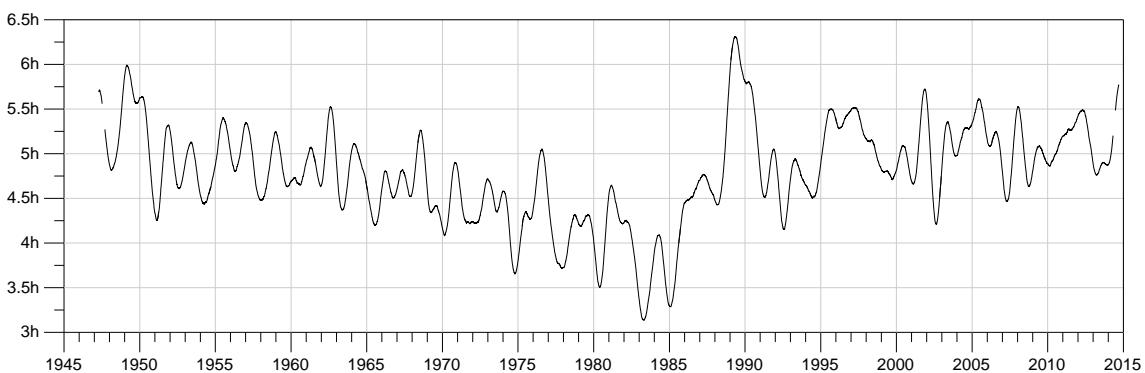


Figura AI-13. Media anual de la insolación (horas de sol por día) en el Observatorio Monte Igeldo.

En la Figura AI-14 se muestra la media anual de horas de sol medidas en el aeropuerto de Hondarribi desde 1971 hasta 2014. El valor medio de la insolación durante este registro es de $4,76 \text{ h d}^{-1}$.

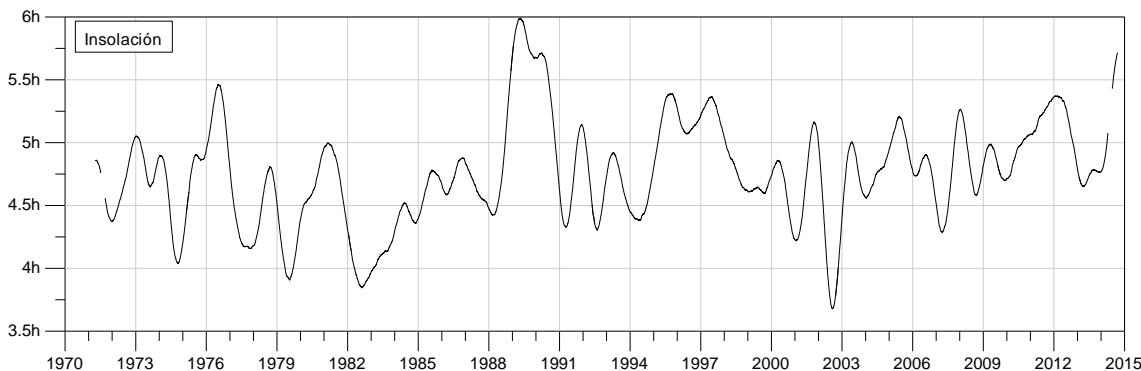


Figura AI-14. Media anual de la insolación (horas de sol por día) en el Observatorio de Hondarribia.

2.3.1 Viento

En latitudes medias del Atlántico norte, la circulación atmosférica está principalmente gobernada por dos centros de actividad, la baja presión de Islandia y el anticiclón de las Azores. En general, entre ambos centros de presión, predominan los vientos de componente oeste a sudoeste, siendo más fuertes en invierno y más suaves e irregulares en verano. Sin embargo, la posición de ambos centros de presión no es fija y varía estacionalmente. En invierno, el anticiclón de las Azores se desplaza hacia el sudeste dando lugar al predominio de vientos de componente sudoeste en el golfo de Vizcaya. Por el contrario, en verano, el anticiclón se desplaza hacia el noroeste, influenciando la costa cantábrica y propiciando vientos del noroeste. En primavera y otoño, el paso de anticiclones y borrascas móviles a través de la región cantábrica es muy frecuente (Medina, 1974; OSPAR, 2000).

El registro de viento más largo disponible en la zona es el del Observatorio de Monte Igueldo (situado a algo más de 200 m de altura sobre el mar), con información desde 1940 (Figura AI-15).

En Monte Igueldo se han medido, en diversas ocasiones, vientos de más de 140 km h^{-1} . Todas las direcciones tienen una probabilidad significativa de ocurrencia con especial predominancia de las direcciones comprendidas entre el NW y el S. Los eventos más intensos se encuentran para las direcciones NW, WNW y WSW y están directamente relacionados con el patrón de paso de las borrascas invernales atravesando el golfo de Vizcaya. Se observan también una cierta predominancia de vientos del E y NE asociados a los regímenes de brisas propios de la temporada estival.

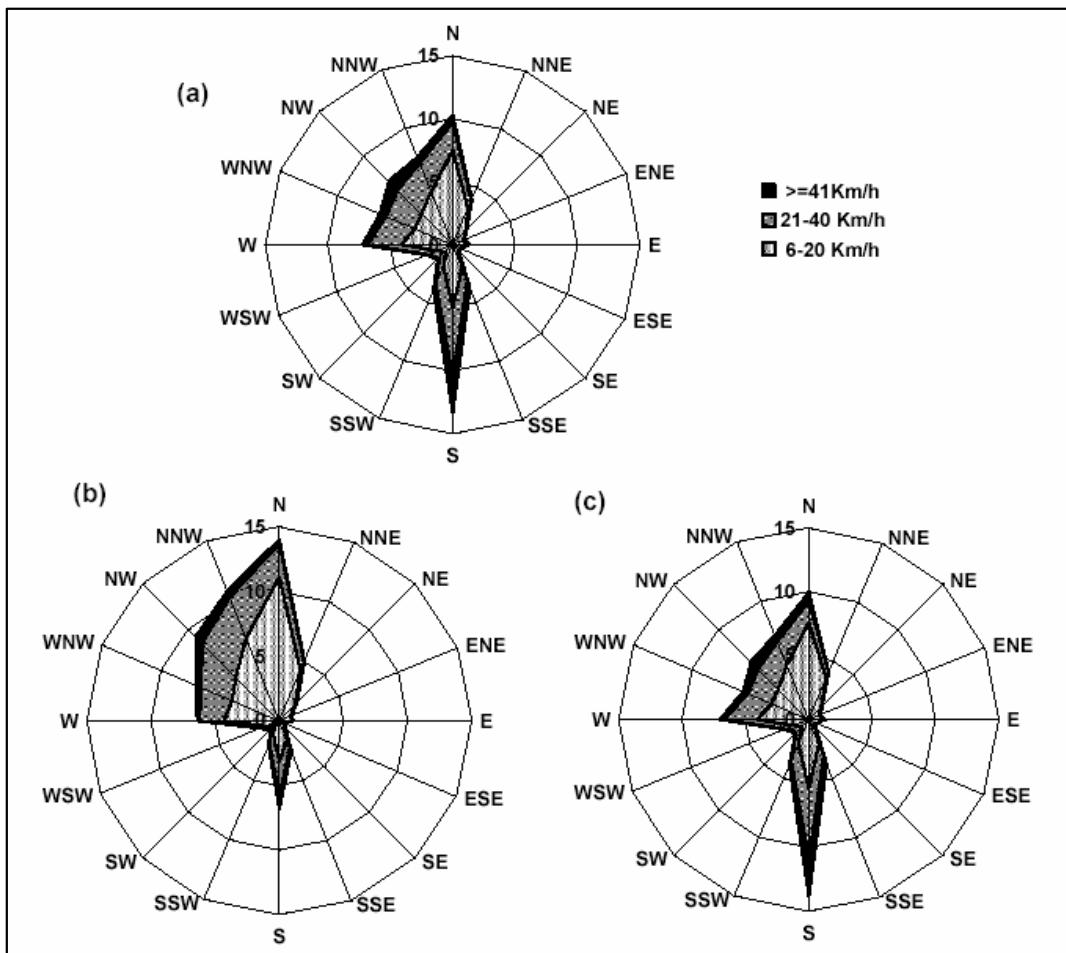


Figura A1-15. Rosas de frecuencia acumulada del viento (%) en Igeldo (1961-1990); (a) anual, (b) entre marzo y agosto, (c) entre julio y diciembre (tomado de Usabiaga *et al.*, 2004).

En la zona del SE del golfo de Vizcaya y a partir de los datos de intensidad y dirección de viento provenientes de cuatro puntos de medida (estaciones de Punta Lucero y Pasaia, boyas de Bilbao-Vizcaya y Matxitxako), se han construido las rosas de viento características para el periodo de datos disponible así como las rosas de vientos estacionales. El análisis de los regímenes de viento se detalla a continuación, a partir de las tablas de distribuciones conjuntas de intensidad y dirección para cada uno de estos puntos.

La boya de Matxitxako de Euskalmet comenzó a funcionar en enero de 2009 y se dispone de información hasta agosto de 2013 con una frecuencia de muestreo horaria. En este período se dispone del 50% de los datos posibles. En la Tabla A1-7 se muestra la distribución conjunta de intensidad y dirección de viento registrado en esta estación para el período indicado.

Tabla AI-7. Distribución conjunta de intensidad y dirección de procedencia del viento (%) en la boyas océano-meteorológica de Matxitxako para el periodo 2009-2013).

Velocidad / Sector	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO	TOTAL
Calmas < 2 km.h ⁻¹									0,52
2-5 km.h ⁻¹	0,74	0,67	0,63	0,49	0,55	0,48	0,52	0,71	4,80
5-15 km.h ⁻¹	5,64	5,37	4,72	3,60	3,61	3,39	4,79	5,44	36,57
15-25 km.h ⁻¹	4,19	3,97	3,29	2,21	2,98	3,85	5,58	5,32	31,39
25-35 km.h ⁻¹	1,64	1,20	1,13	1,24	2,12	2,67	3,43	2,81	16,25
35-45 km.h ⁻¹	0,48	0,27	0,15	0,34	0,98	1,44	2,07	1,46	7,19
45-75 km.h ⁻¹	0,09	0,02	0,01	0,08	0,32	0,60	1,39	0,74	3,26
>75 km.h ⁻¹	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,01	0,03
TOTAL	12,78	11,51	9,94	7,97	10,55	12,44	17,81	16,49	100,00

En el caso de la boyas de Puertos del Estado de Bilbao-Vizcaya se ha empleado la información de viento medio horario desde el 7 de noviembre de 1990 hasta el 21 de junio de 2013. En este período la disponibilidad de datos válidos es del 54% y la distribución conjunta de intensidad y dirección del viento se encuentra en la Tabla AI-8.

Tabla AI-8. Distribución conjunta de intensidad y dirección de procedencia del viento (%) en la boyas océano-meteorológica de Bilbao-Vizcaya (Puertos del Estado) para el periodo 1990-2013.

Velocidad / Sector	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO	TOTAL
Calmas < 2 km.h ⁻¹									2,66
2-5 km.h ⁻¹	0,67	0,65	0,65	0,50	0,52	0,55	0,58	0,60	4,73
5-15 km.h ⁻¹	4,20	5,13	5,56	3,03	2,90	3,29	4,23	4,54	32,86
15-25 km.h ⁻¹	2,96	4,09	6,72	2,98	3,28	2,47	6,09	5,07	33,66
25-35 km.h ⁻¹	1,37	1,24	2,54	1,25	2,49	1,23	4,41	3,22	17,75
35-45 km.h ⁻¹	0,44	0,20	0,34	0,24	0,93	0,45	2,26	1,37	6,23
45-75 km.h ⁻¹	0,10	0,05	0,02	0,01	0,16	0,13	1,09	0,53	2,09
>75 km.h ⁻¹	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01
TOTAL	9,74	11,36	15,83	8,01	10,28	8,11	18,67	15,34	100,00

2.4 Corrientes

Para una completa descripción de las corrientes marinas en la costa vasca es necesario describir la circulación general a una escala global en la que podamos analizar los diferentes factores que actúan como forzamientos y que influyen directamente sobre la circulación local. Por ello la circulación se describe en tres regiones principales, empezando por la región central del golfo de Vizcaya y llegando hasta la plataforma continental.

2.4.1 Circulación General y corriente de talud

En la Figura Al-16 se muestra un esquema de la circulación estacional en el golfo de Vizcaya. En la parte central del golfo, la llanura abisal se caracteriza por profundidades desde 4.000 hasta 5.500 metros de profundidad. La circulación en esta zona es débil ($1\text{--}2 \text{ cm s}^{-1}$), variable y de carácter anticiclónico (Koutsikopoulos y Le Cann, 1996). Sin embargo también se ha destacado la presencia en el área de estructuras mesoescalares ciclónicas y anticiclónicas, originadas en la zona de talud y de las que hablaremos más adelante, que son capaces de inducir velocidades localmente mayores (Paillet *et al.*, 1999).

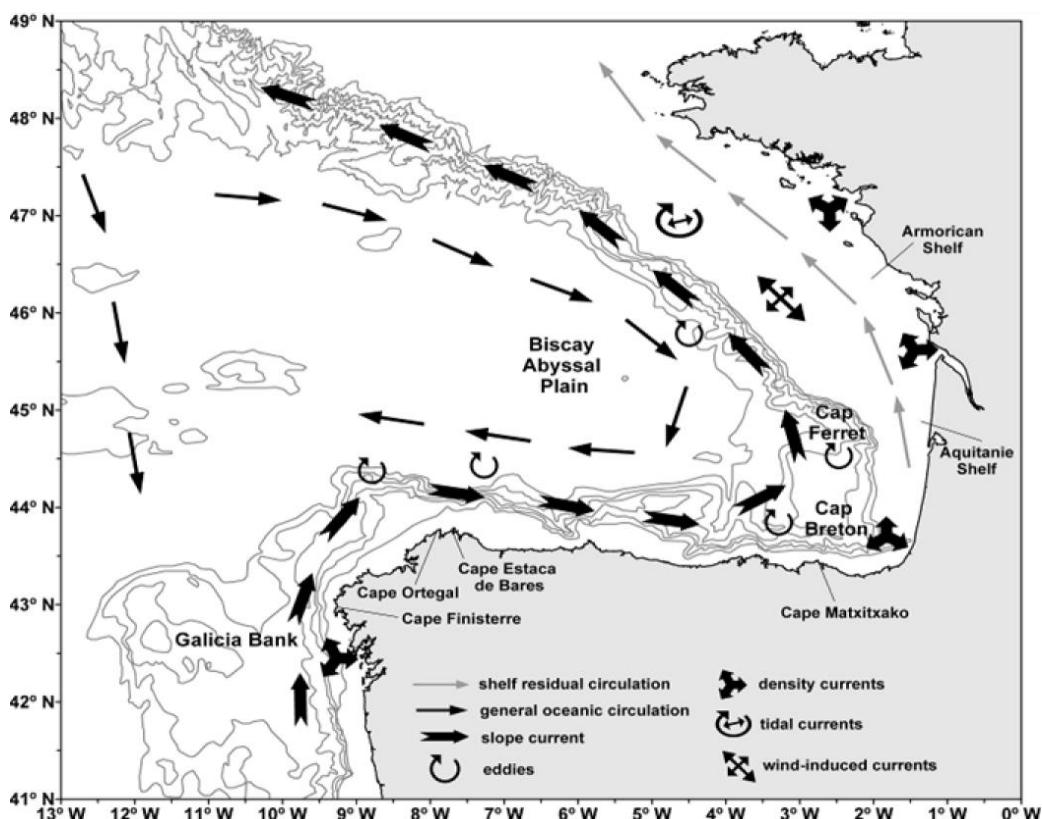


Figura Al-16. Circulación estacional en el golfo de Vizcaya (Ferrer *et al.*, 2009).

En contraste con la circulación promedio en la zona más profunda, la circulación en el talud, es de carácter predominantemente ciclónico y más intenso (Figura Al-17), aunque presenta una fuerte variabilidad. A partir de una base de datos de trayectorias de boyas de deriva (con velas entre 15 y 80 m de profundidad) recogidas en el periodo 1992-2009, Charria *et al.* (2013) obtienen una climatología estacional de la circulación en el golfo, a partir de la cual esquematizan esta variabilidad tanto en mar abierto como en las zonas de talud y plataforma.

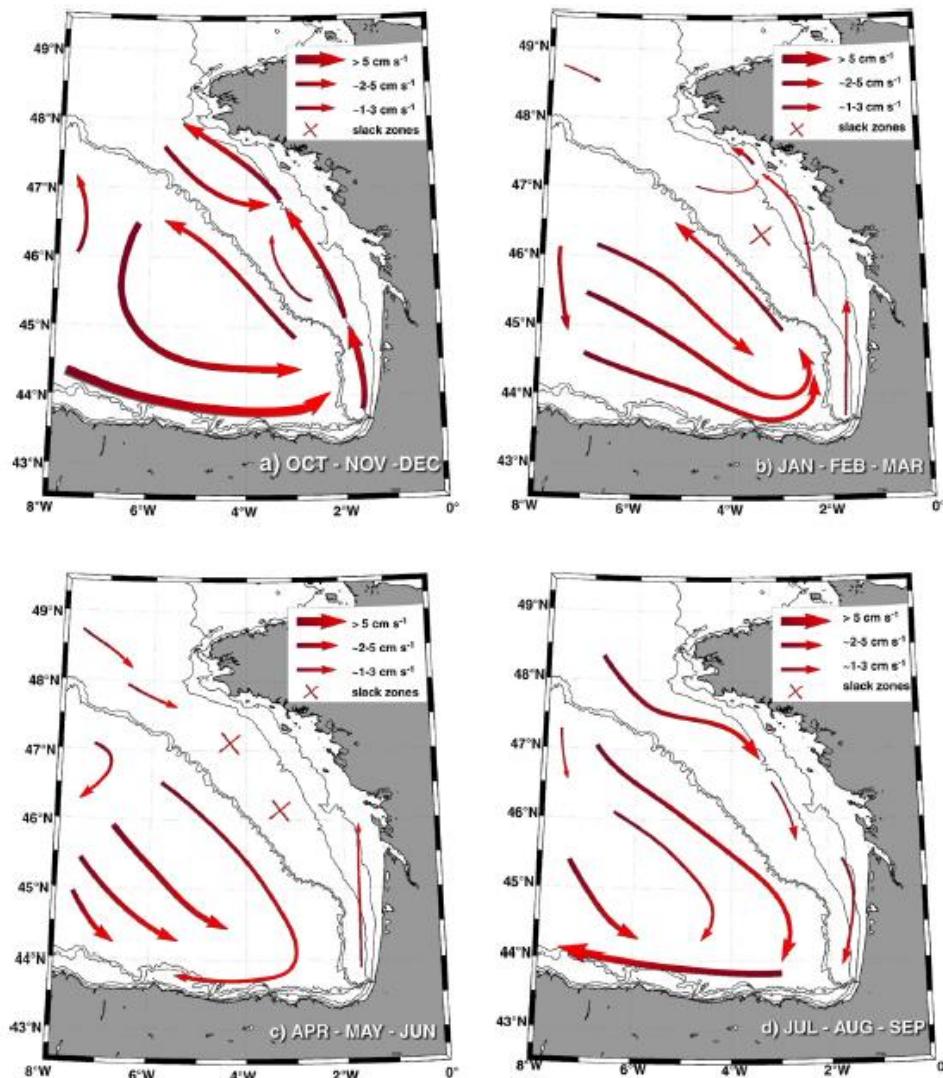


Figura AI-17. Visión esquemática de la circulación estacional en el Golfo, tomada de Charria *et al.*, 2013.

En el talud (Figura AI-17), la presencia de una corriente intensa y de carácter estacional es una de las características principales de la circulación. Esta corriente, conocida como IPC (de sus siglas en inglés: *Iberian Poleward Current*) fluye hacia el este en invierno a lo largo del talud frente a la costa vasca y hacia el norte a lo largo del talud frente a la costa francesa. La corriente está caracterizada por una vena principal de unos 25-40 km de ancho y velocidades promedio entre 20 y 30 cm s^{-1} (Pingree y Le Cann 1989, 1992a, 1992b; Esnaola *et al.* 2013; Solabarrieta *et al.* 2014). La corriente IPC afecta a la parte superior de la columna de agua (y la masa de agua ENACW) desde superficie hasta 300 m (Le Cann y Serpette 2009). En invierno, la corriente IPC se relaciona con el transporte de aguas superficiales más cálidas que las aguas locales a lo largo de la cornisa Cantábrica (Pingree y Le Cann 1990, Esnaola *et al.* 2013; ver Figura AI-18).

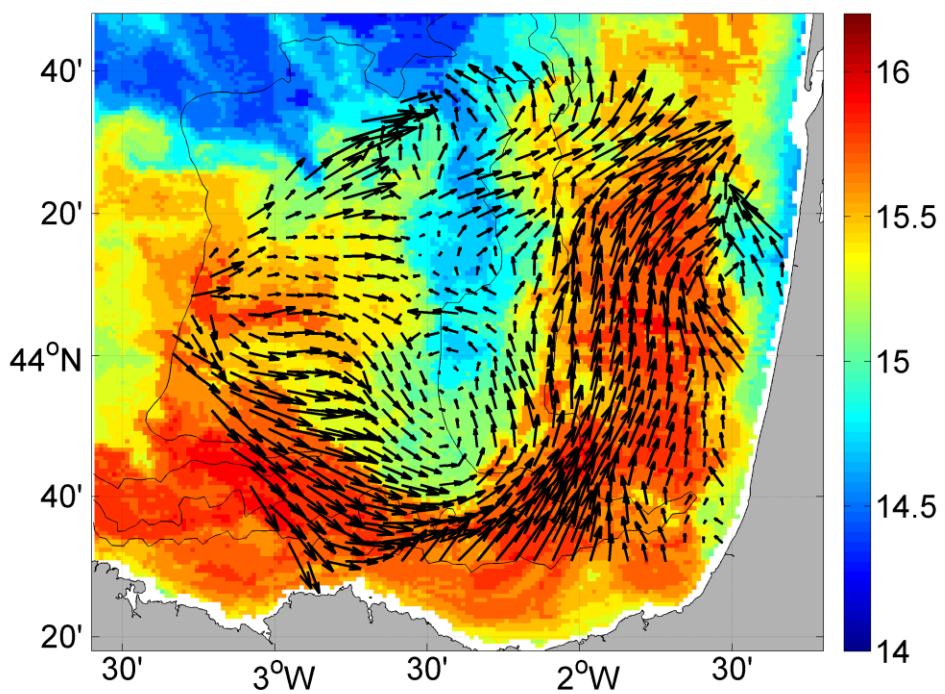


Figura AI-18. Campo de temperatura superficial obtenida a partir de datos de satélite para el 06/02/2011 y corrientes del radar HF para la misma fecha. Ilustran una situación típica en invierno con una corriente superficial intensa hacia el este y norte sobre el talud frente a las costas vasca y francesa, respectivamente, asociada al transporte de aguas cálidas superficiales. Extraído de Solabarrieta *et al.* 2014.

Valores medios de corriente hacia el este asociados a la IPC frente a la costa vasca de $40\text{--}50 \text{ cm s}^{-1}$ se han observado a 10 m en los registros a la boya de Matxitxako durante los inviernos de 2008–2009 (Rubio *et al.*, 2013). Valores mayores, de hasta 70 cm s^{-1} , se obtuvieron a partir de datos de campañas oceanográficas durante el otoño invierno de 2006 y 2007 (Le Cann y Serpette, 2009). Valores similares a éstos se observan en la costa vasca a partir de datos radar HF en relación a la corriente de talud (Solabarrieta *et al.* 2014). En la Figura AI-19(a) se observa la serie de datos de la componente EW de la corriente en el talud obtenidos en un transecto desde la costa hasta $43,9^\circ \text{ N}$ en la longitud de la boya de Matxitxako utilizando los datos radar. La misma componente de la velocidad y su variación en la vertical, desde superficie hasta 150 m, se ha representado en la Figura AI-19(b), a partir de los datos del correntímetros ADCP de la boya. Se observa la alternancia de corrientes hacia el este (en colores cálidos) y de corrientes hacia el oeste durante todo el periodo. Se destacan algunos eventos con fuertes corrientes hacia el este que se observan hasta $43,7^\circ \text{ N}$ y afectan los primeros 150 metros de la columna de agua en enero- febrero y noviembre-diciembre de 2009 y enero-marzo de 2011 y que se relacionan con eventos de fuerte corriente IPC (Solabarrieta *et al.*, 2014).

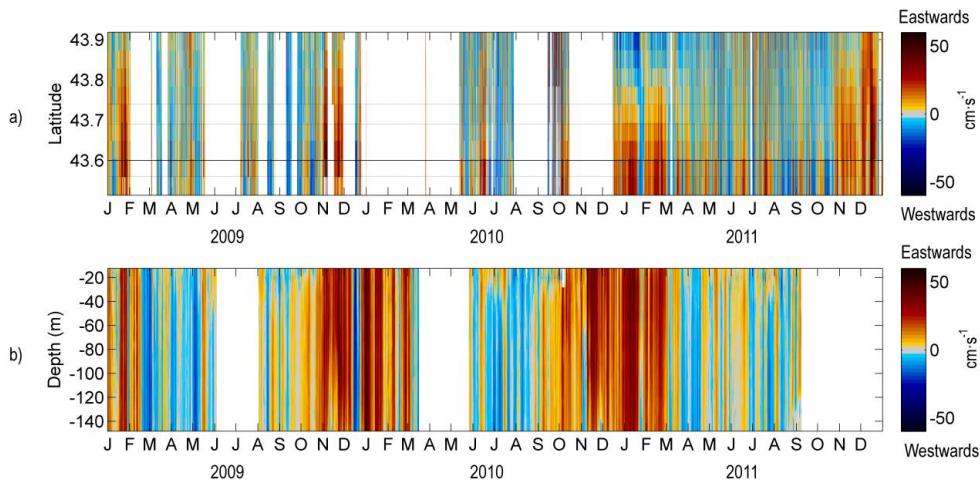


Figura A1-19. (a) Componente E-O de la velocidad de la corriente superficial obtenida en un transecto desde la costa hasta 43.9°N en la longitud de la boyera de Matxitxako utilizando los datos radar. (b) Componente E-O de la velocidad de la corriente de talud (de 0 a 150 m) obtenida sobre el talud mediante el correntímetro perfilador instalado en la Boyera de Matxitxako. La línea continua en a marca la latitud de la boyera de Matxitxako, las líneas discontinuas la posición de las batimétricas de 200, 1000 y 2000m. Extraído de Solabarrieta *et al.* 2014.

El papel de esta corriente, junto con el del viento, en el control de la deriva oceánica superficial ha sido puesto en evidencia en diferentes trabajos tras la Crisis del *Prestige* a lo largo de la costa norte de la península Ibérica (González *et al.*, 2006, 2008; Castanedo *et al.*, 2006; Abascal *et al.*, 2010).

2.4.2 Corrientes debidas al viento

El viento es el forzamiento principal de las corrientes superficiales oceánicas, y su efecto se observa en un amplio rango de escala, desde estacional hasta frecuencias de varias horas, como las brisas (Fontán *et al.*, 2009, 2013; Solabarrieta *et al.*, 2015, Kersalé *et al.*, 2015). Las corrientes debidas al viento se superponen a las corrientes descritas anteriormente añadiendo variabilidad a los patrones de circulación tanto en mar abierto como en plataforma. Por ejemplo, la corriente residual está ligeramente orientada hacia el noroeste sobre la plataforma Armoricana (Pingree y Le Cann, 1989) y muestra un comportamiento estacional relacionado con los vientos dominantes en la plataforma de Aquitania: las corrientes residuales se orientan hacia el noroeste en invierno y hacia el sureste el resto del año.

En la costa vasca y en términos generales, durante el otoño y el invierno, los vientos predominantes del sudoeste generan corrientes hacia el este y el norte en la plataforma, mientras que en primavera el viento cambia a nordeste y genera corrientes hacia el oeste y suroeste a lo largo de la costa vasca. La situación de verano,

es similar a la de primavera pero con vientos más flojos e inestables que se traducen en corrientes menos intensas y con mayor variabilidad (González *et al.*, 2004; Lazure 1997; Solabarrieta *et al.*, 2015).

En la boyá de Matxitxako, de Euskalmet, se registran corrientes superficiales (a 10m) con una frecuencia de medida horaria. De esta estación, al igual que se ha mostrado anteriormente sobre los datos de viento, se dispone de información desde 2009 hasta 2013, con una cobertura de aproximadamente el 50% del tiempo total. Con esta información se ha calculado la distribución conjunta de intensidad y dirección de las corrientes, cuyos resultados pueden verse en la Tabla AI-9.

Tabla AI-9. Distribución conjunta de intensidad y dirección de la corriente superficial (%) en la boyá oceáno-meteorológica de Matxitxako (Euskalmet) para el periodo 2009-2013.

Velocidad / Sector	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO	TOTAL
< 1 cm.s ⁻¹									0,63
1-5 cm.s ⁻¹	1,19	1,35	1,39	1,32	1,44	1,35	1,44	1,37	10,85
5-15 cm.s ⁻¹	4,34	5,17	6,19	5,73	5,18	5,52	4,64	4,18	40,95
15-25 cm.s ⁻¹	2,25	3,14	3,79	3,76	4,89	3,86	2,56	2,20	26,47
25-35 cm.s ⁻¹	0,72	0,96	2,09	1,62	3,56	1,96	0,93	0,62	12,46
35-55 cm.s ⁻¹	0,23	0,36	1,36	0,84	2,98	1,12	0,34	0,21	7,46
55-75 cm.s ⁻¹	0,02	0,01	0,05	0,08	0,54	0,22	0,07	0,01	1,00
75-100 cm.s ⁻¹	0,01	0,01	0,01	0,02	0,07	0,03	0,02	0,00	0,17
>100 cm.s ⁻¹	0,000	0,000	0,000	0,012	0,004	0,000	0,004	0,004	0,02
TOTAL	8,75	10,99	14,88	13,39	18,67	14,07	10,00	8,60	100,00

Con ciertos matices, la distribución por direcciones en el registro de la boyá Bilbao-Vizcaya es similar a la de Matxitxako. No obstante, sí se observa en este registro una menor frecuencia del sudoeste (8,11% frente al 12,44% en Matxitxako) y mayor frecuencia del viento del este (15,83% en Bilbao-Vizcaya frente a 9,94% en Matxitxako). Estas diferencias pueden ser debidas a la diferente duración de los registros, y también la variabilidad espacial del viento en la costa vasca que, en registros en tierra cercanos a la línea de costa ha sido constatada en trabajos anteriores.

La relación entre corrientes de plataforma y viento ha sido estudiada por Fontán y Cornuelle (2015) utilizando datos de radar y Kersalé *et al.*, (2015) a partir de datos de viento y correntímetros a lo largo de las costa vasca (boyá bimep) y aquitana francesa. Kersalé *et al.*, (2015) muestran que la dinámica registrada sobre la plataforma vasca está controlada por la componente paralela a la costa del estrés del viento a escalas de tiempo muy cortas (entre 1 y 2 días). La respuesta de las corrientes al viento en los fondeos más al norte (frente a la costa francesa) es similar, con corrientes siguiendo la

orientación de la plataforma francesa en respuesta a la componente del viento en la misma dirección. Estos autores ofrecen una descripción y un marco teórico del efecto del viento sobre la circulación en la plataforma a escala del golfo de Vizcaya, en línea de lo recientemente demostrado para el SE del golfo usando datos radar HF y vientos de reanálisis por Fontán y Cornuelle (2015).

Finalmente, en la zona costera del fondo del Golfo, a partir de series intensivas de datos de corrientes, se ha comprobado que el factor más influyente en la dinámica superficial y sub-superficial es el efecto del viento, disminuyendo su importancia a mayor profundidad. En cuanto a los patrones generales de corrientes producidas por el viento se observa (Fontán *et al.*, 2009):

- efecto de las brisas (con frecuencias muy similares a las ondas semidiurnas y terciidiurnas de la marea).
- la variabilidad sinóptica (2-10 días) asociada al paso de borrascas y anticiclones.
- periodicidad quincenal asociada a cambios en las condiciones meteorológicas dominantes.
- variabilidad de escala estacional.

2.4.3 Medidas *in situ* de correntímetro fondeado en la zona de polígono

Con la finalidad de disponer de medidas validadas *in situ* de las características de la hidrodinámica marina en la zona de estudio, se fondeó un equipo oceanográfico AANDERAA RCM9 (Figura AI-20).



Figura AI-20. Grupo de correntímetros AANDERAA RCM-9.

Estos correntímetros son instrumentos sirven para medir el módulo y dirección del vector velocidad de la corriente, la temperatura del agua, la conductividad y la profundidad a la que se fije. El aparato está provisto de un sensor de corriente RCM doppler y tiene varias aplicaciones. Entre otras tiene la posibilidad de ser utilizado como un perfilador de corrientes, de ser fijado a una profundidad determinada o de anclarse al fondo. La célula de conductividad tiene un rango de medida muy amplio permitiendo la medida incluso en aguas dulces. Se puede programar para tomar datos a diferentes intervalos de tiempo y dada la alta capacidad de la batería alcalina que los alimenta pueden tomar medidas durante más de 2 años a intervalos de 1 hora.

Las especificaciones del correntímetro AANDERAA RCM-9 fondeado en la zona del poígonos se presentan en la Tabla AI-10.

Tabla AI-10. Especificaciones del correntímetro AANDERAA RCM-9.

Sensor	Nombre	Rango	Precisión
Velocidad	Doppler	0-300 cm s ⁻¹	± 2 cm s ⁻¹
Dirección	Magnético	0-360°	± 5°
Temperatura	Termistor	0-36°C	± 0,05°C
Conductividad	Inductiva	0-74 mS cm ⁻¹	± 0,1%
Presión	Piezoresistor	10-3000 psi	± 0,5%
Turbidez	OBS	0,1-20 NTU	± 2%

Este equipo estuvo registrando datos de temperatura del agua del mar, turbidez e intensidad y dirección de la corriente marina desde el 6 de agosto de 2014 hasta el 23 de octubre de 2014, con una frecuencia de medida de 30 minutos. El correntímetro se situó aproximadamente en el centro de la zona a una profundidad de 15 m respecto de la superficie del mar.

Las medidas de temperatura del mar a los 15 m de profundidad donde estuvo situado el equipo se muestran en la Figura AI-21.

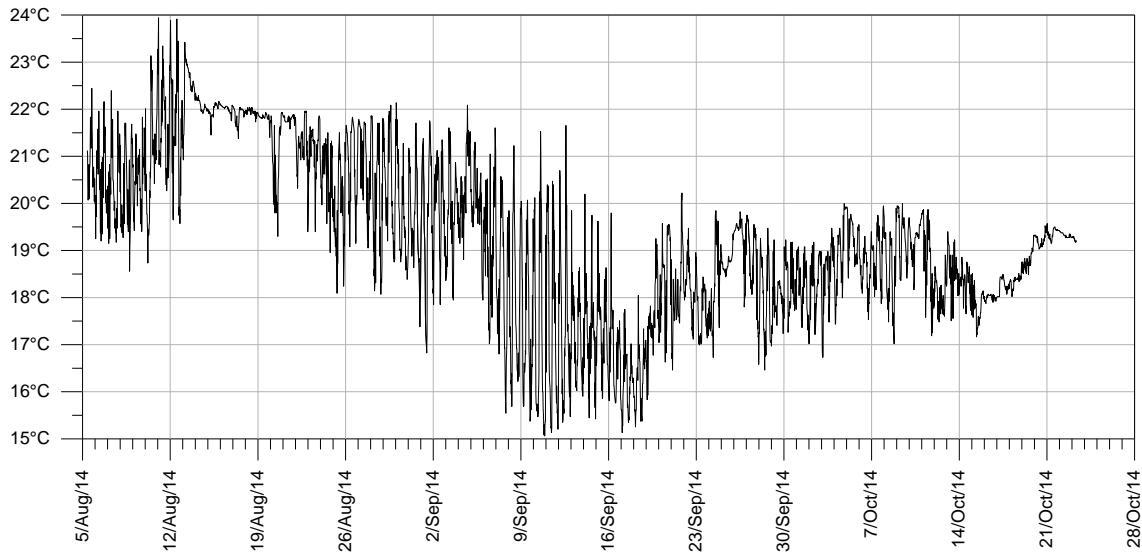


Figura AI-21. Temperatura a 15 m de profundidad registrada por el correntímetro ANDERAA RCM-9 situado en la zona donde se quiere ubicar el polígono para el cultivo de moluscos.

La temperatura varió entre 24°C durante el mes de agosto y 15 °C en septiembre. En general se observa una clara oscilación de período inferior a 1 día (de una amplitud variable entre 4°C y 6°C), lo cual parece indicar que en este emplazamiento en período estival la variabilidad de la temperatura en la columna de agua es importante, por lo que el equipo registra temperaturas más altas correspondientes a las capas más superficiales en situación de marea baja y temperaturas más bajas asociadas a las capas más profundas cuando la marea es alta. La temperatura media en el período de medida fue de 19,23°C con una desviación estándar de 1,73°C. Realizando el análisis armónico de la serie de temperatura se observan diferentes picos energéticos asociados a las componentes de marea, 0,5°C en el caso de la onda M2 y S2 y 2°C en el caso de la K2.

En la Figura AI-22 puede verse el registro de la turbidez. Este sensor presenta normalmente un funcionamiento adecuado durante un plazo de unos 15 días, ya que al cabo de ese tiempo suele colmatarse y mostrar el comportamiento que muestra a partir del 24 de agosto, esto es, un aumento continuado de los valores de turbidez. Teniendo en cuenta este hecho se consideran válidos los registros hasta el 24 de agosto, que muestran valores notablemente bajos de la turbidez en la zona.

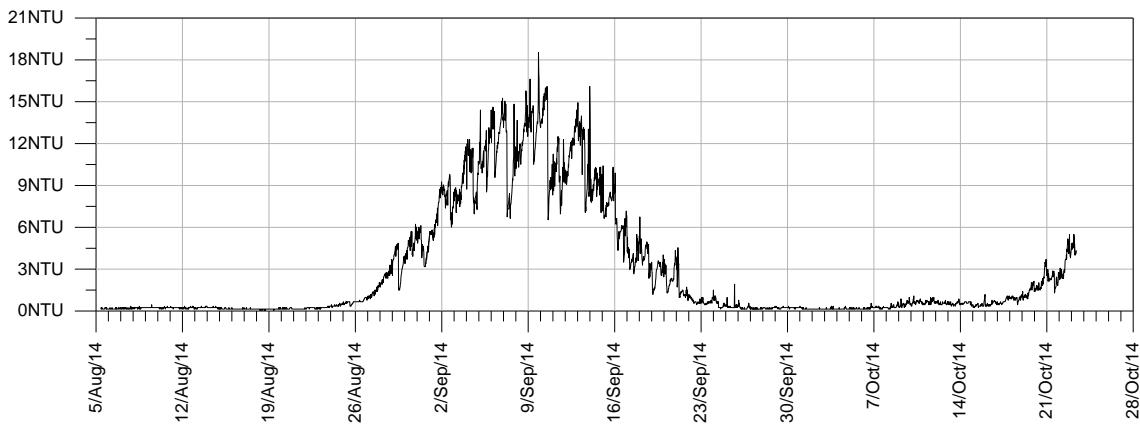


Figura AI-22. Turbidez a 15 m de profundidad registrada por el correntímetro ANDERAA RCM-9 situado en la zona donde se quiere ubicar el polígono para el cultivo de moluscos.

En la Figura AI-23 se puede ver el registro del módulo de la corriente medida. La velocidad de la corriente en la zona es notable, dentro de los rangos típicos en la costa vasca. El valor máximo es de 40 cm s^{-1} mientras que el valor medio se sitúa en unos 9 cm s^{-1} con una desviación estándar de 6 cm s^{-1} . A primera vista no se observa que la marea dé lugar a oscilaciones de la corriente importantes en el registro.

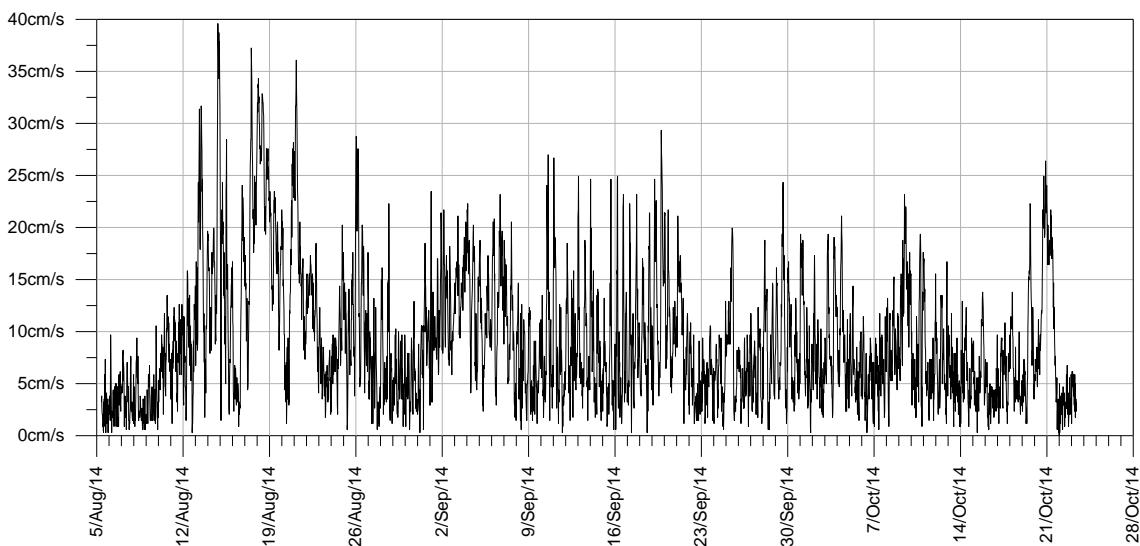


Figura AI-23. Intensidad de la corriente marina a 15 m de profundidad registrada por el correntímetro ANDERAA RCM-9 situado en la zona donde se quiere ubicar el polígono para el cultivo de moluscos.

En la Tabla AI-11 se puede ver el análisis estadístico por direcciones e intensidades de la corriente medida. La corriente más frecuente es hacia el WNW con casi el 24% de la frecuencia y con la velocidad media más alta (12 cm s^{-1}), seguida de la corriente hacia el NNW con el 17% y $9,2 \text{ cm s}^{-1}$ de velocidad media; entre ambas direcciones suman

más del 50% de los registros obtenidos. Este resultado es coherente con la forma de la hodógrafa, que muestra un desplazamiento neto hacia el noroeste.

Tabla AI-11. Distribución estadística por direcciones e intensidades del registro de corrientes medido a 15 m de profundidad por el correntímetro AANDERAA RCM-9.

Dirección	Nº medidas	%	V Max (cm.s ⁻¹)	V Media (cm.s ⁻¹)	STD (cm.s ⁻¹)
0°-45° (NNE)	403	10,63	19,4	6,3	3,6
45°-90° (ENE)	316	8,34	14,4	5,5	2,8
90°-135° (ESE)	438	11,55	38,7	9,0	6,6
135°-180° (SSE)	501	13,22	39,6	9,8	6,6
180°-225° (SSW)	263	6,94	24,9	8,3	5,6
225°-270° (WSW)	304	8,02	26,7	7,6	4,9
270°-315° (WNW)	902	23,79	37,2	12,3	7,3
315°-360° (NNW)	664	17,52	32,6	9,2	6,0

Respecto a los registros del correntímetro, se ha observado que las corrientes en la zona propuesta para el polígono de moluscos son notables, situándose el valor medio anual en unos 9 cm.s⁻¹ y el valor máximo (extremal) en 40 cm.s⁻¹ a 15 m de profundidad. Las corrientes dominantes durante el período de medida han sido hacia el oeste-noroeste (24% de los casos) y hacia norte-noroeste (el 17% de los casos).

En las corrientes, la señal de la marea astronómica es relativamente débil, superpuesta a un régimen de corrientes importante; debido a otros factores, entre los que muy probablemente el viento sea el forzamiento principal. Por ello no se pueden estimar con fiabilidad las amplitudes de las corrientes de la marea, pero se sitúan para las componentes más energéticas (M2 y S2, semi-diurna lunar principal y semi-diurna solar principal, respectivamente) en valores máximos del orden de 3 cm s-1. Si bien en cuanto a corrientes la marea astronómica no parece desempeñar un papel importante, sí que se percibe su efecto sobre la temperatura del agua de mar medida por el correntímetro. Durante el período de medida (de agosto a octubre) se observa claramente una estratificación de la temperatura que afecta a las medidas del equipo, de manera que en bajamar la temperatura medida es más alta (el equipo está midiendo la temperatura de una masa de agua más superficial), mientras que en pleamar la temperatura es más baja, pues se corresponde con una masa de agua más profunda. Por todo ello, **la amplitud de la oscilación de la temperatura del agua en un mismo punto puede llegar a ser de entre 4°C y casi 6°C entre la pleamar y la bajamar**, midiéndose temperaturas entre 24°C y 20-18°C en tan solo 6 horas de diferencia de tiempo.

3. BATIMETRÍA Y TIPO DE FONDOS

AZTI ha realizado en los últimos años el levantamiento batimétrico de alta resolución (mediante sonda multihaz) de la plataforma costera vasca hasta los 100 m de profundidad, así como diversos levantamientos batimétricos costeros, para diferentes Departamentos del Gobierno Vasco. En la Figura AI-24 puede verse la batimetría orientativa de la zona propuesta, entre Lekeitio y Ondarroa. En este caso se ha empleado un re-muestreo de los datos para disponer de información en celdas de 10 m de lado.

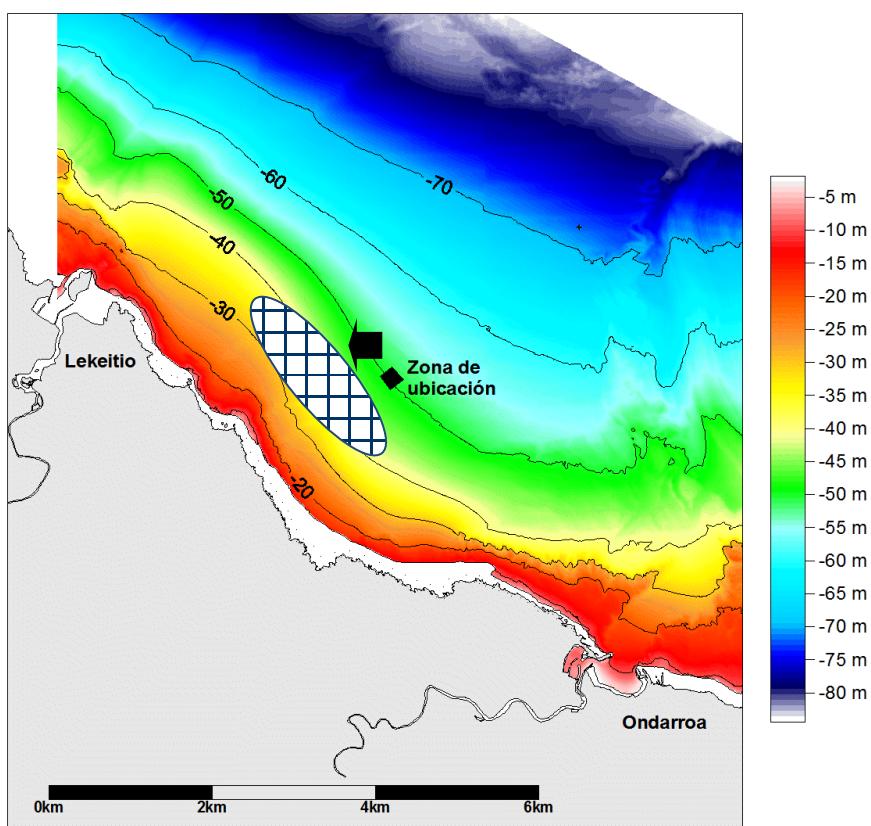


Figura AI-24. Batimetría en las inmediaciones de la zona de estudio.

El fondo marino de la zona seleccionada frente a Mendexa se caracteriza por ser una llanura de arena con una pendiente relativamente suave respecto a las zonas adyacentes. La llanura abarca un amplio espacio que alcanza hasta los más de 70 m de profundidad (Figura AI-25).

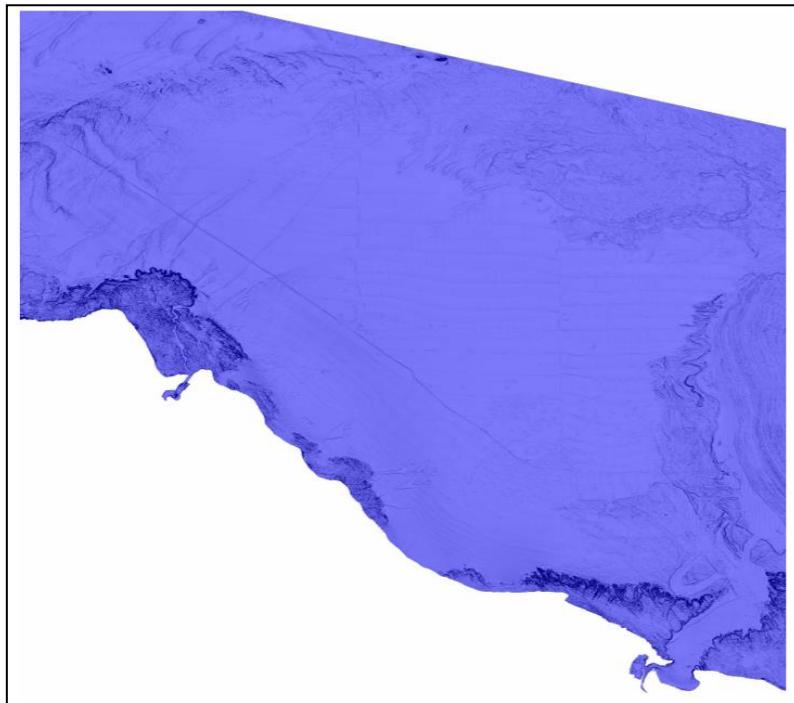


Figura AI-25. Imagen 3D mediante Sonar Multibeam de la zona de Mendexa. En el centro de la fotografía se identifica la extensión de llanura arenosa seleccionada como emplazamiento.

4. CONDICIONES DE LA BIOSFERA SUBMARINA

La descripción de la biosfera submarina en la zona del futuro emplazamiento del polígono para el cultivo de moluscos bivalvos se presenta en detalle en el “Anexo III: Estudio de Incidencia Ambiental”, en el apartado “3. Inventario Ambiental”.

5. RECURSOS DISPONIBLES DE ÁRIDOS

En este proyecto no se llevarán a cabo acciones que pudieran entrañar riesgo de afectar a posibles fuentes de áridos.

6. PLAN DE SEGUIMIENTO DE LAS ACTUACIONES PREVISTAS

Para el seguimiento de las actuaciones previstas en el presente proyecto se han propuesto los siguientes programas de seguimiento:

- Programa de seguimiento ambiental.
- Control de la zona de producción de moluscos.

Estos dos programas se detallan a continuación.

6.1 Programa de seguimiento ambiental

La descripción del programa de seguimiento ambiental y su contexto en el estudio de incidencia ambiental se presenta en el “Anexo III: Estudio de Incidencia Ambiental”, en el apartado “7. Plan de Vigilancia Ambiental”. A continuación se presenta un resumen del mismo.

Con el objetivo de verificar la afectividad de las medidas protectoras, correctoras y mitigadoras planteadas, el Plan de Vigilancia Ambiental (PVA) deberá centrarse en el seguimiento de la calidad de los sedimentos y las comunidades del bentos.

Para ello, en al menos 8 estaciones de muestreo se tomarán muestras de sedimento para su análisis granulométrico, potencial redox (*in situ*) y contenido en materia orgánica. La distribución de los puntos de muestreo se llevará a cabo en función de la dirección predominante de dispersión de los biodepósitos y pérdidas de mejillón. De ellos, al menos una estación se empleará como estación de control.

En las mismas 8 estaciones se tomarán muestras (cada muestra estará constituida por tres réplicas) para el estudio de las comunidades del bentos. De las muestras recogidas se procederá a la identificación y recuento de los diferentes taxa, el cálculo de los parámetros de la comunidad (riqueza, abundancia, diversidad, equitabilidad) y la clasificación de las estaciones según índices bióticos, tales como los desarrollados por AZTI en fases anteriores al presente proyecto (Borja et al., 2003; 2004; 2005; 2006; 2008; Muxika et al., 2005; 2007).

Estas campañas se llevarán a cabo en una ocasión de forma previa a la ejecución de las obras de instalación del polígono y posteriormente de forma anual una vez el polígono entre en fase de explotación.

6.2 Control de la zona de producción de moluscos

Una vez obtenida la zona de concesión, y tras poner en marcha la zona de producción de moluscos, será necesario llevar a cabo controles periódicos en dicha zona para comprobar, según la normativa en vigor:

- a) que no haya prácticas ilícitas en lo que respecta al origen, la procedencia y el destino de los invertebrados;
- b) la calidad microbiológica de los invertebrados en relación con las zonas de producción;
- c) la presencia de plancton productor de toxinas en las aguas de producción y de biotoxinas en los invertebrados, y
- d) la presencia de contaminantes químicos en los invertebrados.

Por lo tanto, en relación a los apartados b), c) y d) se ha diseñado el siguiente plan de muestreo para esta zona de producción, en el que se establecen cuatro puntos de control (Figura AI-26, Tabla AI-12).

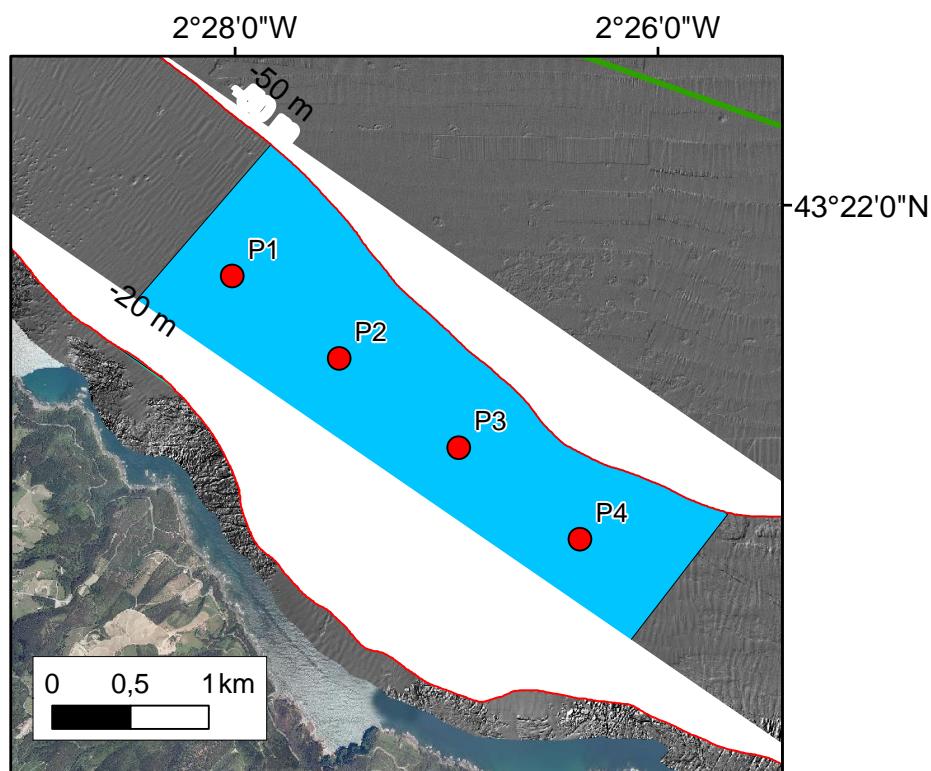


Figura AI-26. Propuesta de puntos de muestreo para el control periódico de la zona de producción de moluscos ubicada en el tramo litoral Lekeitio-Ondarroa.

Tabla AI-12. Coordenadas (en WGS84) de los puntos de muestreo para el control periódico de la zona de producción de moluscos ubicada en el tramo litoral Lekeitio-Ondarroa.

Punto	Latitud (Norte)	Longitud (Oeste)
P1	43° 21,765'	2° 28,016'
P2	43° 21,477'	2° 27,512'
P3	43° 21,167'	2° 26,950'
P4	43° 20,847'	2° 26,380'

El programa de muestreo, resumido en la Tabla AI-13 y que se detalla a continuación, ha sido diseñado teniendo en cuenta que el estudio previo de la contaminación química y microbiológica (“Apartado 3.1.3 Caracterización físico-química en biota (moluscos)” en el “Anexo III: Estudio de Incidencia Ambiental”) y las pautas de circulación de la zona indican baja probabilidad de presencia de contaminación en la zona (en relación a los niveles indicados en la legislación).

Tabla AI-13. Resumen de la frecuencia de muestreo y las variables a analizar en cada uno de los controles a llevar a cabo en de la zona de producción de moluscos ubicada en el tramo litoral Lekeitio-Ondarroa.

CONTROL	FRECUENCIA	VARIABLES
Fitoplancton	Muestreo quincenal	Recuento e identificación
Biotoxinas	Muestreo semanal durante el período con recolección permitida	Las exigidas en la legislación vigente
Microbiología	Muestreo anual (previo a la publicación en BOPV de la clasificación de la zona) y muestreo mensual durante el período con recolección permitida	<i>E. coli</i> <i>Salmonella</i>
	Cd, Pb, Hg: muestreo semestral (proporcional al período de recolección permitida).	Cd, Pb, Hg
Contaminantes	PAH: muestreo trimestral (proporcional al período de recolección permitida).	PAH
	Dioxinas y PCBs: muestreo anual	Dioxinas y PCBs (PCDD/Fs, DL-PCBs, NDL-PCBs)

A pesar de que inicialmente se plantean cuatro puntos de muestreo, si la realización de los controles establecidos indica que los resultados obtenidos muestran poca variabilidad espacial en alguno de los parámetros evaluados, se podrá simplificar el número de puntos de muestreo. Al contrario, si los controles indican que existe elevada variabilidad, se deberá incrementar el número de puntos de muestreo.

La legislación que especifica los parámetros y frecuencias de muestreo en relación al seguimiento de la calidad del medio en zonas de extracción de invertebrados marinos puede presentar modificaciones. En tal caso, el programa de muestreo deberá de ser

adaptado considerando dichas modificaciones. En el caso de que se observe variabilidad espacial en los parámetros observados que justifique la necesidad de subdivisión de las zonas, esta deberá realizarse.

En el caso de que no exista disponibilidad de moluscos en los puntos de control propuestos, se podrá muestrear en localizaciones próximas.

6.2.1 Control de plancton productor de toxinas

Según el Reglamento (CE) nº 854/2004, los planes de muestreo para comprobar la presencia de plancton productor de toxinas en las aguas de producción deben tener especialmente en cuenta las posibles variaciones de la presencia de plancton con biotoxinas marinas.

El control de fitoplancton (reuento e identificación) a realizar en la masa de agua que contiene la zona de producción se propone que sea realizado conforme a las directrices de la Norma Europea EN 15972:2011 relativa al estudio del fitoplancton marino (AENOR, 2012), que hace referencias específicas a los estudios para el control de fitoplancton en zonas de producción de moluscos. Para ello, tal y como indica la norma, puede resultar suficiente emplear una única estación de muestreo, que deberá estar situada fuera de la instalación (se recomienda la estación denominada en este informe “Control”, 43° 21,411' N; 2° 26,918' W). Además, el muestreo deberá abarcar toda la variabilidad de la comunidad de fitoplancton a lo largo de la columna de agua (cuya profundidad es de aproximadamente 45 m). Para ello, la norma EN 15972:2011 recomienda la toma de muestras integradas a los intervalos de profundidad en los que se sitúan los cultivos. En cuanto a la frecuencia de muestreo, en la época de explotación deberá efectuarse al menos dos veces por mes.

6.2.2 Control de biotoxinas

Según el Reglamento (CE) nº 854/2004, y posteriores modificaciones, la frecuencia de muestreo para el análisis de toxinas en los moluscos debe ser semanal durante los períodos en que está permitida la recolección de moluscos para consumo humano. Por lo tanto, mientras en la zona de producción haya actividad extractiva se llevará a cabo un control semanal de las biotoxinas.

Según las recomendaciones del Grupo de Trabajo de Moluscos sobre control sanitario de biotoxinas en zonas de producción (JACUMAR, 2012), se elegirán como especies indicadoras aquellas que acumulen el nivel más alto de biotoxinas; es decir, mejillón y/u ostra.

6.2.3 Control de microbiología

Para clasificar la zona de producción de moluscos según los criterios microbiológicos establecidos en el Reglamento (CE) nº 854/2004 y el Reglamento (CE) nº 2073/2005, se realizará un muestreo anual previo a la publicación de la clasificación de la zona en el BOPV. En dicho muestreo se recogerá muestra suficiente para llevar a cabo la analítica de *E. coli* y *Salmonella*. Además, se realizarán muestreos mensuales durante el período de recolección permitida en el que se extraen molusco para consumo humano.

6.2.4 Control de contaminantes

Para realizar un control de las concentraciones de contaminantes contemplados en el Reglamento (CE) Nº 1881/2006, en la zona de estudio se realizará un muestreo anual previo a la publicación de la clasificación de la zona en BOPV. En las muestras recogidas se llevarán a cabo las determinaciones analíticas de metales (Cadmio, Mercurio y Plomo), hidrocarburos poliaromáticos (Benzo(a]pireno, Benzo(a)antraceno, Criseno y Benzo(b)fluoranteno), Dioxinas y Furanos (PCDD/F), PCBs similares a las dioxinas (DL-PCBs) y PCBs no similares a dioxinas (NDL-PCBs). Si finalmente la zona de producción presenta un período de extracción de moluscos superior a 3 meses, se realizarán análisis trimestrales de hidrocarburos poliaromáticos. Si el período de recolección es superior a 6 meses, se realizarán análisis semestrales de metales.

7. PROPUESTA DE MEDIDAS CORRECTORAS PARA EL POLÍGONO

La descripción de las medidas preventivas, correctoras y compensatorias y su contexto en el estudio de incidencia ambiental se presenta en el “Anexo III: Estudio de Incidencia Ambiental”, en el apartado “6. Medidas preventivas, correctoras y compensatorias”. A continuación se presenta un resumen de las mismas.

En el caso que nos ocupa, deberían proponerse medidas para mitigar, corregir o compensar los impactos de las estructuras de cultivo sobre la pesca y los sedimentos y el efecto de los desprendimientos de mejillón sobre los sedimentos y bentos, que han sido las actividades y componentes con una incidencia ambiental relevante.

Para el caso de las estructuras de cultivo, en la medida de lo posible sería recomendable la recuperación de los fondeos una vez finalizado el periodo de explotación del polígono. De esta forma el impacto sobre los sedimentos pasaría de severo a moderado al ser una actividad reversible y recuperable.

El efecto de las estructuras de cultivo sobre la pesca es un impacto para el cual sólo cabe la compensación económica por los perjuicios indemnizables que se les pudieran ocasionar, como consecuencia de la ocupación del polígono de caladeros importantes que tradicionalmente hubieran explotado. De esta forma el impacto pasaría de severo a moderado al reducirse la intensidad del efecto.

Con el fin de mitigar los efectos derivados de las pérdidas de mejillón sobre los sedimentos y bentos sólo cabe incidir en realizar con especial cuidado las labores de encordado de la semilla de mejillón y las tareas de desdoble de las cuerdas cuando el programa de producción lo requiera. De esta forma el impacto pasaría de severo a moderado al reducirse la intensidad del efecto descrito.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abascal, A. J., S. Castanedo, R. Medina, M. Liste, 2010. Analysis of the reliability of a statistical oil spill response model. *Marine Pollution Bulletin*, 60. 2099-2110.
- Álvarez, E., B. Pérez, J.C. Carretero, I. Rodríguez., 1998. Tide and surge dynamics along the Iberian Atlantic coast. *Oceanologica Acta*, 21 (2): 131-143.
- Borja, A., J. Bald, M.J. Belzunce, J. Franco, J.M. Garmendia, J. Larreta, I. Menchaca, I. Muxika, M. Revilla, J.G. Rodríguez, O. Solaun, A. Uriarte, V. Valencia, I. Zorita, I. Adarraga, F. Aguirrezzabalaga, I. Cruz, A. Laza, M.A. Marquiegui, J. Martínez, E. Orive, J.Mª Ruiz, J.C. Sola, A. Manzanos, 2014. Red de seguimiento del estado ecológico de las aguas de transición y costeras de la Comunidad Autónoma del País Vasco. Informe de AZTI-Tecnalia para la Agencia Vasca del Agua. 657 pp.
- Castanedo, S., R. Medina, I.J. Losada, C. Vidal, F.J. Méndez, A. Osorio, J.A. Juanes, A. Puente, 2006. The *Prestige* Oil Spill in Cantabria (Bay of Biscay). Part I: Operational Forecasting System for Quick Response, Risk Assessment, and Protection of Natural Resources. *Journal of Coastal Research*, 22(6): 1474-1489
- Castaing, P., 1981. Le transfert à l'océan des suspensions estuariennes. Cas de la Gironde., pp. 277.
- Charria, G., P. Lazure, B. Le Cann, A. Serpette, G. Reverdin, S. Louazel, F. Batifoulier, Fumas, A. Pichon, Y. Morel, 2013. Surface layer circulation derived from Lagrangian drifters in the Bay of Biscay. *J. Mar. Syst.* 109–110, S060–076 <http://dx.doi.org/10.1016/j.jmarsys.2011.09.015>.
- Esnaola, G., J. Sáenz E., Zorita, A. Fontán, V. Valencia, and P. Lazure, 2013. Daily scale wintertime sea surface temperature and IPC-Navidad variability in the southern Bay of Biscay from 1981 to 2010, *Ocean Sci.*, 9, 655-679, doi:10.5194/os-9-655-2013.
- Ferrer, L., A. Fontán, J. Mader, G. Chust, M. González, V. Valencia, Ad. Uriarte, M.B. Collins, 2009. Low-salinity plumes in the oceanic region of the Basque Country. *Cont. Shelf Res.*, 29 (8): 970-984.
- Fontán A., M. González, N. Wells, M. Collins, J. Mader, L. Ferrer, G. Esnaola, Ad. Uriarte, 2009. Tidal and wind-induced circulation within the Southeastern limit of the Bay of Biscay: Pasaia Bay, Basque Coast. *Continental Shelf Research*, 29: 998–1007.
- Fontán, A., J. Sáenz, M. González, A. Rubio, G. Esnaola, P. Liria, U. Ganzedo, C. Hernández, M. Collins, 2013. Coastal water circulation response to radiational and gravitational tides within the southeastern Bay of Biscay. *Journal of Marine Systems*, 109-110: S95-S104.
- Fontán, A. and B. Cornuelle, 2015. Anisotropic response of surface circulation to wind forcing, as inferred from high-frequency radar currents in the southeastern Bay

- of Biscay, J. Geophys. Res. Oceans, 120, 2945–2957,
doi:10.1002/2014JC010671.
- González, M., A. Uriarte, A. Fontán, J. Mader, P. Gyssels, 2004. Marine Dynamics. In: Borja, A. and Collins, M. (Eds.). Oceanography and Marine Environment of the Basque Country, Elsevier Oceanography Series, 70: 133-157, Elsevier, Amsterdam.
- González, M., Ad. Uriarte, R. Pozo and M. Collins, 2006. The Prestige crisis: Operational oceanography applied to oil recovery, by the Basque fishing fleet. *Marine Pollution Bulletin*, 53 (5-7): 369-374.
- González, M., J. Mader, A. Fontán, A. Uriarte, A. del Campo, L. Ferrer, M. Revilla, 2008. Análisis de la tendencia de la temperatura atmosférica en Donostia-San Sebastián (SE del golfo de Vizcaya) a partir del estudio de la serie del Observatorio del Monte Igeldo (1928-2007). *Revista de Investigación Marina*, nº7 (AZTI-Tecnalia).
- Hallermeier, R.J., 1981. A profile zonation for seasonal sand beaches from wave climate. *Journal of Coastal Engineering*, 4: 253-277.
- JACUMAR, 2012. Grupo de trabajo de moluscos. Madrid, 11 de abril de 2012. JACUMAR, Junta Nacional Asesora de Cultivos Marinos; Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. 55 pp.
- Kersalé, M., L. Marié, B. Le Cann, A. Serpette, C. Lathuilière, A. Le Boyer, A. Rubio, P. Lazure, 2015 (accepted). Poleward along-shore current pulses on the inner shelf of the Bay of Biscay. *Coastal and Shelf Science*.
- Koutsikopoulos, C. and B. Le Cann, 1996. Physical processes and hydrological structures related to the Bay of Biscay anchovy. *Scientia Marina*, 60(Suppl. 2): 9-19.
- Lazure, P., 1997. La circulation des eaux dans le Golfe de Gascogne. In: 10èmes Rencontres Interregionales de l'AGLIA. Saint Jean de Luz, 83-88.
- Le Cann, B., 1990. Barotropic tidal dynamics of the Bay of Biscay shelf: observations, numerical modelling and physical interpretation. *Continental Shelf Research*, 10(8): 723-758.
- Le Cann, B. and A. Serpette, 2009. Intense warm and saline upper ocean inflow in the southern Bay of Biscay in autumn-winter 2006-2007. *Cont. Shelf Res.*, 29 (8), 1014-1025.
- Macias, F., J.L.A. Fernández De Landa y R. Calvo De Anta, 1991. Composición química y mineralógica de biodepósitos bajo bateas de mejillón. Datos para la evaluación de su uso como fertilizante y/o enmendante de suelos de Galicia. *Thalassas*, 9:23-29.
- Medina, M., 1974. La mar y el tiempo. Meteorología náutica para aficionados, navegación deportiva y pescadores. Editorial Juventud, 160 pp.

- OSPAR, 2000. OSPAR Quality Status Report 2000, Region IV. Bay of Biscay and Iberian Coast. OSPAR Commission, London, 134 pp.
- Paillet J., B. Le Cann, A. Serpette, Y. Morel, X. Carton, 1999: Real-time tracking of a northern meddy in 1997-98. *Geophys. Res. Lett.*, 26, 13, 1877-1880.
- Pingree, R.D. and B. Le Cann, 1989 Celtic and Armorican slope and shelf residual currents. *Progress in Oceanography*, 23: 303-338.
- Pingree, R.D. y Le Cann, B., 1990. Structure, strength and seasonality of the slope currents in the Bay of Biscay region. *Journal of the Marine Biological Association of the U.K.*, 70, 857-885.
- Pingree, R.D. y B. Le Cann, 1992a. Three anticyclonic Slope Water Oceanic eDDIES (SWODDIES) in the southern Bay of Biscay in 1990. *Deep-Sea Res.39 (7/8)*, 1147-1175.
- Pingree, R.D. y B. Le Cann, 1992b. Anticyclonic eddy X91 in the southern Bay of Biscay, May 1991 to February 1992. *J. Geophys. Res.* 97 (C9), 14353-14367.
- Puillat, I., P. Lazure, A.M. Jegou, L. Lampert and P.I. Miller, 2006. Mesoscale hydrological variability induced by north-westerly wind on the French continental shelf of the Bay of Biscay. *Scientia Marina*, 70 (Suppl. 1): 15-26.
- Rubio A., A. Fontán, P. Lazure, M. González, V. Valencia, L. Ferrer, J. Mader, C. Hernández, 2013. Seasonal to tidal variability of currents and temperature in waters of the continental slope, southeastern Bay of Biscay. *Journal of Marine Systems*, 109-110: S121-S133.
- Solabarrieta L., A. Rubio, S. Castanedo, R. Medina, A. Fontán, M. González, V. Fernández, G. Charria and C. Hernández, 2014. Surface water circulation patterns in the southeastern Bay of Biscay: New evidences from HF radar data. *Continental Shelf Research*, 74, 60-76.
- Solabarrieta, L., A. Rubio, M. Cárdenas, S. Castanedo, G. Esnaola, F.J. Méndez, R. Medina, L. Ferrer, 2015. Probabilistic relationships between wind and surface water circulation patterns in the SE Bay of Biscay. *Ocean Dynamics*, vol. 65, issue 9, pp. 1289-1303. DOI: 10.1007/s10236-015-0871-5.
- Usabiaga, J.I., J. Sáenz, V. Valencia, Á. Borja, 2004. Climate and Meteorology: variability and its influence on the Ocean. In: Borja, A. and Collins, M. (Eds.). *Oceanography and Marine Environment of the Basque Country*, Elsevier Oceanography Series nº 70: 75-95, Elsevier, Amsterdam.

ANEXO II: ESTUDIO DE LA DISPERSIÓN DE LOS VERTIDOS

1. OBJETIVOS

El objetivo general de este anexo es estimar la extensión de los vertidos de deshecho procedentes de la instalación de acuicultura que se desea ubicar en la zona de Mendexa (Bizkaia).

Para ello se han desarrollado los siguientes objetivos operativos:

- (i) Recopilar la información referida al polígono (posición y dimensiones) así como las características de los vertidos que puedan influir en su velocidad de sedimentación.
- (ii) Realizar una simulación de la propagación de la marea astronómica y de la corriente inducida por el viento en la zona de estudio para estimar las velocidades horizontales de la corriente que influirán en la dispersión del vertido.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1 Zona de estudio y batimetría

La localidad de Mendexa (Bizkaia) ocupa una posición central en la costa vasca (Figura All-1).

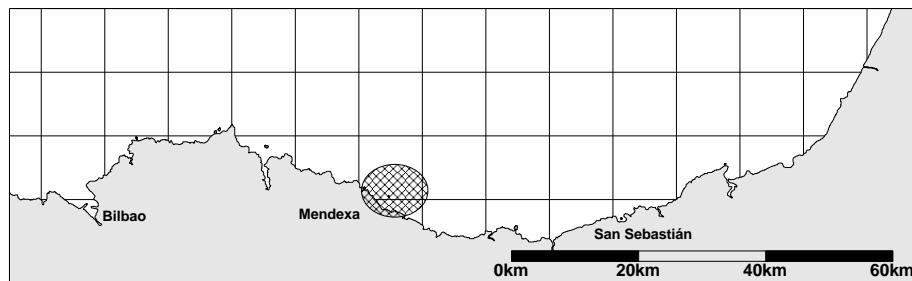


Figura All-1. Localización de la zona de estudio en el ámbito de la costa vasca.

El detalle de la zona de estudio, próxima a las localidades de Lekeitio y Ondarroa se muestra en la Figura All-2. Se dispone de abundante información batimétrica de la zona. En la misma Figura All-2 puede verse la batimetría de la zona de estudio (el cuadrado rayado de color negro es la zona de la instalación) y el recuadro es la zona que se ha digitalizado para construir sobre ella la malla numérica de simulación.

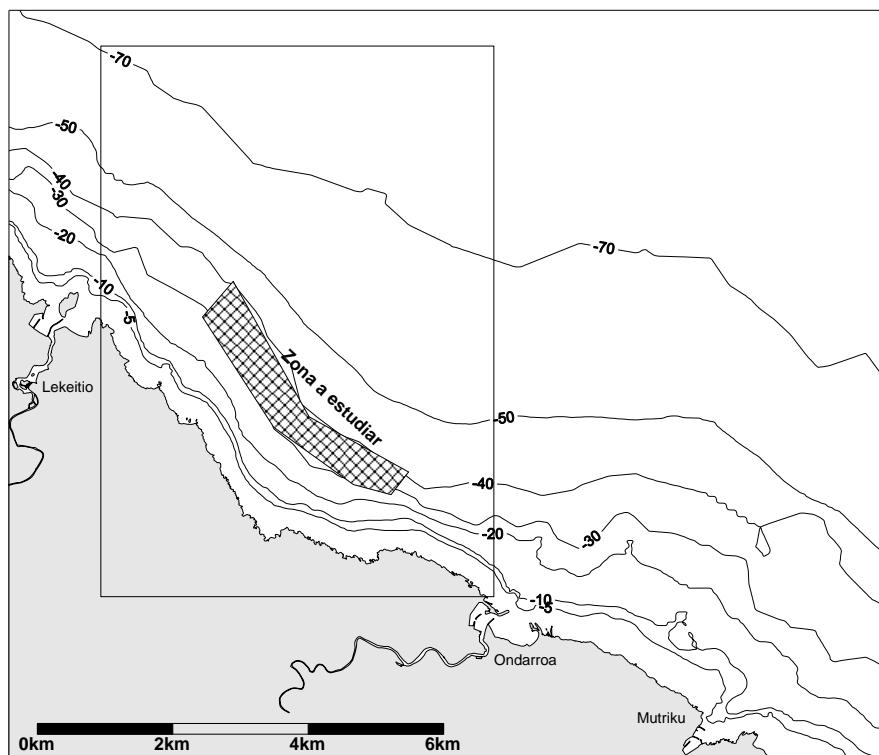


Figura All-2. Ubicación aproximada de la zona de concesión.

2.2 Modelo hidrodinámico

El modelo tridimensional de Elementos Finitos TRIMODENA© (Patente de Invención nº 9602255 “Sistema de modelización y simulación de la evolución de la dispersión del flujo de contaminantes vertidos al Mar”) es el resultado del trabajo desarrollado conjuntamente por el Laboratorio de Ingeniería Marítima (LIM) de la Escuela Técnica Superior de Caminos, Canales y Puertos de la Universidad Politécnica de Cataluña y el antiguo Instituto Tecnológico para la Pesca y Alimentación (AZTI), en el seno del proyecto PACOS del programa ESPRIT de la Unión Europea (UE), para la optimización y paralelización de un modelo hidrodinámico en el medio marino.

El modelo TRIMODENA© consta de tres códigos o módulos; los dos primeros resuelven el problema hidrodinámico y el último calcula la evolución de una sustancia vertida al medio. Los tres modelos han sido ampliamente calibrados con soluciones analíticas y empleados en una considerable variedad de aplicaciones oceanográficas. TRIMODENA© se ha utilizado en diferentes áreas costeras, País Vasco, Murcia, Andalucía, el estrecho de Gibraltar, el delta del Ebro y el cañón de Blanes (Cataluña); e internacional, como el estrecho de Bransfield en la Antártida, habiéndose publicado numerosos artículos, tanto en publicaciones nacionales como internacionales.

La simulación de las corrientes y variaciones de la altura de la superficie libre se efectúa con:

- **ECADIS**, calcula las corrientes y variaciones del nivel medio del mar producidas por el viento.
- **MAREAS**, propaga la marea astronómica y evalúa las corrientes y los niveles del mar.

Desde el punto de vista numérico, ECADIS y MAREAS son dos códigos de Elementos Finitos para la resolución numérica de las ecuaciones de aguas someras (Ecuaciones 1, 2 y 3). Las ecuaciones de aguas someras son una descripción físico-matemática adecuada para la representación de los procesos oceanográficos que aquí nos ocupan. Equivalen a la expresión matemática en términos diferenciales de los principios de conservación de la masa y de la cantidad de movimiento o segunda ley de Newton.

El modelo ECADIS resuelve la parte estacionaria de las ecuaciones de aguas someras por medio de una función de penalización que permite desacoplar las ecuaciones del momentum y de la continuidad. Por otro lado, MAREAS resuelve las ecuaciones de aguas someras transitorias mediante la técnica de descomposición armónica, que aprovecha el hecho de conocer a priori las frecuencias de oscilación de la marea

astronómica para poder transformar, utilizando esta propiedad, un problema transitorio complejo, en una serie de problemas estacionarios; para los cuales, los algoritmos de resolución son más eficientes y rápidos que los de sus homólogos dependientes del tiempo.

Ecuación de continuidad:

$$\partial_t \eta + \partial_x [(\eta + h)U] + \partial_y [(\eta + h)V] = 0. \quad (1)$$

Ecuaciones de conservación de la cantidad de movimiento:

$$\begin{aligned} \partial_t u + u \partial_x u + v \partial_y u - fv &= -g \frac{\rho_0}{\rho} \partial_x \eta - g \frac{I}{\rho} \partial_x \alpha \\ &+ \partial_x [2 K_H (\partial_x u)] + \partial_y [K_H (\partial_x v + \partial_y u)] + \partial_z [K_z (\partial_z u)]; \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \partial_t v + u \partial_x v + v \partial_y v + fu &= -g \frac{\rho_0}{\rho} \partial_y \eta - g \frac{I}{\rho} \partial_y \alpha \\ &+ \partial_x [K_H (\partial_x v + \partial_y u)] + \partial_y [2 K_H (\partial_y v)] + \partial_z [K_z (\partial_z v)], \end{aligned} \quad (3)$$

Siendo:

- u, v ; las componentes horizontales de la corriente
- U, V ; las componentes de la velocidad promediada verticalmente
- η ; la altura de la superficie libre
- H ; la profundidad
- f ; el parámetro de Coriolis
- g ; la aceleración de la gravedad
- ρ , es la densidad del agua del mar y ρ_0 la densidad del agua en la superficie
- α ; el volumen específico del agua del mar ($1/\rho$)
- K_H ; el coeficiente de viscosidad turbulenta horizontal
- K_z ; el coeficiente de viscosidad turbulenta vertical

Los datos necesarios para alimentar los modelos hidrodinámicos se pueden agrupar en dos paquetes claramente diferenciados:

- Datos geométricos. Forma de la costa y batimetría de la zona, y ubicación en el globo terráqueo
- Datos oceanográficos. Densidad del agua del mar (tanto en vertical como en planta). Viento incidente. Aportes de caudal al dominio marino, por ejemplo ríos. Características de la marea en los contornos.

Este modelo ha sido abundantemente validado mediante soluciones analíticas y calibrado en la zona de estudio mediante comparación con datos instrumentales. Fruto de ello cabe citar diferentes aplicaciones realizadas hasta la fecha en la costa vasca en general y en áreas portuarias de la misma, en particular: Comerma *et al.*, 2001; Mader *et al.*, 2001; Comerma *et al.*, 2003; González *et al.*, 2005; Grifoll *et al.*, 2006; Ferrer *et al.*, 2006; Grifoll *et al.*, 2006; Grifoll *et al.*, 2007; Espino *et al.*, 2008; Ferrer *et al.*, 2008; Del Campo *et al.*, 2009; Gaztelumendi *et al.*, 2009; Ferrer *et al.*, 2009a; Ferrer *et al.*, 2009b; Del Campo *et al.*, 2009; Grifoll *et al.*, 2009; Del Campo *et al.*, 2009; Bald *et al.*, 2009; Grifoll *et al.*, 2010; Ferrer *et al.*, 2010.

Se ha construido una malla en Elementos Finitos sobre el dominio de estudio (véase la Figura AII-3) mediante cuadriláteros. La malla tiene 18.129 nodos y 17.844 elementos un tamaño medio de 40 m, el lado mayor es de 121 m y el más pequeño de 20 m. Sobre esta malla se han calculado mediante los modelos MAREAS y ECADIS las corrientes horizontales inducidas por la marea astronómica y los campos de viento.

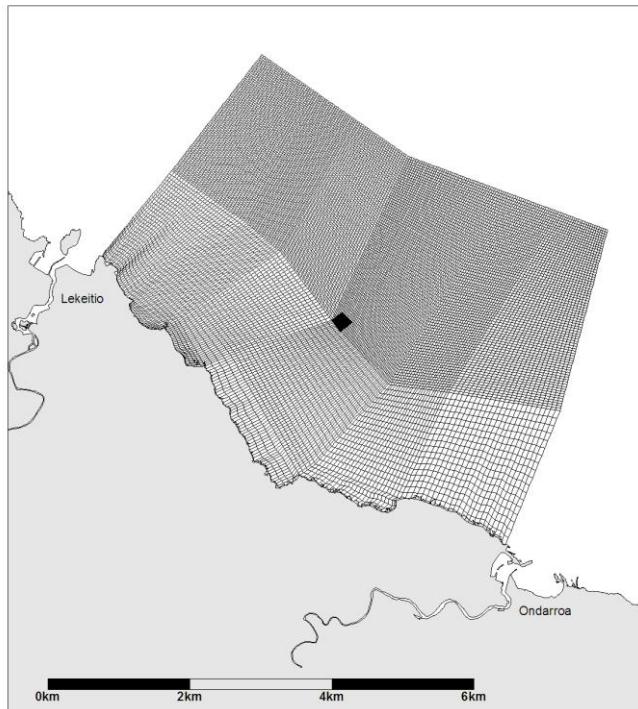


Figura AII-3. Malla de discretización del dominio de estudio.

2.3 Velocidad de sedimentación de los vertidos

Para el cálculo de la velocidad de sedimentación, que en la formulación empleada de la ecuación de dispersión es la función decaimiento, usualmente se emplea la expresión de Stokes.

$$V_o = \frac{1}{18} \frac{(\sigma - \rho)}{\eta} g \Phi^2$$

- V_o es la velocidad de sedimentación en m s^{-1}
- σ , la densidad de la partícula en kg m^{-3}
- ρ , la densidad del agua del mar en kg m^{-3}
- g , la aceleración de la gravedad en m s^{-2}
- η , la viscosidad del agua del mar en N s m^{-2}
- Φ , el diámetro medio de las partículas en m

Con esta formulación la velocidad de sedimentación depende cuadráticamente del tamaño de partícula y linealmente de la diferencia de densidad entre la partícula y el agua del mar.

En este caso, dado que el cultivo toma su alimentación del medio, únicamente se considerarán las heces. Para la realización de las modelizaciones se emplearon diferentes tamaños de partículas representativas de las heces y pseudoheces a partir de la información bibliográfica existente. Concretamente, los trabajos de Wong y Levinton (2004) determinaron un rango de 125 a 250 μm para las heces, mientras que Cranford (2003) determinó un rango de 500 a 3.000 μm . Estimaciones previas de la velocidad de sedimentación de las heces de mejillón la estiman entre 0,27 y 1,81 cm s^{-1} (Callier *et al.*, 2006) y entre 1,39 a 6,54 cm s^{-1} (McKinsey *et al.*, 2009). Estas velocidades de sedimentación se encuentran dentro del orden de magnitud de las corrientes marinas en la costa vasca en una zona como en la que se prevé realizar esta instalación.

Estudios mediante modelo numérico de simulación del vertido de este tipo de instalaciones (McKinsey *et al.*, 2009) en una zona con velocidades de la corriente de unos 10 cm s^{-1} muestran extensiones de la pluma de afección pequeñas (del orden del

centenar de metros). En resultados se analiza la extensión de la pluma de los vertidos con las velocidades de sedimentación mencionadas y, se completa el estudio con el estudio de dispersión con una velocidad de sedimentación 2 órdenes de magnitud inferior.

2.4 Modelo para la convección-difusión

Para la simulación de la dispersión en el estuario se ha desarrollado un modelo numérico tridimensional en Elementos Finitos (EF) para la ecuación de convección-difusión-reacción. Con el fin de resolver los problemas asociados a la presencia de modos espúreos de oscilación en situaciones de convección dominante, se ha empleado un esquema corrección de flujo en el transporte, conocida por FEM-FCT (Löhner *et al.*, 1987). Una explicación exhaustiva de esta técnica puede verse en John y Schmeyer, 2008. En el presente trabajo se ha empleado una versión lineal a partir de un esquema tipo Crank-Nicolson.

Una discretización básica mediante Galerkin en EF de la ecuación de convección-difusión-reacción, en el caso de emplear un Crank-Nicolson, se puede expresar como:

$$\left[\mathbf{M}_c + \frac{\Delta t^k}{2} \mathbf{A} \right] \cdot \vec{\phi}_k = \left[\mathbf{M}_c - \frac{\Delta t^k}{2} \mathbf{A} \right] \cdot \vec{\phi}_{k-1} + \frac{\Delta t^k}{2} [\vec{f}_{k-1} + \vec{f}_k] \quad (4)$$

donde \mathbf{M}_c es la matriz de masa del sistema y \mathbf{A} es la matriz suma de la difusión, convección y reacción. $\vec{\phi}$ es el vector de incógnitas y \vec{f} es el vector elemental de flujo.

Mediante la técnica FEM-FCT, el algoritmo para la resolución de la ecuación se plantea del siguiente modo:

$$\left[\mathbf{M}_L + \frac{\Delta t^k}{2} \mathbf{L} \right] \cdot \vec{\phi}_k = \mathbf{M}_L \cdot \vec{u} + \frac{\Delta t^k}{2} \vec{f}_k + \left(\sum_{j=1}^N \alpha_{ij} r_{ij} \right)_{i=1,\dots,N} \quad (5)$$

donde:

$$\begin{aligned}
 \mathbf{L} &= \mathbf{A} + \mathbf{D} \\
 \mathbf{D} &= [d_{ij}] \\
 d_{ij} &= -\max(0, a_{ij}, a_{ji}) \quad i \neq j \\
 d_{ii} &= -\sum_{j=1}^{i-1} d_{ij} - \sum_{j=i+1}^N d_{ij} \\
 M_L &= [m_i] = \sum_{j=1}^N m_c^{ij} = \sum_{j=1}^N \int_{\Omega} M^i M^j d\Omega \quad (6) \\
 \vec{v}_{k-1/2} &= \mathbf{M}_L^{-1} \cdot [\vec{f}_{k-1} - \mathbf{L} \cdot \vec{\phi}_{k-1}] \\
 \tilde{\vec{u}} &= \vec{\phi}_{k-1} + \frac{\Delta t^k}{2} \vec{v}_{k-1/2} \\
 r_{ij} &= \Delta t^k [m_{ij} (v_{k-1/2}^i - v_{k-1/2}^j) - d_{ij} (\tilde{u}_i - \tilde{u}_j)]
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_i^+ &= \sum_{j=1, j \neq i}^N \max(0, r_{ij}) \\
 P_i^- &= \sum_{j=1, j \neq i}^N \min(0, r_{ij}) \\
 Q_i^+ &= \max \left\{ 0, \max_{j=1, \dots, N, j \neq i} (\tilde{u}_j - \tilde{u}_i) \right\} \quad (7) \\
 Q_i^- &= \min \left\{ 0, \min_{j=1, \dots, N, j \neq i} (\tilde{u}_j - \tilde{u}_i) \right\} \\
 \alpha_{ij} &= \begin{cases} \min \left[\min \left(1, \frac{m_i Q_i^+}{P_i^+} \right), \min \left(1, \frac{m_j Q_j^-}{P_j^-} \right) \right] & \text{si } r_{ij} > 0 \\ \min \left[\min \left(1, \frac{m_i Q_i^-}{P_i^-} \right), \min \left(1, \frac{m_j Q_j^+}{P_j^+} \right) \right] & \text{si } r_{ij} \leq 0 \end{cases}
 \end{aligned}$$

Para el cálculo de los pesos α_{ij} se emplea el algoritmo de Zalesak (Kuzmin, 2009).

Para que el esquema propuesto sea estable el paso de tiempo debe cumplir (Kuzmin, 2009)

$$\Delta t^k < 2 \min \left[\frac{m_i}{l_{ii}} \right]_{i=1, \dots, N} \quad (8)$$

La matriz \mathbf{D} es simétrica y la suma por filas es nula. La matriz \mathbf{M}_L es la matriz de masa aglutinada.

Dada la estructura del algoritmo, es relativamente sencilla la adaptación de un código tipo Crank-Nicolson clásico para la obtención de este esquema FEM-FCT, ya que consiste en operaciones matriciales y vectoriales sencillas.

Las posiciones de los coeficientes no nulos de las matrices que aparecen en el algoritmo son las mismas en todas ellas, incluyendo la matriz r_{ij} , por lo cual resulta ventajoso emplear una técnica de almacenamiento tipo CRS [25] para todas ellas, de modo que pueden ser comunes los índices de columna e inicio de fila con el consecuente ahorro de memoria.

Para la resolución del sistema de ecuaciones lineales en cada paso de tiempo se emplea un algoritmo iterativo tipo CGS (Sonneveld, 1989). Este método requiere únicamente operaciones matriciales y vectoriales de multiplicación, para las cuales el esquema de almacenamiento CRS es muy adecuado (Chumbe, 1997). La semilla inicial que se emplea en el método de resolución es la aproximación para disminuir el número de iteraciones en cada paso de tiempo.

Si bien el modelo está programado de forma general para que pueda ser empleado en aproximaciones 1D, 2D y completamente tridimensionales, en esta aplicación únicamente se han realizado simulaciones verticalmente integradas, de una forma coherente con los resultados del modelo de corrientes en el cual, al sólo contemplar la marea astronómica, la variabilidad de la corriente con la profundidad es despreciable.

3. RESULTADOS

3.1 Resultados hidrodinámicos de la marea

En la Figura All-4 se muestran los valores del semieje mayor de la elipse de marea de la componente semidiurna lunar principal M2 y en la Figura All-5 los mismos resultados pero, de la componente semidiurna solar principal S2.

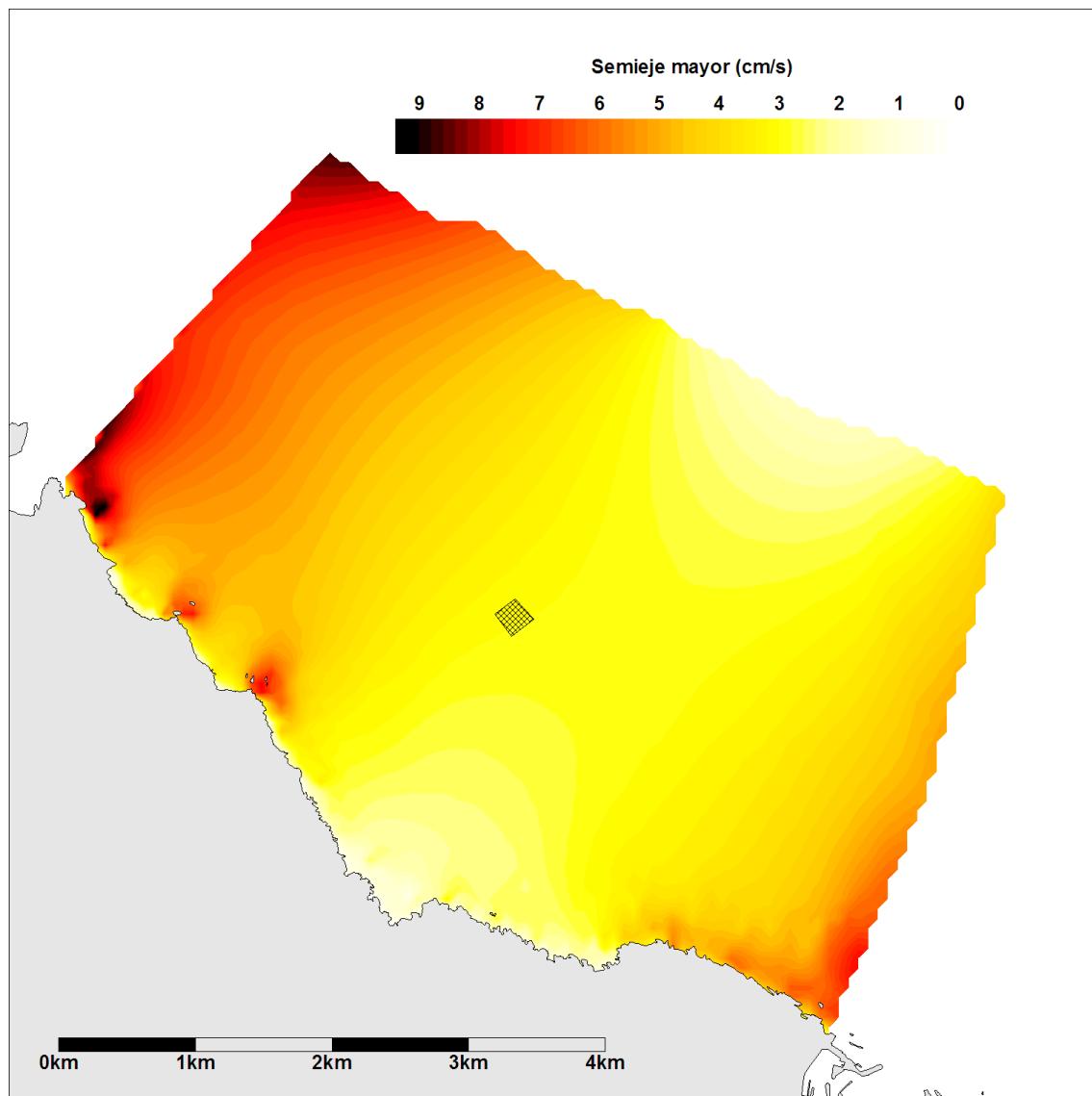


Figura All-4. Semieje mayor de la elipse de marea de la componente M2.

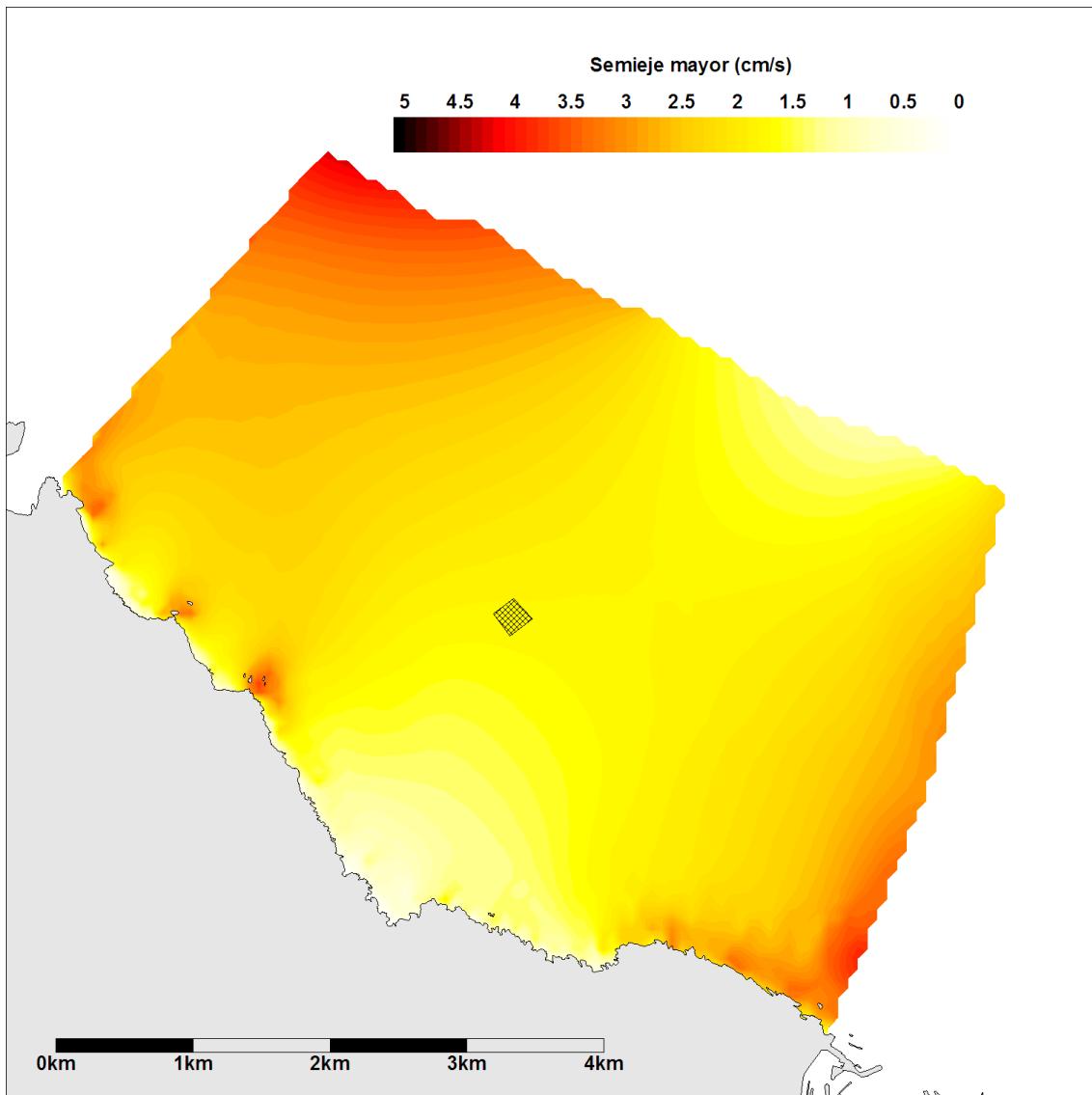


Figura AII-5. Semieje mayor de la elipse de marea de la componente S2.

Puede observarse que, aproximadamente, la componente S2 causa la mitad parte de las corrientes que la componente M2. El resto de componentes de la marea origina corrientes sustancialmente inferiores a las dos componentes principales mostradas anteriormente. Además de las ondas M2 y S2 que representan más del 75% de la amplitud de marea se han considerado también la aportación de las ondas N2, K2, O1 y K1.

Además de los resultados de los semiejes mayores de las elipses de marea el modelo de simulación facilita los valores de los semiejes menores, inclinación y fase de las componentes mareales, lo cual permite reconstruir en cada instante “t” y cada punto

de la zona de estudio el valor de la corriente de marea. Para ello es necesario aplicar la fórmula siguiente:

$$u(t) = \sum_{k=1}^N u^k \cos(\omega_k t - g_k^u)$$

$$v(t) = \sum_{k=1}^N v^k \cos(\omega_k t - g_k^v)$$

Siendo:

- $u(t)$ la componente este-oeste del campo de corrientes
- $v(t)$ la componente norte-sur del campo de corrientes
- u_k la amplitud de la componente u k-ésima de la marea
- v_k la amplitud de la componente v k-ésima de la marea
- g_k^u la fase de la componente u k-ésima de la marea
- g_k^v la fase de la componente v k-ésima de la marea
- t el tiempo

y de este modo se pueden obtener los campos de corrientes con los que alimentar en cada paso de tiempo el modelo de dispersión de sustancias en el medio marino.

3.2 Resultados hidrodinámicos de la corriente inducida por el viento

Se han simulado 4 escenarios de vientos medios (velocidad 20 km h⁻¹) en la configuración del modelo calibrada y validada en el trabajo de Bald *et al.* (2009).

- Viento del sur
- Viento del nordeste
- Viento del oeste
- Viento del nor-noroeste

En la Figura AII-6 se muestra la corriente superficial obtenida por el modelo Ecadis con viento del sur. En la Figura AII-7 la corriente superficial en el caso del viento del nordeste y en la Figura AII-8 y la Figura AII-9 la corriente superficial en el caso de

viento del oeste y del nor-noroeste, respectivamente. Como puede observarse las corrientes más intensas corresponden a vientos del sur y del oeste, y se sitúan entre 15 y 20 cm s⁻¹, mientras que en el caso de los vientos del nor-noroeste y del nordeste la velocidad de la corriente se sitúa en unos 12 cm s⁻¹.

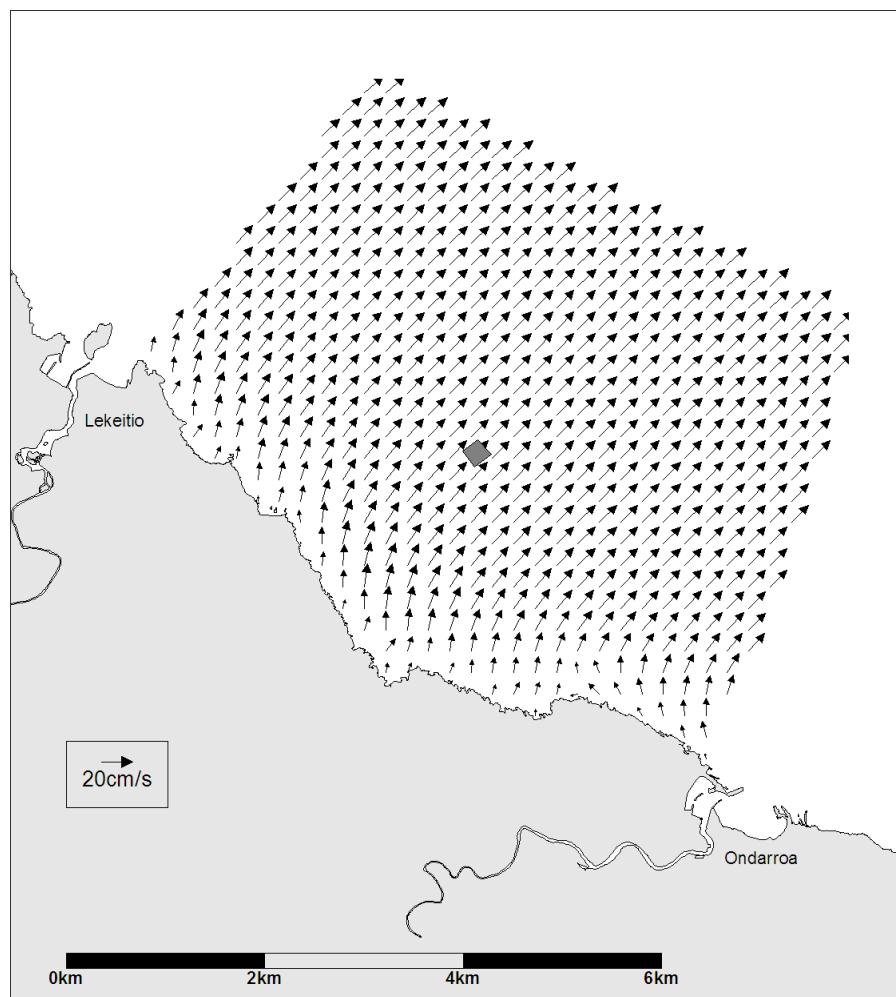


Figura AII-6. Corriente superficial en el caso de viento del sur de 20 km h⁻¹.

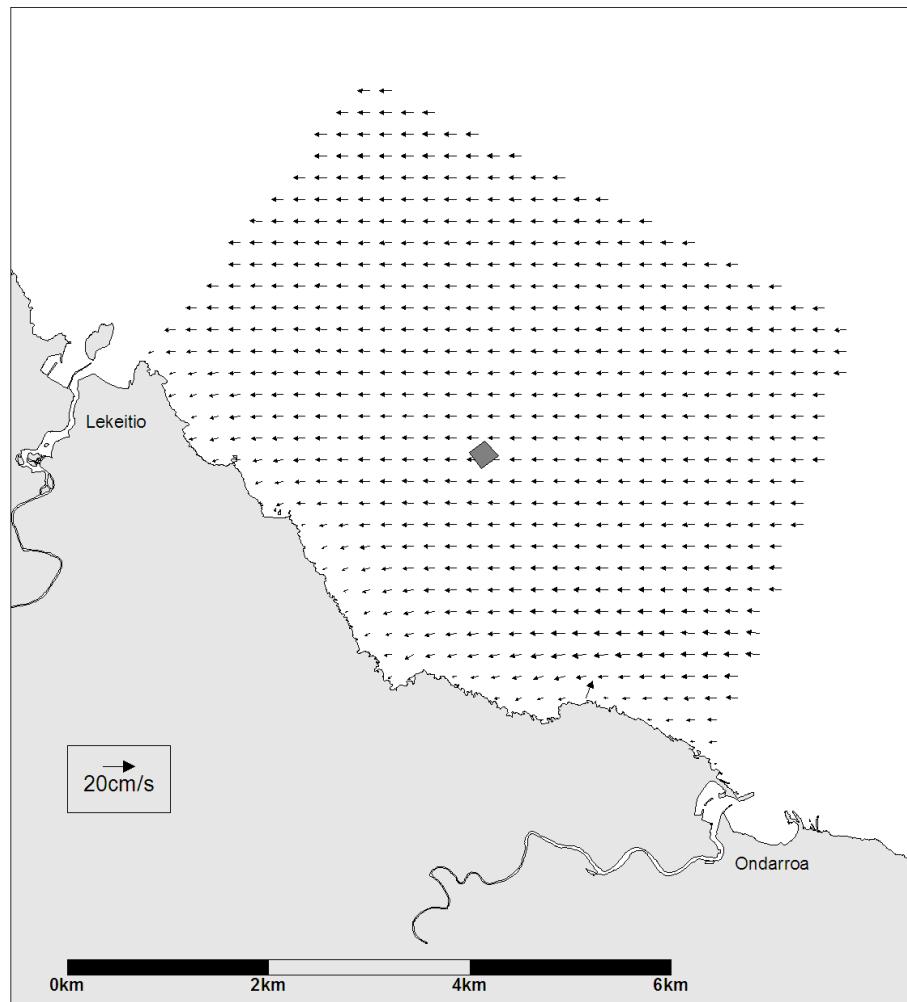


Figura AII-7. Corriente superficial en el caso de viento del noreste de 20 km h^{-1} .

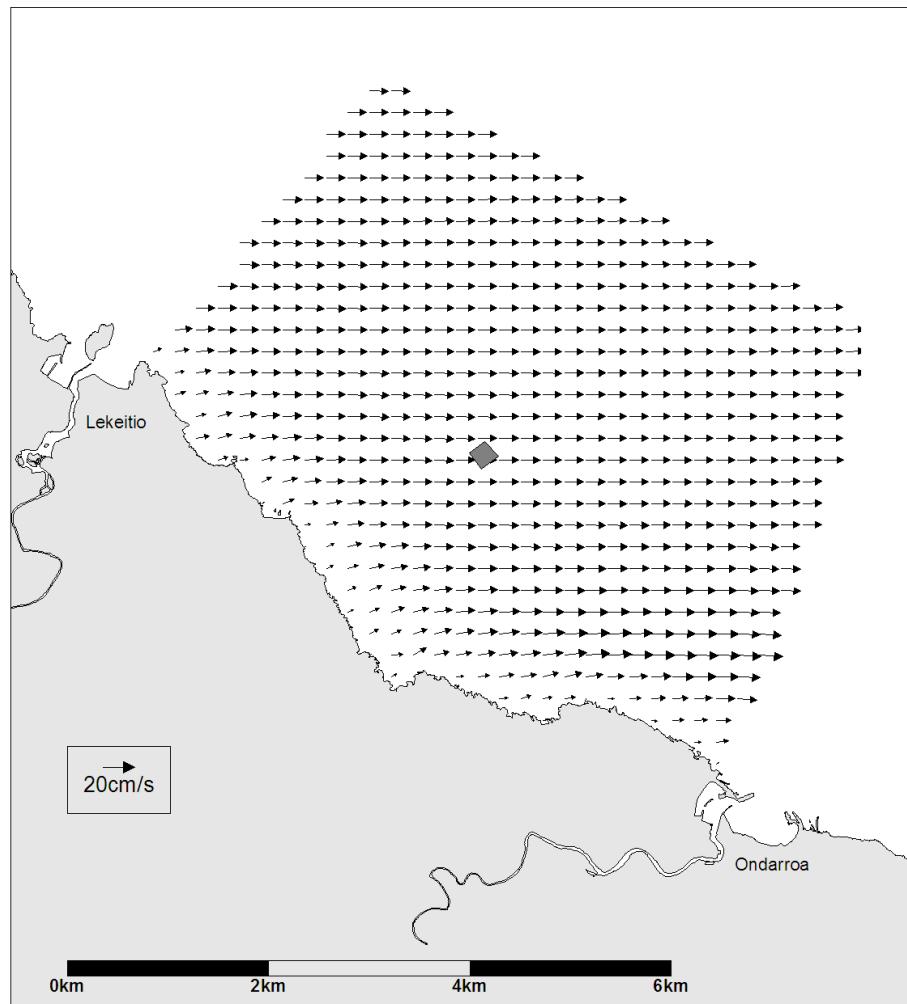


Figura AII-8. Corriente superficial en el caso de viento del oeste de 20 km h^{-1} .

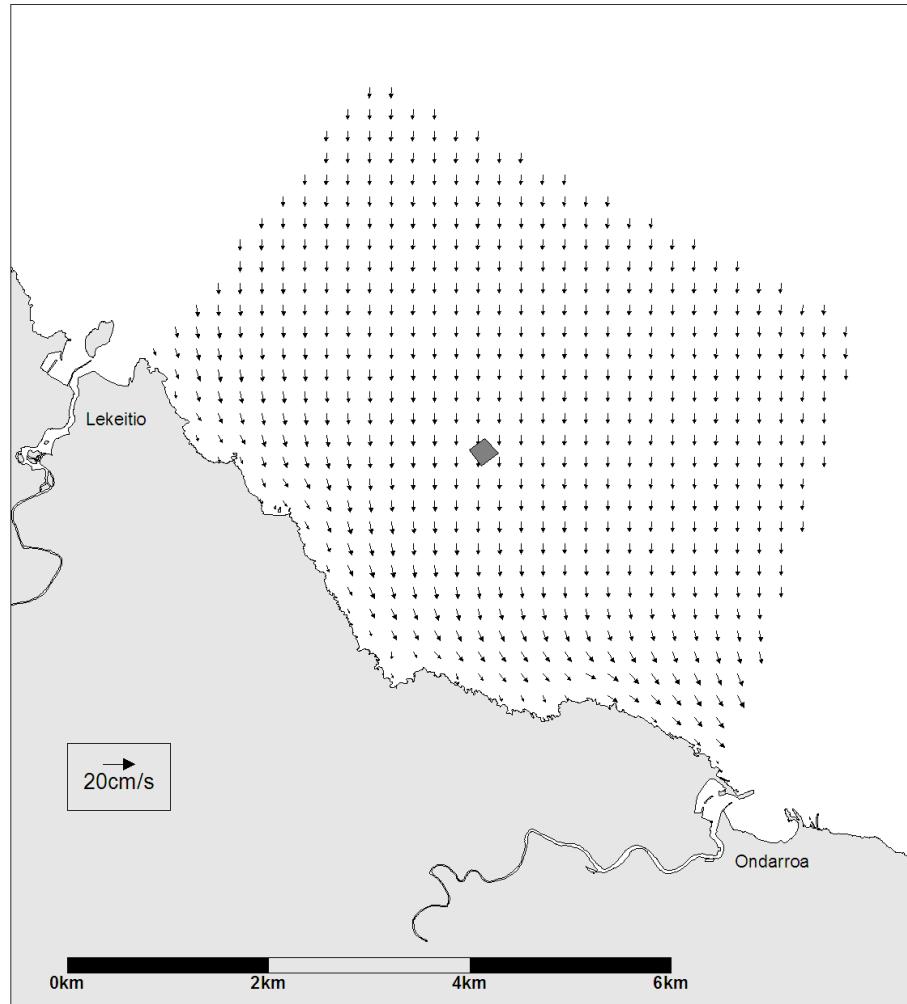


Figura AII-9. Corriente superficial en el caso de viento del nor-noroeste de 20 km h^{-1} .

3.3 Estimación inicial de la dispersión

Estimaciones previas de la velocidad de sedimentación de las heces de mejillón la estiman entre $0,27$ y $1,81 \text{ cm s}^{-1}$ (Callier *et al.*, 2006) y entre $1,39$ a $6,54 \text{ cm s}^{-1}$ (McKindsey *et al.*, 2009).

Teniendo en cuenta la profundidad de la zona (50 m) el tiempo necesario para que una partícula vertida en superficie llegue al fondo se sitúa entre 5 h (para $V_o 0,27 \text{ cm s}^{-1}$) y unos 10 minutos (para $V_o 6,54 \text{ cm s}^{-1}$), considerando un valor de la velocidad de sedimentación de 1 cm s^{-1} el tiempo hasta llegar al fondo sería de aproximadamente 1 hora.

Considerando los resultados hidrodinámicos previos, y asumiendo un valor de la corriente de 15 cm s^{-1} constante en todo el perfil de agua, la extensión de los vertidos sería de unos 500 m en el caso de una velocidad de sedimentación de 1 cm s^{-1} .

3.4 Simulaciones mediante el modelo numérico

En cuanto a corrientes marinas se ha contemplado el efecto de la marea y de los 4 campos de corrientes producidas por el viento, mostrados anteriormente.

Con el fin de obtener un escenario de precaución, desde el punto de vista de obtener la máxima extensión posible en la dispersión de los vertidos se ha considerado una velocidad de sedimentación de 10^{-4} m s⁻¹ (dos órdenes de magnitud inferior al valor promedio de la estima de la velocidad de sedimentación de las heces).

En la simulación se ha considerado la zona del polígono como un punto de condición de contorno Dirichlet, es decir, de concentración constante y se ha dispersado el vertido empleando para ello las corrientes de marea y las producidas por el viento. Se ha simulado un plazo de un mes y se ha calculado la máxima concentración en cada nodo de la malla a lo largo del período de simulación.

En la Figura AII-10 puede verse la máxima extensión de los vertidos, con una velocidad de sedimentación de 10^{-4} m s⁻¹ y únicamente el efecto de la marea. Puede verse que la extensión de la mancha es aproximadamente una elipse de 1,5 km de eje mayor y unos 500 m de eje menor.

En la Figura AII-11 puede verse la máxima extensión de los vertidos, con una velocidad de sedimentación de 10^{-4} m s⁻¹, el efecto de la marea y de la corriente producida por el viento del nordeste de 20 km h⁻¹. En la Figura AII-12 se muestran los mismos resultados pero, en el caso del viento del sur de 20 km h⁻¹ y en la Figura AII-13 y la Figura AII-14, los resultados en el caso de viento de oeste y del nor-noroeste. Puede observarse que en ninguno de los casos analizados los vertidos alcanzan la línea de costa y que la mayor extensión se produce con vientos del sur que desplazan los vertidos hacia aguas más profundas donde las partículas necesitan más tiempo hasta sedimentar.

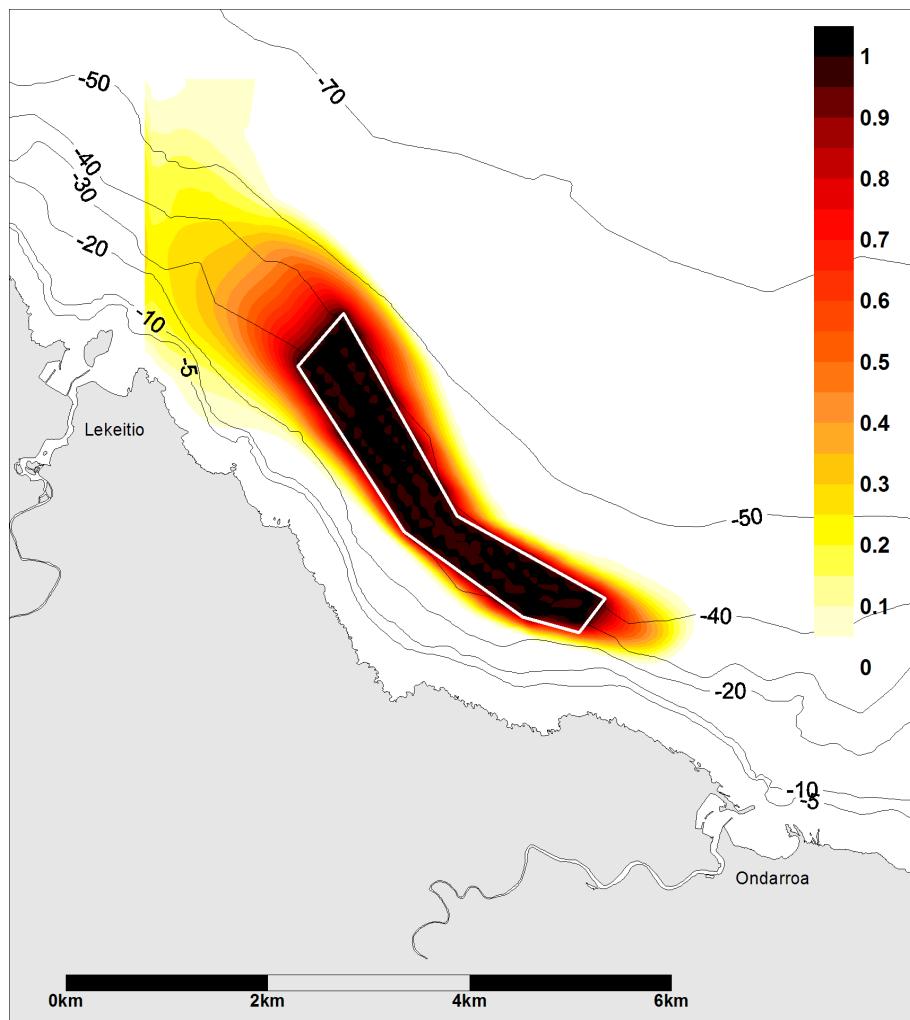


Figura AII-10. Máxima extensión de las heces con velocidad de sedimentación 10^{-4} m s^{-1} y únicamente el efecto de la marea.

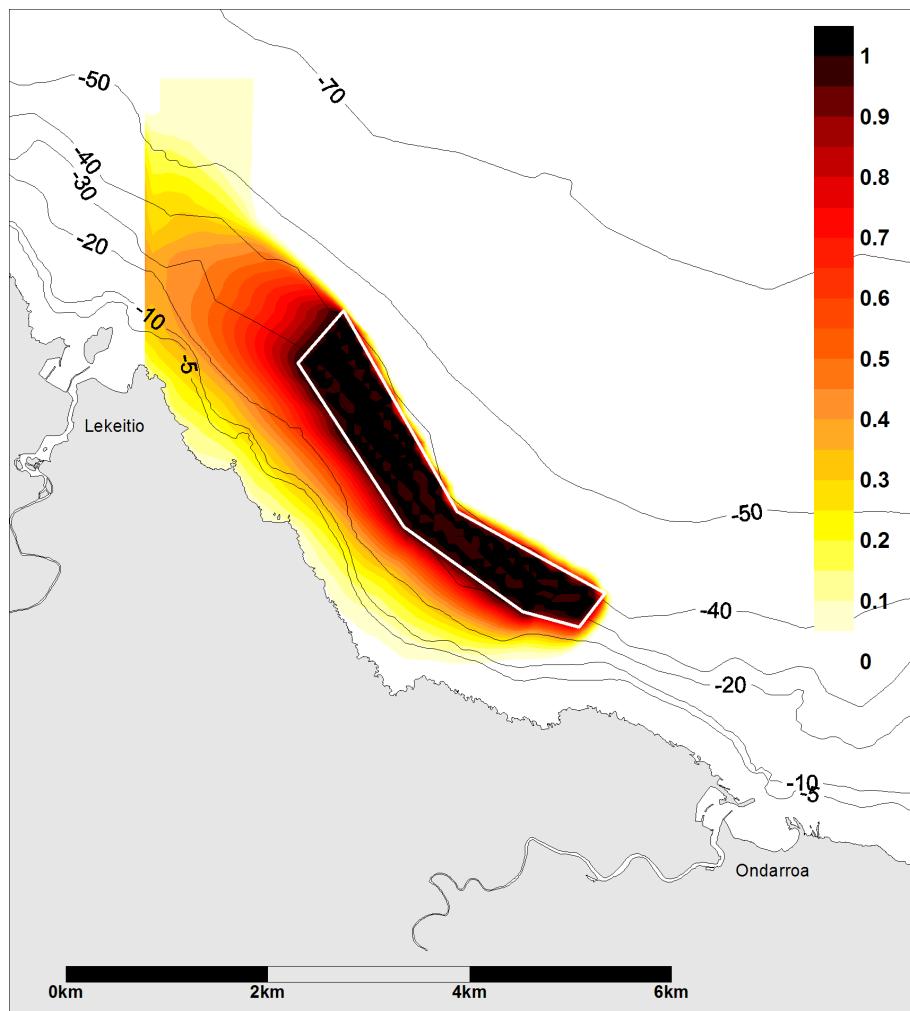


Figura AII-11. Máxima extensión de las heces con velocidad de sedimentación 10^{-4} m s^{-1} , corriente de marea y la producida por el viento del nordeste de 20 km h^{-1} .

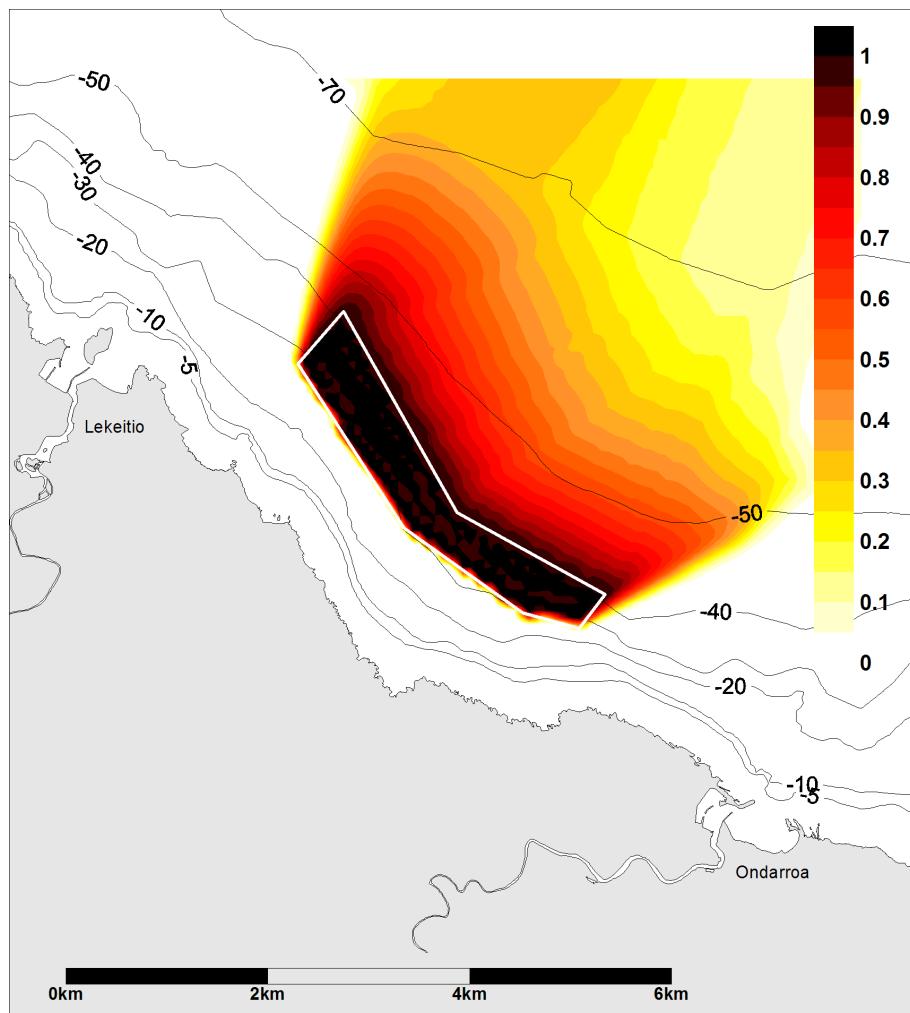


Figura AII-12. Máxima extensión de las heces con velocidad de sedimentación 10^{-4} m s^{-1} , corriente de marea y la producida por el viento del sur de 20 km h^{-1} .

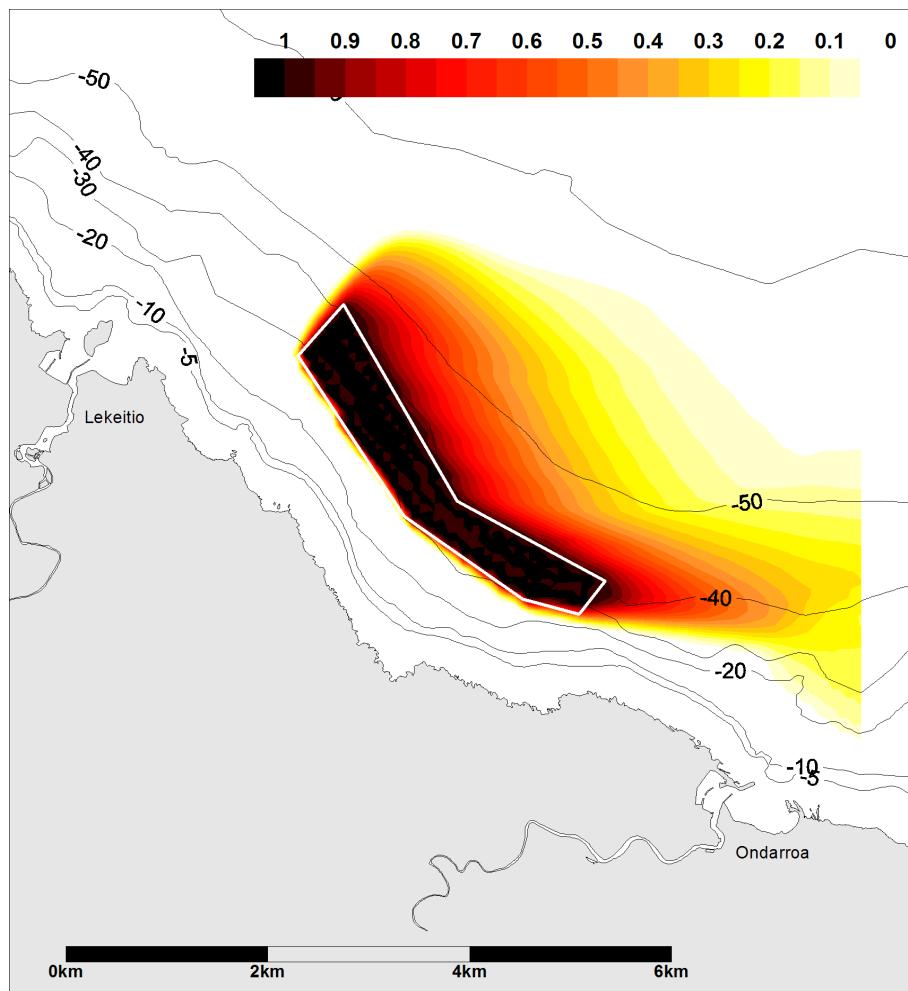


Figura AII-13. Máxima extensión de las heces con velocidad de sedimentación 10^{-4} m s^{-1} , corriente de marea y la producida por el viento del oeste de 20 km h^{-1} .

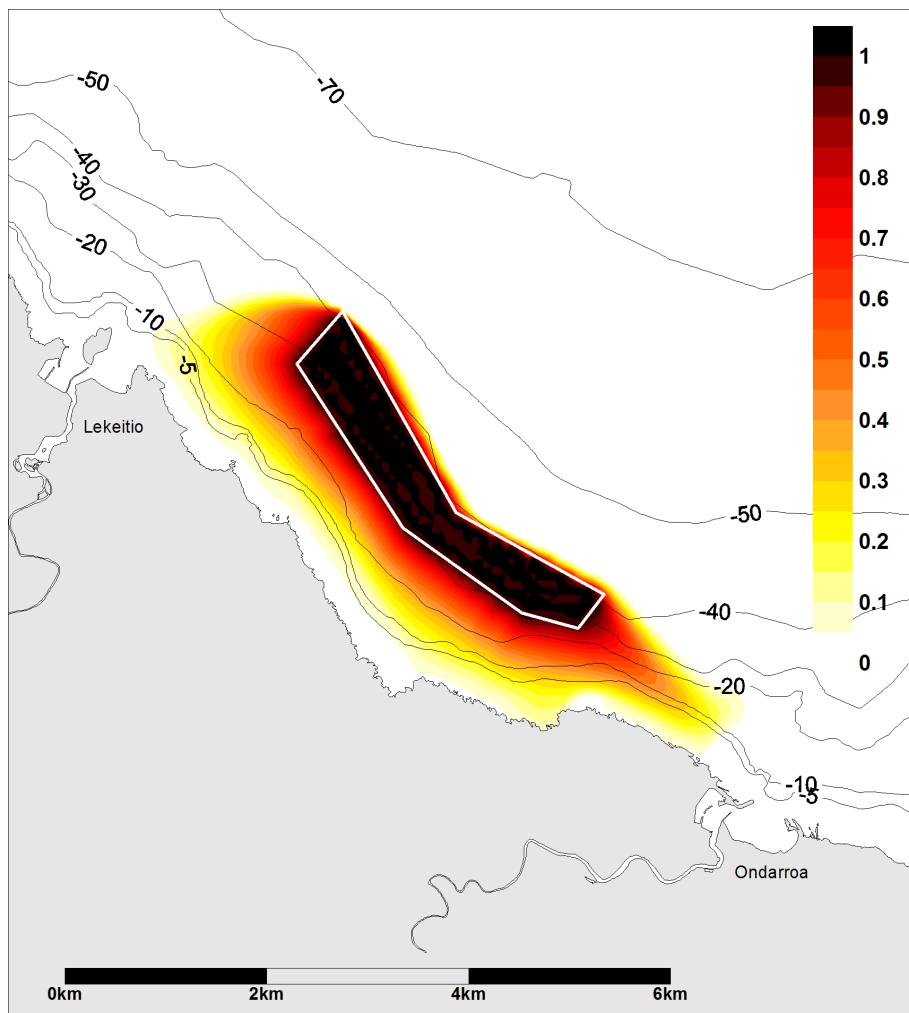


Figura AII-14. Máxima extensión de las heces con velocidad de sedimentación 10^{-4} m s^{-1} , corriente de marea y la producida por el viento del nor-noroeste de 20 km h^{-1} .

4. CONCLUSIONES

Se ha simulado la corriente inducida por la marea astronómica y por el viento en la zona de Mendexa para ser empleada como entrada a un modelo de dispersión en el medio marino. Para ello se ha empleado un modelo numérico en Elementos Finitos, calibrado en diversas aplicaciones en puertos de la costa vasca.

Considerando una situación muy desfavorable en cuanto a la estimación de la velocidad de sedimentación (dos órdenes de magnitud inferior a la velocidad de sedimentación obtenida de la información bibliográfica) y diferentes escenarios de corrientes producidas por el viento se obtienen estimaciones de la zona afectada en esas situaciones puntuales de 2 a 3 km, que no afectarían en ningún caso a las zonas de costa. La situación más desfavorable simulada, desde el punto de vista de extensión de los vertidos, es la de corrientes producidas por vientos del sur, que produce que los vertidos se desplacen hacia zonas más profundas, y consecuentemente alcancen mayor extensión.

Con las velocidades de la corriente en la zona y un valor medio-bajo de la velocidad de sedimentación de las heces (1 cm s^{-1}), la extensión de la zona afectada por los vertidos se estima en un radio de unos 500 m alrededor de la instalación, no esperándose, en cualquier caso impacto significativo sobre la línea de costa ni en las situaciones más desfavorables.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bald J., A. Borja, I. Galparsoro, M. González, L. Ferrer, P. Liria (2009). Análisis de los hábitats preferenciales y dispersión larvaria del bogavante (*'Homarus Gammarus'*) en la costa del País Vasco. Informes técnicos del Departamento de Medio Ambiente, Planificación Territorial, Agricultura y Pesca del Gobierno Vasco, nº 112.
- Callier, M. D., A. Weise, C.W. McKindsey, G. Desrosiers (2006). Sedimentation rates in a suspended mussels farm (Great-Entry Lagoon, Canada): biodeposit production and dispersión. Mar. Ecol. Prog. Ser., 322: 129-141.
- Chumbe, S. (1997). Simulación Numérica de la Dinámica de Fluidos en Zonas Costeras mediante Ordenadores Paralelos. Ph.D. Thesis, Univ. Politècnica de Catalunya, Barcelona, España.
- Comerma E., M. Espino, M. González, M. Hernández (2001). Una herramienta numérica para la predicción de la contaminación marina por vertido de hidrocarburos. Aplicación en el puerto de Bilbao. VI Jornadas Españolas de Ingeniería de Puertos y Costas. Libro de resúmenes. IMEDEA, p. 247-248.
- Comerma, E., M. Espino, A. Sánchez-Arcilla, M. González (2003). Forecasting oil pollution in harbour engineering.: Coastal Engineering 2002 - Proceedings of the 28th International Conference on Coastal Engineering. American Society of Civil Engineers (ASCE), USA, p. 1242-1253.
- Cranford, P., M. Dowd, J. Grant, B. Hargrave y S. Mcgladdery (2003). Ecosystem level effects of marine bivalve aquaculture. Can. Tech. Rept. Fish. Aquat. Sci. 2450, IX+131p.
- Del Campo A., L. Ferrer, I. Galparsoro, M. Grifoll, C. Hernández, J. Mader, E. Oleaga, A. Uriarte, M. González (2009a). Herramientas Operacionales de Oceanografía para la Gestión Portuaria. La Revista de INAVE, n 34.
- Del Campo A., L. Ferrer, A. Fontán, M. González, C. Hernández, J. Mader, A. Rubio, A. Uriarte (2009b). Modelos locales de previsión de corrientes en los puertos de Bilbao y Pasaia. X Jornadas Españolas de Ingeniería de Costas y Puertos. Santander, 27 y 28 de mayo de 2009, pp. 113-114.
- Del Campo A., L. Ferrer, A. Fontán, M. González, J. Mader, A. Rubio, A. Uriarte (2009c). Operational tools in the Basque Country (Southeastern Bay of Biscay) for water quality management within harbours. WIT Transactions on Ecology and Environment, Vol. 126, WIT Press, C.A. Brebbia, G. Benassai, G.R. Rodríguez (Eds.), pp. 225-234 (A).
- Espino M., M. Grifoll, M. Hernández, I. Rodríguez, J.P. Sierra, L. Ferrer, M. González, A. Sánchez-Arcilla (2008). Water renovation in meso-tidal harbours. The Bilbao case. 31st International Conference on Coastal Engineering (Hamburgo (Alemania), del 31 al 5 de septiembre de 2008). Book of Abstracts 31st International Conference on Coastal Engineering, p. 48-48.

- Ferrer L., M. Grifoll, M. González, M. Espino (2006). Harbour hydrodynamic modelling with ROMS: Bilbao case study. 2006, ROMS/TOMS European Workshop, Alcalá de Henares, 6-8 de noviembre de 2006.
- Ferrer L., M. González, M. Grifoll, A. Fontán, J. Mader, A. Uriarte, S. Gaztelumendi, J. Egaña, I.R. Gelpi, K. Otxoa de Alda (2008). Toward 2010 strategy: oceanographic and meteorological modelling programme in the Basque Country. Eurogoos.
- Ferrer L., A. Del Campo, M. González, M. Grifoll, A. Fontán, J. Mader, A. Uriarte, C. Hernández, L. Cuesta, J. Berregi (2009a). Pollution retention in harbours analysed through numerical modelling: Bilbao and Pasaia cases. 4th International Conference Maritime Transport, MT09, Barcelona, España, 27-29/04/2009.
- Ferrer L., M. González, A. Fontán, J. Mader, A. Uriarte, S. Gaztelumendi, J. Egaña, I.R. Gelpi, K. Otxoa de Alda, A. Morais, J.A. Aranda (2009b). Towards a future strategy in oceanography and meteorology for the Basque Country. GLOBEC International Newsletter, Vol. 15, No. 1, April 2009, pp. 54-55.
- Ferrer L., M. González, M. Grifoll, A. Fontán, J. Mader, A. Uriarte, S. Gaztelumendi, J. Egaña, I. Rodríguez, K. Otxoa de Alda (2010). Towards 2010 strategy: oceanographic and meteorological modelling programme in the Basque country. Proceedings of the 5th EuroGOOS Conference, Coastal to Global Operational Oceanography: Achievements and Challenges, 20-22 May 2008, Sandy Park, Exeter, UK, pp. 279-282.
- Gaztelumendi S., J. Egaña, I.R. Gelpi, N. Alchaarani, K. Otxoa de Alda, L. Ferrer, M. González, M. Grifoll, A. Rubio, A. Fontán, J. Mader, A. Uriarte (2009). Implementation of an operational ocean-meteorological system for the Basque Country. ISMS 09. II Simposio Internacional de Ciencias del Mar. Vigo, 27 al 30 de abril de 2009, pp. 183-184.
- González M., L. Ferrer, P. Gyssels, P. Liria, Z. Santiago, M. Espino, E. Comerma (2005). Estudio de condiciones ambientales, meteorológicas y oceanográficas en el ámbito portuario ante posibles vertidos de hidrocarburos. VIII Jornadas Españolas de Ingeniería de Puertos y Costas (Sitges, Barcelona, 17-18 mayo 2005). Ed. José A. Jiménez. p. 11-11.
- Grifoll M., M. Espino, M. González, L. Ferrer, A. Sánchez-Arcilla (2006). Spatial residence time description for water discharges in harbours. MWWD 2006-4th International Conference on Marine Waste Water Discharges and Coastal Environment. Abstracts of papers presented. MWWD Organization, p. 155-156.
- Grifoll M., L. Ferrer, A. Maidana, M. González, M. Espino, A. Sánchez-Arcilla (2007). Modelización tridimensional de la hidrodinámica y el transporte en recintos portuarios. IX Jornadas Españolas de Ingeniería de Costas y Puertos. Libro de resúmenes. AZTI-Tecnalia, p. 53-54.
- Grifoll M., A. Fontán, L. Ferrer, J. Mader, M. González, M. Espino (2009). 3D hydrodynamic characterisation of a meso-tidal harbour: The case of Bilbao (northern Spain). Coastal Engineering 56, 907-918.

- Grifoll M., A. Del Campo, M. Espino, J. Mader, M. González, Á. Borja (2010). Water renewal and risk assessment of water pollution in semi-enclosed domains: applications to harbour of Bilbao. ISOBAY, 2010. 3-6 Mayo de 2010, Brest, Francia.
- John V. y E. Schmeyer (2008). Finite element methods for time-dependent convection-diffusion-reaction equations with small diffusion. Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering, 198, 475-494.
- Kuzmin, D. (2009). Explicit and implicit FEM-FCT algorithms with flux linearization. Journal of Computational Physics 228: 2517–2534.
- Löhner R., K. Morgan, J. Peraire, M. Vahdati (1987). Finite element flux-corrected transport (FEM-FCT) for the Euler and Navier-Stokes equations, Int. J. Numer. Methods in Fluids 7:1093–1109.
- Mader J., M. González, V. Valencia, M. Espino, M. Hernández, A. Uriarte, E. Comerma (2001). Elaboración de un modelo de simulación de la dispersión de hidrocarburos en el puerto de Bilbao. Medidas de campo. VI Jornadas Españolas de Ingeniería de Puertos y Costas. Libro de resúmenes. IMEDEA, p. 261-262.
- McKinsey C.W., M. Lecuona, M. Huot, A. Weise (2009). Biodeposit production and benthic loading by farmed mussels and associated tunicate epifauna in Prince Edward Island. Aquaculture, 295: 44-51.
- Sonneveld, P. (1989). CGS, a fast Lanczos-Type solver for nonsymmetric linear system. SIAM, J. Sci. Stat. Comput. 10(1): 36–52.
- Wong W. H. y J. S. Levinton (2004). Culture of the blue mussel *Mytilus edulis* (Linnaeus, 1758) fed both phytoplankton and zooplankton: a microcosm experiment. Aquaculture Research, 35:965-969.

**ANEXO III: ESTUDIO DE INCIDENCIA AMBIENTAL
(OSTRA Y MEJILLÓN)**

1. INTRODUCCIÓN

El objetivo general del presente anexo consiste en llevar a cabo el estudio de los impactos ambientales asociados al proyecto de CULTIVO EXTENSIVO Y COMERCIAL DE MOLUSCOS BIVALVOS en el tramo litoral del Dominio Público Marítimo Terrestre (DPMT) entre Ondarroa y Lekeitio (Bizkaia, País Vasco). Así, el Estudio de Incidencia Ambiental que a continuación se desarrolla contiene información de, al menos, los siguientes aspectos:

1. Descripción del proyecto y las acciones que de él se deriven.
2. Inventario ambiental y descripción de las interacciones ecológicas o ambientales claves.
3. Identificación y valoración de impactos.
4. Propuesta de medidas correctoras, protectoras y mitigadoras.
5. Propuesta de programa de vigilancia ambiental.
6. Documento de síntesis.

Conviene aclarar que este apartado es de aplicación en el caso de cultivo de moluscos bivalvos (como la ostra o el mejillón), animales filtradores que se alimentan del material orgánico presente de forma natural en el entorno de las instalaciones; en caso de llevarse a cabo el cultivo de otras especies de invertebrados, sobre todo si requieren de alimentación suplementaria, debería realizarse un estudio de incidencia ambiental específico, especialmente para los apartados relativos al impacto sobre el medio de los materiales y productos relacionados con la alimentación y con los desechos asociados a la misma.

2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

2.1 Descripción de las instalaciones

De forma resumida, el proyecto consiste en la construcción y explotación de un polígono de cultivo de moluscos bivalvos mediante sistema *longline* en el tramo litoral entre Ondarroa y Lekeitio (Bizkaia, País Vasco) (Figura AIII-1).

La instalación se encuentra dentro de un área de 556,3 ha declarada como zona de interés para cultivos marinos por medio de la ORDEN de 8 de enero de 2016, de la Consejera de Desarrollo Económico y Competitividad del Gobierno Vasco, por la que se declara una zona de interés para cultivos marinos en el tramo litoral entre Ondarroa y Lekeitio. Dicha zona queda delimitada por las siguientes coordenadas (WGS84):

Latitud (Norte)	Longitud (Oeste)
43° 22,222'	2° 27,833'
43° 20,357'	2° 26,302'
43° 21,557'	2° 28,629'
43° 20,933'	2° 25,685'

Dentro de la zona de interés anteriormente señalada, el proyecto ocupará un total de 290 ha en un área debidamente balizada de acuerdo con las siguientes coordenadas (WGS84):

	Latitud (Norte)	Longitud (Oeste)
B1	43° 22,238'	2° 27,901'
B2	43° 21,903	2° 28,318'
B3	43° 20,911'	2° 27,501'
B4	43° 20,421'	2° 26,549'
B5	43° 20,384'	2° 26,174'
B6	43° 20,639'	2° 26,908'
B7	43° 21,113'	2° 27,059'

Dentro de dicha área, la zona de producción efectiva será de 214 ha en un espacio delimitado por las siguientes coordenadas (WGS84):

	Latitud (Norte)	Longitud (Oeste)
V1	43° 22,147'N	2° 27,919'
V2	43° 21,894'	2° 28,223'
V3	43° 20,949'	2° 27,449'
V4	43° 20,472'	2° 26,524'
V5	43° 20,444'	2° 26,209'
V6	43° 20,623'	2° 26,015'
V7	43° 20,066'	2° 27,098'

Polígono para el cultivo extensivo de moluscos bivalvos y otros invertebrados

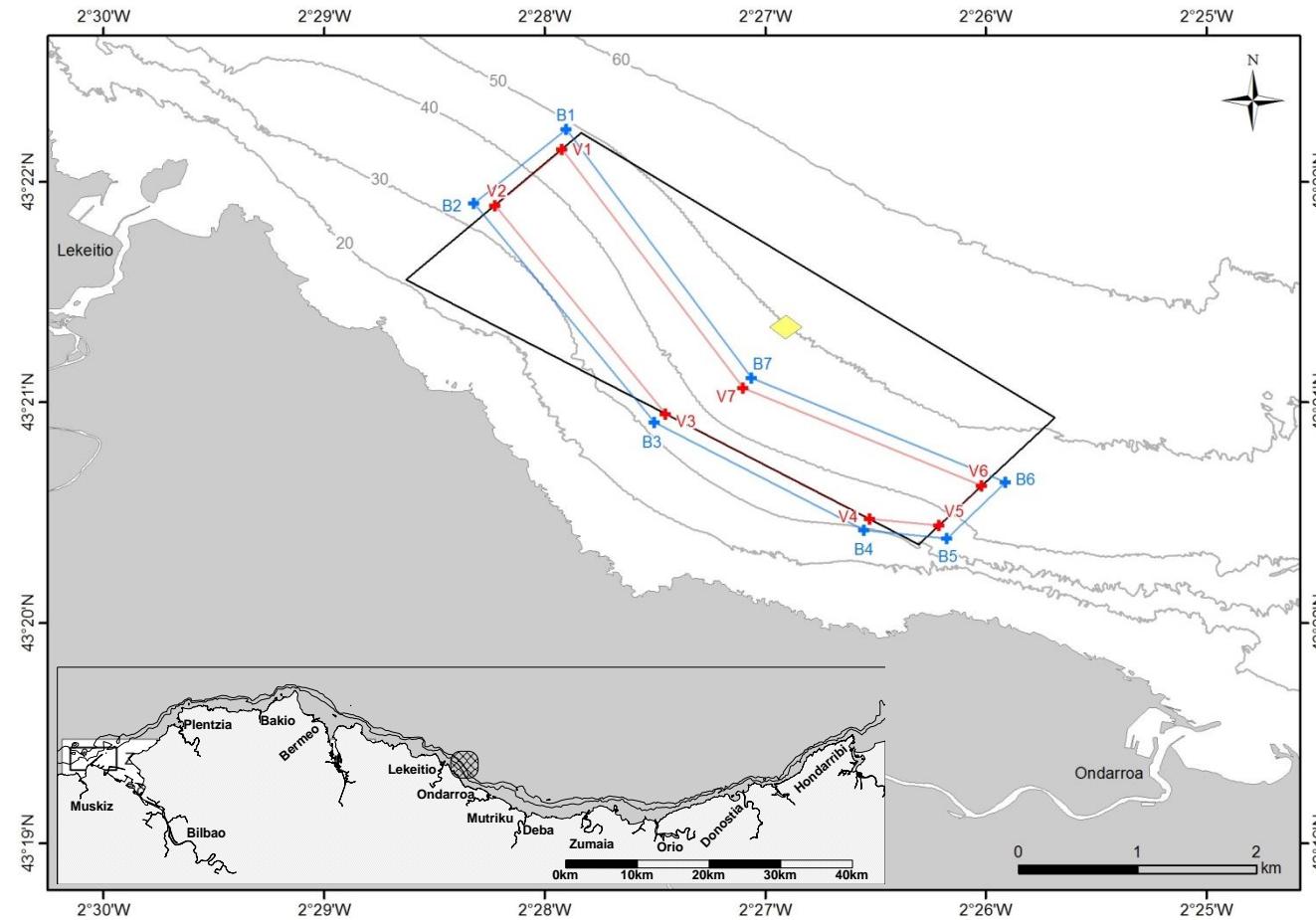


Figura AIII-1. Ubicación del proyecto de producción de moluscos bivalvos. La línea de color azul indica el límite del espacio de concesión a ocupar por el polígono de 290 ha. La línea de color rojo indica el límite para el área productiva interior de 214 ha. La línea de color negro indica la zona declarada de interés para cultivos marinos por medio de la ORDEN de 8 de enero de 2016, de la Consejera de Desarrollo Económico y Competitividad del Gobierno Vasco. El cuadrado pequeño de color amarillo indica la instalación experimental que actualmente ya se encuentra en la zona y que ya sirve para pruebas de investigación sobre moluscos bivalvos.

Dentro de la zona efectiva de producción se llevará a cabo la disposición de 52 parcelas, o unidades de producción (Figura AIII-2), de 1 ha de superficie cada una, en donde se instalará el sistema productivo mediante *longline*.

En términos generales, el sistema *longline* que se propone como modelo es una estructura de cultivo en suspensión, que dispone de una línea madre sumergida, a 10-12 m de profundidad. La línea madre comienza en una boyas de superior tamaño (boyas de cabecera) que se mantiene firme en el fondo marino a través de un muerto fondeo tipo ancla u hormigón. A la línea madre anteriormente señalada se atan: (i) 150 boyas que permiten la flotabilidad neutra de la estructura bajo el agua y (ii) cuerdas que engordan especies de moluscos-bivalvos. En el caso que nos ocupa, serán de 12 m de longitud y con una producción máxima de 200 kg. El número total de cuerdas en una unidad de producción será de 100. El volumen de producción estimado por cada establecimiento dependerá de las especies definidas (mejillón, ostra, etc.). Inicialmente, se establece un promedio productivo de 40 T y un máximo de 60 T por cada unidad productiva/año.

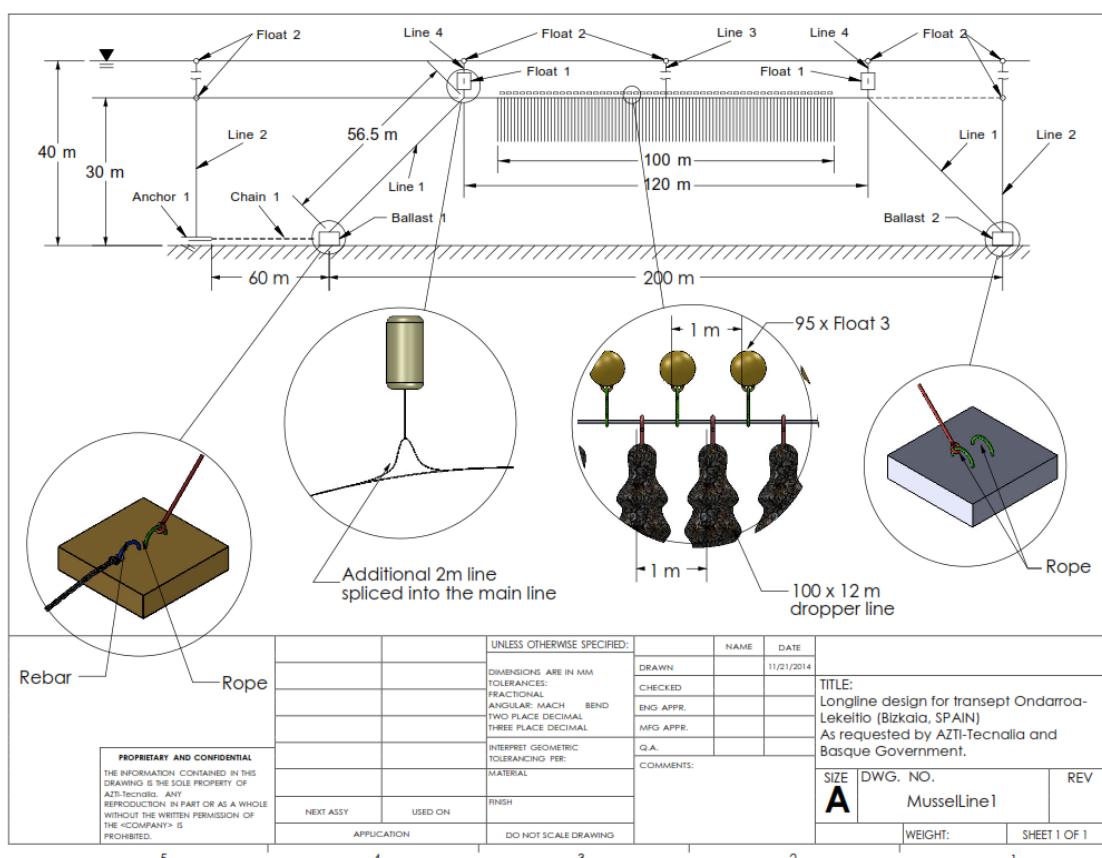


Figura AIII-2. Unidad de producción. Versión a mayor detalle (en alzado) de los componentes, disposición y medidas del sistema *longline* sumergido para el polígono del tramo litoral Ondarroa Lekeitio. La dimensión máxima del sistema y sus fondeos no podrá sobrepasar 1 ha de ocupación del espacio. En este caso, los fondeos comparten ancla y hormigón. Si bien en esta fase los detalles de la ingeniería son orientativos y serán objeto de evaluación.

2.2 Sistema de producción y operativa de trabajo

En este apartado se describe, de manera resumida, lo expuesto en el apartado 4.2.9 del proyecto. Para más información se puede consultar dicho apartado.

Tal y como se ha señalado anteriormente, cada unidad de producción tendrá una:

- Producción anual promedio/hectárea estimada: 40 t.
- Producción anual máxima/hectárea estimada: 60 t.

De esta forma, las 52 unidades de producción del polígono presentarán una:

- Producción anual promedio del polígono estimada: 2.080 t.
- Producción anual máxima del polígono estimada: 3120 t.

El procedimiento de producción se organiza en las siguientes fases:

1. **Obtención de semilla:** en el presente proyecto se captará semilla natural de mejillón existente en la zona mediante la fijación a colectoras y/o a la propia estructura *longline* y se obtendrán semillas de ostra de centros de la Unión Europea de expedición certificada. En el País Vasco el ciclo reproductor del mejillón (*M. galloprovincialis*) ha sido estudiado durante los últimos años, registrándose puestas e implantación de semilla entre los meses de abril y octubre.
2. **Encordado o encajado:** la semilla puede fijarse de forma natural o artificial a las cuerdas. Si su fijación al colector (cuerda de polipropileno) no resulta homogénea, podría ser necesario retirarla y volverla a encordar manual o hidráulicamente. En la fase de encordado se envolverá la mejilla sobre la cuerda por medio de una red de algodón biodegradable, que se acabará descomponiendo a los pocos días de su colocación en el agua (aunque con tiempo suficiente para que el mejillón haya quedado fijado sobre las cuerdas). En general, la labor del encordado de semilla se llevará a cabo de forma manual.

La preparación de un encordado de semilla de ostra plana difiere muy poco del modo artesanal del mejillón. Se utilizan los mismos medios (cuerda, lastrado, carro artesanal, etc.) y las semillas de ostra (un poco más grandes) se van encolando una a una a las cuerdas de engorde o se introducen en pequeñas nasas para su crecimiento más holgado.

3. **Desdoble:** después de aproximadamente 4 o 5 meses (dependiendo de la productividad de la ubicación), si el mejillón o las ostras alcanzan una talla aproximada de 4,5-5,5 cm habría que desdoblar. En ese momento, las cuerdas, con un peso medio de 20-30 kg se sacan del mar y se desdoblan. Las épocas de desdoble son fundamentales para obtener una buena cosecha, lo que requiere de una buena programación de todo el proceso de cultivo. El desdoble consiste en despegar o sacar de las cuerdas o nasas el mejillón o las ostras, lavarlos y clasificarlos por tamaños para volverlo a encordar o encajar dejándoles el espacio suficiente para que pueda continuar su crecimiento hasta talla comercial, sin competir por el espacio. De esta forma, no sólo se reducirá la densidad de población, sino que se intentará que los tamaños de venta sean lo más homogéneos posible. La operación de desdoble requiere sub-procesos de lavado, desgranado y clasificado; todos ellos, se realizarán mediante maquinaria específica (cepilladora, desgranadora, mesa clasificadora, etc.) de moluscos, que puede estar instalada en el propio barco o en alguna lonja pesquera.
4. **Cosecha:** la cosecha se realiza apenas se alcanza el tamaño comercial referencia de mercado. Todo ello para evitar pérdidas por desprendimiento. De esta forma se intenta recoger la mayor parte de la cosecha en los meses favorables. El proceso de recolección se realiza tal y como se ha descrito para el desdoble, sólo que esta vez únicamente se vuelve a encordar el mejillón de tamaño inferior a la talla comercial. El resto, una vez lavado, desgranado y clasificado, se deposita en sacos de plástico o contenedores para su posterior traslado a centro de depuración o planta de transformación.

2.3 Las especies a cultivar

Las especies a cultivar en el polígono de producción son:

- Mejillón (*Mytilus galloprovincialis*).
- Otra plana (*Ostrea edulis*).
- Ostra rizada (*Cassostrea gigas*).

Para mayor detalle sobre las características de estas especies véase el apartado 4.2.8 del proyecto.

3. INVENTARIO AMBIENTAL

El inventario ambiental incluye una descripción de los parámetros ambientales, solamente en la medida que puedan verse afectados significativamente por los impactos negativos y positivos asociados al proyecto. El objetivo del Inventario Ambiental es establecer el “estado cero” que permita comprobar durante el programa de seguimiento, vigilancia y control, incluido en el Plan de Vigilancia Ambiental, que los impactos reales se ciñen a los predichos, con objeto de actuar en consecuencia mediante las correspondientes medidas correctoras si esto fuera así. Hay que hacer notar que no siempre, en todos los estudios, es necesario controlar todos los factores y medios, sino aquellos que en cada caso se considere necesario o relevante, en función de los posibles impactos significativos sobre el medio ambiente. Así, teniendo en cuenta los impactos ambientales previsibles, tal y como se verá en el apartado “4. Identificación y valoración de impactos” de este mismo Anexo, se considera que los factores y componentes ambientales más relevantes a tener en cuenta son los siguientes:

- Medio Físico:
 - Clima marítimo, clima atmosférico y corrientes.
 - Hidrografía y calidad de las aguas (incluyendo fitoplancton).
 - Caracterización físico-química en biota (moluscos)
 - Sedimentología y calidad de los sedimentos.
- Medio biótico:
 - Comunidades del bentos
- Paisaje
- Medio socioeconómico

3.1 Medio físico

3.1.1 Clima marítimo, clima atmosférico y corrientes

La descripción del medio físico de la zona en los aspectos relativos al oleaje, marea astronómica, clima atmosférico y corrientes, ha sido presentada en el Apartado 2. Descripción del Clima Marítimo, del Anexo I. Estudio Básico de Dinámica Litoral.

3.1.2 Hidrografía y calidad de las aguas

3.1.2.1 Información utilizada y campañas de muestreo de fitoplancton y aguas (2014)

El presente apartado se ha llevado a cabo a partir de dos fuentes de datos. Por una parte, se ha utilizado la información contenida en los informes de la “Red de seguimiento del estado ecológico de las aguas de transición y costeras de la Comunidad Autónoma del País Vasco” (en adelante, Red de Calidad), correspondientes a las campañas realizadas entre 1995 y 2014 (véase Borja *et al.*, 2015). Este trabajo se enmarca en el contexto de la aplicación de la Directiva Marco del Agua³, que establece la obligación de realizar el seguimiento y la evaluación de la calidad de las masas de agua. Se han tenido en cuenta las estaciones de dicha Red de Calidad que se sitúan próximas a la zona del futuro emplazamiento para moluscos y que se corresponden con las estaciones L-L20 (Litoral de Lekeitio) y la L-A10 (Litoral de Ondarroa) (Figura AIII-3). La frecuencia de muestreo para el fitoplancton en dichas estaciones ha sido, como máximo, trimestral.

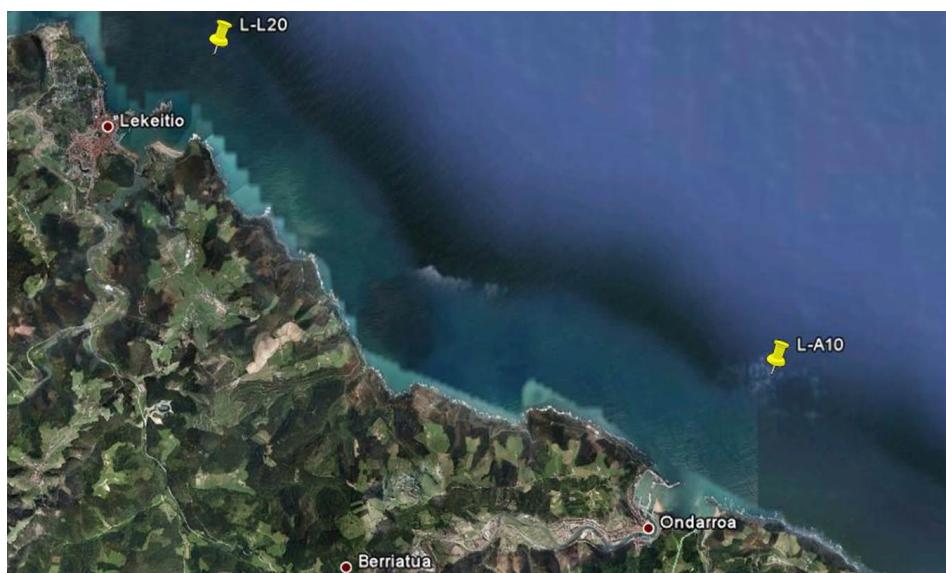


Figura AIII-3. Localización de las estaciones de la Red de Calidad L-L20 y L-A10.

³ 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.

Por otra parte, con el fin de estudiar la composición y la ecología del fitoplancton en la zona de costa del País Vasco propuesta para el emplazamiento del polígono de moluscos, entre mayo y octubre de 2014 se realizaron campañas de muestreo con periodicidad mensual o inferior en la zona litoral de Mendexa. Para ello se utilizó la instalación experimental ubicada en la misma zona. Se midieron distintas variables físico-químicas y fitoplanctónicas a diferentes profundidades de la columna de agua.

Se establecieron dos estaciones de muestreo (Figura AIII-4): una en la zona más interna de la planta piloto (estación A, 43° 21,331' N; 2° 26,888' W) y otra justo fuera de la estructura (estación Control, 43° 21,411' N; 2° 26,918' W).

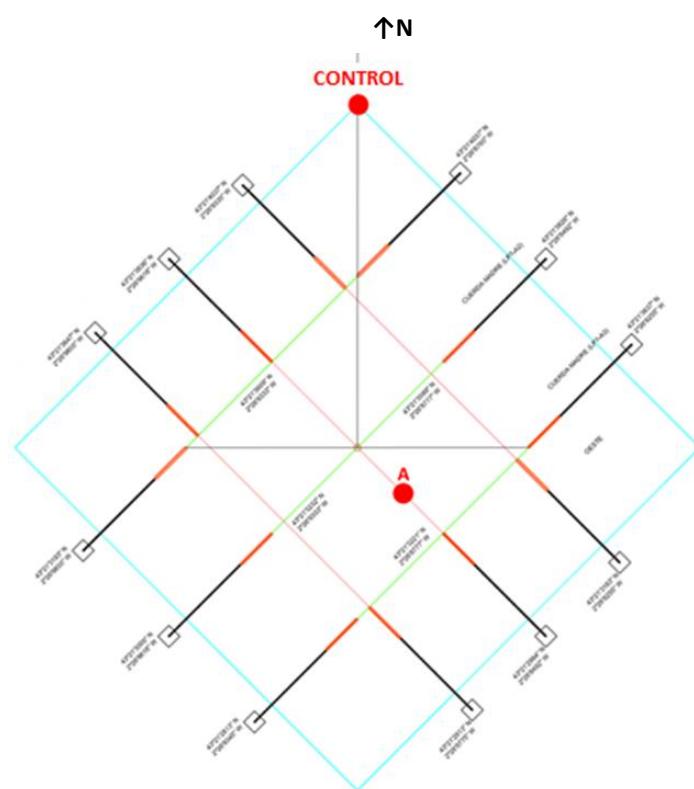


Figura AIII-4. Esquema de la localización de las dos estaciones de muestreo de fitoplancton en el entorno de la planta piloto de Mendexa.

Las condiciones físico-químicas del agua se midieron en ambas estaciones, realizándose perfiles verticales con CTD (instrumento que registras las principales variables oceanográficas) (Figura AIII-5) y la toma de muestras que posteriormente se analizarían en laboratorio. En la estación Control el muestreo incluyó, además, la toma de agua para la determinación mediante espectrofotometría de la concentración de clorofila "a" en varias fracciones de tamaño, así como para el análisis de la abundancia y composición taxonómica del fitoplancton.



Figura AIII-5. Imágenes del muestreo de hidrografía y fitoplancton. Izquierda: red de fitoplancton de 20 µm, para el filtrado en vertical de la columna de agua. Derecha: CTD para la realización de mediciones *in situ* y botella Niskin para la toma de muestras de agua a diferentes profundidades.

Las muestras de agua se recogieron por la mañana con botellas Niskin y se mantuvieron a temperatura ambiente hasta su entrega en el laboratorio de AZTI (Pasaia), que tuvo lugar al mediodía. El sub-muestreo para la toma de alícuotas con las que analizar las variables comenzó inmediatamente y se completó el mismo día, en el citado centro. En la estación Control se tomaron muestras de agua a seis profundidades discretas: 3, 10, 17, 24, 33 y 42 m (excepto en el primero de los muestreos, 20 de mayo de 2014, que fueron cinco profundidades: 3, 10, 17, 24 y 35 m).

En la estación A únicamente se tomaron muestras de agua en un punto representativo de las aguas de superficie y en otro representativo de las de fondo, esto es, a 3 y 42 m (en el primer muestreo se tomaron a 3 y 35 m). Además, en la estación Control se utilizó una red de fitoplancton (Figura AIII-5), con una malla de 20 µm de tamaño de poro, para obtener una muestra cualitativa que integrara verticalmente buena parte de la columna de agua (desde 30 m de profundidad hasta superficie).

Para la selección de las profundidades de muestreo se tuvo en cuenta la disposición en el eje vertical de la columna de agua de los cultivos de mejillón y ostra, así como la localización teórica de la capa superficial, la capa de mezcla y la capa del fondo (Figura AIII-6). Para esto último se consultaron datos de otras estaciones de muestreo cercanas, procedentes de otros proyectos, y también la bibliografía científica

disponible sobre la costa vasca (por ejemplo, Valencia y Franco, 2004; Valencia et al., 2004). En el primer diseño se estableció como profundidad máxima de muestreo 24 m, ya que no se esperaba que hubiera picos sub-superficiales de clorofila a mayores profundidades. Sin embargo, a la vista de los resultados obtenidos en los primeros perfiles de CTD, se decidió ampliar la toma de muestras hasta 42 m.

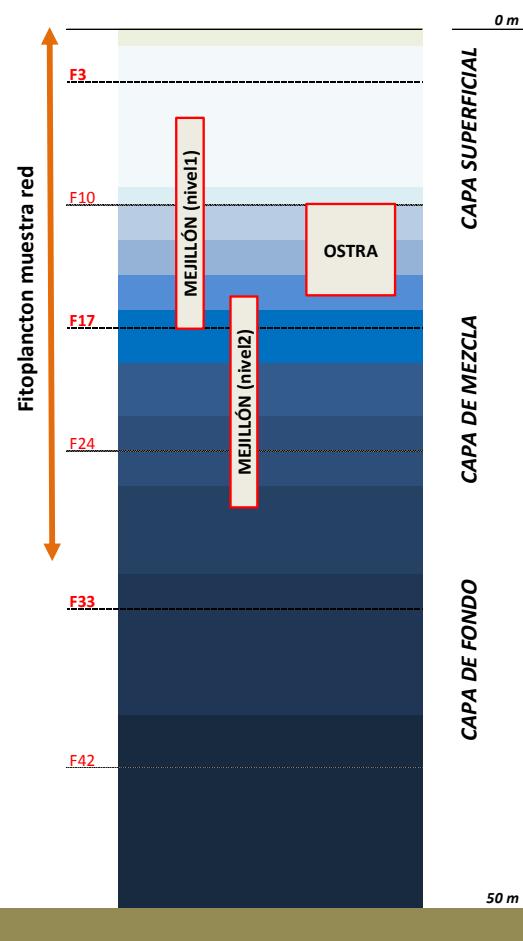


Figura AIII-6. Esquema de la columna de agua en Mendexa y ubicación de los cultivos de bivalvos. Eje dcha: Localización teórica de la capa superficial, la capa de mezcla y la capa de fondo. Eje izda: rango de profundidad del arrastre vertical de la muestra de red y profundidades discretas para toma de muestras de fitoplancton, clorofila fraccionada y físico-química (F3, F10, F17, F24, F33, F42).

En la Tabla AIII-1 se presenta el calendario de muestreos. En la estación Control, entre mayo y septiembre de 2014 se hicieron dos muestreos al mes: uno con el fin de hacer las determinaciones de todas las variables y otro para obtener únicamente un perfil de CTD. A partir de octubre de 2014 no siempre fue posible realizar el segundo muestreo, pero se mantuvo mensualmente el muestreo completo.

Tabla AIII-1. Campañas realizadas para el estudio del fitoplancton y condiciones hidrográficas en 2014. Se incluyen las fechas en las que se recogieron moluscos para el estudio de biotoxinas.

	Estación A		Estación Control		
	Hidrografía	Hidrografía y fitoplancton	Sólo CTD	Biotoxinas⁽¹⁾	
MAY	20/05/2014	20/05/2014	27/05/2014	27/05/2014	Mejillón y ostra
JUN	09/06/2014	09/06/2014	23/06/2014	23/06/2014	Mejillón
JUL	01/07/2014	01/07/2014	23/07/2014	-	-
AGO	05/08/2014	05/08/2014	20/08/2014	05/08/2014	Mejillón y ostra
SEP	01/09/2014	01/09/2014	15/09/2014	01/09/2014	Mejillón
				15/09/2014	Mejillón
OCT	23/10/2014	23/10/2014	-	23/10/2014	Mejillón

(1) Véase apartado sobre contaminantes

En la estación A se realizó sólo un muestreo al mes y el número de variables medidas fue menor, al no incluir la toma de muestras de agua para clorofila “a” fraccionada por tamaños, ni para abundancia y composición taxonómica del fitoplancton.

Para la medida *in situ* de variables a lo largo de toda la columna de agua se empleó un CTD (Seabird 25), con el cual se obtuvieron datos a cada metro de profundidad de temperatura, salinidad, densidad, transmitancia, PAR, clorofila “a”, concentración de oxígeno disuelto, % de saturación de oxígeno y pH.

Como aproximación a la transparencia del agua se midió la profundidad de visión del disco de Secchi. El mismo día del muestreo, en el laboratorio se midió la turbidez (2100 Turbidimeter, HACH). Para el análisis del carbono orgánico total (COT) las muestras se mantuvieron congeladas a -20°C, midiéndose en el plazo de 4 meses desde su recogida. Se empleó un analizador TOC (TOC-V CSH/CSN, Shimadzu Corporation) operado en modo “Non-Purgable Organic Carbon” (NPOC), tal y como describen Grasshoff et al. (1983; 2009). Para el análisis de los nutrientes inorgánicos disueltos (amonio, nitrato, nitrito, fosfato y silicato) las muestras se mantuvieron refrigeradas. Su análisis se realizó en el plazo de 5 días desde su recogida, empleándose para ello un autoanalizador de flujo continuo (Bran + Luebbe Autoanalyzer 3), siguiendo los métodos colorimétricos de Grasshoff et al. (1983). La concentración de nitrógeno inorgánico disuelto (NID) se obtuvo sumando las concentraciones (molares) de amonio, nitrato y nitrito.

Con relación a la abundancia y composición fitoplanctónica, el mismo día del muestreo, en el laboratorio se obtuvieron alícuotas de 125 ml del agua recogida a profundidades discretas en la estación Control, que se preservaron inmediatamente con 0,5 ml de una solución de Lugol. En el caso de la muestra de red, se añadió

solución de Lugol hasta un máximo de 2,2 ml, dependiendo de la densidad de material recogido.

Las muestras se mantuvieron refrigeradas y en oscuridad hasta su análisis, que se llevó a cabo en el plazo de 5 meses desde su recogida. Se utilizó el método de Utermöhl y microscopio invertido para la identificación y recuento de especies. Estas variables se analizaron sólo en un punto de cada zona: -3 m para la zona superficial, -17 m para la zona intermedia y, generalmente, -33 m para la zona más profunda.

Con relación a la clorofila “a”, las muestras de agua de la estación Control, tomadas a diferentes profundidades, se utilizaron para determinar su concentración en diferentes fracciones de tamaño. Para ello se llevaron a cabo filtraciones secuenciales a través de filtros de tamaño de poro de 20 y 3 µm (Whatman Nuclepore Track-Etch Membrane) y aproximadamente 0,7 µm (Whatman GF/F Glass Microfiber). Se realizaron 2 réplicas por cada profundidad de toma de muestra.

Para evitar posibles efectos de degradación de los pigmentos que podrían ocurrir por la congelación y almacenado de los filtros, la extracción comenzó el mismo día del muestreo, inmediatamente después de la filtración. Así, los filtros se depositaron en tubos oscuros de vidrio con tapón a rosca a los que se añadieron 10 ml de acetona al 90%. Los tubos se mantuvieron entre 24 y 48 h, en condiciones de oscuridad y refrigeración (4°C). Posteriormente se centrifugaron a 4.000 rpm durante 15 minutos. Finalmente, la absorbancia del extracto se midió en un espectrofotómetro UV/VIS (UV 2401PC Shimadzu Corporation) a tres longitudes de onda: 664, 647 y 630 nm. La concentración de clorofila se calculó mediante la fórmula de Jeffrey & Humphrey (1975).

Con ello se determinó la concentración de clorofila “a” en tres fracciones de tamaño: >20 µm, 3-20 µm y <3 µm, las cuales corresponden al micro-, nano- y picofitoplancton, respectivamente.

3.1.2.2 Temperatura y salinidad

En la Figura AIII-7 se muestra la variación de la temperatura y la salinidad a lo largo de la columna de agua, entre mayo y octubre de 2014, en la zona propuesta para el emplazamiento del polígono de moluscos.

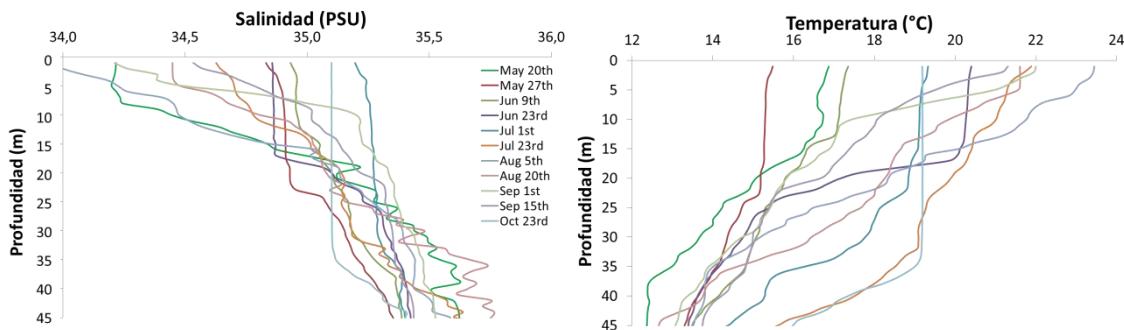


Figura AIII-7. Perfiles verticales de temperatura y salinidad, obtenidos en la estación Control).

La temperatura en superficie (1 m) tiende a aumentar desde unos 15-17°C en mayo, hasta valores en el rango de 22-24 °C en agosto y septiembre. A finales de octubre ha descendido ligeramente (19 °C). En fondo (50 m) la temperatura varía entre unos 12 y 16 °C, encontrándose en julio y octubre las temperaturas más altas. La estratificación térmica comienza a observarse en mayo, aunque es en agosto y septiembre cuando es más acusada. En octubre la columna de agua está bastante mezclada, pero con un contenido térmico alto, lo que puede ser debido a un fenómeno de hundimiento.

En cuanto a la salinidad, presenta un rango de variación en superficie que va desde 34,0 hasta 35,2. En fondo, la salinidad es mucho más estable, variando entre 35,4 y 35,7. Los descensos esporádicos de la salinidad en superficie indican aportes de aguas continentales que quedarían temporalmente retenidos en los primeros 10-20 m de la columna de agua. Esto se observa en los muestreos de mayo, agosto y septiembre.

3.1.2.3 Oxígeno disuelto

En las estaciones L-L20 y L-A10, muestreadas en la Red de Calidad, los valores de **oxígeno disuelto** en la columna de agua son generalmente superiores al 100% de saturación, lo que indica un muy buen grado de oxigenación de las aguas (Figura AIII-8).

3.1.2.4 Nutrientes

En cuanto a la evolución temporal de los **nutrientes** (concentraciones de amonio, nitrato y fosfato) en las estaciones L-L20 y L-A10, no se observa ninguna tendencia clara desde el comienzo del seguimiento de la Red de Calidad, y de forma general, predominan las situaciones alternantes de tipo “dientes de sierra” como consecuencia de la fuerte influencia de la estacionalidad y variabilidad de las condiciones hidrológicas y climáticas (Figura AIII-8).

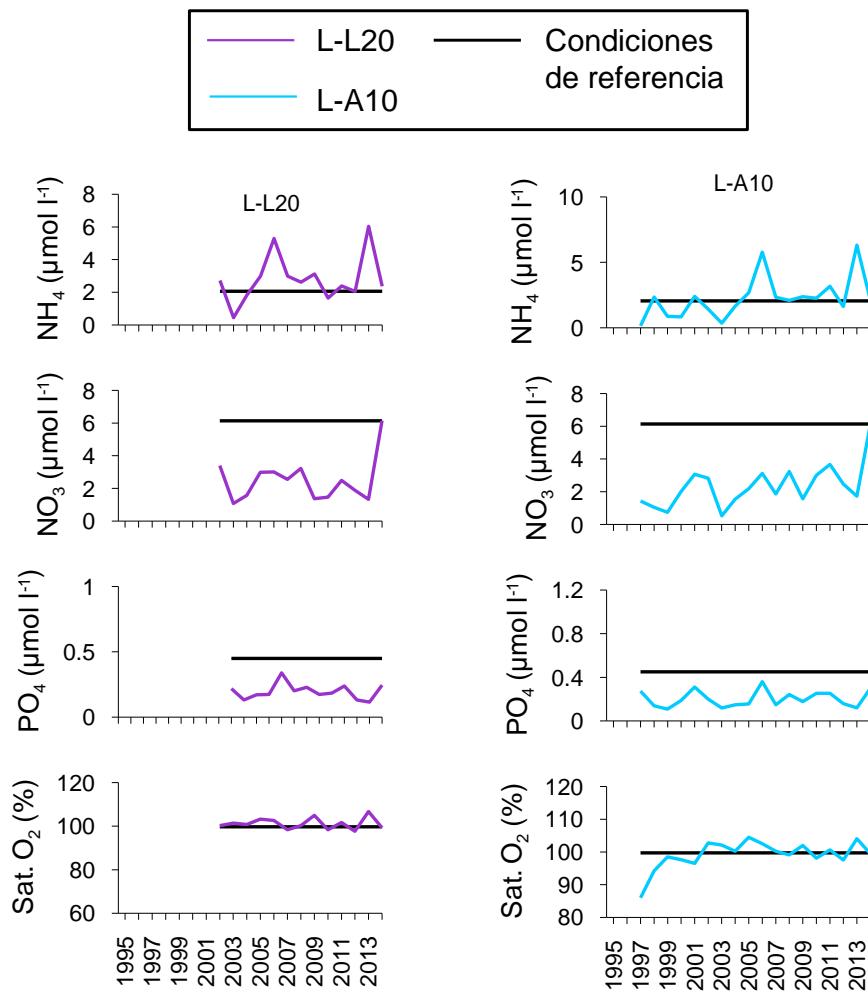


Figura AIII-8. Evolución temporal de la concentración media anual para amonio, nitrato, fosfato y saturación de oxígeno en las estaciones L-L20 y L-A10 de la masa de agua costera Matxitxako-Getaria en el periodo que abarca desde 1994 a 2014. La línea negra indica el valor de referencia (RD 400/2013; BOE 2013). Modificado de Borja *et al.* (2015).

Los resultados obtenidos en las campañas de campo realizadas entre mayo y octubre de 2014 muestran, a 3 m de profundidad, una coincidencia de los picos de nutrientes con los descensos de la salinidad, lo cual podría indicar que existió un aporte terrestre de nutrientes en esos meses (Figura AIII-9).

En la mayoría de las campañas de 2014, las concentraciones de DIN (suma de amonio, nitrato y nitrito), silicato y fosfato muestran cambios importantes con la profundidad, que pueden estar asociados a procesos de fertilización (por ejemplo, por aportes procedentes de la escorrentía terrestre, o de los cultivos de bivalvos), mineralización de la materia orgánica, o consumo por parte del fitoplancton.

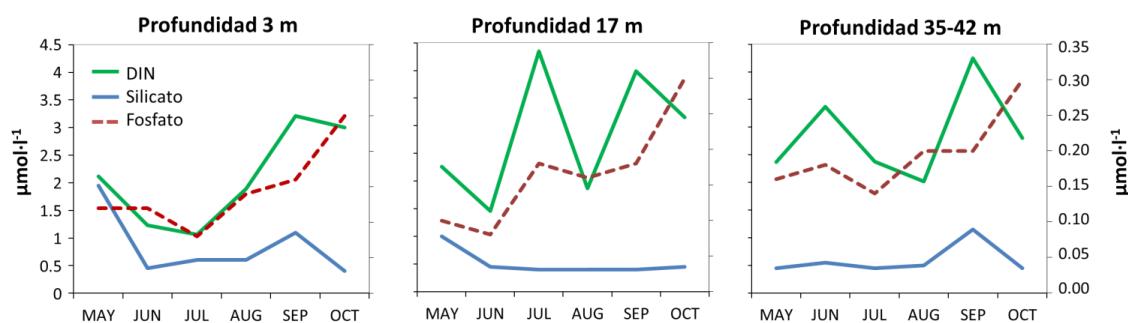


Figura AIII-9. Concentraciones de nutrientes inorgánicos disueltos en 2014 en la estación Control, en superficie (3 m), zona central (17 m) y zona profunda (35-42 m) de la columna de agua. Eje izdo.: DIN (Nitrógeno Inorgánico Disuelto: suma de amonio, nitrato y nitrito) y Silicato; Eje dcho.: Fosfato.

En mayo el silicato sigue un patrón de disminución con la profundidad, pasando de 2 μM en superficie a 0,5 μM en la muestra tomada a 35 m. Como se explicará más adelante, en mayo se observó un pico de biomasa fitoplanctónica a dicha profundidad, causado por una población dominada por diatomeas de tamaño grande. Este grupo fitoplanctónico requiere silicato para sus estructuras celulares, lo cual explicaría la disminución del nutriente.

No obstante, aunque se verifica por las concentraciones de nutrientes observadas en las aguas de superficie que en primavera y verano existió un aporte terrestre de aguas continentales ricas en nutrientes, en todos los casos salvo en el del silicato el máximo absoluto de los nutrientes se encuentra a profundidades por debajo de 10 m. Es posible que los picos subsuperficiales de amonio y fosfato tengan que ver con procesos de mineralización de la materia orgánica que se verían favorecidos en verano por la temperatura. En este sentido, las líneas de mejillón y las nasas de ostra podrían ser una fuente de nutrientes. Como se ha explicado anteriormente, la mayor densidad de los cultivos de bivalvos está en torno a los 17 m.

Entre las formas inorgánicas del nitrógeno, el amonio es la dominante a lo largo de la mayor parte de la columna de agua. A la profundidad de 42 m el patrón se invierte y lo es generalmente el nitrato.

En cuanto a los valores mínimos, coinciden generalmente para todos los nutrientes con los primeros meses del estudio. Los meses de junio y julio se caracterizaron por una alta salinidad en superficie, lo que indica pocos aportes de aguas continentales. Además, como se señaló en el siguiente apartado, hubo picos de clorofila en mayo y junio que explicarían descensos en las concentraciones de nutrientes debidas al consumo por parte del fitoplancton.

3.1.2.5 Fitoplancton

El fitoplancton se considera la principal fuente de energía para los bivalvos, existiendo una correlación entre su crecimiento y la biomasa fitoplanctónica (Brown & Hartwick, 1988; Jones & Iwama, 1991). Además, para el crecimiento efectivo de los bivalvos, el fitoplancton ha de presentar un tamaño que facilite la ingestión (entre 1 y 15 µm, aproximadamente, dependiendo de la especie y su estadio de crecimiento) (Webb & Chu 1983; Kawamura *et al.*, 1998). Debe presentar también una composición nutricional apropiada, incluyendo la ausencia de toxinas que podrían transferirse a niveles tróficos superiores y causar síndromes de intoxicación en humanos. Por otra parte, se ha visto que ciertas toxinas fitoplanctónicas son capaces de producir daños celulares en mejillones (Louzao *et al.*, 2010).

En el presente apartado se presenta la información sobre la composición y la ecología del fitoplancton en las campañas llevadas a cabo entre mayo y octubre de 2014 en la zona de costa del País Vasco propuesta el emplazamiento del polígono de moluscos. En este apartado se hace hincapié en los aspectos de biomasa y tamaño del fitoplancton, así como en su potencial toxicidad. Esto contribuye a un mayor conocimiento sobre la aptitud de la zona propuesta para la producción de moluscos y sobre las épocas del año en las cuales el producto presentaría mayor o menor riesgo de toxicidad. Para ello se han realizado las siguientes tareas:

- Determinación de la variabilidad de la biomasa fitoplanctónica presente a escala anual y a lo largo del eje vertical de la columna del agua en la zona propuesta para moluscos.
- Determinar las posibles diferencias y causas.
- Determinar si existen microalgas tóxicas con densidad relevante, a diferentes niveles de la columna de agua, y si su presencia presenta un patrón de variabilidad temporal a lo largo del año.

En los muestreos llevado a cabo a lo largo de 2014 en la zona propuesta para el emplazamiento del polígono de moluscos, la clorofila medida con CTD presentó una alta variabilidad espacial y temporal en la estación Control, con un rango de 0,1 – 2,0 µg L⁻¹.

En cuanto a las variaciones espaciales (eje vertical de la columna de agua), en los primeros 10 m la clorofila se mantuvo en valores bajos (0,1-0,8 µg L⁻¹), pero a profundidades superiores a unos 25 m excedió frecuentemente 1,0 µg L⁻¹. El máximo (2,0 µg L⁻¹) se observó el 20 de mayo a unos 30-40 m (Figura AIII-10).

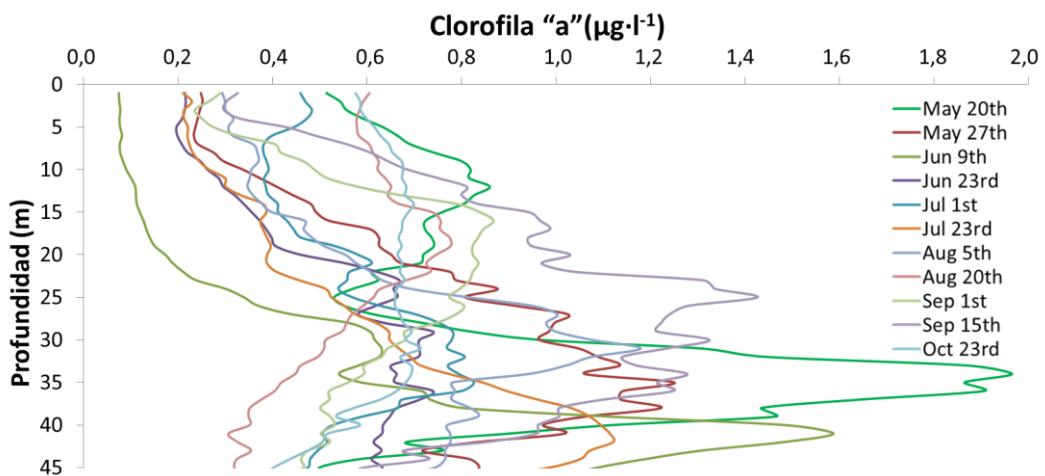


Figura AIII-10. Perfiles verticales de clorofila "a" realizados entre mayo y octubre de 2014.

Estos datos se han comparado con los de una estación de la misma zona que se encuentra más alejada de la costa, sobre fondos de uno 100 m de profundidad (estación L-REF20, de la mencionada Red de Calidad). En la estación L-REF20 en primavera y verano (serie de datos de 2009-2013) se observan picos bajo la termoclina de hasta $3,5 \mu\text{g L}^{-1}$ (excepcionalmente $8 \mu\text{g L}^{-1}$). En la estación Control también se han observado en este estudio picos por debajo de la termoclina, pero de menor magnitud que en la estación de mar abierto.

La clorofila fraccionada por tamaños indica que los organismos picoplanctónicos ($<3 \mu\text{m}$) dominan generalmente la biomasa en este periodo, sobre todo en superficie, donde su aportación supera siempre el 50% (Figura AIII-11).

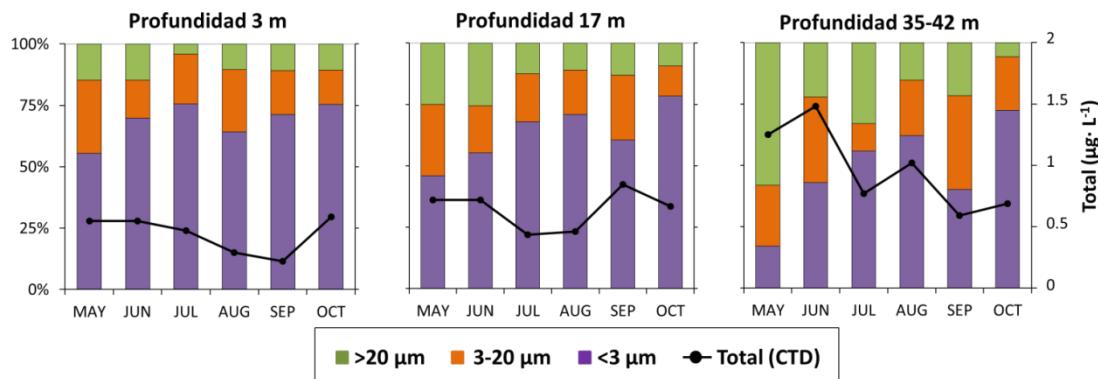


Figura AIII-11. Clorofila "a" total y fraccionada en la estación Control, en superficie (3 m), zona central (17 m) y zona profunda (35-42 m) de la columna de agua. Eje izdo.: Contribución relativa de las tres fracciones de tamaño; Eje dcho.: Clorofila total medida con CTD.

3.1.2.6 Calidad de las aguas

Objetivos de calidad físico-química generales

En la campaña de 2014 en ambas estaciones de la Red de Calidad el estado de calidad físico-químico en aguas es muy bueno. En cuanto a los **objetivos de calidad físico-química generales**, los valores medios de todas las variables medidas en 2014 indican que en las dos estaciones se cumple con los objetivos establecidos.

Metales pesados en aguas

Con relación a la evolución temporal de la concentración **de metales** en las estaciones L-A10 y L-L20 de la Red de Calidad, en general, en la concentración de los metales analizados se producen oscilaciones mostrando un patrón de “dientes de sierra” (Figura AIII-12). El cadmio es el único metal que muestra una disminución en los valores promedio anuales, siendo los valores mínimos los registrados en la campaña de 2014, año en el que ningún metal supera su objetivo de calidad correspondiente (NCA-MA) en ninguna de las estaciones de estudio.

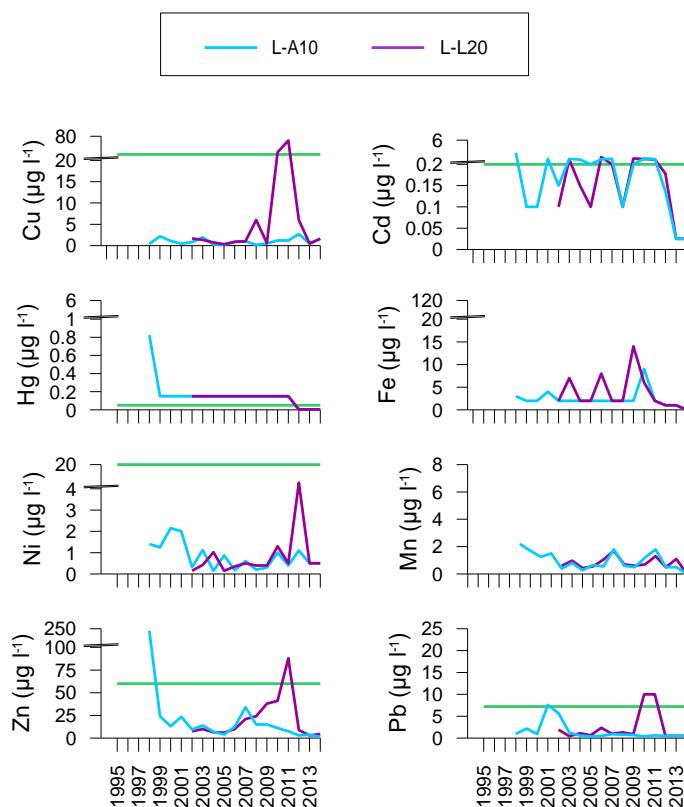


Figura AIII-12. Evolución temporal de la concentración media anual para cada metal en las estaciones L-A10 y L-L20 de la masa de agua costera Matxitxako-Getaria, desde 1994 a 2014. La línea verde indica el valor NCA-MA (norma de calidad ambiental-valor medio anual). Modificado de Borja *et al.* (2015).

Fitoplancton tóxico

En cuanto a los niveles de biotoxinas (medidas en moluscos), de los muestreos efectuados entre mayo y octubre de 2014 en mejillón (seis ocasiones) y ostra (dos ocasiones), las amnésicas (ASP) y las paralizantes (PSP) nunca excedieron los límites permitidos para el consumo, aunque se encontró presencia de estas últimas en el muestreo de agosto (mejillón). Las toxinas lipofílicas, que son las que pueden causar el síndrome diarreico (DSP), presentaron niveles no aptos para el consumo en las muestras de mejillón de mayo.

En las muestras de agua tomadas a finales de mayo de 2014 se identificaron al microscopio taxones fitoplanctónicos que pueden producir toxinas de diferente tipo (Figura AIII-13). Entre ellos, aparecieron varios dinoflagelados, en las tres zonas de la columna de agua, que podrían relacionarse con las toxinas que pueden causar DSP: *Dinophysis acuminata*, *D. caudata*, *D. tripos* y *Phalacroma rotundatum*. Sus abundancias no fueron muy altas (en conjunto, como máximo 220 cels L⁻¹). Sin embargo, hay que tener en cuenta que estos dinoflagelados pueden producir síndromes tóxicos por consumo de productos contaminados, aunque se encuentren en el agua a muy baja concentración. De hecho, para *Dinophysis* spp. se considera que a partir de 100 cels L⁻¹ existe cierto riesgo, y a partir de 500 cels L⁻¹ el riesgo ya es muy alto (Ifremer, 2013).

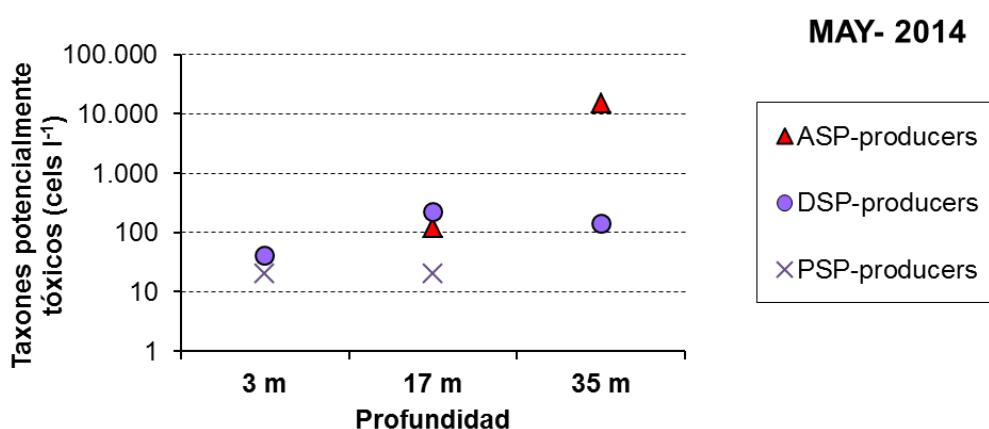


Figura AIII-13. Distribución a diferentes profundidades de la columna de agua de los taxones fitoplanctónicos con capacidad para producir toxinas, en la campaña de mayo de 2014. ASP: Síndrome amnésico; DSP: Síndrome diarreico; PSP: Síndrome paralizante.

Posteriormente se registraron abundancias (Figura AIII-14) aún más altas de estos dinoflagelados, en torno a 10³ cels L⁻¹ (julio y agosto). En julio no se tomaron muestras para el análisis de biotoxinas, con lo cual no es posible comprobar que los dinoflagelados hayan tenido capacidad tóxica en esa fecha. A principios de agosto sí se tomaron muestras de mejillón y ostra, el mismo día del muestreo de fitoplancton, pero

no se detectaron toxinas diarreicas. Las encontradas en mayo coincidieron con la presencia de la especie *Dinophysis acuminata*; sin embargo, en julio y agosto no apareció ésta, sino *Dinophysis tripos*. Es posible, por tanto, que entre los dinoflagelados potencialmente tóxicos sea *D. acuminata* la especie con mayor capacidad de producción de toxinas DSP en la zona.

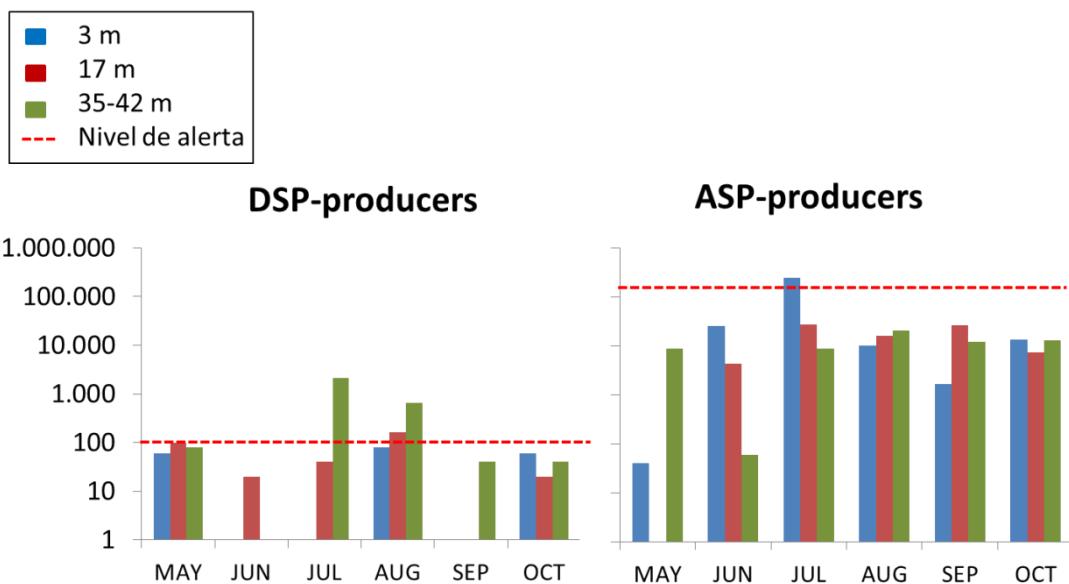


Figura AIII-14. Abundancia de las especies fitoplanctónicas potencialmente productoras de toxinas diarreicas (*DSP-producers*) y amnésicas (*ASP-producers*) a diferentes profundidades de la columna de agua, entre mayo y octubre de 2014. No se muestra la abundancia de las que pueden producir toxinas paralizantes, ya que sólo se detectaron en mayo (20 células·L⁻¹).

Por último, se han estudiado los datos de abundancia del dinoflagelado potencialmente productor de toxinas diarreicas *Dinophysis* spp. en la serie histórica de abundancia y composición fitoplancónica de la Red de Calidad. En la Tabla AIII-2 se muestra la frecuencia de estos organismos en un periodo reciente de 11 años, en las estaciones de muestreo cercanas a Mendexa que se en la Red de Calidad en la evaluación del estado de calidad de las aguas costeras.

Tabla AIII-2. Frecuencia del dinoflagelado potencialmente tóxico *Dinophysis* spp. en cuatro estaciones marinas cercanas a Mendexa.

Estación	L-A10	L-L10	L-L20	L-REF20
Periodo de muestreo	2003-2013	2003-2013	2003-2013	2009-2013
Número total de muestreos	34	36	34	20
Muestreos con presencia	4	3	3	4
<100 céls. L ⁻¹	3%	6%	9%	10%
100-500 céls. L ⁻¹	6%	0%	0%	10%
>500 céls. L ⁻¹	3%	3%	0%	0%

Las estaciones L-L10, L-L20 y L-A10 están situadas entre Elantxobe y Ondarroa (algo más cercanas a la costa que la planta piloto de Mendexa, en zonas de unos 30 m de profundidad). También se cuenta con datos de la estación L-REF20 (desde 2009), más alejada de la costa.

Desgraciadamente estos datos solo se refieren a aguas de superficie (0-1 m), con lo cual dan una información limitada para la evaluación del riesgo de toxicidad en una zona donde la profundidad de ubicación de los cultivos de bivalvos es bastante mayor. Hay que recordar que dicha serie de datos tiene otro objetivo, orientado a cumplir con la legislación europea en materia de evaluación y gestión de sistemas acuáticos (véase por ejemplo, Borja *et al.*, 2013). No obstante, a pesar de las limitaciones de esta serie para el caso que nos ocupa, se puede observar que en las aguas de superficie hay algunos registros del dinoflagelado potencialmente tóxico *Dinophysis* spp. que alcanzan las concentraciones de alerta consideradas por Ifremer.

En resumen, los datos obtenidos hasta la fecha no indican que existan con mucha frecuencia niveles altos de fitoplancton tóxico en esta zona. Sin embargo, los datos de fitoplancton y biotoxinas en Mendexa aún no abarcan todas las épocas del año. Con relación a los resultados de biomasa y abundancia anteriormente expuestos se confirma que, en la zona propuesta para producción de moluscos, estas variables siguen el patrón típico de la costa Cantábrica en cuanto a su variación temporal, así como espacial a lo largo de la columna de agua.

Hasta la fecha, además de los análisis de toxinas señalados anteriormente en este apartado (de mayo a octubre de 2014) se han realizado entre noviembre de 2014 y junio de 2015 otros tres más en ostra y otros siete más en mejillón. En cuanto a las ostras, no se han encontrado niveles en ninguno de los casos (ASP, PSP y DSP) por encima de lo permitido. En el caso de los mejillones, en abril de 2015 se detectaron niveles de toxinas diarreicas que superaban los permitidos.

Es importante recordar que las especies de fitoplancton marino potencialmente tóxicas son en muchos casos de distribución cosmopolita y que, además, pueden crecer en aguas de muy alta calidad físico-química y ecológica. Por lo tanto, se recomienda un control exhaustivo tanto de las biotoxinas en el producto, como del fitoplancton en el agua, en caso de que se lleve a cabo una explotación de los bivalvos destinada al consumo en la costa vasca.

3.1.3 Caracterización físico-química en biota (moluscos)

En la Tabla AIII-3 y Tabla AIII-4 se presentan los resultados analíticos de contaminantes realizados sobre las muestras de mejillón y ostra recogidas en la zona propuesta para

polígono de moluscos entre 2013 y 2015. Los resultados de las analíticas *in situ* de contaminantes indican que las concentraciones obtenidas cumplen con la normativa aplicable.

Tabla AIII-3. Resultados analíticos en lotes de mejillón (*M. galloprovincialis*) muestreados entre 2013 y 2015.

Mejillón	PCDD/F (pg/g, PF)	PCDD/F+ DL-PCB (pg/g, PF)	NDL-PCB (ng/g, PF)	4PAH (μg/kg, PF)	Benzo(a)pireno (μg/kg, PF)	Cd (mg/kg, PF)	Hg (mg/kg, PF)	Pb (mg/kg, PF)	<i>E. coli</i> (NMP/100 g)	Salmonella (/25 g)	Clasificación (microbiología)
23/04/2013	-	-	-	-	-	-	-	-	<20	Ausencia	A
4/06/2013	0,034	0,174	3,1	<LC	<0,8	0,063	0,021	0,268	5400	Ausencia	C
6/08/2013	-	-	-	-	-	-	-	-	50	Ausencia	A
24/09/2013	-	-	-	<LC	<0,8	0,172	0,019	0,265	50	Ausencia	A
3/12/2013	-	-	-	-	-	-	-	-	<200	Ausencia	A
27/05/2014	-	-	-	-	-	-	-	-	<180	-	A
23/06/2014	-	-	-	-	-	-	-	-	<180	Ausencia	A
15/09/2014	-	-	-	-	-	-	-	-	<180	Ausencia	A
Contenido máximo permitido	3,5	6,5	75	30	5	1	0,5	1,5	< 230 NMP/100 g (en zonas tipo A)	Ausencia en 25g (en zonas tipo A)	
Reglamento	(CE) Nº 1259/2011			(CE) Nº 835/2011			(CE) Nº 1881/2006			(CE) Nº 853-854/2004	

- PF: peso fresco.
- PCDD/F: dioxinas (suma de policlorodibenzo-para-dioxinas y policlorobenzofuranos) expresados en equivalentes tóxicos de la Organización Mundial de la Salud, utilizando los factores de equivalencia de toxicidad de la misma organización (FET-OMS), según Reglamento (CE) nº 1881/2006.
- PCDD/F+DL-PCB: suma de dioxinas (suma de policlorodibenzo-para-dioxinas y PCB similares a dioxinas (DL-PCB), expresados en equivalentes tóxicos de la Organización Mundial de la Salud , utilizando los factores de equivalencia de toxicidad de la misma organización (FET-OMS), según Reglamento (CE) nº 1881/2006.
- NDL-PCB: PCBs no similares a dioxinas.
- <LC: todos los isómeros analizados presentan concentraciones inferiores a los límites de cuantificación correspondientes.
- -: no analizado en la fecha

Tabla AIII-4. Resultados analíticos en lotes de lotes de ostra (*C. gigas*) muestreados entre 2013 y 2015.

Ostra		27/05/2014	5/08/2014	19/11/2014	12/03/2015	Contenido máximo permitido	Reglamento
ASP	mg ácido domóico/kg	<2	<2	<2	-	20	
PSP	μg equiv. de STXdiHCL/kg	<380	<380	<380	-	800	(CE) nº 853/2004
Lipofílicas		negativo	negativo	negativo	-	negativo	
PCDD/F	(pg/g, PF)	-	-	-	0,26	3,5	
PCDD/F+ DL-PCB	(pg/g, PF)	-	-	-	0,49	6,5	(CE) Nº 1259/2011
NDL-PCB	(ng/g, PF)	-	-	-	7,3	75	
4PAH	(μg/kg, PF)	-	<LC	1,3	-	30	
Benzo(a)pireno	(μg/kg, PF)	-	<0,8	<0,8	-	5,0	(CE) nº 835/2011
Cd	(mg/kg, PF)	-	0,194	0,293	-	1,0	
Hg	(mg/kg, PF)	-	0,016	0,028	-	0,50	(CE) nº 1881/2006
Pb	(mg/kg, PF)	-	0,148	0,156	-	1,5	
E. coli	(NMP/100 g)	<180	<180	<180*	-	<230 NMP/100 g (en zonas tipo A)	(CE) nº 853-
Salmonella	(detección en 25 g)	-	Ausencia	Ausencia*	-	ausencia en 25g (en zonas tipo A)	854/2004
CLASIFICACIÓN (microbiología)		A	A	A	-		

- PF: peso fresco.
- PCDD/F: dioxinas (suma de policlorodibenzo-para-dioxinas y policlorobenzofuranos) expresados en equivalentes tóxicos de la Organización Mundial de la Salud.
- PCDD/F+DL-PCB: suma de dioxinas (suma de policlorodibenzo-para-dioxinas y policlorobenzofuranos) y PCB similares a dioxinas (DL-PCB).
- NDL-PCB: PCBs no similares a dioxinas.
- 4PAH: suma de benzo(a)pireno, benzo(b)fluoranteno, benzo(a)antraceno y criseno.
- <LC: todos los isómeros analizados presentan concentraciones inferiores a los límites de cuantificación correspondientes.
- -: no analizado en la fecha

* El muestreo para analítica de *E. coli* y *Salmonella* se realizó el 26/01/2015.

Por otro lado, los resultados de la analítica de microbiología indican que tampoco se ha detectado presencia de *Salmonella*, mientras que las concentraciones de *E. coli* son inferiores a 230 NMP/100 g en todos los muestreos realizados, excepto en la muestra de mejillón obtenida el 4 de junio de 2013, considerado como dato anómalo. Por lo tanto, esta zona podría ser asignada a la categoría de zonas tipo A (Reglamento (CE) 854/2004), es decir, que se permitiría el consumo humano directo sin necesidad de depuración previa, siempre y cuando se cumplan todo el resto de requisitos de afectan a la calidad higiénica.

3.1.4 Sedimentología y calidad de los sedimentos

3.1.4.1 Información utilizada y campañas de muestreo de sedimentos (2013)

Al igual que para la caracterización hidrográfica y calidad de las aguas, para la caracterización de los sedimentos se ha empleado información procedente de la ya mencionada Red de Calidad, especialmente de las estaciones más cercanas a la zona de producción de moluscos de Mendexa, es decir, estaciones L-L10 y L-A10.

Además, en 2013 se realizaron dos campañas para el estudio de sedimentos y comunidades bentónicas en las estaciones de muestreo cuyas coordenadas geográficas, así como sus principales características, se presentan en la Tabla AIII-5.

Tabla AIII-5. Coordenadas geográficas de las estaciones de sedimentos y bentos muestreadas. Se tomaron muestras para el análisis de comunidades bentónicas en las estaciones A, C y REF.

	Coordenadas (WGS84)			Características
	Latitud Norte	Longitud Oeste	Profundidad (m)	
A	43° 21,335'	02° 26,888'	51	Arena fina
B	43° 21,350'	02° 26,912'	51	Arena fina
C	43° 21,305'	02° 26,845'	51	Sedimento mixto
D	43° 21,269'	02° 26,789'	51	Arena fina
REF	43° 21,410'	02° 26,915'	52	Arena fina

Se definieron cuatro estaciones de muestreo a lo largo de un transecto que atraviesa las instalaciones de la concesión experimental de moluscos en la zona, con las estaciones A y B en el interior de la infraestructura, la estación C en el borde (en el sentido de la corriente preferente), la estación D a unos 100 m de distancia en la misma dirección y la estación de referencia en la arista norte de la instalación.

La primera campaña, recién empezado el ciclo de engorde de mejillón, se realizó el día 8 de enero de 2013, entre las 11:03 y las 13:06, hora local. El viento soplaban del sur-sudoeste (200°) a unos $2,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ y había oleaje del nor-noroeste (330°) de altura aproximada de 1,5 m. La segunda, prácticamente al final del ciclo de engorde de

mejillón, se realizó el día 15 de octubre de 2013, entre las 14:58 y las 17:25, hora local. El viento soplaba del sur-sureste (170°) a unos $5,6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ y había oleaje del nor-noroeste (330°) de altura aproximada de 1,0 m.

En cada una de las estaciones de muestreo se tomó una réplica para caracterización del sedimento (análisis granulométricos, concentración de materia orgánica y potencial redox). Además, en las estaciones A, C y de referencia se tomaron tres réplicas más en cada una de ellas para el estudio de las comunidades de macroinvertebrados bentónicos de sustrato blando.

Las muestras de sedimento se tomaron usando una draga de tipo Shipeck, adecuada para el muestreo de sedimento sobre fondos de naturaleza diversa. Las muestras para el análisis de comunidades bentónicas se tomaron bien con la misma draga de tipo Shipeck (de $0,04 \text{ m}^2$ de superficie de muestreo), bien con una draga de tipo Van Veen (de $0,1 \text{ m}^2$ de superficie de muestreo). Las dragas de tipo Van Veen son adecuadas para el muestreo de sedimentos blandos, especialmente fangosos o arenosos, poco compactados. El hecho de que el sedimento de la estación C fuera mixto (con cascajo y piedras) obligó a usar la draga Shipeck en dicha estación para la toma de dos de las réplicas en enero de 2013 y para la toma de las tres réplicas en octubre de 2013. Las muestras obtenidas para el análisis de comunidades bentónicas se filtraron *in situ* a través de un tamiz de 1 mm de luz de malla, suficiente para la retención de casi todas las especies (Viéitez, 1976; Seapy y Kitting, 1978; Andrade y Cancela da Fonseca, 1979; Mora, 1982), con el fin de reducir el volumen de muestra a transportar al laboratorio. A continuación, se fijaron con una disolución al 4%, en agua de mar, de formaldehido estabilizado con metanol químicamente puro y tamponado a pH=7.

La determinación del potencial redox del sedimento se realizó mediante un medidor portátil METROHM 826 pH-mobile (resolución: 0,1 mV; exactitud: 0,2 mV) con electrodo combinado de anillo de platino METROHM 60451100 con electrolito interno de KCl 3M y sistema de referencia Ag/AgCl. La verificación del calibrado se realizó con patrón METROHM 62306020 de +250 mV. Los valores de potencial redox indicados en este informe han sido convertidos a valores de electrodo de hidrógeno (Eh) según las indicaciones de Langmuir (1971).

El análisis granulométrico se realizó siguiendo las recomendaciones de Folk (1974), Gee y Bauder (1986) y Jonasz (1991), por tamizado en seco a través de una batería de siete tamices con una diferencia en el tamaño de luz de malla de 1 Φ entre tamices.

El contenido en materia orgánica se estimó gravimétricamente, determinando la pérdida de peso por calcinación en una alícuota (30 g) de la muestra.

3.1.4.2 Sedimentología

Las estaciones L-L20 y L-A10 de la Red de Calidad se caracterizan por presentar un sedimento donde predominan las arenas (>90%), con elevados valores de potencial redox (>400 mV) y ratio C/N alrededor de 100, y valores bajos de contenido en materia orgánica (cerca de 1%) y nitrógeno orgánico particulado (<0,04 mol kg⁻¹), y donde, en general, la variabilidad temporal de dichas variables es baja.

En cuanto al muestreo *in situ* de enero de 2013, en la Tabla AIII-6 se resumen los resultados del análisis granulométrico, agrupados en función del diámetro de partícula en las categorías de gravas ($\varnothing \geq 2$ mm), arenas ($2 > \varnothing \geq 0,063$ mm) y fangos ($\varnothing < 0,063$ mm), y de la estimación de la materia orgánica de los sedimentos obtenidos en los puntos de muestreo para la caracterización de las comunidades bentónicas, así como del potencial redox.

Tabla AIII-6. Resultados del análisis granulométrico de los sedimentos (Gravas, Arenas y Fangos), concentración de materia orgánica en sedimento (MO) y potencial redox (RedOx) en las estaciones de control y de referencia muestreadas en enero de 2013.

ESTACIÓN	Gravas (%)	Arenas (%)	Fangos (%)	MO (%)	RedOx (mV)
A	10,1	68,6	21,3	1,9	59
B	98,9	0,8	0,2	2,1	182
C	60,8	30,9	8,3	2,5	43
D	1,2	72,8	26,0	1,5	134
REF	0,5	78,8	20,7	2,2	119

Las estaciones A, D y de referencia presentan un sedimento arenoso-fangoso (69%, 73% y 79% de arenas, y 21%, 26% y 21% de fangos, respectivamente), mientras que la estación B presenta sedimento gravoso (99% de gravas) y la estación C presenta un sedimento mixto de gravas y arenas (61% de gravas, 31% de arenas y 8% de fangos).

Estas diferencias en la composición granulométrica no se reflejan en el contenido en materia orgánica, con valores relativamente homogéneos (1,5-2,5%). El valor máximo se ha medido precisamente en una de las estaciones con menor contenido en materiales finos (estación C), mientras que el valor mínimo se ha medido precisamente en la estación con mayor contenido en fangos (estación D).

Por último, en lo que respecta al potencial redox, es importante señalar que se han medido potenciales positivos en todas las estaciones (43-182 mV), lo cual indica un buen estado de oxidación de los sedimentos.

En cuanto al muestreo *in situ* de octubre de 2013, en la Tabla AIII-7 se resumen los resultados del análisis granulométrico y de la estimación de la materia orgánica de los

sedimentos obtenidos en los puntos de muestreo para la caracterización de las comunidades bentónicas, así como del potencial redox.

Tabla AIII-7. Resultados del análisis granulométrico de los sedimentos (Gravas, Arenas y Fangos), concentración de materia orgánica en sedimento (MO) y potencial redox (RedOx) en las estaciones de control y de referencia muestreados en octubre de 2013.

ESTACIÓN	Gravas (%)	Arenas (%)	Fangos (%)	MO (%)	RedOx (mV)
A	0,8	77,7	21,5	1,9	357
B	0,5	73,1	26,5	2,3	196
C	83,3	12,9	3,8	1,2	227
D	1,5	72,5	26,1	2,2	202
REF	0,7	80,7	18,6	2,1	347

Todas las estaciones de muestreo, salvo la estación C, presentan un sedimento arenoso-fangoso (72-81% de arenas y 19-26% de fangos), con una fracción gravosa prácticamente despreciable (<2%). Por el contrario, la estación C presenta naturaleza gravosa (83%), con contenidos menores de arenas (13%) y fangos (4%).

Estas diferencias en la composición granulométrica se reflejan en el contenido en materia orgánica, que es menor en la estación C (1,2%), que en el resto (1,9-2,3%). Además, el valor máximo se ha medido precisamente en la estación con mayor contenido en materiales finos (estación B).

Por último, en lo que respecta al potencial redox, es importante señalar que se han medido potenciales positivos en todas las estaciones (196-357 mV), lo cual indica un buen estado de oxidación de los sedimentos. *A priori*, esto favorecería el desarrollo de comunidades bentónicas bien estructuradas e indicaría ausencia de exceso de materia orgánica en el sedimento.

En comparación con los resultados de la campaña de enero de 2013, es de destacar que el contenido en gravas es inferior en todas las estaciones (especialmente en la estación B, en la que se pasa de un 99% a un 1%), salvo en la estación C, en la que se observa un importante incremento (de un 61% a un 83%). En cambio, el contenido en materiales finos se mantiene más o menos constante, salvo en la estación B, en la que se produce un incremento (de un 0% a un 26%). Del mismo modo, tampoco se detectan cambios importantes en el contenido en materia orgánica.

Por otro lado, con el fin de determinar si existía un aporte reciente de materia orgánica, se tomaron también muestras superficiales para análisis de contenido en materia orgánica. Las concentraciones medidas indican que no existen diferencias significativas respecto a las concentraciones medidas en enero de 2013 (2,0%, 1,9%, 2,3%, 2,3% y 2% para las estaciones A, B, C, D y de referencia, respectivamente), por lo

que no se considera probable que se haya producido un aporte importante de materia orgánica por parte de los mejillones instalados.

En resumen, los resultados de la caracterización general de los sedimentos en 2013 indican cierta heterogeneidad espacial. El sedimento en el área de estudio es predominantemente arenoso, pero en las muestras tomadas en la estación C la fracción de gravas es mayoritaria en las dos campañas, y en la estación B también lo es en la campaña de enero. En cuanto al contenido en materia orgánica, se midieron valores entre 1,2% y 2,5% en ambas campañas. Por otro lado, el potencial redox es positivo en las cinco estaciones en ambas campañas de muestreo (43-357 mV) y aunque los valores medidos son mayores en la campaña de octubre que en la de enero, el sedimento tiene carácter oxidante en ambas campañas y no presenta problemas de oxigenación.

3.1.4.3 Calidad de los sedimentos

En cuanto a la evolución temporal de metales presentes en los sedimentos de las dos estaciones de estudio (L-A10 y L-L20) de la Red de Calidad, en la mayoría de los casos las concentraciones promedio se encuentran en el rango de los niveles de fondo calculados por Rodríguez *et al.* (2006) para los sedimentos de la costa del País Vasco (Borja *et al.*, 2015). En el caso de los compuestos orgánicos, la mayoría se encuentran próximos o son inferiores al nivel de determinación analítico. De esta manera, se puede concluir que la contaminación en los sedimentos de ambas estaciones por presencia de metales y compuestos orgánicos es baja.

3.2 Medio biótico

3.2.1 Comunidades del bentos

3.2.2 Información utilizada y campañas de muestreo de bentos (2013)

Al igual que para la caracterización hidrográfica y calidad de las aguas y para la caracterización de los sedimentos, se ha empleado información de las comunidades bentónicas procedente de la ya mencionada Red de Calidad, especialmente de las estaciones más cercanas a la zona de producción de moluscos de Mendexa, es decir, estaciones L-L10 y L-A10.

Además, en 2013 se realizaron dos campañas para el estudio de sedimentos y comunidades bentónicas en las estaciones de muestreo cuyas coordenadas geográficas, así como sus principales características, se han presentado en la Tabla AIII-5. Las fechas de tales campañas y la distribución de las estaciones se han explicado en

el apartado 3.1.4.1 Información utilizada y campañas de muestreo de sedimentos (2013).

Para el estudio de las comunidades de macroinvertebrados bentónicos se procedió a la separación e identificación de la macrofauna bentónica, hasta el nivel de especie siempre que se pudo. Los individuos se contaron y se estimó su peso seco tras desecarlos en estufa a 110 °C durante 24 horas. Con los datos obtenidos se calcularon: la densidad específica y la densidad total (por muestra), en $\text{ind}\cdot\text{m}^{-2}$; la biomasa específica y total (por muestra), en $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$; el índice de diversidad de Shannon (H'), tanto a partir de los datos de densidad (Shannon y Weaver, 1963), en $\text{bit}\cdot\text{ind}^{-1}$, como de biomasa (Wilhm, 1968), en $\text{bit}\cdot\text{g}^{-1}$; el índice de equitabilidad de Pielou (J'), también a partir de los datos de densidad y de biomasa; y la diversidad máxima por muestra (H'_{\max}), en bit. Finalmente, se calculó también el coeficiente biótico AMBI (Borja *et al.*, 2000, 2003; Muxika *et al.*, 2005) con ayuda del software AMBI 5.0, alimentado con la lista de especies actualizada a octubre de 2013, ambos disponibles gratuitamente en la web de AZTI-Tecnalia (<http://ambi.azti.es>), y siguiendo las recomendaciones de Borja y Muxika (2005), Muxika (2007) y Muxika *et al.* (2007).

Para las comparaciones del valor de AMBI entre estaciones, para cada campaña, se llevó a cabo un ANOVA de una vía; para las comparaciones del valor de AMBI entre campañas, se llevó a cabo una ANOVA de dos vías. Para estos análisis estadísticos, se usó el paquete PASW® Statistics 17.0 (versión 17.0.2 del 11 de marzo de 2009).

Los parámetros estructurales del bentos que se consideran en el presente apartado son la riqueza (nº taxa) y la diversidad ($\text{individuos}\cdot\text{m}^{-2}$). Además, la alteración de la comunidad del bentos se calcula a partir del índice AMBI (*Azti's Marine Biotic Index*) (Borja *et al.*, 2000), siguiendo las recomendaciones de Borja y Muxika (2005). Este índice establece un rango entre 0 y 7 de acuerdo con el gradiente de alteración, desde la *no alteración* (0) a la *alteración extrema* (7).

3.2.3 Caracterización general de las comunidades bentónicas en la zona

Los parámetros estructurales en la estación litoral del Lea (L-L20) de la Red de Calidad, presenta un patrón temporal muy irregular (Figura AIII-15). Tras el aumento de la densidad y de la riqueza específica observados en 2011 y 2012, en la campaña de 2014 se observa un descenso: 243 $\text{ind}\cdot\text{m}^{-2}$ y 22 *taxa*, frente a 533 $\text{ind}\cdot\text{m}^{-2}$ y 48 *taxa* en 2012. La diversidad específica ($3,85 \text{ bit}\cdot\text{ind}^{-1}$) también disminuye respecto a la estimada en la pasada campaña ($4,49 \text{ bit}\cdot\text{ind}^{-1}$), siendo la menor de las estimadas en la estación desde 2009.

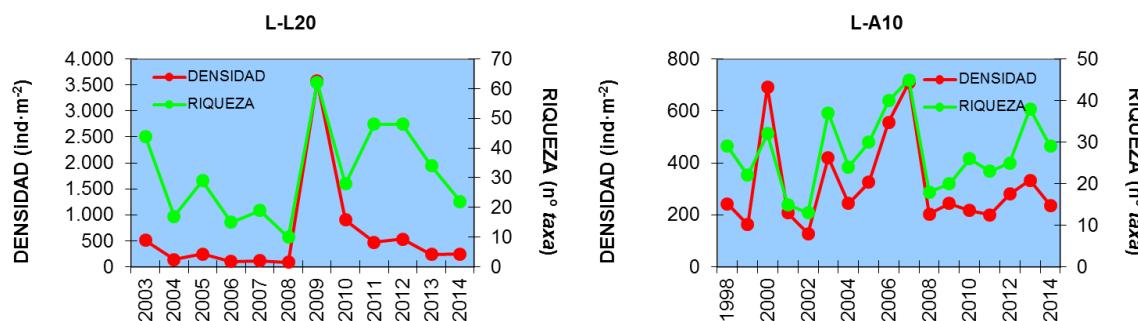


Figura AIII-15. Evolución de la densidad y de la riqueza en las estaciones L-L20 y la estación L-A10 (modificado de Borja et al., 2015).

En la estación L-L20 La estructura trófica de la comunidad está dominada por los detritívoros superficiales (63%), seguidos por los carnívoros (22%), suspensívoros (11%) y, en menor medida, omnívoros (3%) y detritívoros subsuperficiales (1%).

En cuanto a los valores de AMBI (Figura AIII-16), la estación presenta Alteración Nula, con $AMBI=1,2$. Dominan el grupo ecológico I, con cierta relevancia de los grupos II y III, y no se encuentra ninguna especie oportunista. El coeficiente AMBI muestra valores más o menos estables a lo largo del seguimiento (entre 1 y 2).

En la estación L-A10, situada frente a la costa de Ondarroa, los parámetros estructurales densidad ($237 \text{ ind}\cdot\text{m}^{-2}$), riqueza (29 taxa) y diversidad ($4,46 \text{ bit}\cdot\text{ind}^{-1}$) se encuentran en el rango de los estimados en el periodo 2008-2013 (Figura AIII-15).

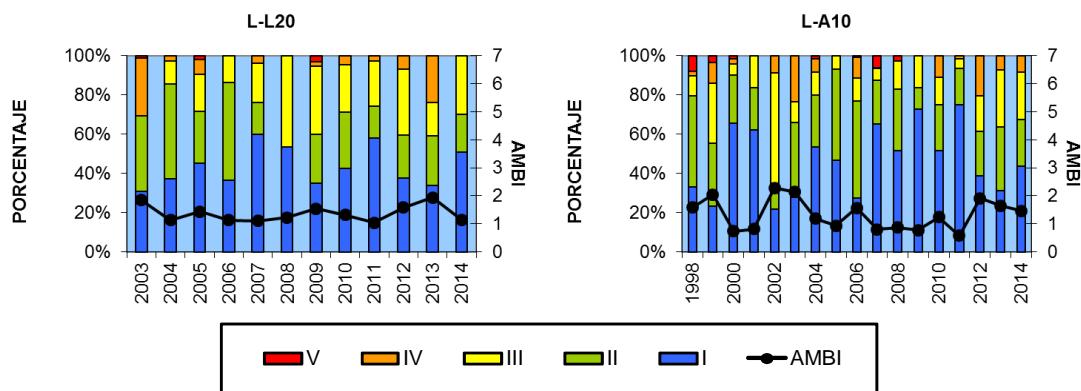


Figura AIII-16. Evolución del porcentaje de cada grupo ecológico y de AMBI en las estaciones L-L20 y L-A10, de la masa de agua costera Matxitxako-Getaria. Modificado de Borja et al. (2015).

La estructura trófica de la comunidad está dominada por los detritívoros superficiales (47%), seguidos por los carnívoros (27%), suspensívoros (18%) y detritívoros subsuperficiales (8%).

Según la clasificación de AMBI (Figura AIII-16), la estación presenta alteración ligera (AMBI=1,5), con dominancia del grupo ecológico I (44%) y representación importante de los grupos ecológicos II y III (24% en ambos casos). Entre 2002 y 2011 se intuía una tendencia descendente a largo plazo que se interrumpió en 2012, aunque los valores de AMBI seguían manteniéndose en el rango de la serie de datos de la estación. En las campañas de 2013 y 2014, los valores de AMBI vuelven a disminuir ligeramente, por lo que sería interesante vigilar los resultados de próximas campañas para ver si se retoma la tendencia negativa (valores de AMBI decrecientes y, por tanto, menor grado de alteración) arriba indicada.

3.2.4 Caracterización de las comunidades bentónicas en enero de 2013

En cuanto al muestreo *in situ* llevado a cabo en enero de 2013, en la Tabla AIII-8 se muestra el número de *taxa* identificados en dicho muestreo, así como el porcentaje que representan por cada *phylum*.

Los anélidos constituyen el grupo más abundante en todas las estaciones del área propuesta para producción de moluscos, con 18-57 *taxa* (40-56% de los *taxa* identificados por estación). En las estaciones A y C el *phylum* de los artrópodos ocupa el segundo lugar, con 12 y 22 *taxa* (26% y 22% de los *taxa*), respectivamente, quedando el *phylum* de los moluscos en tercer lugar (10 y 9 *taxa*, respectivamente; 21% y 9% de los *taxa* por estación). En la estación de referencia estos grupos invierten sus dominancias, con mayor presencia de moluscos (12 *taxa*, 27% del total de la estación) que de artrópodos (11 *taxa*; 24% del total). Además de anélidos, moluscos y artrópodos, se han identificado también algunos poríferos, cnidarios, nemertinos, sipunculos, entoproctos, briozoos, equinodermos y cordados.

En cuanto a la distribución de densidades por *phylum*, se aprecia aproximadamente el mismo patrón que en la distribución de los *taxa*. Así, los anélidos dominan en las tres estaciones (177-1.248 ind·m⁻²; 37-66% del total), seguidos por los moluscos en las estaciones A y REF (180 ind·m⁻² y 127 ind·m⁻², respectivamente; 30% y 29% de los efectivos) y por los artrópodos en la estación C (343 ind·m⁻²; 18%). El tercer lugar corresponde a los cnidarios en las estaciones A y C (117 ind·m⁻² y 163 ind·m⁻², respectivamente; 19% y 9% de los efectivos), y a los artrópodos en la estación de referencia (50 ind·m⁻²; 12%).

Tabla AIII-8. Número de *taxa* identificados y porcentaje que representan por cada *phylum* en la campaña realizada en enero de 2013.

ESTACIÓN <i>PHYLUM</i>	A		C		REF	
	nº <i>taxa</i>	%	nº <i>taxa</i>	%	nº <i>taxa</i>	%
<i>PORIFERA</i>	-	-	1	1,0	-	-
<i>CNIDARIA</i>	2	4,3	4	3,9	2	4,4
<i>NEMERTEA</i>	1	2,1	2	2,0	1	2,2
<i>ANNELIDA</i>	20	42,6	57	55,9	18	40,0
<i>ARTHROPODA</i>	12	25,5	22	21,6	11	24,4
<i>MOLLUSCA</i>	10	21,3	9	8,8	12	26,7
<i>SIPUNCULA</i>	1	2,1	1	1,0	-	-
<i>ENTOPROCTA</i>	-	-	1	1,0	-	-
<i>BRYOZOA</i>	-	-	1	1,0	-	-
<i>ECHINODERMATA</i>	1	2,1	3	2,9	1	2,2
<i>CHORDATA</i>	-	-	1	1,0	-	-
TOTAL	47	100	102	100	45	100

En biomasa, en cambio, los moluscos dominan en las tres estaciones, alcanzando valores de biomasa de 2,6-13,5 g·m⁻² (55-75% del total), seguidos por el *phylum* de los cnidarios (1,2-3,8 g·m⁻²; 19-24% del total). En las estaciones A y C, el tercer lugar corresponde a los anélidos, con 0,6 g·m⁻² y 2,2 g·m⁻² (3% y 14% de las biomasas totales); en la estación de referencia, en cambio, alcanzan mayor biomasa los equinodermos (0,4 g·m⁻²; 8%).

Los resultados descritos se ajustan, en parte, a lo esperado. Así, en la costa vasca lo más habitual es que dominen en densidad los anélidos, con artrópodos y moluscos como principales grupos acompañantes. Por el contrario, en biomasa, habitualmente dominan moluscos y artrópodos, seguidos bien por los equinodermos (cuando alcanzan una densidad más o menos importante), bien por los anélidos. Esto se debe al peso extra que suponen las conchas de los moluscos, el exoesqueleto de los artrópodos y las placas calcificadas de los equinodermos. Por tanto, el único punto a destacar sería la alta importancia relativa de los cnidarios, posiblemente asociada a la presencia de piedras y gravas sobre los que fijarse.

Por especies, en la estación A domina el cnidario zoantario *Epizoanthus incrustatus* (113 ind·m⁻²; 19% de la densidad de la estación). En cambio, en la estación C codominan los poliquetos *Mediomastus fragilis* y *Sabellaria spinulosa* (270 ind·m⁻²; 14%). Por último, en la estación de referencia domina el poliqueto *Chaetozone gibber* (47 ind·m⁻²; 11%). Ningún otro taxon alcanza una densidad relativa de al menos un 10% en ninguna de las tres estaciones analizadas.



* *E. incrassatus* es una especie de cnidario del orden de los zoantarios. Son anémonas de vida tanto solitaria como colonial que pueden llegar a crecer sobre gravas, conchas, e incluso sobre los exoesqueletos de artrópodos vivos. Su rango de distribución geográfica abarca todo el Atlántico y el Mediterráneo, desde zonas subtropicales hasta regiones tan septentrionales como las Svalbard o la costa canadiense. Se considera una especie sensible a la alteración del medio. Imagen: http://www.marlin.ac.uk/imgs/o_epiinc.jpg

* *M. fragilis* es un detritívoro subsuperficial que se alimenta de la materia orgánica presente en el sedimento. Este poliqueto se ve favorecido por aportes orgánicos externos, por lo que se considera tolerante al enriquecimiento orgánico, presentando densidades máximas en sedimentos enriquecidos en materia orgánica. Es una especie habitual en la costa vasca. Imagen:



http://www.genustraithandbook.org.uk/images/sized/min500/mediomastus_feature_head.jpg



* *S. spinulosa* es un poliqueto terebellido que vive en el interior de un tubo que construye a partir de arena y fragmentos de conchas, llegando a construir auténticos arrecifes cuando alcanza altas densidades. Es un suspensívoro pasivo que se alimenta de fitoplancton. Se cree que es sensible a los cambios en los patrones de corrientes asociados a construcción de diques, a dragados y a vertidos de materiales dragados (Vorberg, 2000). Imagen: <http://www.wildaboutbritain.co.uk/pictures/data/18/medium/WABHoneycomb.jpg>



* *C. gibber* es un pequeño cirratúlido típico de zonas protegidas con un sedimento mixto, aunque también se encuentra en sedimentos fangosos (Martínez y Adarraga, 2001). Es una especie de carácter oportunista de segundo orden que se ha descrito como uno de los primeros colonizadores tras episodios de contaminación por hidrocarburos (Armitage *et al.*, 2000). Utiliza sus largos palpos anteriores para recoger las partículas orgánicas presentes en la superficie del sedimento, por lo que se puede clasificar como depositívoro superficial. Suele medrar en sedimentos enriquecidos en materia orgánica. Imagen de *Chaetodrillus sp.*: http://images.vliz.be/thumbs/9097_chaetodrillus-sp.jpg

En cuanto a las biomasas, en la estación A dominan los moluscos bivalvos *Venus casina* ($5,6 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$; 31% de la biomasa de la estación) y *Acanthocardia tuberculata* ($4,6 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$; 25% de la biomasa), y el zoantario *E. incrassatus* ($3,8 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$; 21%). Por otro lado, en la estación C destaca el molusco *Ocinebrina aciculata* ($6,3 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$; 40%), seguido también por *E. incrassatus* ($3,0 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$; 19%). Por último, en la estación de referencia destacan otros dos moluscos, como son *Euspira pulchella* ($1,2 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$; 25%) y *Tellina compressa* ($0,5 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$; 11%), así como el zoantario *E. incrassatus* ($1,2 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$; 24% de la estación).



* *V. casina* es un bivalvo que puede alcanzar hasta 5 cm de diámetro. Se caracteriza por presentar una concha cubierta de marcadas costillas concéntricas. Vive a profundidades que van del sublitoral hasta el borde de la plataforma continental, sobre sustratos entre arenosos y de gravas. Es una especie que se considera sensible a la alteración del medio. Imagen: http://www.aphotomarine.com/images/marine_bivalves/bivalve_circophalus_casina_pale_venus_30-01-11_1.jpg

A. tuberculata es una especie de berberecho que puede alcanzar hasta 6 cm de diámetro que habitualmente habita zonas de arenas gruesas o gravas (con fuertes corrientes) de hasta 80 m de profundidad. En general, este tipo de bivalvos se consideran suspensíviros, ya que se alimentan por filtración de la materia orgánica que se encuentra en suspensión. Imagen: http://www.aphotomarine.com/images/marine_bivalves_turk/acanthocardia_tuberculata_29-05-12_1.jpg



* *O. aciculata* es un pequeño caracolillo que habitualmente se encuentra sobre sustratos rocosos, lo que explica que en la campaña de enero de 2013 se encontrara únicamente en la estación C, donde había una fracción gravosa importante. Se trata de una especie que se encuentra a lo largo de todas las costas europeas, incluyendo las del Mediterráneo y también las islas Azores. Se considera una especie indiferente a la alteración del medio, por lo que se encuentra en zonas poco o nada alteradas, y raramente llega a ser dominante. Imagen: http://www.gastropods.com/Shell_Images/N-O/Ocinebrina_aciculata_4.jpg



* *E. pulchella* es un caracolillo que suele vivir sobre sustratos de tipo arenoso. A menudo se encuentra enterrado en el sedimento, ya que se alimenta de los bivalvos que encuentra

también enterrados. Se trata, por tanto, de un gasterópodo de hábitos carnívoros. Se considera indiferente a la alteración del medio ya que se encuentra en zonas poco o nada alteradas, donde rara vez llega a ser claramente dominante. Imagen: http://www.gastropods.com/Shell_Images/Cypraea-F/Euspira_pulchella.jpg



* *T. compressa* es un pequeño molusco bivalvo habitual en la costa vasca. Su presencia en el Golfo de Vizcaya constituye una importante anomalía biogeográfica, ya que se trata de una especie característica de las costas atlánticas africanas y del Mediterráneo (Martínez *et al.*, 2007). Se considera una especie sensible a la alteración del medio, ya que, aunque pueda ser habitual sobre sedimentos poco o nada alterados, raramente llega a alcanzar densidades relativas tales que la sitúen entre las especies dominantes de la comunidad. Imagen: http://www.idscaro.net/sci/04_med/pictures/fam5/tellina_compressa1.jpg

En la Tabla AIII-9 se muestran los parámetros estructurales correspondientes a las muestras recogidas en la campaña de enero de 2013. La densidad en las estaciones A y de referencia ($607 \text{ ind}\cdot\text{m}^{-2}$ y $430 \text{ ind}\cdot\text{m}^{-2}$, respectivamente) es moderada, mientras que en la estación C puede considerarse alta ($1.903 \text{ ind}\cdot\text{m}^{-2}$). Los valores de biomasa, en cambio, pueden considerarse entre altos y muy altos para todas las estaciones ($4,8$ - $18,1 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$). Por tanto, la relación entre biomasa y densidad es alta, lo cual indica que la comunidad está formada por individuos relativamente grandes, con un promedio de 8 - $30 \text{ mg}\cdot\text{ind}^{-1}$ en peso seco, que habitualmente suelen ser especies estructuradoras de comunidad. En cuanto a la riqueza específica, se puede considerar moderada para las estaciones A y de referencia (47 taxa y 45 taxa , respectivamente), y alta para la estación C (102 taxa).

Tabla AIII-9. Parámetros estructurales de la comunidad bentónica del área de estudio en los muestreos de enero 2013.

	ESTACIÓN	A	C	REF
Densidad	($\text{ind}\cdot\text{m}^{-2}$)	607	1.903	430
Biomasa	($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$)	18,078	15,513	4,771
Riqueza	(nº de <i>taxa</i>)	47	102	45
Diversidad (en densidad)	(bit· ind^{-1})	4,63	5,22	4,68
Diversidad (en biomasa)	(bit· g^{-1})	2,67	3,27	3,28
Diversidad máxima	(bit)	5,55	6,67	5,49
Equitabilidad (en densidad)		0,83	0,78	0,85
Equitabilidad (en biomasa)		0,48	0,49	0,60

Los valores de diversidad estimados a partir de los datos de densidad se consideran altos ($4,63\text{-}5,22 \text{ bit}\cdot\text{ind}^{-1}$), al igual que los valores de equitabilidad (0,78-0,85). En cambio, cuando se calculan a partir de los datos de biomasa se obtienen valores menores tanto para las diversidades ($2,67\text{-}3,28 \text{ bit}\cdot\text{g}^{-1}$) como para las equitabilidades (0,48-0,60), probablemente debido a la clara dominancia en biomasa de las especies arriba citadas.

En general, la composición de la macrofauna parece indicar que corresponde a una comunidad de *Tellina - Venus*, descrita para los fondos arenosos sublitorales de entre 10 m y 70 m de profundidad en el sudeste del Golfo de Vizcaya (Borja *et al.*, 2004). Dicha comunidad se caracterizaría, además de por las especies de los géneros *Tellina* y *Venus*, por una presencia importante de poliquetos de los géneros *Nephtys* y *Glycera*, del molusco bivalvo *Nucula sulcata*, y del equinodermo *Echinocardium cordatum*, todas ellas presentes en las muestras tomadas. En comparación con los rangos de valores propuestos para los parámetros estructurales por Borja *et al.* (2004), los valores estimados a partir de las muestras tomadas en la campaña de enero de 2013 se encuentran en su parte superior o por encima de él.

Por otro lado, la clasificación de la zona de estudio a partir del índice AMBI (Borja *et al.*, 2000; 2003; Borja y Muxika, 2005; Muxika *et al.*, 2005; Muxika, 2007) es de ligeramente alterada (Tabla AIII-10), con una comunidad de macroinvertebrados bentónicos desequilibrada, salvo la estación A, que se encuentra no alterada (con una comunidad empobrecida).

Tabla AIII-10. Porcentajes de presencia de cada grupo ecológico (GE) y valores correspondientes del AMBI para cada réplica y AMBI promedio por estación junto con la desviación típica correspondiente.

ESTACIÓN RÉPICA	A			C			REF		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
GE I	56,4	62,7	68,6	49,5	41,7	51,3	57,1	55,3	44,6
GE II	16,7	15,7	3,9	29,4	25,0	10,6	11,4	13,2	16,1
GE III	16,7	13,7	21,6	16,2	29,2	36,3	22,9	13,2	32,1
GE IV	10,3	7,8	5,9	4,9	4,2	1,8	8,6	18,4	7,1
GE V	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
AMBI	1,212	1,000	0,971	1,147	1,438	1,327	1,243	1,421	1,527
AMBI (promedio)	1,061			1,304			1,397		
Desviación típica	0,131			0,147			0,143		

La desviación típica de los valores promediados de AMBI para las réplicas correspondientes a cada una de las estaciones es relativamente baja en todos los casos ($\approx 0,1$). Esto indica una alta homogeneidad entre réplicas y da idea de la robustez de las estimas obtenidas.

Se procedió a comprobar la condición de homogeneidad de varianzas entre estaciones por medio de un test de Levene. Los resultados indicaron homoscedasticidad ($F=0,003$; $gl_1=2$; $gl_2=6$; $p=0,997$). Por tanto, se procedió a comprobar si los residuales presentaban una distribución normal por medio de un test de Shapiro-Wilk. Los resultados indicaron normalidad ($W=0,896$; $gl=9$; $p=0,227$). Al cumplirse las dos condiciones, se llevó a cabo un ANOVA de una vía para comprobar si existían diferencias significativas entre estaciones para los valores de AMBI estimados. Así, los resultados indican que no existen diferencias significativas entre estaciones ($F=4,555$; $gl=2$; $p=0,063$).

En cuanto a las abundancias relativas de los grupos ecológicos (GE), destaca la ausencia total de especies adscritas al GE V (oportunistas de primer orden), que se ven favorecidas por una alteración importante del medio y proliferan en sedimentos reducidos y ricos en materia orgánica. Sin embargo, sí aparecen especies del GE IV (oportunistas de segundo orden), grupo formado por pequeñas especies que proliferan en situaciones de estrés. En cualquier caso, estas especies no alcanzan densidades relativas importantes (2-10%), salvo en una de las réplicas de la estación de referencia, en la que llegan a representar el 18% de la densidad total de la réplica.

Las especies sensibles a la alteración del medio, que se asignan al GE I, dominan en todas las réplicas (42-69%). Las especies indiferentes a la alteración (GE II) y las especies tolerantes al enriquecimiento orgánico también alcanzan densidades relativas más o menos importantes (4-29% y 13-36%, respectivamente).

En resumen, el reparto entre GE parece indicar que las comunidades de macroinvertebrados bentónicos analizadas no se encuentran sometidas a situaciones de estrés importantes, aunque presentan cierto desequilibrio pues las especies tolerantes al enriquecimiento orgánico presentan densidades relativas más o menos importantes, habiéndose detectado además la presencia de algunas especies oportunistas (aunque no dominan), indicadoras de alteración. En cualquier caso, el hecho de que los valores mayores de AMBI se hayan medido precisamente para las estaciones C y de referencia, situadas en dos de los vértices de la instalación, y no en la estación A, situada en el centro de la instalación, hace pensar que, probablemente, la presencia de mejillones (instalados desde octubre de 2012) no sea la causa de que los valores de AMBI no sean menores.

3.2.5 Caracterización de las comunidades bentónicas en octubre de 2013

En cuanto al muestreo *in situ* llevado a cabo en octubre de 2013, en la Tabla AIII-11 se muestra el número de *taxa* identificados, así como el porcentaje que representan por cada *phylum* en el sustrato blando.

Como en la campaña de invierno, los anélidos constituyen el grupo más abundante en todas las estaciones, con 28-51 *taxa* (41-66% de los *taxa* identificados por estación). Los artrópodos constituyen el segundo grupo en cuanto a número de *taxa* diferentes identificados (15-21 *taxa*; 20-30% por estación), seguidos por los moluscos (7-15 *taxa*; 9-22% del total). Además de anélidos, artrópodos y moluscos, se han identificado también algunos cnidarios, platelmintos, nemertinos, sipuncúlicos y equinodermos.

Respecto a la pasada campaña de invierno, no se aprecian grandes diferencias en la composición por *phyla*. Únicamente destaca que en la campaña de otoño no se hayan encontrado algunos grupos como los poríferos, entoproctos, briozoos y cordados. Otra diferencia es que en la estación de referencia en otoño hay más *taxa* de artrópodos que de moluscos (en invierno eran más abundantes los moluscos), aunque en ninguna de las campañas las diferencias en el número de *taxa* entre ambos *phyla* son importantes.

Tabla AIII-11. Número de *taxa* identificados y porcentaje que representan por cada *phylum* en la campaña realizada en octubre de 2013.

ESTACIÓN <i>PHYLUM</i>	A		C		REF	
	nº <i>taxa</i>	%	nº <i>taxa</i>	%	nº <i>taxa</i>	%
<i>CNIDARIA</i>	1	1,4	1	1,3	3	4,5
<i>PLATYHELMINTHES</i>	-	-	1	1,3	-	-
<i>NEMERTEA</i>	2	2,9	1	1,3	1	1,5
<i>ANNELIDA</i>	28	40,6	51	66,2	32	48,5
<i>ARTHROPODA</i>	21	30,4	15	19,5	15	22,7
<i>MOLLUSCA</i>	15	21,7	7	9,1	13	19,7
<i>SIPUNCULA</i>	1	1,4	-	-	1	1,5
<i>ECHINODERMATA</i>	1	1,4	1	1,3	1	1,5
TOTAL	69	100	77	100	66	100

En cuanto a la distribución de densidades por *phylum*, se aprecia aproximadamente el mismo patrón que en la distribución de los *taxa*. Así, los anélidos dominan en todas las estaciones ($283\text{-}1.325 \text{ ind}\cdot\text{m}^{-2}$; 41-72% de la densidad). En las estaciones A y C, segundo lugar corresponde a los artrópodos, con $220 \text{ ind}\cdot\text{m}^{-2}$ (28%) y $217 \text{ ind}\cdot\text{m}^{-2}$ (12%), mientras que en la estación de referencia son más abundantes los moluscos, con $213 \text{ ind}\cdot\text{m}^{-2}$ (31% de los efectivos), frente a $110 \text{ ind}\cdot\text{m}^{-2}$ (16%) de artrópodos. En las estaciones A y C, son los moluscos los que ocupan el tercer lugar, con $203 \text{ ind}\cdot\text{m}^{-2}$ (26%) y $175 \text{ ind}\cdot\text{m}^{-2}$ (10%), respectivamente.

Respecto a la campaña de enero, se mantiene la dominancia de los anélidos. En cambio, en la estación A los artrópodos superan a los moluscos (más abundantes en enero). Además, en enero, el tercer lugar lo ocupaban los cnidarios en las estaciones A y C, siendo en octubre más abundantes los moluscos.

En biomasa, en cambio, los moluscos dominan en las tres estaciones, alcanzando valores de biomasa de $2,7\text{-}10,3 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ (39-79% del total). En segundo lugar, en las estaciones A y C, se encuentran los anélidos, con $0,6 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ (15% de la biomasa total) y $2,8 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ (35% de la biomasa), respectivamente; en cambio, en la estación de referencia, el segundo lugar corresponde a los equinodermos ($0,9 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$; 7%), quedando los anélidos relegados al tercer lugar ($0,8 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$; 6%). Por último, los equinodermos ocupan el tercer lugar en la estación A ($0,3 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$; 7%), mientras que en la estación C son más abundantes los cnidarios ($1,2 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$; 15%).

En comparación con la campaña de enero, destaca la mayor biomasa relativa de los anélidos en las estaciones A y C, ya que en enero eran más abundantes los cnidarios, quedando los anélidos relegados al tercer lugar. Además, en la estación A, los equinodermos también son más abundantes que los cnidarios en la campaña de octubre. Del mismo modo, en la estación de referencia, en octubre los equinodermos y los anélidos superan a los cnidarios.

Tal y como se ha comentado en el apartado relativo a los resultados de la campaña de enero, los resultados se ajustan a lo esperado con dominancia en densidad de anélidos, artrópodos y moluscos, y dominancia en biomasa de moluscos. Como se ha comentado en el apartado correspondiente a los resultados de la campaña de enero, también destaca la alta biomasa relativa de los cnidarios en la estación C, así como la de los anélidos en las tres estaciones. También cabe destacar que los artrópodos no se encuentren entre los *phyla* dominantes en biomasa en ninguna de las tres estaciones.

Por especies, destaca que ni en la estación A ni en la estación C hay ninguna especie claramente dominante (ninguna presenta densidades relativas $\geq 10\%$). Las especies más abundantes serían el molusco bivalvo *Thyasira flexuosa* en las estaciones A (60 ind. $\cdot\text{m}^{-2}$; 8% de los efectivos de la estación) y de referencia (83 ind. $\cdot\text{m}^{-2}$; 12% de la densidad), mientras que en la estación C la especie más abundante es el poliqueto *M. fragilis* (167 ind. $\cdot\text{m}^{-2}$; 9%). En la estación de referencia ninguna otra especie, aparte de *T. flexuosa*, alcanza el 10% de densidad relativa.



* *T. flexuosa* es un pequeño detritívoro superficial que se alimenta de la materia orgánica presente en la superficie del sedimento. Se considera una especie tolerante al enriquecimiento en materia orgánica, por lo que aumenta su densidad cuando se producen aportes externos. Imagen: http://www.arcodiv.org/seabottom/bivalves/Thyasira_flexuosa/Thyasira_flexuosa1_750x750.jpg

En cuanto a las biomassas, en la estación A dominan los moluscos bivalvos *Nucula sulcata* ($0,8 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$; 21% de la biomasa total de la estación) y *Timoclea ovata* ($0,5 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$; 11% del total). En la estación C, en cambio, dominan el bivalvo *T. compressa* ($1,8 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$; 27%) y el zoantario *E. incrustatus* ($1,2 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$; 18%). Por último, en la estación de referencia, domina el molusco bivalvo *Chamelea striatula* ($7,7 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$; 59%).

**N. sulcata* es un pequeño detritívoro superficial, que se alimenta de partículas orgánicas que obtiene de la superficie del sedimento. Se considera una especie sensible a situaciones de estrés como pueden ser aquéllas ocasionadas por concentraciones altas de materia orgánica en el sedimento o la disminución de la concentración de oxígeno disuelto en las capas de agua cercanas al fondo. Imagen: <http://www.habitat.org.uk/marinelife/mollusca/23738b.jpg>



**T. ovata* es un bivalvo típico de zonas de gravas o arenas gruesas que puede llegar a dominar también en densidad si los intersticios están llenos de partículas finas (Glémarec, 1973). Martínez y Adarraga (2001) lo encuentran frente a Punta Monpás desde los 35 m de profundidad hasta los 225 m en sustratos de tipo fangoso y hasta de arenas gruesas. Se trata de un suspensívoro que se alimenta de las partículas suspendidas en la capa de agua que se encuentra en contacto con el sedimento, haciendo pasar una corriente de agua a través de sus sifones. Se considera sensible a la alteración del medio, especialmente a la de tipo físico.

Imagen:

http://naturalhistory.museumwales.ac.uk/Biosyb_Images/Images/M010000_M011999/Web/Jpegs/M010550.jpg

**C. striatula* es una almeja de hasta 45 mm que habita sobre fondos arenosos o arenoso-fangosos situados entre la bajamar y 55 m de profundidad. Es una especie muy común y se encuentra desde el Mar del Norte hasta el Mar Negro,



pasando por el Mediterráneo, así como por toda la costa ibérica en incluso en Madeira, las Islas Canaria y a lo largo de la costa de Marruecos. Es una especie que se considera sensible a la alteración del medio. Imagen: <http://www.biolib.cz/IMG/GAL/94721.jpg>

En comparación con la campaña de enero, en densidad, destaca que *T. flexuosa* sustituye como especie más abundante a *E. incrassatus* y *C. gibber* en las estaciones A y de referencia, respectivamente. En cambio, en la estación C, *M. fragilis* sigue siendo la especie más abundante, aunque disminuye su abundancia relativa. También se observan cambios en las dominancias en biomasa, siendo sustituidos: en la estación A los bivalvos *V. casina* y *A. tuberculata*, y el zoantario *E. incrassatus*, por los bivalvos *N. sulcata* y *T. ovata*; en la estación C, el gasterópodo *O. aciculata* por el bivalvo *T. compressa*, aunque en octubre *E. incrassatus* mantiene una dominancia relativa similar a la de enero (18% en octubre, frente a 19% en enero); y, en la estación de referencia, los moluscos *E. pulchella* y *T. compressa*, y el zoantario *E. incrassatus*, por el bivalvo *C. striatula*.

En la Tabla AIII-12 se muestran los parámetros estructurales correspondientes al área de estudio en la campaña de octubre de 2013.

Tabla AIII-12. Parámetros estructurales de la comunidad bentónica del área de estudio, en la campaña de octubre de 2013.

	ESTACIÓN	A	C	REF
Densidad	(ind·m ⁻²)	793	1.833	687
Biomasa	(g·m ⁻²)	4,068	8,009	13,050
Riqueza	(nº de taxa)	69	77	66
Diversidad (en densidad)	(bit·ind ⁻¹)	5,46	5,66	5,18
Diversidad (en biomasa)	(bit·g ⁻¹)	4,22	4,35	2,65
Diversidad máxima	(bit)	6,11	6,27	6,04
Equitabilidad (en densidad)		0,89	0,90	0,86
Equitabilidad (en biomasa)		0,69	0,69	0,44

Como en la campaña de enero, la densidad estimada para las estaciones A y de referencia (793 ind·m⁻² y 687 ind·m⁻², respectivamente) es moderada, mientras que la de la estación C puede considerarse alta (1.833 ind·m⁻²). En cambio, también como en enero, los valores de biomasa, pueden considerarse entre altos y muy altos para todas las estaciones (4,1-13,1 g·m⁻²). Por tanto, la relación entre biomasa y densidad es alta, lo cual indica que la comunidad bentónica está formada por individuos relativamente grandes, con un promedio de 4-19 mg·ind⁻¹ en peso seco, que habitualmente suelen ser especies estructuradoras de comunidad. En cualquier caso, hay que, en promedio, el tamaño de los individuos se reduce prácticamente a la mitad, siendo la estación de referencia la única en la que el tamaño medio de los individuos no sólo no disminuye,

sino que aumenta. En cuanto a la riqueza específica, se observa cierta homogeneización respecto a la campaña de enero, habiéndose medio en octubre valores intermedios a los de enero (66-77 taxa).

Los valores de diversidad estimados a partir de los datos de densidad se consideran altos ($5,18-5,66 \text{ bit}\cdot\text{ind}^{-1}$), mayores incluso que los de la campaña de enero, al igual que los valores de equitabilidad (0,86-0,90). En cambio, cuando se calculan a partir de los datos de biomasa se obtienen valores menores tanto para las diversidades ($2,65-4,35 \text{ bit}\cdot\text{g}^{-1}$) como para las equitabilidades (0,44-0,69), probablemente debido a las dominancias más claras en biomasa, especialmente en la estación de referencia, a la que corresponden los valores mínimos de ambos parámetros (las estaciones A y C, presentan valores similares).

A pesar de los cambios en las dominancias, la composición de la fauna, en general, es similar a la descrita para la campaña de enero de 2013. Así, sigue distinguiéndose la comunidad de *Tellina - Venus* (Borja *et al.*, 2004). Como ya se ha indicado en la descripción correspondiente a la campaña de enero de 2013, dicha comunidad se caracterizaría, además de por las especies de los géneros *Tellina* y *Venus*, por una presencia importante de poliquetos *Nephtys* sp., *Glycera* sp. y *Spiophanes bombyx*, del artrópodo *Urothoe elegans*, de los moluscos bivalvos *N. sulcata* y *C. striatula*, y del equinodermo *E. cordatum*, todas ellas presentes en las muestras tomadas.

Respecto a la campaña de enero, destaca que *Nephtys cirrosa* sustituye a *Nephtys hombergii* en la estación C, y se incorporan *Glycera alba* a las estaciones C y de referencia, y *S. bombyx* a las tres estaciones analizadas, así como *U. elegans* a la estación A y *C. striatula* a la estación de referencia.

En cuanto a los parámetros estructurales, los valores tomados a partir de las muestras tomadas en la campaña de octubre de 2013 se encuentran por encima de los rangos propuestos por Borja *et al.* (2004) para la comunidad de *Tellina – Venus* de fondos arenosos sublitorales de entre 10 m y 70 m de profundidad en el sudeste del Golfo de Vizcaya (en enero se encontraban también por encima o en la parte superior de los rangos). Tan sólo la biomasa se mantiene dentro del rango en las estaciones A y C (en la de referencia también se superan los valores del rango propuesto).

Por otro lado, la clasificación de la zona de estudio, en octubre de 2013, a partir del índice AMBI (Borja *et al.*, 2000; 2003; Borja y Muxika, 2005; Muxika *et al.*, 2005; Muxika, 2007) es de ligeramente alterada (Tabla AIII-13), con una comunidad de macroinvertebrados bentónicos desequilibrada.

La desviación típica de los valores promediados de AMBI para las réplicas correspondientes a cada una de las estaciones, es relativamente baja en casi todos los casos (<0,5). Esto indica una alta homogeneidad entre réplicas y da idea de la robustez de las estimas obtenidas.

Tabla AIII-13. Porcentajes de presencia de cada grupo ecológico (GE) y valores correspondientes del AMBI para cada réplica y AMBI promedio por estación junto con la desviación típica correspondiente en las muestras correspondientes a la campaña de octubre de 2013.

ESTACIÓN RÉPICA	A			C			REF		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
GE I	38,9	46,4	48,6	38,6	51,2	45,0	53,7	41,5	37,5
GE II	10,5	20,3	20,8	11,4	17,1	15,0	17,9	15,4	20,8
GE III	32,6	21,7	27,8	40,9	27,9	27,5	11,9	33,8	26,4
GE IV	5,3	4,3	1,4	9,1	3,9	10,0	10,4	7,7	13,9
GE V	12,6	7,2	1,4	0,0	0,0	2,5	6,0	1,5	1,4
AMBI	2,132	1,587	1,292	1,807	1,267	1,650	1,455	1,685	1,813
AMBI (promedio)	1,670			1,575			1,651		
Desviación típica	0,426			0,277			0,181		

Se procedió a comprobar la condición de homogeneidad de varianzas entre estaciones por medio de un test de Levene. Los resultados indicaron homoscedasticidad ($F=1,169$; $gl_1=2$; $gl_2=6$; $p=0,373$). Por tanto, se procedió a comprobar si los residuales presentaban una distribución normal por medio de un test de Shapiro-Wilk. Los resultados indicaron normalidad ($W=0,979$; $gl=9$; $p=0,957$). Al cumplirse las dos condiciones, se llevó a cabo un ANOVA de una vía para comprobar si existían diferencias significativas entre estaciones para los valores de AMBI estimados. Así, los resultados indican, al igual que en la campaña de enero, que no existen diferencias significativas entre estaciones ($F=0,079$; $gl=2$; $p=0,925$).

En cuanto a las abundancias relativas de los grupos ecológicos (GE), en contraposición a lo descrito para la campaña de enero, destaca la presencia de especies adscritas al GE V (oportunistas de primer orden) en las tres estaciones analizadas, aunque con bajas densidades relativas (0-13% por réplica). Las especies oportunistas de segundo orden, en cambio, mantienen densidades relativas similares a las de enero (1-14%).

A pesar de esto, las especies sensibles a la alteración del medio siguen dominando en todas las réplicas (38-54%), salvo en una de las réplicas de la estación C, en la que dominan las especies tolerantes a la alteración (41%, frente a 39% de especies adscritas al GE I). Precisamente las especies adscritas al GE III se encuentran en segundo lugar en cuanto a densidades relativas en el resto de réplicas (22-34%), salvo en una de las réplicas de la estación de referencia, en que presentan mayor densidad relativa las especies indiferentes a la alteración (18%, frente a 12% de especies

adscritas al GE III). Por último, las especies adscritas al GE II presentan densidades relativas del 11-21% por réplica, en el rango de las estimadas en la campaña de enero de 2013.

En cuanto a las posibles diferencias entre los valores de AMBI de una y otra campaña, se procedió a comprobar la condición de homogeneidad de varianzas entre grupos (combinación de estación y campaña) por medio de un test de Levene. Los resultados indicaron homoscedasticidad ($F=1,708$; $gl_1=5$; $gl_2=12$; $p=0,207$). Por tanto, se procedió a comprobar si los residuales presentaban una distribución normal por medio de un test de Shapiro-Wilk. Los resultados indicaron normalidad ($W=0,981$; $gl=18$; $p=0,957$). Al cumplirse las dos condiciones, se llevó a cabo un ANOVA de dos vías para comprobar si existían diferencias significativas entre estaciones para los valores de AMBI estimados. El modelo factorial incluyendo la interacción entre los factores campaña y estación de muestreo no resultó significativo ($F=2,867$; $gl=5$; $p=0,063$), por lo que, en vista de que la interacción entre factores tampoco lo era ($F=1,030$; $gl=2$; $p=0,386$), se llevó a cabo otro ANOVA excluyendo el efecto de la interacción. Así, se obtuvo un modelo significativo ($F=4,073$; $gl=3$; $p=0,028$), que muestra la existencia de diferencias significativas entre campañas ($F=10,939$; $gl=1$; $p=0,005$), pero no entre estaciones ($F=0,641$; $gl=2$; $p=0,542$). De estos resultados se desprende la existencia de un incremento de la zona en los valores medios de AMBI entre enero y octubre (de 1,254 a 1,632), que podría deberse a la presencia de mejillones en la instalación. Por otro lado, la ausencia de diferencias significativas entre estaciones y la ausencia de interacción significativa, podría indicar que la estación de referencia no es útil como tal, pues no presenta un valor de AMBI significativamente distinto del resto de estaciones.

Otra posible hipótesis es que podría existir algún factor externo no contemplado en el presente estudio, que haya afectado a las comunidades de macroinvertebrados bentónicos a una escala espacial más amplia. Esta hipótesis podría comprobarse a partir de los datos de la *Red de Seguimiento del Estado Ecológico de las Aguas de Transición y Costeras de la Comunidad Autónoma del País Vasco* (último informe, Borja *et al.*, 2013), analizando si se han producido cambios en los valores de AMBI de las estaciones L-L20 y/o L-A10 (situadas frente al litoral de Lekeitio y de Ondarroa, respectivamente) entre las campañas de invierno de 2013 y de invierno de 2014 (toma de muestras aún pendiente).

En cualquier caso, aunque sea significativo, el aumento en los valores de AMBI no es muy grande, como muestra el hecho de que la calificación global de la zona se mantenga como ligeramente alterada, aunque habría que tenerlo en cuenta a la hora de valorar la capacidad de carga o los posibles efectos de largo plazo (> 10 años). Sin

embargo, estos resultados están en línea con lo apuntado por otros autores, caso de Callier *et al.* (2009), que observaron una disminución de la proporción de especies sensibles y un aumento de oportunistas, lo cual implicaría un aumento en el valor de AMBI. Dichos autores encontraron también que había una respuesta brusca que podía deberse a la existencia de un umbral de densidad de mejillones (o de deposición de materia orgánica), por debajo del cual el efecto era más sutil. En un experimento dosis/respuesta con mejillones de la especie *Mytilus edulis*, Robert *et al.* (2013) encontraron que el umbral a partir del cual cabe esperar un cambio en las comunidades bentónicas se encuentra en el rango 200-400 mejillones·m⁻². En ese mismo punto se produciría también una disminución en el tamaño medio de grano del sedimento. Se estima que en la concesión experimental se cultivaron 8 t de mejillones de la especie *Mytilus galloprovincialis*, lo que supone una densidad, para el total del área ocupada por *long-lines*, de 84-131 ind·m⁻². Esta densidad se encuentra por debajo de la densidad umbral indicada por Robert *et al.* (2013) para empezar a detectar cambios significativos. Esto concuerda con el bajo valor de AMBI estimado en la campaña de octubre, aunque se encuentren diferencias significativas respecto a la campaña de enero.

Teniendo en cuenta que el rango a partir del cual se puede esperar un impacto significativo es de 200-400 mejillones·m⁻² y que Robert *et al.* (2013) emplearon en su experimento mejillones de 5,8 ± 0,6 cm, se estima que en el área del presente estudio (1 Ha), se podría llegar a cultivar una producción de 42 t de mejillón con una talla de unos 6 cm (según las mediciones llevadas a cabo a partir de las muestras tomadas en las instalaciones, esta talla alcanzaría pesos de en torno a 10,5 g). En cualquier caso, cabe resaltar que Robert *et al.* (2013) realizaron el experimento directamente sobre el sedimento y que en la zona de estudio los mejillones estarían a más de 25 m por encima de él.

En resumen, las muestras de macroinvertebrados bentónicos tomadas en 2013 en las estaciones de sustrato blando han permitido identificar la presencia de la comunidad de *Tellina - Venus*, habitual en los fondos arenosos sublitorales de entre 10 m y 70 m de profundidad en el sudeste del Golfo de Vizcaya. Dicha comunidad se caracteriza, además de por la especie que le da nombre, por una presencia importante de poliquetos *Nephtys* sp., *Glycera* sp. y *Spiophanes bombyx*, del artrópodo *Urothoe elegans*, de los moluscos bivalvos *Nucula sulcata* y *Chamelea striatula*, y del equinodermo *Echinocardium cordatum*, todas ellas presentes en las muestras tomadas.

Los parámetros estructurales se encuentran en los rangos (normalmente cerca de los máximos) o por encima de los rangos correspondientes a la comunidad de *Tellina – Venus* en las tres estaciones muestreadas y en ambas campañas.

El coeficiente biótico AMBI indica la presencia de una comunidad de macroinvertebrados bentónicos desequilibrada en las tres estaciones y en ambas campañas, correspondiente a una zona sometida a alteración ligera (salvo en la muestra tomada en enero en la estación A, que presentaba una comunidad empobrecida correspondiente a una zona con alteración nula). Sin embargo, los análisis estadísticos muestran que existen diferencias significativas entre ambas campañas (no entre estaciones), con un AMBI medio mayor en la campaña de octubre de 2013 que en la campaña de enero del mismo año. A esto contribuye la mayor presencia de especies oportunistas, que se ven favorecidas por aportes de materia orgánica en las muestras tomadas en octubre.

Esto podría indicar cierta afección por parte de los mejillones mantenidos en la infraestructura. Sin embargo, el hecho de que la estación de referencia no presente diferencias significativas frente al resto de estaciones podría indicar que el incremento de AMBI no está relacionado con la actividad a estudio, sino con algún factor no contemplado y que afecta a una escala espacial o estacional mayor, lo que podría llegar a comprobarse analizando muestras tomadas en alguna zona más alejada (por ejemplo, a partir de las muestras tomadas en los litorales de Lekeitio y Ondarroa en el marco de la *Red de Seguimiento del Estado Ecológico de las Aguas de Transición y Costeras de la Comunidad Autónoma del País Vasco*).

En cualquier caso, el incremento detectado en el valor de AMBI se considera asumible, ya que no afecta a la calificación de la zona. Sin embargo, habría que tenerlo en cuenta a la hora de realizar los programas de seguimiento y control de la zona o los posibles efectos a largo plazo (10-15 años).

3.3 Paisaje

Los paisajes litorales son muy valorados por la población, y tienen una presencia importante en la CAPV. Están compuestos por las zonas en las que la influencia marina es determinante en el paisaje. Estos paisajes están presentes en 38 cuencas visuales de la CAPV (6,1 %). Todos ellos son cuencas con paisajes exclusivamente atlánticos. De

acuerdo con el Catálogo de Paisajes Singulares y Sobresalientes de la CAPV⁴, el tramo litoral entre Lekitio y Ondarroa es un paisaje de influencia marina con un valor alto.

3.4 Medio socioeconómico

3.4.1 Pesca

De acuerdo con los resultados obtenidos por Arregi *et al.* (2014), en la zona de futura implantación del polígono de cultivo de bivalvos se observa una actividad de pesca intensa ejercida por el sector pesquero artesanal del País Vasco, fundamentalmente rederos, pequeños palangreros y nasas (Figura AIII-17).

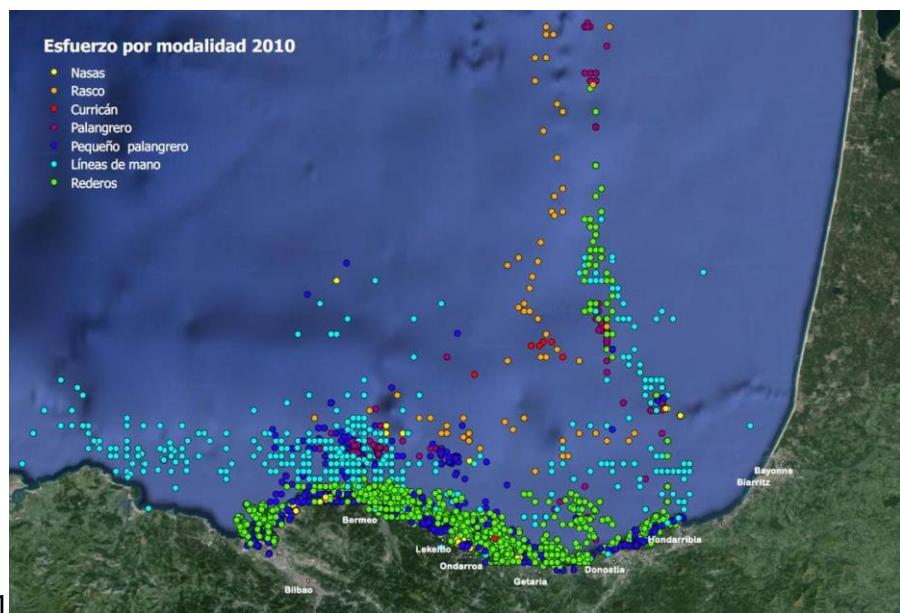


Figura AIII-17. Distribución espacial del esfuerzo de pesca por modalidad de la flota artesanal en 2010.

3.4.1.1 La flota artesanal

De acuerdo con Arregi *et al.* (2004), la flota artesanal costera del País Vasco en 2004 estaba compuesta por 175 embarcaciones y distribuida en dos provincias marítimas, entre las que suman un total de 16 puertos (Tabla AIII-14), 11 en la provincia de Bizkaia y 5 en la de Gipuzkoa.

La provincia marítima de Bizkaia, con 122 barcos y 3.893,7 T.R.B. (77,4% del total), es la que cuenta con un mayor número de puertos (11), si bien la distribución de la flota en

⁴ http://www.ingurumena.ejgv.euskadi.net/r49-3074/es/contenidos/inventario/paisaje/es_catalogo/indice.html

estos puertos es desigual. Son tres los puertos en Bizkaia que superan la decena de barcos, Bermeo (66), Lekeitio (13) y Plentzia (12). Atendiendo a las T.R.B. como característica que indica el porte de los barcos, destaca nuevamente Bermeo (81,1 % de la provincia y 62,8% del total), a continuación se encuentra Ondarroa que, con tan solo 7 barcos, suma el 6,9% de T.R.B. de la provincia y 5,3% del total. El tercer lugar en cuanto a T.R.B. lo ocupa Lekeitio, con el 3,9% de la provincia y el 3,0% del total, seguido de lejos por el resto de puertos.

Tabla AIII-14. Distribución de la flota artesanal costera en los diferentes puertos del País Vasco de Oeste a Este. Tomado de Arregi *et al.* (2004).

Provincia	Puerto	Número de barcos	Total T.R.B. ⁵ . puerto	% T.R.B. provincia	% T.R.B. total
Bizkaia	Zierbena	5	48,1	1,2	1,0
	Santurtzi	6	59,5	1,5	1,2
	Portugalete	1	4,0	0,1	0,1
	Getxo	1	10,0	0,3	0,2
	Plentzia	12	63,3	1,6	1,3
	Lemoiz	5	39,5	1,0	0,8
	Bermeo	66	3156,1	81,1	62,8
	Mundaka	4	65,6	1,7	1,3
	Elantxobe	2	28,0	0,7	0,6
	Lekeitio	13	152,2	3,9	3,0
	Ondarroa	7	267,4	6,9	5,3
Subt. Bizkaia		122	3893,7		77,4
Gipuzkoa	Mutriku	2	55,5	4,9	1,1
	Getaria	15	138,0	12,2	2,7
	Donostia	16	231,0	20,4	4,6
	Pasaia	9	141,5	12,5	2,8
	Hondarribia	11	568,2	50,1	11,3
Subt. Gipuzkoa		53	1134,3		22,6
Total		175	5028,0		

La provincia marítima de Gipuzkoa, con 53 barcos (22,6% del total), cuenta con cinco puertos, en los que exceptuando Mutriku (2 barcos) la flota se encuentra bien representada en todos ellos. En esta provincia destaca el puerto de Hondarribia que, si bien no cuenta con un número elevado de unidades (11 barcos), sobresale por el porte de las mismas con 568,2 T.R.B. (50,1% de la provincia y 11,3% del total). A continuación se encuentra Donostia con 16 barcos y 231,0 T.R.B. (20,4% de la provincia y 4,6% del total), seguido de cerca por Getaria con 15 barcos y 138,0 T.R.B. (12,2% de la provincia y 2,7% del total) y Pasaia con 9 barcos y 141,5 T.R.B. (12,5% de la provincia y 2,8% del total).

⁵ T.R.B: Toneladas de registro bruto.

La flota artesanal costera presenta una amplia variabilidad en cuanto a tipos de barcos, desde embarcaciones tipo “txipironera” de dimensiones reducidas y sin puente de mando, hasta barcos de grandes dimensiones (con esloras cercanas a los 30 m) y con los últimos adelantos tecnológicos en detección de cardúmenes de pescado, telecomunicaciones y navegación.

De los 165 barcos con una actividad anual definida, la práctica totalidad (160 barcos) presenta una clara similitud con alguna de las seis tipologías siguientes:

- Naseros
- Palangreros pequeños
- Palangreros grandes
- Rederos pequeños
- Rederos grandes
- Atuneros pequeños

Teniendo en cuenta las características de los barcos ya agrupados por tipologías, se observa que la tipología con mayor número de unidades es la de los atuneros pequeños (65 barcos) que componen el 37,1% de la flota artesanal costera. Del mismo modo esta tipología es la de mayor tonelaje total (3635 TRB; 73,0% del total) y potencia total (19861 CV; 65,1% del total). La segunda tipología en orden de importancia es la de los rederos grandes (31 barcos) 17,7% del total de la flota objeto del estudio, con un tonelaje total de 617 TRB (12,4% del total) y una potencia total de 4549 CV (14,9 % del total).

La siguiente tipología en número de unidades es la de los rederos pequeños (28 barcos) que agrupan el 16% de la flota, sumando un tonelaje total de 233 TRB (4,7% del total) y una potencia de 2155 CV (7,1% del total).

Los palangreros pequeños ocupan el cuarto lugar en número de unidades de esta flota (25 barcos), siendo el 14,3% del total, si bien tanto su tonelaje total (181 TRB; 3,6% del total) como la potencia total (1555 CV; 5,1% del total) son inferiores a los de los grandes palangreros (5 barcos), que tan solo suponen el 2,9% de la flota aunque aglutinan un tonelaje total de 244 TRB (4,9% del total) y una potencia total de 1731 CV (5,7% del total).

Los naseros, a pesar de ocupar el quinto lugar en número de barcos (11 barcos; 6,3% del total), son los que suponen un menor tonelaje (68 TRB; 1,4% del total) y potencia (671 CV; 2,2% del total), debido a que son, como norma general los barcos de menor porte de la flota. La tipología de los “naseros” está compuesta por barcos de pequeño

porte con tripulación media de 2 hombres. Como su nombre indica, su actividad está ampliamente dominada por la modalidad de pesca con nasas, mientras que el resto de artes de pesca se utilizan de modo marginal (principalmente betas, palangre de superficie y de fondo, así como líneas de mano). El grueso de sus desembarcos en peso está repartido entre el verdel, el alga roja y el pulpo.

3.4.1.2 El arte

La flota artesanal costera del País Vasco utiliza un amplio abanico de artes de pesca, la mayor parte de las cuales se conocen como “artes menores”. Las artes y aparejos de pesca utilizados por la flota artesanal costera se dividen en cuatro grupos:

- Artes de enmalle
- Aparejos de anzuelo
- Nasas
- Artefactos

Artes de enmalle

Son artes de enmalle aquellas formadas por uno o más paños de red armados entre dos relingas, la superior provista de elementos de flotación y la inferior de lastres. Se calan en posición vertical formando un rectángulo entre la relinga inferior y la superior, disponiendo los extremos del arte, (llamados calones o cabeceros) de cabos guía unidos por su parte alta a boyas de superficie y por su parte baja a un sistema de fondeo con el fin de que permanezcan en la misma posición desde que se calan hasta que se levan. Las artes de enmalle catalogadas como artes menores se clasifican en los siguientes tipos:

- Beta o mallabakarra
- Trasmallo

Aparejos de anzuelo

Se entiende por aparejo de anzuelo, aquellos sistemas de pesca compuestos básicamente por cabos de fibra, generalmente PA y anzuelos, en sus diversas modalidades. Entre los aparejos cuyo elemento básico es el anzuelo se distinguen los siguientes:

- La línea, es un aparejo vertical constituido por una línea madre, de la que penden punteras, brazoladas o sedales con anzuelos, pudiendo ser la línea de mano y de caña.

- La potera es un aparejo de línea vertical de cuyo extremo inferior pende un señuelo lastrado, generalmente brillante o de colores vivos, provisto de varios anzuelos.
- El curricán es un aparejo de línea horizontal, que se remolca por una embarcación a la velocidad apropiada para dar caza a la especie a capturar. Los aparejos o curricanes van armados sobre cañas o tangones.
- El palangrillo es un aparejo de anzuelo que consta de un cabo madre horizontal del que penden brazoladas verticales o punteras convenientemente separadas. Es de estructura similar a la del palangre, del que se diferencia por sus menores dimensiones.

De todos estos grupos de artes de anzuelo, Arregi *et al.* (2004) encontraron cuatro tipos de palangres, líneas de mano para verdel y curricán para túnidos, por lo que son los únicos de los que se obtuvieron datos.

Nasas

Las nasas son artes fijos de fondo compuestas por un armazón rígido de madera o metal en forma de cesto o jaula y recubierto de red. Están provistas de una o más aberturas o bocas de extremos lisos no punzantes que permiten la entrada de las distintas especies al interior del habitáculo que forma el arte, atraídas por el cebo colocado en su interior.

Las cuatro principales especies objetivo de las nasas son el quisquillón, la nécora, el pulpo y la langosta. Cada una de estas especies se captura mayoritariamente en unos determinados fondos, con unas características en cuanto a profundidad y textura del fondo que junto con el tamaño de la especie objetivo determinarán buena parte del oficio de pesca.

Así, el quisquillón se capture en fondos de consistencia blanda, generalmente fango, y en profundidades inferiores a 12 brazas. El pulpo y la nécora son capturados en fondos rocosos con profundidades inferiores a 20 brazas. La langosta se capture en fondos duros y profundidades comprendidas entre 20 y 70 brazas.

Artefactos

El artefacto que se describe en este proyecto es el denominado “portería de algas” por su similitud a una portería de futbol y se emplea para la recolección de algas mediante un arrastre de fondo, en algunas zonas muy localizadas del litoral cantábrico.

3.4.1.3 Oficios de pesca

Una vez descritos los diferentes artes de pesca, se definen a continuación los oficios identificados por Arregi *et al.* (2004) en la flota estudiada. El término oficio de pesca es muy utilizado entre los *arrantzales* y viene dado por una combinación del arte de pesca, especie objetivo, época y lugar o caladero de pesca.

Arregi *et al.* (2004) identificaron un total de dieciséis oficios significativos (Tabla AIII-15), seis de ellos de enmalle (dos de beta y cuatro de miño), tres de nasa, cuatro de palangre, uno de líneas de mano, uno de curricán y uno de rastro dirigido a algas.

Oficio de beta

Los principales oficios de beta identificados por Arregi *et al.* (2004) fueron el de merluza (*Merluccius merluccius*) y el de salmonete (*Mullus surmuletus*). Además de estos dos oficios principales también identificaron el de verdel (*Scomber scombrus*) y el de espáridos como la breca (*Pagellus erythrinus*). Estos dos últimos oficios son secundarios tanto en términos de flota que los practica como de período de tiempo consagrado a ellos. El número de barcos en 2004 que en algún momento del año concentraban su actividad en las betas en sus diferentes oficios era de 56, siendo este arte en su conjunto el cuarto arte en importancia por número de barcos que lo utilizan.

En el oficio de beta dirigido a merluza se utilizan fundamentalmente los malleros comprendidos entre 80 y 90 mm, como ya se describió en el apartado referente a las artes de pesca. Este oficio se practica en la actualidad en fondos de diferente consistencia, tanto en fondos fangosos como de consistencia más dura (piedra, losas, cantos), con profundidades de calado comprendidas entre 54 y 90 metros. El tiempo de calado de las redes en este oficio oscila entre las 3 y las 24 horas, siendo más frecuente este último, ya que con solo 3 horas de calado frecuentemente no se obtienen los rendimientos de capturas deseados. La época de pesca en la que se practica este oficio es dilatada y se prolonga durante buena parte del año, aunque con una mayor presencia de unidades pesqueras en las estaciones de invierno y primavera. Las principales especies acompañantes de la merluza en este oficio son la faneca (*Trisopterus luscus*) y el verdel, este último principalmente en los meses de invierno.

El oficio de beta dirigido a salmonete es practicado por la flota artesanal costera del País Vasco con betas de malleros comprendidos entre 47 y 73 mm. Las mallas más pequeñas son utilizadas en los comienzos de la temporada, siendo progresivamente reemplazadas por las de malleros mayores a medida que avanza la temporada con el objetivo de adecuarse a las tallas de salmonete más abundantes en cada momento. Los fondos predominantes en los que se practica este oficio son en su mayoría fondos

duros de profundidades comprendidas entre 14 y 54 metros, aunque también son frecuentes los lances en fondos arenosos en las cercanías de la piedra.

Tabla AIII-15. Principales oficios de pesca artesanal identificados por Arregi *et al.* (2004) en el litoral de la CAPV.

Oficios de pesca					Epoca de pesca											
Arte de pesca	Especie	Tipo de fondo	Profund. (m)	T. calado (h)	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Beta	Merluza	Diverso	54-90	3-24												
Beta	Salmonete	Piedra	14-54	3-4												
Miño	Cabracho	Piedra	9-36	24												
Miño	Lenguado	Fango	54-90	24-48												
Miño	Langosta	Piedra	36-85	48-72												
Miño	Rapes	Fango	36-94	48-72												
Palangre	Lubina	Piedra	9-50	12-18												
Palangre	Congrio	Piedra	13-162	12-20												
Palangre	Merluza	Piedra/Fango	144-324	3												
Palangre	Tintorera			9												
Nasa	Langosta	Piedra	36-108	24-48												
Nasa	Pulpo/Nécora	Piedra	3-36	10-24												
Nasa	Quisquilla	Fango	11-22	6-22												
Línea de mano	Verdel															
Curricán	Túnidos															
Rastro	Algas	Arena	3-20													

El tiempo de calado en este oficio es de unas pocas horas (3-4), largando el aparejo de noche y virándolo unas pocas horas después una vez ha amanecido. La época en la que se practica este oficio comienza el mes de mayo y se prolonga hasta septiembre, si bien puede prolongarse aún más en función de la disponibilidad de la especie objetivo. Además de la especie objetivo principal, otras especies que se encuentran entre las capturas en este oficio son nuevamente la faneca, la merluza y los chicharrones, tanto blanco (*Trachurus mediterraneus*) como negro (*Trachurus trachurus*).

Oficio de miño

El miño es un arte de pesca polivalente, que captura un amplio número de especies de interés para la flota artesanal costera como consecuencia de que pueden darse diferentes modos de captura en este arte (enganchado, enmallado y embolsado). En 2004, los barcos que a lo largo del año trabajaban a oficios de miño era de 59 (tercer arte en orden de importancia), buena parte de los cuales alternan estos oficios con los de beta ya descritos.

Si bien dada la polivalencia específica de este arte se puede decir que en muchos casos se utiliza sin tener definida claramente una especie objetivo, se han identificado cuatro oficios de miño. Entre los oficios identificados se encuentran el miño dirigido a cabracho (*Scorpaena spp.*), a lenguado (*Solea vulgaris*), Langosta (*Palinurus elephas*) y a rapes (*Lophius spp.*).

El oficio de miño dirigido a cabracho se da en fondos de piedra de profundidades comprendidas entre 9 y 36 metros, el aparejo se cala un día y se recoge al día siguiente permaneciendo calado un periodo próximo a 24 horas. La época en la que se practica este oficio transcurre entre los meses de abril y agosto, si bien la época más fuerte de pesca va de mayo a julio ambos inclusive. Las especies acompañantes del cabracho en este oficio son el pulpo (*Octopus vulgaris*) y la jibia (*Sepia officinalis*).

El oficio de miño dirigido a lenguado se practica en fondos blandos. Generalmente fangosos con profundidades entre 54 y 90 metros. En este oficio el aparejo suele permanecer calado un periodo comprendido entre 24 y 48 horas dependiendo de las condiciones meteorológicas, con mar de fondo el aparejo se recoge con 24 horas para evitar el deterioro de la captura. Este oficio se da las estaciones de otoño e invierno, aunque en mayor medida los meses de enero, febrero y marzo. Las principales especies acompañantes del lenguado son los tríglicos (*Triglidae spp.*) y los rapes.

El oficio de miño dirigido a langosta se practica en fondos de piedra, con profundidades comprendidas entre 36 y 85 metros. El tiempo en el que el aparejo

permanece calado es de 48 a 72 horas, en algunos casos llegando a permanecer incluso 96 horas. Este largo periodo de tiempo que el parejo permanece calado, provoca la descomposición de los peces capturados cuyo olor atrae a las langostas y otros organismos carroñeros, principal razón del largo periodo en el que el aparejo permanece calado. La época en la que se practica este oficio va de abril a septiembre. Las principales especies acompañantes de la langosta son el buey (*Cancer pagurus*) y las rayas (*Rajidae spp.*).

El oficio de miño dirigido a rapes se da mayormente en fondos de consistencia fangosa y profundidades entre 36 y 94 metros. El aparejo permanece calado al igual que en el anterior oficio entre 48 y 72 horas, debido en este caso a la resistencia de los rapes a permanecer vivos sin descomponerse una vez han sido capturados por las redes. Este oficio se da a lo largo de todo el año, si bien el primer semestre del año de manera más acentuada. Además de rapes se capturan entre otras especies rayas, lenguados y tríglidos.

Oficios de palangre

Los principales oficios de palangre identificados por Arregi *et al.* (2004) fueron el palangre de superficie dirigido a lubina (*Dicentrarchus labrax*), el palangre de fondo a congrio (*Conger conger*), el palangre semipelágico ó de *piedra-bola* a merluza y el palangre de superficie de deriva a tintorera (*Prionace glauca*). Además de estos, encontraron variantes de algunos de ellos que dada su escasa entidad en cuanto a flota implicada y tiempo de empleo a lo largo del año no se acometen en este estudio.

De acuerdo con Arregi *et al.* (2004), en 2004 el oficio de palangre de fondo a congrio era el que contaba con un mayor número de unidades que lo trabajaban (32 barcos), seguido del oficio de palangre de superficie a lubina (23 barcos). Por su parte, el oficio de palangre de *piedra-bola*, tan importante hace algún tiempo y en franco retroceso en nuestros días (8 barcos) y por último, el oficio de palangre de superficie de deriva dirigido a tintorera (6 barcos).

El oficio de palangre de superficie dirigido a lubina este aparejo se cala en tanto en fondos de piedra como de arena, siendo más frecuentes los primeros con profundidades que van de 9 a 50 metros. Este palangre se cala por la tarde, permanece en operación de pesca toda la noche y se recoge por la mañana poco tiempo después del alba, permaneciendo calado de 12 a 18 horas. La práctica de este oficio se extiende a lo largo de todo el año, aunque se da de manera más acentuada el segundo semestre del año, puesto que los barcos que consagran parte del año a este oficio, lo alternan con el oficio de congrio que se da la segunda parte del primer semestre. Además de

Iubina, en este oficio se producen capturas de otras especies como sargos (*Diplodus spp.*) y dorada (*Sparus aurata*) principalmente.

El oficio de palangre de fondo dirigido a congrio se practica en fondos rocosos que se encuentran en un amplio rango de profundidades (13-162 metros), también son frecuentes los lances en pecios que los *arrantales* tienen localizados. El tiempo de calado en este oficio va de 12 a 20 horas, calando generalmente el aparejo por la tarde y recogiéndolo al día siguiente por la mañana pocas horas después de amanecer. Si bien este oficio se da tanto en la estación de otoño como de invierno y comienzos de la primavera, los meses en los que un mayor número de barcos lo practican son marzo, abril y mayo. Entre las especies acompañantes del congrio en este oficio se encuentran las rayas, el cabracho y la faneca.

El oficio de palangre semi-pelágico o de *piedra-bola* dirigido a merluza fue hasta la década de los 90 uno de los oficios que contaba con mayor número de unidades de pesca, pero en la actualidad está en franco declive dadas las escasas capturas de su especie objetivo y los altos costes asociados a su actividad, cebo principalmente. Se practica en la actualidad en fondos principalmente de consistencia dura (piedra), aunque también se da en menor medida fondos fangosos. Las profundidades en las que se faena con este arte de pesca son siempre superiores a los cien metros, en caladeros del talud. Este aparejo se cala de noche, unas pocas horas antes del amanecer, siendo recogido poco tiempo después del mismo transcurridas unas 3 horas. El periodo de máxima actividad de este oficio transcurre entre los meses de marzo a agosto. Además de la merluza, se capturan otras especies entre las que cabe destacar el lirio (*Micromesistius poutassou*), chicharros, verdel y besugo (*Pagellus bogaraveo*).

El oficio de palangre de deriva dirigido a tintorera se da mayormente en zonas exteriores a la plataforma continental con profundidades en las que resulta imposible calar el aparejo fijo al fondo. Por lo tanto este aparejo permanece a la deriva en operación de pesca, pudiendo en algunos casos permanecer amarrado uno de sus extremos al propio barco. El calado de este aparejo se realiza por la tarde noche y se comienza a virar poco antes del alba permaneciendo en pesca unas 9 horas. La época de pesca de este oficio se centra las estaciones de verano y otoño, entre los meses de junio y noviembre, capturándose además de tintoreras otras especies de tiburones como el cailón (*Lamna nasus*), marrajo (*Isurus oxyrinchus*) y tiburones zorro (*Alopiidae spp.*).

Oficios de línea de mano

Arregi et al. (2004) identificaron cuatro oficios de líneas de mano, líneas de mano a verdel, curricán a túnidos, pintxo-caña a merluza y potera a calamar (*Loligo spp.*) siendo los dos primeros de vital importancia para el conjunto de la flota artesanal costera. Los dos restantes no fueron estudiados por Arregi et al. (2004) debido a la escasa entidad de los mismos en el momento del estudio, tanto en términos de flota que los practica como de tiempo consagrado a los mismos.

El oficio de líneas de mano dirigidas a verdel es el oficio que contaba en 2004 con un mayor número de unidades dedicadas a él en su costera (113 barcos), mientras que el curricán a túnidos ocupa el segundo lugar (99 barcos). Estos dos oficios son alternados por un buen número de barcos, los cuales limitan su actividad anual en exclusiva a ellos, dejando el resto del año para descanso y preparativos del barco.

El oficio de líneas de mano dirigidas a verdel es practicado por la flota artesanal costera tanto en la plataforma continental como en zonas cercanas al talud (inicio y final de costera). El verdel se captura en la zona más superficial en plena costera mientras que al inicio y final de la misma se captura en zonas más profundas de la capa de agua. Dado que no es una pesca de fondo, la consistencia de este no es un factor decisivo. Igualmente, el tiempo de calado del arte no es reseñable como un factor decisivo del oficio, puesto que la captura es instantánea, es decir las líneas suben y bajan en la columna de agua capturando la especie objetivo. La jornada de pesca comienza con el día y finaliza por la tarde cuando los barcos se dirigen a puerto a descargar la captura, siendo necesario llegar a puerto para realizar la venta con anterioridad a una hora prefijada por la cofradía. Este oficio presenta una estacionalidad muy marcada, dando comienzo la costera a mediados ó finales de febrero y finalizando en mayo dependiendo del año a comienzos o a finales. En este oficio no hay capturas destacables de especies acompañantes, tan solo ocasionalmente escasos individuos de especies pelágicas como chicharros o sardina (*Sardina pilchardus*).

El oficio de curricán a túnidos se da en las zonas exteriores a la plataforma continental, donde las capturas se realizan en la capa de agua más superficial por lo que es básicamente una pesca de superficie. Las líneas de curricán son arrastradas por el barco desde el amanecer hasta el anochecer, siendo este periodo de tiempo la duración de cada jornada de pesca. Al igual que el anterior oficio, la costera tiene una duración muy definida en nuestras aguas, de junio a octubre, si bien la flota del País Vasco suele desplazarse a otras aguas (Mar Mediterráneo) una vez finalizada la costera en el Mar Cantábrico. La especie objetivo de este oficio es el bonito del norte, siendo

las principales especies acompañantes el atún rojo (*Thunnus thynnus*) y el patudo (*Thunnus obesus*).

Oficios de nasa

Arregi *et al.* (2004) identificaron un total de tres oficios de nasa, la nasa dirigida a langosta, la nasa a quisquilla (*Crangon crangon* y *Palaemon spp.*) y la nasa a pulpo (*Octopus vulgaris*)/nécora (*Necora puber*), si bien los dos primeros oficios tienen una especie objetivo clara, el último tiene dos especies objetivo aunque con un pequeño cambio en la operativa de pesca se puede dirigir la captura a la especie deseada.

En 2004, eran 30 los barcos que en algún momento del año practican alguno de los oficios de nasa previamente citados, en buena parte de los casos alternándolos con oficios de palangre.

El oficio de nasa dirigida a langosta es un oficio en retroceso en la actualidad debido a la escasez de capturas de la especie objetivo. Este oficio se practica en fondos duros, generalmente de piedra con profundidades comprendidas entre 36 y 108 metros de profundidad. El tiempo que el arte de pesca permanece calado varía entre 24 y 48 horas en función del volumen de las capturas, cuando son óptimas se vira a diario, en caso contrario se deja el aparejo un día más en la mar. La época de pesca coincide con los meses de verano (junio, julio y agosto) y además de esta especie se captura como especie accesoria principal el bogavante (*Homarus gammarus*).

El oficio de nasa dirigida a quisquilla se practica en fondos fangosos de aguas someras del litoral (11-22 metros). El tiempo que este aparejo permanece calado va de 6 a 22 horas, pudiendo ser calado en cualquier momento del día, por ello es frecuente que en una misma jornada de pesca se realicen varias viradas del aparejo. La temporada en la que se practica este oficio se concentra las estaciones de otoño e invierno, dando comienzo en octubre y finalizando en febrero. Las especies acompañantes del quisquilla suelen ser el pulpo y el congrio, generalmente ambos de pequeño tamaño debido a la pequeña abertura de la nasa, siendo finalmente descartados.

El oficio de nasa dirigida a pulpo/nécora se caracteriza por ser dos las especies objetivo en este oficio, aunque con la particularidad de que el pulpo se capture en mayor medida durante el día y la nécora durante la noche. Este hecho, abre la posibilidad que la misma nasa calada en el mismo lugar puede ser objeto de dos viradas, una de ellas al caer el sol y la segunda al amanecer, pudiendo ser la composición de las capturas completamente diferente, capturando por la tarde pulpo y por la mañana nécora. Este oficio se da en fondos de piedra con profundidades que oscilan entre 3 y 36 metros,

siendo el tiempo habitual de calado del aparejo de entre aproximadamente 10 y 24 horas. Con 10 horas es posible realizar la operativa anteriormente descrita (2 viradas) mientras que cuando el aparejo permanece durante 24 horas calado las viradas se realizan por la mañana poco después del alba y la captura puede ser mixta (pulpo y nécora), en cuyo caso la nécora suele encontrarse deteriorada por la disputa del cebo con el pulpo. La época en la que se practica este oficio coincide con la del oficio de nasa a quisquilla, es decir, de octubre a febrero. Las principales especies asociadas capturadas en este oficio son el congrio y la quisquilla.

Oficios de artefactos

El oficio de portería a algas se practica en ciertas bahías de nuestro litoral (Txingudi y La Concha) a las que la mar arrastra las algas arrancadas de las rocas por la mar de fondo, quedando las algas depositadas sobre el lecho marino de consistencia predominantemente arenosa. Las profundidades en las que se practica este oficio son bajas, entre 3 y 20 metros, siendo el límite inferior marcado por el calado de cada uno de los barcos. El tiempo de arrastre en cada uno de los lances depende de la distancia recorrida en cada caso, siendo difícil de precisar. El arrastre comienza en la zona más profunda y finaliza en la profundidad mínima accesible al barco. La jornada de pesca comienza por la mañana poco después del amanecer y finaliza por la tarde con la descarga en puerto de las algas recogidas durante la jornada. Este oficio se practica en otoño e invierno, coincidiendo con los temporales frecuentes en estas estaciones. Las salidas en este oficio suelen ser esporádicas, comenzando siempre después de los temporales, una vez la mar permite faenar y terminando cuando los fondos han quedado “limpios” de algas, quedando los barcos amarrados en puerto hasta que el siguiente temporal arroje nuevamente las algas a la bahía.

4. IDENTIFICACIÓN Y VALORACIÓN DE IMPACTOS

4.1 Introducción

4.1.1 Metodología de valoración

El objetivo principal de los estudios de impacto ambiental es prever la naturaleza y magnitud de los efectos que se originan por la realización del proyecto objeto de estudio. Para ello es preciso seguir varios pasos:

- Identificar los impactos previsibles derivados de la ejecución del proyecto. Estos, según la legislación, deberán centrarse principalmente en los impactos que sean notables.
- Estimar o valorar, cuantitativamente (si es posible) o cualitativamente, la incidencia de los factores ambientales.
- Relacionarlos con factores dinámicos, lo que permitirá prever su evolución y determinar los medios de control y corrección necesarios para eliminar o minimizar el impacto.

Para realizar este análisis es preciso efectuar un estudio del proyecto que determine todas las posibles fuentes de impacto y un inventario ambiental que identifique los factores ambientales susceptibles de ser alterados por el proyecto. Ambas matrices de datos deben cruzarse entre sí para definir las incidencias, pero deben realizarse atendiendo a las variables que más pueden aportar a la predicción de impacto y no acumular información que no permita establecer relaciones causa-efecto.

Para llevar a cabo esta primera identificación de impactos y factores ambientales implicados se ha utilizado la matriz de Leopold (1971), que permite establecer esta interrelación de una manera cualitativa, y que ha sido habitualmente utilizada en la detección de impactos producidos por la acuicultura (Chua, 1992; Pillay, 1992).

La descripción de cada uno de los impactos generados con la relación actividad-factor afectado se ha realizado atendiendo a las definiciones que efectúa los siguientes textos legislativos:

1. A nivel Europeo:

- DIRECTIVA 97/11/CEE del Consejo de 3 de marzo de 1997 por la que se modifica la Directiva 85/337/CEE relativa a la evaluación de las

repercusiones de determinados proyectos públicos y privados sobre el medio ambiente.

- DIRECTIVA 2003/35/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 26 de mayo de 2003 por la que se establecen medidas para la participación del público en la elaboración de determinados planes y programas relacionados con el medio ambiente y por la que se modifican, en lo que se refiere a la participación del público y el acceso a la justicia, las Directivas 85/337/CEE y 96/61/CE del Consejo.
- DIRECTIVA 2011/92/UE del Parlamento Europeo y del Consejo de 13 de diciembre de 2011 relativa a la evaluación de las repercusiones de determinados proyectos públicos y privados sobre el medio ambiente.
- DIRECTIVA 2008/56/CE, de 17 de junio de 2008, por la que se establece un marco de acción comunitaria para la política del medio marino (Directiva Marco de Estrategia Marina). DO L164 del 25/06/2008.

2. A nivel Nacional:

- Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental.
- Ley 41/2010, de 29 de diciembre, de protección del medio marino.
- LEY 62/2003, de 30 de diciembre, de medidas fiscales, administrativas y del orden social.
- LEY 22/1988, de 28 de julio, de Costas y su reglamento (Real Decreto 1471/1989).

3. A nivel de la CAPV:

- LEY 3/1998, de 27 de febrero, de protección general del Medio Ambiente del País Vasco.
- Decreto 165/1999, de 9 de marzo, por el que se establece la relación de actividades exentas de la obtención de la licencia de actividad prevista en la Ley 3/1998, de 27 de febrero, General de Protección del Medio Ambiente del País Vasco.
- LEY 1/2006, de 23 de junio, de Aguas (País Vasco).

Otros documentos que se han tenido en consideración son los siguientes:

- Solaun, O., J. Bald y A. Borja, 2003. Protocolo para la realización de los estudios de impacto ambiental en el medio marino. AZTI, Instituto Tecnológico y Pesquero (Ed). Bilbao. 79 pp. (<http://www.azti.es/castellano/bdprensa.htm>).

De la legislación vigente y siguiendo la metodología de Solaun *et al.* (2003) y Conesa (2010) se definen los atributos descriptivos de los impactos que se esquematizan en la Tabla AlII-16.

Dichos atributos son los siguientes:

- (i) **Su signo o carácter (S):** el signo hace alusión al carácter beneficioso (+) o perjudicial (-) de las distintas acciones. El impacto se considera positivo cuando el resultado de la acción sobre el factor ambiental considerado mejora la calidad de este último. El impacto se considera negativo cuando el resultado de la acción sobre el factor ambiental considerado empeora la calidad de este último.
- (ii) **Intensidad (I):** la intensidad se refiere al grado de incidencia de la acción sobre el factor. Se expresa de forma independiente a la extensión afectada. El baremo está comprendido entre 1 (afección mínima) y 12 (intensidad en grado total).
- (iii) **Extensión (E):** la extensión se refiere al área de influencia teórica del impacto. El baremo está comprendido entre 1 (extensión puntual) y 8 (extensión total).
- (iv) **Momento (M):** Se refiere al tiempo que transcurre entre la aparición de la acción y el comienzo del efecto sobre el factor del medio considerado. El baremo toma los valores de 1 (largo plazo, superior a 10 años), 2 (medio plazo, de 1 a 10 años), 3 (corto plazo, menor de un año) y 4 (inmediato).
- (v) **Persistencia o duración (P):** Se refiere al tiempo que, supuestamente, permanecería el efecto desde su aparición y, a partir del cual el factor afectado retornaría a las condiciones iniciales previas a la acción. El baremo toma los valores de 1 (efecto mínimo, efímero o fugaz), 2 (efecto temporal o transitorio, de 1 a 10 años), 3 (efecto persistente, 11 a 15 años) y 4 (permanente o estable, superior a 15 años).
- (vi) **Reversibilidad (R):** Se refiere a la posibilidad de recuperación del factor afectado por el proyecto, i.e., la posibilidad de retomar las condiciones pre-operacionales por medios naturales. El impacto es reversible cuando el factor ambiental alterado puede retomar a la condición pre-operacional, sin intervención humana en un período inferior a 15 años.

Tabla AIII-16. Importancia de impacto (adaptado de Conesa, 2010). Nota: en el caso de que no sea necesaria la aceleración de la reversibilidad, o no sea necesaria la introducción de medidas correctoras, el atributo recuperabilidad toma los valores del atributo reversibilidad.

NATURALEZA (signo)		INTENSIDAD (Int)	
Impacto beneficioso	+	Baja o mínima	1
Impacto perjudicial	-	Media	2
		Alta	4
		Muy Alta	8
		Total	12
EXTENSIÓN (Ext)		MOMENTO (Mom)	
Puntual	1	Largo plazo	1
Parcial	2	Medio plazo	2
Amplio o Extenso	4	Corto plazo	3
Total	8	Inmediato	4
Crítico	(+4)	Crítico	(+4)
PERSISTENCIA (Pers)		REVERSIBILIDAD (Rever)	
Fugaz o efímero	1	Corto plazo	1
Momentáneo	1	Medio plazo	2
Temporal o transitorio	2	Largo plazo	3
Pertinaz o persistente	3	Irreversible	4
Permanente y constante	4		
SINERGIA (Sinerg)		ACUMULACIÓN (Acum)	
Sin sinergismo	1	Simple	1
Sinergismo moderado	2	Acumulativo	4
Muy sinérgico	4		
EFFECTO		PERIODICIDAD (Period)	
Indirecto o secundario	1	Irregular (Aperódico y esporádico)	1-4
Directo o primario	4	Periódico o Regularidad Intermitente	2
		Continuo	4
RECUPERABILIDAD (Recup)		IMPORTANCIA (Imp)	
Recuperable de manera inmediata	1	$Imp = signo[3Int + 2Ext + Mom + Pers + Rever + Sinerg + Acum + Efecto + Period + Recup]$	
Recuperable a corto plazo	2		
Recuperable a medio plazo	3	<25	Compatible
Recuperable a largo plazo	4	25-50	Moderado
Mitigable, sustituible y compensable	4	50-75	Severo
Irrecuperable	8	>75	Crítico

- (vii) **Recuperabilidad (R):** La recuperabilidad se refiere a la posibilidad de retornar a las condiciones pre-operacionales por medio de la intervención humana, o sea mediante la introducción de medidas correctoras y restauradoras. En el caso de que no sea necesaria la aceleración de la reversibilidad, o no sea necesaria la introducción de medidas correctoras, el atributo recuperabilidad toma los

- valores del atributo reversibilidad. Si el efecto es totalmente recuperable o neutralizable, se le asigna un valor de 1-4, según sea de manera inmediata (valor 1), corto plazo (valor 2), medio plazo (valor 3) o largo plazo (valor 4).
- (viii) **Sinergia (S):** la sinergia se refiere a la acción de dos o más causas cuyo efecto es superior a la suma de los efectos individuales. Cuando una acción actuando sobre un factor, no es sinérgica con otras acciones que actúan sobre el mismo factor, el atributo toma valor 1, si presenta sinergismo moderado toma valor 2, y si es altamente sinérgico toma valor 4. Si el caso es debilitamiento o minoración (sinergia negativa), la valoración del efecto presentará valores de signo negativo, reduciendo el valor de la importancia del impacto.
- (ix) **Acumulación (A):** la acumulación se refiere al incremento progresivo de la manifestación del efecto, cuando persiste de forma continuada o reiterada la acción que lo genera. Cuando la acción se manifiesta sobre un solo componente ambiental, o cuyo modo de acción es individualizado (sin efectos acumulativos) se valora con 1. Cuando una acción al prolongarse en el tiempo incrementa progresivamente la magnitud del efecto se asigna valor 4.
- (x) **Efecto (E):** se refiere a la forma de manifestación del efecto sobre un factor, como consecuencia de una acción. El efecto es primario o directo, cuando la repercusión es directa, es decir cuando tiene una incidencia ambiental inmediata en algún aspecto ambiental. El efecto es secundario o indirecto cuando no es producido por una acción directa.
- (xi) **Periodicidad (P):** se refiere a la periodicidad de la manifestación del efecto, bien sea de forma continua (valor 4), irregular (valor 2) o esporádica (valor 1-4).
- (xii) **Importancia del impacto (I):** Se refiere a la importancia del efecto de una acción sobre un factor ambiental, es la estimación del impacto con base en el grado de manifestación cualitativa del efecto.

La **importancia** se calcula en función del siguiente modelo:

$$\text{Imp} = \text{signo} [3 \text{ Int} + 2 \text{ Ext} + \text{Mom} + \text{Pers} + \text{Rever} + \text{Sinerg} + \text{Acum} + \text{Efecto} + \text{Period} + \text{Recup}]$$

La importancia del impacto toma valores entre 13 y 100. Valores de importancia inferiores a 25 son irrelevantes o **compatibles** (reducidos si el signo es positivo). Los impactos moderados presentan una importancia entre 26 y 50. Los impactos severos presentan una importancia entre 51 y 75. Los impactos críticos superan el valor de 75.

De acuerdo con la legislación ambiental vigente, la **valoración** final de cada uno de los impactos derivados de la actividad propuesta se llevará a cabo de acuerdo con las siguientes definiciones:

- (i) *impacto ambiental compatible*, aquél cuya recuperación es inmediata tras el cese de la actividad y no precisa prácticas protectoras o correctoras (Figura AIII-18);
- (ii) *impacto ambiental moderado*, aquél cuya recuperación no precisa de prácticas protectoras o correctoras intensivas y en el que la consecución de las condiciones ambientales iniciales requiere cierto tiempo (Figura AIII-18);
- (iii) *impacto ambiental severo*, aquél en el que la recuperación de las condiciones del medio exige la adecuación de medidas protectoras o correctoras y en el que, aun con esas medidas, aquella recuperación precisa un período de tiempo dilatado (Figura AIII-18);
- (iv) *impacto ambiental crítico*, aquél cuya magnitud es superior al umbral aceptable. Con él se produce una pérdida permanente de la calidad de las condiciones ambientales, sin posible recuperación, incluso con la adopción de medidas protectoras o correctoras (Figura AIII-18).

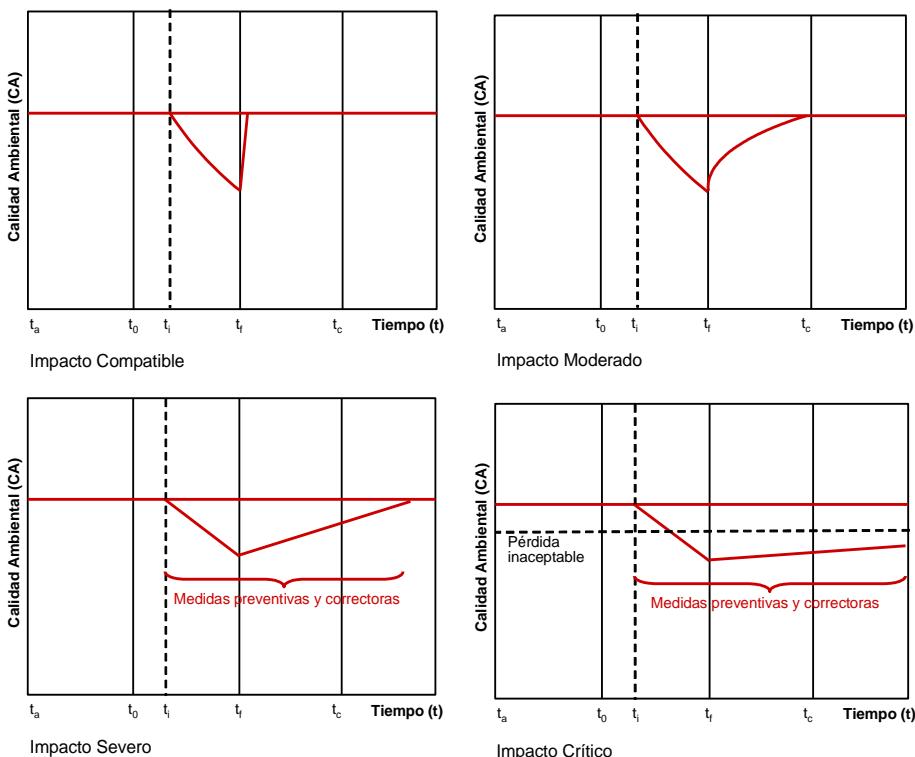


Figura AIII-18. Expresión gráfica de un impacto de carácter compatible, moderado, severo y crítico. Clave: t_a = momento actual; t_0 = momento de inicio de la acción; t_i = momento de inicio del impacto; t_f = momento de finalización de la acción; t_c = momento de interés considerado.

4.1.2 Acciones del proyecto y factores ambientales afectados

Las principales actividades generadoras de impacto asociadas al proyecto en cuestión se refieren a:

1. Las estructuras de cultivo: se refiere al sistema de cultivo *longline* (las cuerdas, boyas y fondeos necesarios para la instalación).
2. La especie cultivada, en este caso el mejillón *Mytilus galloprovincialis*.
3. La producción de biodepósitos: se refiere a la producción de heces y pseudoheces.
4. Las pérdidas de mejillón y la fauna epibionte por desprendimiento asociadas a la agitación del medio y las labores de mantenimiento y limpieza de las bateas.
5. El tráfico de barcos necesario para el mantenimiento y explotación de las instalaciones.

Los factores ambientales afectados se refieren a:

1. La calidad de las aguas.
2. La hidrodinamia.
3. La calidad de los sedimentos.
4. Las comunidades del bentos.
5. La ictiofauna.
6. El paisaje.
7. La pesca.

4.2 Las estructuras de cultivo

4.2.1 Afección a la hidrodinamia

4.2.1.1 Instalación y desmantelamiento

Durante la fase de instalación y desmantelamiento de las estructuras de cultivo no se prevé ningún impacto sobre la hidrodinamia.

4.2.1.2 Funcionamiento

En algunas ocasiones se han descrito afecciones a la hidrodinámica de los sistemas marinos como consecuencia de la presencia de estructuras de cultivo (bateas, cuerdas, boyas, fondeos, etc.). Todas estas estructuras pueden dar lugar a una reducción de las corrientes en el área de ocupación de la instalación y en consecuencia a un aumento en las tasas de sedimentación natural de la zona (Wgmasc, 2003). Así, la interferencia de los fondeos alterando la hidrodinámica de la zona ha sido descrita por algunos autores (Silvert y Sowles, 1996; Boyd y Heasman, 1998; Ogilvie *et al.*, 2000; Hartstein y Rowden, 2004), si bien su efecto es muy bajo.

Estos impactos se ciñen exclusivamente a la fase de explotación del proyecto, siendo un impacto negativo, de intensidad media, extensión amplia debido al tamaño de la instalación, momento inmediato, persistencia efímera, reversible y recuperable a corto plazo, sin sinergismo, sin efectos acumulativos, de efecto directo y continuo. Su valoración global es de impacto **Moderado** (Tabla AIII-17).

Tabla AIII-17. Características de la afección a la hidrodinamia debido a las estructuras flotantes durante la fase de explotación.

NATURALEZA (signo)		INTENSIDAD (Int)	
Impacto perjudicial	-	Media	2
EXTENSIÓN (Ext)		MOMENTO (Mom)	
Amplia	4	Inmediato	4
PERSISTENCIA (Pers)		REVERSIBILIDAD (Rever)	
Efímera	1	Corto plazo	1
SINERGIA (Sinerg)		ACUMULACIÓN (Acum)	
Sin sinergismo	1	Simple	1
EFFECTO		PERIODICIDAD (Period)	
Directo o primario	4	Continuo	4
RECUPERABILIDAD (Recup)		IMPORTANCIA (Imp)	
	1	Moderado	-31

4.2.2 Afección a los sedimentos

4.2.2.1 Instalación y desmantelamiento

Durante la fase de instalación y desmantelamiento la afección a los sedimentos se asocia fundamentalmente a la resuspensión de los mismos durante la colocación de los fondeos. La cantidad de sedimento que puede llegar a pasar a la columna de agua depende de la metodología empleada en el fondeo, del tipo de sedimento presente en el área y de las condiciones hidrográficas en el momento de la instalación. A su vez, el incremento de la turbidez dependerá, además de la cantidad de sedimento removida, del tamaño de grano y de las condiciones hidrográficas tras la remoción del sedimento. Así, cuanto menor sea el tamaño de grano del sedimento y más severas las condiciones hidrográficas, mayor duración temporal tendrá el episodio de aumento de turbidez. El impacto se considera de carácter negativo, con un grado de intensidad baja y extensión amplia debido a la superficie a ocupar por el polígono, momento inmediato, persistencia momentánea, reversible y recuperable a corto plazo, sin sinergismo, sin efectos acumulativos, de efecto directo y esporádico. Su valoración es de impacto **Moderado** (Tabla AIII-18).

Tabla AIII-18. Características de la afección a los sedimentos debido a las estructuras durante la fase de instalación y desmantelamiento.

NATURALEZA (signo)		INTENSIDAD (Int)	
Impacto perjudicial	-	Baja	1
		EXTENSIÓN (Ext)	
Amplia	4	Inmediato	4
		PERSISTENCIA (Pers)	
Momentáneo	1	Corto plazo	1
		SINERGIA (Sinerg)	
Sin sinergismo	1	Simple	1
		EFFECTO	
Directo o primario	4	Esporádico	2
		RECUPERABILIDAD (Recup)	
	1	Moderado	-26
		REVERSIBILIDAD (Rever)	
		ACUMULACIÓN (Acum)	
		PERIODICIDAD (Period)	
		IMPORTANCIA (Imp)	

4.2.2.2 Explotación

Los fondeos tipo anclas de arrastre durante temporales especialmente fuertes pueden afectar a estructuras rocosas, hacer girar rocas y piedras, así como a los fondos sedimentarios de la zona por efecto de arrastre. Si los fondeos se encuentran correctamente diseñados y dimensionados es de esperar que el impacto asociado al arrastre durante temporales no sea significativo o incluso mínimo pues el diseño de los fondeos y catenarias deberán evitar cualquier contacto con elementos rocosos para evitar daños en su estructura. Además de los fondeos, en caso de accidente o desprendimiento de las estructuras por un temporal pueden enredarse en zonas

sumergidas o costeras de interés, causando un efecto draga y abrasión sobre las comunidades y los hábitats marinos.

En condiciones normales es de esperar que el balanceo o vaivén vertical y longitudinal de la cadena de unión del fondeo con las estructuras flotantes ejerza un efecto de arrastre continuado con la consiguiente afección al lecho marino. Por otra parte, en zonas sedimentarias, como la zona seleccionada para el emplazamiento, los fondeos ofrecen una superficie de sustrato duro artificial que puede atraer a algas y fauna sésil y cambiar la proporción de sustrato blando/duro en la zona de implantación del polígono.

Teniendo en cuenta la longitud y el número de líneas de fondeo necesarias este impacto puede ser calificado de impacto negativo, intensidad alta, extensión amplia, momento inmediato, persistencia permanente o estable si no se recuperan los fondeos, irreversible e irrecuperable si no se recuperan los fondeos, con sinergismo moderado, simple, de efecto directo y periodicidad continua. Su valoración es de impacto **Severo** (Tabla AIII-19).

Tabla AIII-19. Características de la afección a los sedimentos debido a las estructuras de cultivo durante la fase de explotación.

NATURALEZA (signo)		INTENSIDAD (Int)	
Impacto perjudicial	-	Alta	4
EXTENSIÓN (Ext)		MOMENTO (Mom)	
Amplio o Extenso	4	Inmediato	4
PERSISTENCIA (Pers)		REVERSIBILIDAD (Rever)	
Permanente	4	Irreversible	4
SINERGIA (Sinerg)		ACUMULACIÓN (Acum)	
Sinergismo moderado	2	Simple	1
EFECTO		PERIODICIDAD (Period)	
Directo o primario	4	Continuo	4
RECUPERABILIDAD (Recup)		IMPORTANCIA (Imp)	
Irrecuperable	8	Severo	-51

4.2.3 Afección a la calidad de las aguas

4.2.3.1 Instalación y desmantelamiento

Durante la fase de instalación y desmantelamiento el impacto sobre la calidad de las aguas se asocia a los incrementos de turbidez señalados en el apartado 4.2.2.1 siendo la valoración idéntica a la descrita en dicho apartado.

4.2.3.2 Funcionamiento

Durante la fase de funcionamiento de las estructuras de cultivo no se prevé ningún impacto sobre la calidad de las aguas.

4.2.4 Afección a las comunidades del bentos

4.2.4.1 Instalación y desmantelamiento

Tal y como se ha señalado en el apartado 4.2.2.1, durante la instalación y desmantelamiento de las estructuras de cultivo, la remoción de sedimento puede dar lugar a un aumento de la turbidez del agua. Dicho aumento de turbidez, además de afectar a las comunidades algales por disminuir la cantidad de luz que llega al fondo, afecta también a las comunidades de macroinvertebrados bentónicos, ya que pueden llegar a saturar las estructuras tróficas de los animales filtradores.

Este impacto puede ser calificado como negativo, de intensidad baja (debido al tamaño de grano del sedimento en la zona de estudio y las condiciones hidrodinámicas que prevén una baja dispersión del sedimento removido), extensión amplia (debido a la magnitud del polígono de cultivo), momento inmediato, persistencia momentánea, reversibilidad y recuperabilidad a corto plazo, con sinergismo moderado, simple, de efecto directo, de periodicidad irregular (cuando se llevan a cabo la instalación). Su valoración es de impacto **Moderado** (Tabla AIII-20).

Tabla AIII-20. Características de la afección al bentos debido a las estructuras de cultivo durante la fase de instalación y desmantelamiento.

NATURALEZA (signo)		INTENSIDAD (Int)	
Impacto perjudicial	-	Baja	1
EXTENSIÓN (Ext)		MOMENTO (Mom)	
Amplia	4	Inmediato	4
PERSISTENCIA (Pers)		REVERSIBILIDAD (Rever)	
Momentáneo	1	A corto plazo	1
SINERGIA (Sinerg)		ACUMULACIÓN (Acum)	
Moderado	2	Simple	1
EFFECTO		PERIODICIDAD (Period)	
Directo o primario	4	Irregular	1
RECUPERABILIDAD (Recup)		IMPORTANCIA (Imp)	
	1	Moderado	-26

4.2.4.2 Funcionamiento

La colocación de los fondeos dará lugar a la eliminación total de la fauna y flora del fondo sobre el que se posen. La superficie perdida y, por tanto, la biomasa total afectada, dependerán de las características de las estructuras que se instalen en el fondo y de sus dimensiones (ver apartado “4.2 Descripción del proyecto”).

En zonas sedimentarias, los fondeos ofrecen una superficie de sustrato duro artificial que puede atraer a algas y fauna sésil, especialmente esponjas, cnidarios, briozoos y poliquetos.

Asimismo, a este efecto hay que añadir la afección debida al posible efecto de arrastre de las líneas de fondeo, que provocaría: por un lado, la eliminación de las comunidades bentónicas alrededor de las mismas, en un radio variable en función de la holgura de las líneas de fondeo; y, por otro, remoción del sedimento con la consiguiente disminución de transparencia e incremento de la turbidez en la zona cuyos condicionantes e impactos son similares a los comentados en la fase de instalación.

Por último, tal y como se ha mencionado anteriormente, en caso de accidente o desprendimiento de las estructuras por un temporal, éstas pueden enredarse en zonas sumergidas o costeras de interés, causando un efecto draga y abrasión sobre las comunidades y los hábitats marinos.

Este impacto puede ser calificado de efecto negativo, intensidad media, extensión amplia debido a la magnitud del polígono, momento inmediato, persistencia permanente (mientras los fondeos sigan colocados), irreversible e irrecuperable si no se recuperan los fondeos, sin sinergismo, simple, directo y continuo. Su valoración global es de impacto **Moderado** (Tabla AIII-21).

Tabla AIII-21. Características de la afección al bentos debido a las estructuras durante la fase de funcionamiento.

NATURALEZA (signo)		INTENSIDAD (Int)	
Impacto perjudicial	-	Media	2
EXTENSIÓN (Ext)		MOMENTO (Mom)	
Amplia	4	Inmediato	4
PERSISTENCIA (Pers)		REVERSIBILIDAD (Rever)	
Permanente	4	Irreversible	4
SINERGIA (Sinerg)		ACUMULACIÓN (Acum)	
Sin sinergismo	1	Simple	1
EFECTO		PERIODICIDAD (Period)	
Directo o primario	4	Continuo	4
RECUPERABILIDAD (Recup)		IMPORTANCIA (Imp)	
Irrecuperable	8	Moderado	-44

4.2.5 Afección a la pesca

La afección a la pesca se deriva de la ocupación de un área de 290 Ha de dominio público marítimo-terrestre en el litoral situado entre Lekeitio y Ondarroa entre las batimétricas de 20 y 40 m de profundidad en la cual quedaría prohibida cualquier tipo de actividad pesquera profesional. El impacto es similar en todas las fases del proyecto y deriva fundamentalmente de la competencia por un mismo espacio.

Este impacto puede ser calificado de efecto negativo, intensidad muy alta, extensión amplia debido a la magnitud del polígono, momento inmediato, persistencia permanente (mientras permanezca la instalación), irreversible mientras se mantenga

la instalación y mitigable, sustituible y compensable, sin sinergismo, simple, directo y continuo. Su valoración global es de impacto **Severo** (Tabla AIII-22).

Tabla AIII-22. Características de la afección a la pesca debido a las estructuras durante las fases de instalación, funcionamiento y desmantelamiento.

NATURALEZA (signo)		INTENSIDAD (Int)	
Impacto perjudicial	-	Muy alta	8
EXTENSIÓN (Ext)		MOMENTO (Mom)	
Amplia	4	Inmediato	4
PERSISTENCIA (Pers)		REVERSIBILIDAD (Rever)	
Permanente	4	Irreversible	4
SINERGIA (Sinerg)		ACUMULACIÓN (Acum)	
Sin sinergismo	1	Simple	1
EFECTO		PERIODICIDAD (Period)	
Directo o primario	4	Continuo	4
RECUPERABILIDAD (Recup)		IMPORTANCIA (Imp)	
Mitigable, sustituible y compensable	4	Severo	-55

4.2.6 Afección a la ictiofauna

De acuerdo con Gibbs (2004), cabe diferenciar tres tipos de interacciones entre el cultivo de moluscos bivalvos y la ictiofauna, tanto de interés comercial como deportivo:

- Tipo I: atracción o desplazamiento
- Tipo II: disminución del reclutamiento como consecuencia del consumo de huevos y larvas del zooplancton.
- Tipo III: alteración de las redes tróficas.

4.2.6.1 Instalación y desmantelamiento

La instalación y desmantelamiento de las estructuras de cultivo puede dar lugar a ruidos, vibraciones y procesos de turbidez que provoquen un efecto de evasión (interacción de Tipo I anteriormente descrita) en las comunidades de peces presentes en la zona del futuro polígono de cultivo.

Este impacto se considera de carácter negativo, intensidad baja, extensión amplia, momento inmediato, persistencia momentánea, reversible y recuperable a corto plazo, simple, sin sinergismo y periódico. Su valoración es de impacto **Moderado** (Tabla AIII-23).

Tabla AIII-23. Características de la afección a ictiofauna debido a las estructuras durante las fases de instalación y desmantelamiento.

NATURALEZA (signo)		INTENSIDAD (Int)	
Impacto perjudicial	-	Baja	1
	EXTENSIÓN (Ext)		MOMENTO (Mom)
Amplia	4	Inmediato	4
	PERSISTENCIA (Pers)		REVERSIBILIDAD (Rever)
Momentánea	1	Corto plazo	1
	SINERGIA (Sinerg)		ACUMULACIÓN (Acum)
Sin sinergismo	1	Simple	1
	EFFECTO		PERIODICIDAD (Period)
Directo o primario	4	Periódico	2
	RECUPERABILIDAD (Recup)		IMPORTANCIA (Imp)
Recuperable de manera inmediata	1	Moderado	-26

4.2.6.2 Funcionamiento

En el presente apartado nos referiremos fundamentalmente a la interacción de Tipo I descrita por Gibbs (2004). En este sentido, Morrisey *et al.* (2006) en estudios llevados a cabo en relación con el cultivo de mejillón mediante *longlines* en Nueva Zelanda, determinaron que la abundancia de especies de peces en relación con un polígono de cultivo depende en gran medida del lugar, es variable a lo largo del tiempo y difícil de predecir. La capacidad de proporcionar un hábitat adicional por parte de un polígono de cultivo es mayor en lugares en donde existe una abundancia de individuos juveniles y una cierta escasez de hábitats naturales (Morrisey *et al.*, 2006).

En relación con instalaciones para el cultivo de peces se han observado incrementos en la abundancia de especies poco frecuentes en los poblamientos naturales costeros y de elevado interés comercial para la pesca profesional (clupeidos, jureles, bogas, mugílidos, etc). Estos incrementos podrían suponer un aumento de las capturas o un nuevo recurso a explotar por las embarcaciones que faenan en la zona de acuerdo con Morrisey *et al.* (2006). Sin embargo, en relación con instalaciones para el cultivo de mejillón existen pocos estudios cuantitativos.

Por otro lado, el cierre de una zona a la actividad pesquera y la presencia de alimento en el medio pueden tener un efecto beneficioso sobre determinadas especies que ven favorecida su presencia.

Este impacto se considera de carácter negativo, intensidad alta, extensión amplia, momento inmediato, persistencia permanente, reversible y recuperable a corto plazo, simple, con sinergismo moderado y continuo. Su valoración es de impacto **Moderado** (Tabla AIII-24).

Tabla AIII-24. Características de la afección a ictiofauna debido a las estructuras durante la fase de funcionamiento.

NATURALEZA (signo)		INTENSIDAD (Int)	
Impacto perjudicial	-	Baja	1
	EXTENSIÓN (Ext)	MOMENTO (Mom)	
Alta	4	Inmediato	4
	PERSISTENCIA (Pers)	REVERSIBILIDAD (Rever)	
Momentánea	1	Corto plazo	1
	SINERGIA (Sinerg)	ACUMULACIÓN (Acum)	
Sin sinergismo	1	Simple	1
	EFFECTO	PERIODICIDAD (Period)	
Directo o primario	4	Continuo	4
	RECUPERABILIDAD (Recup)	IMPORTANCIA (Imp)	
	2	Moderado	-44

4.2.7 Afección al paisaje

4.2.7.1 Instalación y desmantelamiento

La afección del paisaje durante la fase de instalación y desmantelamiento se debe fundamentalmente a la presencia en el área de las embarcaciones necesarias para realizar la instalación de las estructuras. Este impacto se considera de carácter negativo, intensidad baja, extensión alta, momento inmediato, persistencia momentánea, reversible y recuperable a corto plazo, simple, sin sinergismo y periódico. Su valoración es de impacto **Moderado** (Tabla AIII-25).

Tabla AIII-25. Características de la afección al paisaje debido a las estructuras durante la fase de instalación y desmantelamiento.

NATURALEZA (signo)		INTENSIDAD (Int)	
Impacto perjudicial	-	Baja	1
	EXTENSIÓN (Ext)	MOMENTO (Mom)	
Alta	4	Inmediato	4
	PERSISTENCIA (Pers)	REVERSIBILIDAD (Rever)	
Momentánea	1	Corto plazo	1
	SINERGIA (Sinerg)	ACUMULACIÓN (Acum)	
Sin sinergismo	1	Simple	1
	EFFECTO	PERIODICIDAD (Period)	
Directo o primario	4	Periódico	2
	RECUPERABILIDAD (Recup)	IMPORTANCIA (Imp)	
	2	Moderado	-26

4.2.7.2 Funcionamiento

La afección del paisaje durante la fase de funcionamiento se debe fundamentalmente a la presencia en la futura área de ocupación del proyecto de las estructuras de cultivo. Cabe destacar que la mayor parte de las estructuras de cultivo se encuentran por debajo de la superficie del agua, de forma que sólo las boyas de balizamiento y de sustentación de los *longlines* serán visibles a ras del agua.

Teniendo en cuenta estas consideraciones, este impacto se considera de carácter negativo, intensidad media, extensión amplia, momento inmediato, persistencia temporal, reversible y recuperable de forma inmediata una vez retirada las estructuras, simple, sin sinergismo y continuo. Su valoración es de impacto **Moderado** (Tabla AIII-26).

Tabla AIII-26. Características de la afección al paisaje debido a las estructuras de cultivo durante la fase de funcionamiento.

NATURALEZA (signo)		INTENSIDAD (Int)	
Impacto perjudicial	-	Media	2
	EXTENSIÓN (Ext)		MOMENTO (Mom)
Amplia	4	Inmediato	4
	PERSISTENCIA (Pers)		REVERSIBILIDAD (Rever)
Temporal	2	Corto plazo	1
	SINERGIA (Sinerg)		ACUMULACIÓN (Acum)
Sin sinergismo	1	Simple	1
	EFFECTO		PERIODICIDAD (Period)
Directo o primario	4	Continua	4
	RECUPERABILIDAD (Recup)		IMPORTANCIA (Imp)
Inmediato	1	Moderado	-32

4.3 Las especies cultivadas

A pesar de que el objetivo general del proyecto pretende el cultivo de mejillón (*Mytilus galloprovincialis*) y ostra (*Ostrea edulis* y *Cassostrea gigas*), los datos de producción y económicos del proyecto únicamente hacen referencia la mejillón, por lo que el estudio de los efectos de la especie cultivada se centrará en ésta especie.

4.3.1 Afección a la calidad de las aguas

4.3.1.1 Instalación y desmantelamiento

Durante la fase de instalación y desmantelamiento no se prevén impactos sobre la columna de agua asociados a la especie de cultivo.

4.3.1.2 Funcionamiento

Durante la fase de funcionamiento o explotación del polígono de cultivo, los mejillones excretan amonio pudiendo dar lugar a una afección a sobre la dinámica de los nutrientes en la columna de agua y a una alteración en la comunidades de fitoplancton tal y como ha sido descrito, entre otros, por Prints y Smaal (1994), Prints *et al.* (1995) y Philippart *et al.* (2000). Por otro lado, según Riegman *et al.* (1992), la modificación del ratio nitrógeno/fósforo puede dar lugar a la generación de blooms de microalgas como *Phaeocystis* sp.

Por otro lado, la propia especie puede dar lugar a consumos de oxígeno por respiración en la columna de agua. Estudios realizados para una instalación de bateas de mejillón en el litoral de Ceuta en un polígono de 120 Ha y 16.500 T de producción total (muy por encima de las 3.120 T de producción máxima contempladas en el presente proyecto) estimaron reducciones del porcentaje de saturación de oxígeno del orden del 5-6% (Bald *et al.*, 2006).

Teniendo en cuenta estas consideraciones, este impacto se considera de carácter negativo, intensidad baja, extensión amplia, momento inmediato, persistencia temporal, reversible y recuperable de forma inmediata una vez retirada las estructuras, simple, sin sinergismo y continuo. Su valoración es de impacto **Moderado** (Tabla AIII-27).

Tabla AIII-27. Características de la afección la calidad de las aguas debido a la especie de cultivo durante la fase de funcionamiento.

NATURALEZA (signo)		INTENSIDAD (Int)		
Impacto perjudicial	-	Baja		1
Amplia	EXTENSIÓN (Ext)	4	MOMENTO (Mom)	4
Temporal	PERSISTENCIA (Pers)	2	REVERSIBILIDAD (Rever)	1
Sin sinergismo	SINERGIA (Sinerg)	1	ACUMULACIÓN (Acum)	1
Directo o primario	EFFECTO	4	PERIODICIDAD (Period)	4
Inmediato	RECUPERABILIDAD (Recup)	1	IMPORTANCIA (Imp)	-29

4.3.2 Afección a las comunidades del plancton

4.3.2.1 Instalación y desmantelamiento

Durante la fase de instalación y desmantelamiento no se prevén impactos sobre la columna de agua asociados a la especie de cultivo.

4.3.2.2 Funcionamiento

El mejillón, como organismos filtrador que es, puede dar lugar a reducciones importantes del fitoplancton y seston residente en zonas dedicadas al cultivo en grandes densidades (Cloern, 1982; Officer *et al.*, 1982; Nichols, 1985; Hily, 1991; Jorgensen, 1996; Dame y Prins, 1998; Prins *et al.*, 1998; Cranford *et al.*, 2003).

Este efecto ha sido descrito por multitud de autores en relación con el mejillón (*M. galloprovincialis*) (Ceccherelli y Barboni, 1983; Van Erkcom Schurink y Griffiths, 1993; Sara *et al.*, 1998; Babarro *et al.*, 2000), así como otras especies de bivalvos como la ostra (Gangnery *et al.*, 2003; Gangnery *et al.*, 2004), otras especies de mejillón como

Mytilus edulis (Bayne *et al.*, 1989; Karayücel y Karayücel, 2000; Garen *et al.*, 2004) y *Perna canaliculus* (Ogilvie *et al.*, 2000) y berberechos, ostras y mejillón (*Mytilus edulis*) (Smaal *et al.*, 1997; Hawkins *et al.*, 1998).

Este efecto puede tener un impacto directo sobre las cadenas alimentarias pelágicas al disminuir la fuente de alimentación necesaria para el zooplancton, así como su eliminación directa por ingesta de los mejillones (Wgmasc, 2003), reducir la competencia del fitoplancton en relación con las macroalgas dando lugar a la posibilidad de generación de blooms de macroalgas (Sfriso y Pavoni, 1994).

Trabajos desarrollado por Grant (2000) en diversos estuarios de Canadá determinaron que el efecto de sustracción de la materia particulada, fuente de alimento para el mejillón, puede ser mayor que la sustracción asociada al efecto de renovación de la marea. Meeuwig *et al.* (1998) determinaron mediante el empleo de modelos de balance de masas una reducción del orden de un 45 a un 88% de la biomasa fitoplanctónica en estuarios en donde se encuentran instalaciones de cultivo de mejillón en Canadá.

El cultivo de mejillones en las rías españolas destruye un 35–40% de plancton y detritus (Figueras, 1989), y se retiene un 30% del carbono, un 42% del nitrógeno, y un 60% de la clorofila a de las partículas de materia orgánica presentes en el agua (Pérez Camacho *et al.*, 1991).

En coincidencia con los resultados obtenidos por Meeuwig *et al.* (1998) y Pérez Camacho (1991), los estudios realizados por Bald *et al.* (2006) en Ceuta estimaron una reducción del orden de un 55 a un 60% en la concentración de clorofila.

Teniendo en cuenta estas consideraciones, este impacto se considera de carácter negativo, intensidad alta, extensión amplia, momento inmediato, persistencia temporal, reversible y recuperable a medio plazo una vez retirada las estructuras, simple, sin sinergismo y continuo. Su valoración es de impacto **Moderado** (Tabla AIII-28).

Tabla AIII-28. Características de la afección a las comunidades del plancton debido a la especie de cultivo durante la fase de funcionamiento.

NATURALEZA (signo)		INTENSIDAD (Int)	
Impacto perjudicial	-	Alta	4
EXTENSIÓN (Ext)	4	MOMENTO (Mom)	4
Amplia	Inmediato	REVERSIBILIDAD (Rever)	2
PERSISTENCIA (Pers)	2	ACUMULACIÓN (Acum)	1
Temporal	Medio plazo	PERIODICIDAD (Period)	4
Sin sinergismo	Simple	IMPORTANCIA (Imp)	-41
EFFECTO	4	Continua	3
Directo o primario	RECUPERABILIDAD (Recup)	Moderado	Medio plazo

4.3.3 Afección a las comunidades del bentos

4.3.3.1 Instalación y desmantelamiento

Durante la fase de instalación y desmantelamiento no se prevén impactos sobre las comunidades del bentos, asociados a la especie de cultivo.

4.3.3.2 Funcionamiento

La propia dinámica poblacional del volumen de mejillón introducido para su cultivo podría dar lugar a un incremento de las poblaciones naturales del litoral con el efecto desestructurador correspondiente en las redes tróficas.

La introducción de bivalvos podría tener efectos ecológicos negativos (Chew, 1990), especialmente cuando se introducen también parásitos y enfermedades (Barg, 1994). La reintroducción en Europa de la ostra plana Europea (*Ostrea edulis*) procedente de Norteamérica provocó la propagación de la *Bonamia ostreae*, un parásito de células malignas en las ostras, que devastó la industria de la ostra plana Europea (Barg, 1994). Con la introducción en Norteamérica de la ostra del Pacífico (*Crassostrea gigas*) procedente de Japón, se introdujeron conjuntamente dos predadores de bivalvos, la ostra rizada Japonesa (*Ceratoderma inornatum*) y la ostra plana alargada (*Pseudostylochus ostreophagus*), así como el parásito *Mytilicola orientalis*, que puede afectar gravemente a varias especies de bivalvos (Barg, 1994). Al introducir y trasladar especies de mejillones, se corre también el riesgo de propagar enfermedades infecciosas y parásitos que son perjudiciales para mejillones y otros bivalvos (Bower y Figueras, 1989). En todo caso, teniendo en cuenta que la mejilla a introducir procederá de zonas declaradas como A y controladas sanitariamente, el riesgo de enfermedades se reduce de manera importante.

Teniendo en cuenta todas estas consideraciones, el impacto se considera de carácter negativo, intensidad media, extensión amplia, momento inmediato, persistencia pertinaz, reversible y recuperable a largo plazo una vez retirada las estructuras, simple, con sinergismo moderado y continuo. Su valoración es de impacto **Moderado** (Tabla AIII-29).

Tabla AIII-29. Características de la afección a las comunidades del bentos debido a la especie de cultivo durante la fase de funcionamiento.

NATURALEZA (signo)		INTENSIDAD (Int)	
Impacto perjudicial	-	Media	2
EXTENSIÓN (Ext)		MOMENTO (Mom)	
Amplia	4	Inmediato	4
PERSISTENCIA (Pers)		REVERSIBILIDAD (Rever)	
Pertinaz	3	Largo plazo	3
SINERGIA (Sinerg)		ACUMULACIÓN (Acum)	
Moderado	2	Simple	1
EFECTO		PERIODICIDAD (Period)	
Directo o primario	4	Continua	4
RECUPERABILIDAD (Recup)		IMPORTANCIA (Imp)	
Largo plazo	4	Moderado	-39

4.4 La producción de biodepósitos

La alimentación de especies filtradoras como el mejillón da lugar a la concentración del material particulado presente en la columna de agua en forma de heces y pseudoheces de mayor tamaño que sedimentan de forma rápida especialmente en zonas con un régimen de corrientes y renovación de las aguas reducido. Esta actividad da lugar a un desvío de la producción primaria y del flujo de energía desde las redes tróficas planctónicas hacia las redes tróficas del bentos (Cranford *et al.*, 2003).

La intensidad de la afección procedente de estos residuos depende en gran medida de la capacidad de dispersión del medio donde se encuentre la instalación de cultivo, siendo menor en zonas donde las corrientes son lo suficientemente intensas como para asegurar una buena dispersión de estos desechos ($>0,5 \text{ cm s}^{-1}$ para las heces y $>0,8 \text{ cm s}^{-1}$ para las pseudoheces) (Chamberlain *et al.*, 2001).

Harstein y Stevens (2005) indican la posibilidad no sólo del impacto asociado a la deposición de heces y pseudoheces, sino también advierten del peligro de resuspensión de los desechos depositados. Así, Cromeley *et al.* (2002) en estudios realizados en piscifactorías de salmón que generan biodepósitos similares a los producidos por cultivos de mejillón determinan una velocidad de $9,5 \text{ cm s}^{-1}$ como suficiente para producir este fenómeno.

Según Chamberlain (2001) esta sedimentación de biodepósitos puede alcanzar los $345 \text{ kg m}^{-2} \text{ año}^{-1}$. Según Freire (2006) la emisión de estos residuos se ha estimado en unos

200 kg por batea y día. Grenz (1989) y Hatcher *et al.* (1994) determinaron en 945 y 88,7 g m⁻² día⁻¹ el flujo de heces y pseudoheces (en peso seco) bajo la instalación, mientras que Jaramillo *et al.* (1992) obtuvieron tasas del orden de 553 g m⁻² día⁻¹. Grant *et al.* (1995) determinaron un flujo de 88,5 g m⁻² día⁻¹ (en peso seco). Harstein y Stevens (2005) determinaron un flujo de 84 – 133 g m⁻² día⁻¹. Las elevadas tasas de sedimentación encontradas por Grenz (1989) y Jaramillo *et al.* (1992) pueden explicarse debido a un aporte adicional de materia orgánica como alimento en el primero, así como elevadas tasas de sedimentación natural en el segundo (del orden de 400 g m⁻² día⁻¹).

Estudios llevados a cabo en zonas protegidas determinaron unos ratios de acumulación de 10 cm año⁻¹ que dieron lugar a cambios significativos del sedimento a una distancia máxima de 20 m de las instalaciones (Dahlback y Gunnarsson, 1981; Mattsson y Linden, 1983; Hartstein y Rowden, 2004). Grenz (1989) determinó en 3.000 T ha⁻¹ año⁻¹ la cantidad de biodepósitos acumulados bajo las instalaciones de cultivo de mejillón, mientras que Mattsson y Linden (1983) determinaron en 2.800±970 ind m⁻² año⁻¹ el número de individuos por metro cuadrado y año bajo instalaciones de cultivo en Suecia mediante *longlines*.

Cálculos realizados por Cabanas *et al.* (1979) en Galicia ponen de manifiesto la importancia de esta sedimentación, que estiman en unos 190 kg día⁻¹ batea⁻¹ de biodepósito seco, del cual 31,6 kg se corresponderían con materia orgánica. Expresada en carbono y nitrógeno, la biodeposición es de 14,3 kg C día⁻¹ y 1,7 kg N día⁻¹. Estos cálculos fueron realizados sobre una batea de 22x24 m (528 m⁻²) y 88 Tde producción y los resultados obtenidos fueron similares a los obtenidos por Tenore y Dunstan (1973).

Por otro lado, con objeto de cuantificar en la medida de lo posible el impacto asociado a la biodeposición de los residuos del polígono se llevó a cabo la modelización de su dispersión y sedimentación mediante el modelo Trimodena ® desarrollado por AZTI (ver Anexo II).

4.4.1 Afección a los sedimentos

4.4.1.1 Instalación y desmantelamiento

Durante la fase de instalación y desmantelamiento no se prevén impactos sobre los sedimentos asociados a la producción de biodepósitos.

4.4.1.2 Funcionamiento

Tal y como se ha comentado anteriormente, los cultivos de mejillón producen grandes volúmenes de biodepósitos y restos de conchas que se acumulan en los sedimentos

situados bajo las instalaciones dando lugar a un cambio en las características de los mismos (Grenz *et al.*, 1990). Así, diversos estudios han señalado el cultivo de mejillón como un factor enriquecedor del sedimento en materia orgánica como consecuencia de la deposición de heces y pseudoheces procedentes de los cultivos (Grenz, 1989; 1990; Mirto *et al.*, 2000; Hartstein y Rowden, 2004; Hartstein y Stevens, 2005; Stenton-Dozey *et al.*, 2001).

Es por ello que la determinación de la concentración de Materia Orgánica Total (MOT) en el sedimento se haya utilizado como trazadora del área de afección de este tipo de instalaciones (Hartstein y Stevens, 2005). De acuerdo con Harstein y Stevens (2005) este enriquecimiento alcanza un área de no más de 50 m alrededor de cada instalación (batea, en este caso) y supone un incremento de 2 veces el contenido de materia orgánica del área afectada en comparación con otras zonas control. Chivilev y Ivanov (1997) establecen en un 9-10% de concentración de materia orgánica en el sedimento como el límite a partir del cual comienzan a darse un cambio en las características del mismo.

Trabajos desarrollados por Grenz *et al.* (1990) determinaron una reducción por degradación bioquímica del 20% de la materia orgánica procedente de biodepósitos a los 50 días de su deposición. Sin embargo, hay que señalar la ausencia de nuevos aportes durante los 50 días que duró la experiencia de los mencionados autores, mientras que la realidad es que el aporte de heces y pseudoheces se realiza de forma continua. Asimismo, esta materia orgánica puede ser consumida por invertebrados bentónicos, tales como anélidos poliquetos, así como ser reducida por procesos de denitrificación (Kasper *et al.*, 1985).

La descomposición de la materia orgánica depositada da lugar a un incremento de la demanda de oxígeno en el sedimento y en consecuencia la generación de zonas anaerobias que pueden inducir un aumento de los procesos de liberación de amonio y de sulfato-reducción, tal y como se han observado en determinados lugares (Dahlback y Gunnarsson, 1981; Tenore *et al.*, 1982; Kasper *et al.*, 1985; Grant *et al.*, 1995; Stenton-Dozey *et al.*, 2001).

Asimismo, estos sedimentos se caracterizan por elevados ratios de C/N (Jaramillo *et al.*, 1992; Hartstein y Stevens, 2005). De acuerdo con Jaramillo *et al.* (1992), dicho ratios sugieren una reducción del nitrógeno en la columna de agua asociada a su consumo por el fitoplancton, así como consecuencia de la escorrentía procedente de tierra que lleva asociada desechos vegetales de bajo valor nutricional y elevados ratios de C/N. Otra posible explicación podría ser el enriquecimiento en bacterias de los pellets fecales al pasar por el tracto digestivo de los mejillones (Jaramillo *et al.*, 1992).

Sin embargo, a pesar de que autores como Kasper *et al.* (1985) determinaron pérdidas de nitrógeno asociadas a la mineralización de la materia orgánica y a la denitrificación, globalmente determinaron una mayor acumulación de nitrógeno orgánico en comparación con el carbono, dando lugar a un ratio bajo de C/N. Según Jaramillo *et al.* (1992), dicho resultado se explica por la antigüedad del biodepósito analizado por Kasper *et al.* (1985). De acuerdo con Jaramillo *et al.* (1992) a medida que pasa el tiempo el porcentaje de nitrógeno aumenta, reduciéndose el ratio de C/N.

Sin embargo de acuerdo con Harstein y Rowden (2004) y Harstein y Stevens (2005) el enriquecimiento del sedimento en materia orgánica de instalaciones en zonas expuestas (velocidad media de 10 cm s^{-1} y máxima de 25 cm s^{-1} en su estudio) no tuvieron un impacto significativo sobre el fondo marino asociado a las instalaciones, bien debido a una mayor dispersión de los desechos (que facilita su degradación al no acumularse en un punto), bien por efecto de una resuspensión y transporte de los mismos. En este sentido, Cromej et al. (2002) en estudios realizados en piscifactorías de salmón que generan biodeósitos similares a los producidos por cultivos de mejillón determinan una velocidad de $9,5 \text{ cm s}^{-1}$ como suficiente para producir este fenómeno.

Los resultados obtenidos por el modelo de dispersión desarrollado (Ver Anexo II), muestran que la extensión de la zona afectada por los vertidos se estima en un radio de unos 500 m alrededor de la instalación, no esperándose, en cualquier caso impacto significativo sobre la línea de costa ni en las situaciones más desfavorables.

La situación más desfavorable simulada, desde el punto de vista de extensión de los vertidos, es la de corrientes producidas por vientos del sur, que produce que los vertidos se desplacen hacia zonas más profundas, y consecuentemente alcancen mayor extensión.

Teniendo en cuenta todas estas consideraciones, el impacto se considera de carácter negativo, intensidad alta, extensión amplia, momento inmediato, persistencia pertinaz, reversible y recuperable a largo plazo una vez retirada las estructuras, simple, con sinergismo moderado y continuo. Su valoración es de impacto **Moderado** (Tabla AIII-30).

Tabla AIII-30. Características de la afección a los sedimentos debido a la producción de biodepósitos durante la fase de funcionamiento.

NATURALEZA (signo)		INTENSIDAD (Int)	
Impacto perjudicial	-	Alta	4
	EXTENSIÓN (Ext)		MOMENTO (Mom)
Amplia	4	Inmediato	4
	PERSISTENCIA (Pers)		REVERSIBILIDAD (Rever)
Pertinaz	3	Largo plazo	3
	SINERGIA (Sinerg)		ACUMULACIÓN (Acum)
Moderado	2	Simple	1
	EFFECTO		PERIODICIDAD (Period)
Directo o primario	4	Continua	4
	RECUPERABILIDAD (Recup)		IMPORTANCIA (Imp)
Largo plazo	4	Moderado	-45

4.4.2 Afección a la calidad de las aguas

4.4.2.1 Instalación y desmantelamiento

Durante la fase de instalación y desmantelamiento no se prevén impactos sobre la calidad de las aguas asociados a la producción de biodepósitos.

4.4.2.2 Funcionamiento

Tal y como se ha comentado anteriormente, los procesos de remineralización de la materia orgánica depositada pueden dar lugar a la liberación de amonio en procesos aerobios de degradación y fosfato cuando la biodeposición es tan intensa que se generan condiciones anaerobias (Nixon *et al.*, 1980). Estos procesos pueden dar lugar a una influencia significativa en la concentración de nitrógeno en determinadas zonas costeras (Dame *et al.*, 1991; Strain, 2002) favoreciendo de forma positiva a las comunidades de fitoplancton (Maestrini *et al.*, 1986; Strain, 2002). Según Cranford (2003) existen pocas evidencias en relación a la importancia relativa del enriquecimiento en nutrientes debido a la mineralización de la materia orgánica procedente de la sedimentación de biodepósitos o a la generada por parte de los procesos de excreción de la propia especie. En cualquier caso parece que el primer proceso tiene una mayor importancia en comparación con el segundo (Asmus y Asmus, 1991; Prins y Smaal, 1994).

A pesar de ello, teniendo en cuenta la capacidad de renovación asociada a la hidrodinámica de la zona elegida, la valoración del presente impacto es similar a la indicada en el apartado 4.3.1.

4.4.3 Afección a las comunidades del bentos

4.4.3.1 Instalación y desmantelamiento

Durante la fase de instalación y desmantelamiento no se prevén impactos sobre la calidad de las aguas asociados a la producción de biodepósitos.

4.4.3.2 Funcionamiento

Numerosos estudios han relacionado el enriquecimiento del sedimento en materia orgánica con el cambio en la estructura de la población de la macrofauna bentónica (Pearson y Rosenberg, 1978; Diaz y Rosenberg, 1995; Borja *et al.*, 2000; 2003; Borja y Muxika, 2005).

Estudios llevados a cabo en diversas piscifactorías han demostrado que en determinados casos se puede detectar un impacto significativo en un radio de un kilómetro alrededor de las jaulas de cultivo, siendo generalmente mayor en el fondo, donde se puede observar un incremento en la demanda de oxígeno, sedimentos anóxicos, producción de gases tóxicos y una disminución de la diversidad del bentos (Gowen y Bradbury, 1987; Weston, 1990; Tsutsumi *et al.*, 1991; Wu *et al.*, 1994; Wu, 1995). En todo caso, los impactos más importantes tienen lugar en los primeros 25 m de distancia (Muxika *et al.*, 2005).

Los efectos mencionados más arriba se traducen en alteraciones graves en el compartimiento biológico. Uno de los más significativos tiene lugar al alterarse las redes tróficas al darse un aumento de bacterias saprófitas, así como la aparición de moluscos, crustáceos y anélidos carroñeros. Por el contrario, suelen disminuir aquellas especies características de lugares limpios. Todo ello induce cambios en la biodiversidad de la zona, que tiende a reducirse, puesto que bajo las instalaciones predomina la vía detrítica sobre cualquier otra.

En relación con los polígonos de cultivo de mejillón, diversos estudios inciden en el impacto del enriquecimiento en materia orgánica procedente de la biodeposición generada por el cultivo sobre las poblaciones de la macrofauna bentónica. De acuerdo con Hartstein y Rowden (2004) dichos estudios se dividen en dos grupos; aquellos que indican una alteración significativa de las poblaciones al reducirse su abundancia y diversidad (Mattsson y Linden, 1983; Jaramillo *et al.*, 1992; Chivilev y Ivanov, 1997; Stenton-Dozey *et al.*, 1999; Mirto *et al.*, 2000) y aquellos que no encuentran tal efecto (Hatcher *et al.*, 1994; Grant *et al.*, 1995; Crawford *et al.*, 2003; Miron *et al.*, 2005).

Sin embargo, estudios realizados por Chamberlain *et al.* (2001) y Hartstein y Rowden (2004) que examinaron diversas instalaciones de cultivo en dos zonas con un régimen

de corrientes diferente, uno poco intenso y el otro con fuertes corrientes que presentaron una velocidad media de 10 cm s^{-1} , encontraron evidencias a favor de cada uno de los grupos anteriormente indicados. De acuerdo con los mencionados autores, el régimen de corrientes en la zona asociado a una mayor o menor exposición de las instalaciones explicaría las diferencias encontradas.

Los resultados obtenidos por Hartstein y Rwooden (2004) fueron coincidentes con los estudios realizados por Chamberlain (2001), los cuales indican la ausencia de una modificación en la estructura de la macrofauna bentónica en relación con las instalaciones situadas en zonas con un régimen hidrodinámico alto.

En cualquier caso hay que señalar que las instalaciones de cultivo a las que hacen referencia los mencionados autores son del tipo *longline*, con una ocupación de 7-8 Ha, claramente inferior a la propuesta en el presente proyecto.

Teniendo en cuenta todas estas consideraciones, el impacto se considera de carácter negativo, intensidad alta, extensión amplia, momento inmediato, persistencia pertinaz, reversible y recuperable a largo plazo una vez retirada las estructuras, simple, con sinergismo moderado y continuo. Su valoración es de impacto **Moderado** (Tabla AIII-31).

Tabla AIII-31. Características de la afección a las comunidades del bentos debido a la producción de biodepósitos durante la fase de funcionamiento.

NATURALEZA (signo)		INTENSIDAD (Int)	
Impacto perjudicial	-	Alta	4
	EXTENSIÓN (Ext)		MOMENTO (Mom)
Amplia	4	Inmediato	4
	PERSISTENCIA (Pers)		REVERSIBILIDAD (Rever)
Pertinaz	3	Largo plazo	3
	SINERGIA (Sinerg)		ACUMULACIÓN (Acum)
Moderado	2	Simple	1
	EFFECTO		PERIODICIDAD (Period)
Directo o primario	4	Continua	4
	RECUPERABILIDAD (Recup)		IMPORTANCIA (Imp)
Largo plazo	4	Moderado	-45

4.5 Desprendimientos

Tal y como se ha comentado anteriormente, los polígonos de cultivo de mejillón generan además de heces y pseudoheces, residuos procedentes del laboreo y del desprendimiento de mejillón como consecuencia de la agitación del medio.

Los residuos procedentes del laboreo se generan durante los procesos de desdoble y cosecha y están constituidos principalmente por mejillón pequeño y roto, conchas, así

como la epifauna⁶ y flora epibionte acompañante. El volumen de estos residuos puede representar el 10% del peso total de las cuerdas, lo que en el caso que nos ocupa podría llegar a suponer un total de 320 T de mejillón y elementos biológicos acompañantes.

Los desprendimientos de mejillón se producen por malas operaciones de encordado, excesiva acumulación de epibiontes, o enfermedades en la glándula del biso. Según algunos productores, puede alcanzar el 20% de la cosecha anual (Freire, 2006). Pérez Camacho *et al.* (1991) y Pérez y Roman (1979) estimaron que estas pérdidas pueden alcanzar el 40% en zonas muy expuestas y reducirse a un 14% en zonas protegidas.

Asimismo, Pérez Camacho *et al.* (1991; 1995) estimaron entre un 2 y un 36% la mortalidad natural del mejillón durante la fase de siembra (desde la siembra hasta el desdoble) y en un 15% una vez realizado el desdoble. Fuentes *et al.* (1992; 1994; 1998) encontraron diferencias similares al obtener mortalidades del orden de 4,5% y 43,8% desde la siembra hasta el desdoble y del orden de 16,4% y 21,3% desde el desdoble hasta la siembra. Pérez y Román (1979) obtuvieron mortalidades superiores, del 32 al 36% en el periodo de siembra y del 14-15% en el desdoble, siendo la mortalidad total durante todo el periodo de cultivo del orden de un 18 a un 20%. De acuerdo con el mencionado autor, si se unen las pérdidas por desprendimiento a la mortalidad natural, éstas serían del orden de un 29% en zonas resguardadas y un 55% en zonas expuestas.

Todos estos valores darían lugar a un volumen total anual de 904 - 1.700 T de mejillón perdido por desprendimiento que debido a su tamaño, sedimentaria en su mayor parte en la zona justo bajo el área de concesión del polígono.

Si a este volumen se suma el asociado al desprendimiento durante las tareas de laboreo, en total podría llegar a producirse un volumen de 1.224-2.024 T anuales de residuos que se depositarían, debido a su tamaño, en la zona justo bajo las bateas.

⁶ La presencia de amarres, cabos, muertos de anclaje y de las bateas, favorecerá la captación de larvas y propágulos reproductores de diferentes especies animales y vegetales que con el tiempo desarrollarán una comunidad característica presente en todo tipo de estructuras artificiales sumergidas, conocidas con el nombre genérico de “fouling”. En las instalaciones de cultivos marinos, el desarrollo de este tipo de comunidades se ve favorecido por los aportes de nutrientes y de materia orgánica particulada que propicia el crecimiento de especies filtradoras y suspensívoras (moluscos, ascidias, briozoos y algas de crecimiento rápido). Con el tiempo, bien por el desprendimiento natural de esta comunidad como consecuencia de la erosión o muerte de los individuos que la componen, bien por el mantenimiento periódico de las estructuras, se van acumulando restos de la misma en los fondos sobre los que se asientan las instalaciones.

4.5.1 Afección a los sedimentos

4.5.1.1 Instalación y desmantelamiento

Durante la fase de instalación y desmantelamiento no se prevén impactos sobre los sedimentos asociados a los desprendimientos de mejillón.

4.5.1.2 Funcionamiento

Los mejillones y epifauna desprendida suponen un aporte extra de materia orgánica, al igual que las heces y pseudoheces, que puede dar lugar a un enriquecimiento y cambio en la granulometría de los sedimentos de la zona debido al volumen de conchas generado.

Teniendo en cuenta todas estas consideraciones, el impacto se considera de carácter negativo, intensidad muy alta, extensión amplia, momento inmediato, persistencia pertinaz, reversible y recuperable a largo plazo una vez retirada las estructuras, simple, con sinergismo moderado y continuo. Su valoración es de impacto **Severo** (Tabla AIII-32).

Tabla AIII-32. Características de la afección a las comunidades del bentos debido a la producción de biodepósitos durante la fase de funcionamiento.

NATURALEZA (signo)		INTENSIDAD (Int)	
Impacto perjudicial	-	Muy alta	8
	EXTENSIÓN (Ext)		MOMENTO (Mom)
Amplia	4	Inmediato	4
	PERSISTENCIA (Pers)		REVERSIBILIDAD (Rever)
Pertinaz	3	Largo plazo	3
	SINERGIA (Sinerg)		ACUMULACIÓN (Acum)
Moderado	2	Simple	1
	EFFECTO		PERIODICIDAD (Period)
Directo o primario	4	Continua	4
	RECUPERABILIDAD (Recup)		IMPORTANCIA (Imp)
Largo plazo	4	Severo	-57

4.5.2 Afección a las comunidades del bentos

4.5.2.1 Instalación y desmantelamiento

Durante la fase de instalación y desmantelamiento no se prevén impactos sobre las comunidades del bentos asociados a los desprendimientos de mejillón.

4.5.2.2 Funcionamiento

Los materiales desprendidos se acumulan en forma de pirámide truncada de base cuadrangular, exactamente bajo cada batea (Freire, 2006). El efecto del cambio que esta deposición produce sobre el sustrato es inmediato y fácilmente apreciable (Freire,

2006). La fauna original es sustituida por otra más adaptada a este ambiente por su alimentación carroñera; de este modo en Galicia se ha constatado que el rodaballos, sepia y solla dan paso a nécora, camarón o mújol (Freire, 2006). Además de esto, el alto porcentaje de materia orgánica que estos sedimentos presentan da lugar a la aparición de zonas anóxicas, donde se producen procesos de reducción independiente de oxígeno, dando lugar a la emisión de gases nocivos. Esta misma falta de oxígeno evita la implantación de animales detritívoros en estos ambientes (Freire, 2006).

La epifauna asociada a las cuerdas de cultivo así como el mejillón, puede servir de alimento a los peces demersales (López-Jamar *et al.*, 1984; Iglesias, 1982), equinodermos (Olaso, 1982) y crustáceos (González-Gurriarán, 1982; Romero *et al.*, 1982; González-Gurriarán *et al.*, 1989; Freire *et al.*, 1990), traduciéndose en un aumento en los valores de densidad de la megafauna bentónica.

Los valores de densidad y biomasa correspondientes a los crustáceos decápodos determinados por González-Gurriarán (1986) en la Ría de Arousa, llegaron a ser 6 veces más altos al comparar las áreas dedicadas al cultivo de mejillón con zonas próximas.

Por tanto es de esperar un aumento de las poblaciones de equinodermos y crustáceos decápodos identificados en el área de estudio, tales como, la estrella de mar *Marthasterias glacialis* y la nécora *Necora puber*.

Teniendo en cuenta todas estas consideraciones, el impacto se considera de carácter negativo, intensidad muy alta, extensión amplia, momento inmediato, persistencia pertinaz, reversible y recuperable a largo plazo una vez retirada las estructuras, simple, con sinergismo moderado y continuo. Su valoración es de impacto **Severo** (Tabla AIII-33).

Tabla AIII-33. Características de la afección a las comunidades del bentos debido a las pérdidas de mejillón durante la fase de funcionamiento.

NATURALEZA (signo)		INTENSIDAD (Int)	
Impacto perjudicial	-	Muy alta	8
	EXTENSIÓN (Ext)		MOMENTO (Mom)
Amplia	4	Inmediato	4
	PERSISTENCIA (Pers)		REVERSIBILIDAD (Rever)
Pertinaz	3	Largo plazo	3
	SINERGIA (Sinerg)		ACUMULACIÓN (Acum)
Moderado	2	Simple	1
	EFFECTO		PERIODICIDAD (Period)
Directo o primario	4	Continua	4
	RECUPERABILIDAD (Recup)		IMPORTANCIA (Imp)
Largo plazo	4	Severo	-57

4.5.3 Afección a la ictiofauna

4.5.3.1 Instalación y desmantelamiento

Durante la fase de instalación y desmantelamiento no se prevén impactos sobre la ictiofauna asociado a los desprendimientos de mejillón.

4.5.3.2 Funcionamiento

Tal y como se ha comentado anteriormente, la epifauna asociada a las cuerdas de cultivo así como el mejillón desprendido, puede servir de alimento a especies de peces demersales (Tenore y González, 1975; Chesney y Iglesias, 1979; López-Jamar *et al.*, 1984; Iglesias, 1982) cuya presencia se verá favorecida. La fauna original es sustituida por otra más adaptada a este ambiente por su alimentación carroñera, de este modo en Galicia se ha constatado que el rodaballo, sepia y solla dan paso a nécora, camarón o mújel (Freire, 2006).

Asimismo, se han descrito aumentos de salmonete (*Mullus surmuletus*) de 5 a 88 veces más individuos bajo jaulas de cultivo de lubina y proliferación de Sarpa salpa (Verneau *et al.*, 1995), especie que suele ser un herbívoro común de fanerógamas como la Posidonia oceanica (Sánchez y Ramos, 1994). Su proliferación se debe al aumento desmesurado de epífitos sobre las hojas de Posidonia, lo que produce un incremento del sobrepasto y muerte del 52 al 72% de ellas, con la consiguiente desaparición de muchas matas.

Teniendo en cuenta todas estas consideraciones, el impacto se considera de carácter negativo, intensidad alta, extensión amplia, momento inmediato, persistencia momentánea, reversible y recuperable a corto plazo una vez retirada las estructuras, simple, con sinergismo moderado y continuo. Su valoración es de impacto **Moderado** (Tabla AIII-34).

Tabla AIII-34. Características de la afección a las comunidades del bentos debido a las pérdidas de mejillón durante la fase de funcionamiento.

NATURALEZA (signo)		INTENSIDAD (Int)	
Impacto perjudicial	-	Alta	4
Amplia	EXTENSIÓN (Ext)	4	MOMENTO (Mom)
Momentaneo	PERSISTENCIA (Pers)	1	REVERSIBILIDAD (Rever)
Moderado	SINERGIA (Sinerg)	2	ACUMULACIÓN (Acum)
Directo o primario	EFFECTO	4	PERIODICIDAD (Period)
Corto plazo	RECUPERABILIDAD (Recup)	2	IMPORTANCIA (Imp)
			-39

4.6 El tráfico generado por los barcos que sirven al polígono de cultivo

La presente actividad se refiere al generado por las embarcaciones que sirven al polígono de cultivo.

4.6.1 Afección a la calidad de las aguas

En general el impacto que producen es bajo, especialmente en lo referido a calidad de aguas (por vertido accidental de aceites y gasoil) (WGMASC, 2003) y similar en las tres fases del proyecto. El impacto se considera de carácter negativo, intensidad baja, extensión puntual, momento inmediato, persistencia fugaz o efímero, reversible y recuperable a corto plazo, simple, sin sinergismo y continuo. Su valoración es de impacto **Compatible** (Tabla AIII-35).

Tabla AIII-35. Características de la afección a las comunidades del bentos debido a las pérdidas de mejillón durante la fase de funcionamiento.

NATURALEZA (signo)		INTENSIDAD (Int)	
Impacto perjudicial	-	Baja	1
Puntual	EXTENSIÓN (Ext)	1	MOMENTO (Mom)
Fugaz o efímero	PERSISTENCIA (Pers)	1	REVERSIBILIDAD (Rever)
Sin sinergismo	SINERGIA (Sinerg)	1	ACUMULACIÓN (Acum)
Directo o primario	EFFECTO	4	PERIODICIDAD (Period)
Corto plazo	RECUPERABILIDAD (Recup)	2	IMPORTANCIA (Imp)
			-39

5. JERARQUIZACIÓN DE IMPACTOS

La legislación ambiental especifica que es preciso efectuar una jerarquización de los impactos que determinen su importancia relativa. No existe una metodología precisa para efectuar esta tarea por lo que a continuación se describe una propuesta para la jerarquización cuantitativa de los impactos, normalmente utilizada por AZTI y desarrollada por Solaun *et al.* (2003).

En la Tabla AIII-36 se muestra un resumen de las valoraciones de los impactos y factores ambientales afectados por las actividades del proyecto realizadas en el apartado anterior. A partir de esta tabla y con objeto de cuantificar el impacto se ha dado a cada uno el siguiente valor:

- Compatible (1): de 0 a 25% de impacto
- Moderado (2): de 26 a 50% de impacto
- Severo (3): de 51 a 75% de impacto
- Crítico (4): de 76 a 100% de impacto

De esta forma se puede calcular el porcentaje global de impacto por actividades y factores ambientales de la forma siguiente: si hay 3 actividades que inciden sobre un factor ambiental el máximo valor negativo que se podría obtener sería 4 (crítico) x 3= 12. Si la suma es 8 (un crítico 4, un severo 3 y un compatible 1), el porcentaje de impacto sería 67% (severo según el baremo del párrafo anterior).

Así, según se puede ver en la Tabla AIII-37, se puede calcular el del proyecto sobre cada factor ambiental y cada grupo de factores de acuerdo con las valoraciones realizadas y resumidas en la Tabla AIII-36.

Así, la jerarquización de impactos es la siguiente. Por actividades del proyecto los desprendimientos generan un 66,67% de impacto, al actuar fuertemente sobre los sedimentos y el bentos. Su valoración es de impacto severo. Las estructuras de cultivo generan un 55,56% de impacto (severo) al actuar fuertemente sobre los sedimentos y la pesca. Los biodepósitos y la especie de cultivo generan un 50% de impacto, lo que puede considerarse como moderado. Finalmente el tráfico de barcos genera un 25% de impacto, siendo compatible.

Por factores ambientales, la pesca recibe un 75% de impacto (severo) a pesar de verse afectadas sólo por las estructuras de cultivo. Le siguen los sedimentos (60% de impacto) y el bentos (54,17% de impacto) al verse afectados por las estructuras de cultivo, la especie cultivada, la producción de biodepósitos y las pérdidas de mejillón. La hidrodinámica, el paisaje, el plancton y la ictiofauna reciben un impacto moderado mientras que la calidad de las aguas recibe un impacto compatible al verse afectado por las estructuras de cultivo, la especie cultivada y la producción de biodepósitos.

Tabla AIII-36. Resumen de los impactos y factores ambientales afectados por las actividades del proyecto. Clave: ■ Impacto crítico; □ Impacto severo; ▨ Impacto Moderado; ▢ Impacto compatible. Se señala igualmente el grado de incertidumbre en relación con la predicción realizada teniendo en cuenta la experiencia y conocimiento científico actualmente existente en la materia. Clave: S = Signo; I = Intensidad; E = Extensión; M = Momento; P = Persistencia; R = Reversibilidad; RA = Recuperabilidad; S = Sinergia; A = Acumulación; E = Efecto; P = Periodicidad; Im = Importancia; Incertidumbre (1-bajo; 5-alto); RA = Recursos arqueológicos; FPA = Figuras de protección ambiental.

Tabla AIII-37. Impactos ambientales asociados a las estructuras y factores ambientales sobre los que actúan. Se valora cada impacto como significativo, poco significativo y sin relación mutua. Los valores son los siguientes: 1: compatible, 2: moderado, 3: severo, 4: crítico; no aplica. Clave: a = Fase de instalación; b = Fase de funcionamiento o explotación; c = Fase de desmantelamiento.

		ACCIONES DEL PROYECTO										Impacto (%)					
		Estructura de cultivo			Especie cultivada			Producción de biodepósitos			Desprendimientos						
FACTORES AMBIENTALES AFECTADOS					a	b	c	a	b	c	a	b	c				
MEDIO FÍSICO																	
Hidrodinámica			2						2					50			
Calidad de las aguas		2			2			2				1	1	1	39,29		
Sedimentos		2	3	2					2			3			60,00		
Paisaje		2	2	2										50,00			
MEDIO BIÓTICO														54,17			
Bentos		2	2	2		2			2			3			54,17		
Ictiofauna		2	2	2							2			50,00			
Plancton						2								50,00	52,27		
MEDIO SOCIOECONÓMICO																	
Pesca		3	3	3										75,00	75,00		
IMPACTO (PORCENTAJE)					54,17	58,33	54,17	0,00	50,00	0,00	0,00	50,00	0,00	0,00	66,67	0,00	
					55,56			50,00			50,00			66,67			
														25			

6. MEDIDAS PREVENTIVAS, CORRECTORAS Y COMPENSATORIAS

En función de los impactos identificados y evaluados en el apartado correspondiente del EsIA, se deberán prever o proponer unas medidas protectoras y correctoras, es decir, modificaciones o incorporaciones que se hacen a un proyecto para: (i) evitar, disminuir, modificar o compensar los efectos ambientales negativos significativos del proyecto en el medio ambiente; (ii) aprovechar mejor las oportunidades que brinda el medio para el mejor éxito del proyecto.

De acuerdo con Solaun *et al.* (2003), las medidas a considerar dependerán de las condiciones de la zona del emplazamiento y de las características del proyecto. A continuación se presenta una clasificación de medidas protectoras y correctoras atendiendo a su carácter:

- Protectoras: aquellas que evitan el impacto modificando alguno de los factores definitorios del proyecto como su localización, su diseño, los materiales a utilizar, etc.
- Mitigadoras propiamente dichas: aquellas que se orientan a la eliminación, reducción o modificación del efecto en cuestión por procedimientos de anticontaminación, depuración o dispositivos genéricos de protección del medio ambiente.
- Compensatorias: aquellas que se refieren a los impactos inevitables que no admiten una mitigación, pero sí una compensación mediante otros efectos de signo positivo (por ejemplo: compensar económicamente a las personas afectadas por la acción del proyecto, realizar una restauración de la zona afectada, etc.).

Otro aspecto importante a considerar sobre estas medidas es la escala temporal de su aplicación, ya que es conveniente realizarlas lo antes posible para que se puedan evitar impactos secundarios (Solaun *et al.*, 2003).

Cabe destacar el hecho de que siempre es mejor no producir un impacto que establecer una medida protectora y correctora para corregirlo. Esto se debe a que además de suponer un coste adicional de tiempo y dinero, en la mayoría de los casos, solamente se elimina una parte de la alteración y, en otros, ni tan siquiera eso (Solaun *et al.*, 2003). Además, la aplicación de una medida de este tipo puede introducir nuevos elementos de impacto.

De acuerdo con la legislación de Evaluación de Impacto Ambiental vigente, deberán proponerse las medidas mitigadoras correspondientes para todas aquellas actividades que sean generadoras de impactos de carácter severo.

En el caso que nos ocupa, deberían proponerse medidas para mitigar, corregir o compensar los impactos de las estructuras de cultivo sobre la pesca y los sedimentos y el efecto de los desprendimientos de mejillón sobre los sedimentos y bentos.

Para el caso de las estructuras de cultivo, en la medida de lo posible sería recomendable la recuperación de los fondeos una vez finalizado el periodo de explotación del polígono. De esta forma el impacto sobre los sedimentos pasaría de **severo a moderado** al ser una actividad reversible y recuperable.

El efecto de las estructuras de cultivo sobre la pesca es un impacto para el cual sólo cabe la compensación económica por los perjuicios indemnizables que se les pudieran occasionar, como consecuencia de la ocupación del polígono, de caladeros importantes que tradicionalmente hubieran explotado. De esta forma el impacto pasaría de **severo a moderado** al reducirse la intensidad del efecto.

Con el fin de mitigar los efectos derivados de las pérdidas de mejillón sobre los sedimentos y bentos sólo cabe incidir en realizar con especial cuidado las labores de encordado de la semilla de mejillón y las tareas de desdoble de las cuerdas cuando el programa de producción lo requiera. De esta forma el impacto pasaría de **severo a moderado** al reducirse la intensidad del efecto descrito.

7. PLAN DE VIGILANCIA AMBIENTAL

El **Programa de Vigilancia Ambiental** (PVA) consiste en un sistema que garantice el cumplimiento de las indicaciones y medidas protectoras y correctoras, contenidas en el EsIA (Carrasco y Enríquez De Salamanca, 2010), así como la eficacia de cada una de esas medidas (Solaun *et al.*, 2003). De acuerdo con Solaun *et al.* (2003) y Carrasco y Enríquez de Salamanca (2010) los objetivos del PVA serían los siguientes:

- Realizar un seguimiento de los impactos, determinando su adecuación a las previsiones del EsIA.
- Detectar impactos no previstos y articular las medidas de prevención, corrección y compensación necesarias, ya que una vez transcurrido un periodo razonable de tiempo, el seguimiento de dichas alteraciones permitirá una evaluación "ex-post" para ver en qué medida se cumplen las previsiones y resulta necesario adoptar nuevas medidas mitigadoras hacia el futuro.
- Verificar el cumplimiento de las posibles limitaciones o restricciones establecidas.
- Supervisar la ejecución de las medidas protectoras y correctoras y determinar su efectividad. Una vez conocida ésta, es posible determinar los impactos residuales analizando su adecuación al EsIA, así como la necesidad de incrementar la intensidad de estas medidas.

De esta forma se asegura la protección del medio ambiente y los recursos naturales de las zonas que puedan verse afectadas por la construcción y funcionamiento de las obras o instalaciones objeto de estudio (Solaun *et al.*, 2003).

Para llevar a cabo el PVA deben: (i) establecerse unos **objetivos** que identifiquen los sistemas afectados, los tipos de impacto y los indicadores seleccionados; (ii) realizar una **recogida y análisis de datos** cuya frecuencia temporal dependerá de los indicadores ambientales que se esté controlando. Sólo aquellos indicadores y matrices que sean relevantes para el seguimiento deberán ser tenidos en cuenta, valorando la relación coste de su adquisición/valor que proporciona; (iii) realizar una **interpretación** de los datos recogidos y (iv) realizar una **retroalimentación** de resultados que servirá para modificar aspectos iniciales del PVA.

Es fundamental subrayar que sólo aquellos descriptores y matrices que sean relevantes para el seguimiento deberán ser tenidos en cuenta. De acuerdo con Borja

(2002), el PVA debe centrarse únicamente en aquellos impactos que se estime dan lugar a una alteración significativa.

Por ello, con el objetivo de verificar la afectividad de las medidas protectoras, correctoras y mitigadoras planteadas, el PVA deberá centrarse en el seguimiento de la calidad de los sedimentos y las comunidades del bentos.

Para ello, en al menos 8 estaciones de muestreo se tomarán muestras de sedimento para su análisis granulométrico, potencial redox (*in situ*) y contenido en materia orgánica. La distribución de los puntos de muestreo se llevará a cabo en función de la dirección predominante de dispersión de los biodepósitos y pérdidas de mejillón. De ellos, al menos una estación se empleará como estación de control.

En las mismas 8 estaciones se tomarán muestras (cada muestra estará constituida por tres réplicas) para el estudio de las comunidades del bentos. De las muestras recogidas se procederá a la identificación y recuento de los diferentes taxa, el cálculo de los parámetros de la comunidad (riqueza, abundancia, diversidad, equitabilidad) y la clasificación de las estaciones según índices bióticos, tales como los desarrollados por AZTI en fases anteriores al presente proyecto (Borja *et al.*, 2003; 2004; 2005; 2006; 2008; Muxika *et al.*, 2005; 2007).

Estas campañas se llevarán a cabo en una ocasión de forma previa a la ejecución de las obras de instalación del polígono y posteriormente de forma anual una vez el polígono entre en fase de explotación.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arregi, L., A. Bilbao, I. Galparsoro y E. Puente, 2004. Descripción de la tipología de oficios de pesca actuales de la pesca artesanal costera. Informe inédito para Dpto. Industria, Comercio y Turismo del Gobierno Vasco: 117.
- Babarro, J. M. F., M. J. Fernández-Reiriz y U. Labarta, 2000. Growth of seed mussel *Mytilus galloprovincialis* Lmk): effects of environmental parameters and seed origin. Journal of Shellfish Research, 19:187-193.
- Bald, J., A. Borja, V. Valencia, I. Muxika, J. G. Rodríguez, M. González, R. Prellezo, A. Murillas y J. Zufía, 2006. Estudio de impacto ambiental al proyecto de viabilidad, memoria biológica, estudio de mercado y estudio económico del proyecto piloto para la instalación inicial de 150 bateas para cultivo de mejillón en las aguas de los litorales de Ceuta. Informe para Mariscos y Mejillones de Ceuta ,S.L. AZTI-Tecnalia. 379 pp.
- Barg, U. C., 1994. Orientaciones para la promoción de la ordenación medioambiental del desarrollo de la acuicultura costera. FAO documento técnico de pesca. Nº 328 FAO. Roma. 138 pp.
- Bayne, B. L., A. J. S. Hawkins, E. Navarro y J. I. P. Iglesias, 1989. Effects of seston concentration on feeding, digestion and growth in the mussel *Mytilus edulis*. Mar.Ecol.Prog.Ser., 55:47-54.
- Borja, A., 2002. Los impactos ambientales de la acuicultura y la sostenibilidad de esta actividad. Bol.Inst.Esp.Oceanogr., 18 (1-4):41-49.
- Borja, A., J. Franco y I. Muxika, 2004. The Biotic Indices and the Water Framework Directive: the required consensus in the new benthic monitoring tools. Mar.Poll.Bull., 48 (3-4):405-408.
- Borja, A., J. Mader, I. Muxika, J. G. Rodríguez y J. Bald, 2008. Using M-AMBI in assessing benthic quality within the Water Framework Directive: Some remarks and recommendations. Marine Pollution Bulletin, 56 (7):1377-1379.
- Borja, A. y I. Muxika, 2005. Guidelines for the use of AMBI (AZTI's Marine Biotic Index) in the assessment of the benthic ecological quality. Marine Pollution Bulletin, 50 (7):787-789.
- Borja, A., I. Muxika y J. Franco, 2003. The application of a Marine Biotic Index to different impact sources affecting soft-bottom benthic communities along European coasts. Mar.Poll.Bull., 46:835-845.
- Borja, A., I. Muxika y J. Franco, 2006. Long-term recovery of soft-bottom benthos following urban and industrial sewage treatment in the Nervion estuary (southern Bay of Biscay). Mar. Ecol. Prog. Ser., 313:43-55.
- Borja, A. y J. G. Rodriguez, 2010. Problems associated with the 'one-out, all-out' principle, when using multiple ecosystem components in assessing the ecological status of marine waters. Marine Pollution Bulletin, 60:1143-1146.
- Borja, A., J. Bald, M.J. Belzunce, J. Franco, J.M. Garmendia, J. Larreta, I. Menchaca, I. Muxika, M. Revilla, J.G. Rodríguez, O. Solaun, A. Uriarte, V. Valencia, I. Zorita, I. Adarraga, F. Aguirrezabalaga, I. Cruz, A. Laza, M.A. Marquiegui, J. Martínez, E. Orive, J.Mª Ruiz, J.C. Sola, A. Manzanos, 2015. Red de seguimiento del estado ecológico de las aguas de transición y costeras de la Comunidad Autónoma del País Vasco. Informe de AZTI-Tecnalia para la Agencia Vasca del Agua. 657 pp.

- Bower, S. B. y A. J. Figueras, 1989. Infectious diseases of mussels, especially pertaining to mussel transplantation. Wolrd Aquaculture, 20 (4):89-93.
- Boyd, A. J. y K. Heasman, 1998. Shellfish mariculture in the Benguela system: water flow patterns within a mussel farm in Saldanha Bay, South Africa. Journal of Shellfish Research, 17 (1):25-32.
- Cabanas, J. M., J. J. González, J. Mariño, A. Pérez y G. Roman, 1979. Estudio del mejillón y de su epifauna en los cultivos flotantes de la Ría de Arosa. Bol.Inst.Esp.Oceanogr., V:44-50.
- Carrasco, M. J. y A. Enríquez De Salamanca, 2010. Evaluación de impactos ambientales de infraestructuras. Redacción y tramitación de documentos. AENOR (Ed.). Madrid. 286 pp.
- Ceccherelli, V. U. y A. Barboni, 1983. Growth, survival and yield of *Mytilus galloprovincialis* Lamk. on fixed suspended culture in a bay of the Po River Delta. Aquaculture, 34 (1-2):101-114.
- Cloern, J. E., 1982. Does the benthos controlo phytoplankton biomass in southern San Francisco Bay? Mar.Ecol.Prog.Ser., 210:223-253.
- Cochrane, S. K. J., D. W. Connor, P. Nilsson, I. Mitchell, J. Reker, J. Franco, V. Valavanis, S. Moncheva, J. Ekebom, K. Nygaard, R. Serrão Santos, I. Naberhaus, T. Packeiser, W. Van De Bund y A. C. Cardoso, 2010. Marine Strategy Framework Directive - Task Group 1 Report Biological diversity. ICES. 111 pp.
- Coelho, H. S., R. R. Neves, P. C. Leitao, H. Martins y A. P. Santos, 1999. The slope current along the western European margin: A numerical investigation. Boletín Instituto Español de Oceanografía, 15 (1-4):61-72.
- Cranford, P., M. Dowd, J. Grant, B. Hargrave y S. Mcgladdery, 2003. Ecosystem level effects of marine bivalve aquaculture. Can. Tech. Rept. Fish. Aquat. Sci. 2450,IX+131p.
- Cromey, C., T. D. Nickell, D. B. Kenneth, G. P. Paul y R. G. Colin, 2002. Validation of a Fish Farm Waste Resuspension Model by Use of a Particulate Tracer Discharged from a Point Source in a Coastal Environment. Estuaries, 25 (5):916-929.
- Chamberlain, J., T. F. Fernandes, P. Read, T. D. Nickell y I. M. Davies, 2001. Impacts of biodeposits from suspended mussel (*Mytilus edulis* L.) culture on the surrounding surficial sediments. ICES Journal of Marine Science, 58 (2):411-416.
- Chew, K. K., 1990. Global bivalve shellfish introductions. Wolrd Aquaculture, 21 (3):9-22.
- Chua, T. E., 1992. Coastal aquaculture development and the environment. The role of coastal area management. Mar.Poll.Bull., 25 (1-4):98-103.
- Dahlback, N. y L. a. H. Gunnarsson, 1981. Sedimentation and shulphate reduction under a mussel culture. Marine Biology, 63:269-275.
- Dame, R. F. y T. C. Prins, 1998. Bivalve carrying capacity in coastal ecosystems. Aquatic Ecology, 31:409-421.
- Deros, S., T. Agardy, H. Hillewaert, K. Hostens, G. Jamieson, L. Lieberknecht, J. Mees, I. Moulaert, S. Olenin, D. Paelinckx y M. Rabaut, 2007. A concept for biological valuation in the marine environment. Oceanologia, 49:99-128.
- Dickson, R. R. y D. A. Hughes, 1981. Satellite evidence of mesoscale eddy activity over the Biscay abyssal plain. Oceanol. Acta., 4:43-46.

- Duvet, C., 1964. Note sur l'état climatologique de la mer dans le permis des Landes atlantiques. Rapport interne ESSO-REP-SNPA-CEP, opérations marines, Archives n° A33d. pp.
- European Commission, 2010. Commission Decision of 1 September 2010 on criteria and methodological standards on good environmental status of marine waters (notified under document C(2010) 5956)(2010/477/EU). Official . Journal of the European Union L232. 14–24 pp.
- Ferrer, L., A. Fontán, J. Mader, G. Chust, M. González, V. Valencia, A. Uriarte y M. B. Collins, 2009. Low- salinity plumes in the oceanic region of the Basque Country. Continental Shelf Research, 29:970-984.
- Figueras, A. J., 1989. Mussel culture in Spain and France. World Aquaculture, 20 (4):8-17.
- Folke, C., S. Carpenter, B. Walker, M. Scheffer, T. Elmqvist, L. Gunderson y C. S. Holling, 2004. Regime Shifts, Resilience, and Biodiversity in Ecosystem Management". Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics, 35:557–581.
- Fontán, A., M. González, N. Wells, M. Collins, J. Mader, L. Ferrer, G. Esnaola y A. Uriarte, 2009. Tidal and wind-induced circulation within the Southeastern limit of the Bay of Biscay: Pasaia Bay, Basque Coast. Continental Shelf Research, 29:998-1007.
- Freire, J., 2006. Efectos del cultivo de *Mytilus galloprovincialis* sobre el fondo marino. http://www.udc.es/dep/bave/jfreire/CERA05_06/Ensayos/7_Efectos%20cultivo%20mejillon.pdf
- Frouin, R., A. F. Fiúza, I. Ambar y T. J. Boyd, 1990. Observations of a Poleward Surface Current off the Coasts of Portugal and Spain during winter. Journal of Geophysical Research, 95:679-691.
- Galparsoro, I., P. Liria, I. Legorburu, J. Bald, G. Chust, P. Ruiz-Minguela, G. Pérez, J. Marqués, Y. Torre-Enciso, M. González y A. Borja, 2012. A Marine Spatial Planning approach to select suitable areas for installing wave energy converters on the Basque continental shelf (Bay of Biscay). Coastal Management, 40:1-9.
- Galparsoro, I., P. Liria, I. Legorburu, Ruiz-Minguela, G. Pérez, J. Marqués, Y. Torre-Enciso y M. González, 2008. Atlas de energía del oleaje en la costa vasca. La planificación espacial marina como herramienta en la selección de zonas adecuadas para la instalación de captadores". Revista de Investigación Marina, 8:9.
- Gangnery, A., C. Bacher y D. Buestel, 2004. Modelling oyster population dynamics in a Mediterranean coastal lagoon (Thau, France): sensitivity of marketable production to environmental conditions. Aquaculture, 230 (1-4):323-347.
- Gangnery, A., J.-M. Chabirand, F. Lagarde, P. Le Gall, J. Oheix, C. Bacher y D. Buestel, 2003. Growth model of the Pacific oyster, *Crassostrea gigas*, cultured in Thau Lagoon (Mediterranean, France). Aquaculture, 215 (1-4):267-290.
- García-Soto, C., R. D. Pingree y L. Valdés, 2002. Navidad development in the southern Bay of Biscay: Climate change and swoddy structure from remote sensing and in situ measurements. Journal of Geophysical Research, 107 (C8):3118, doi: 3110.1029/2001JC001012.

- Garen, P., S. Robert y S. Bougrier, 2004. Comparison of growth of mussel, *Mytilus edulis*, on longline, pole and bottom culture sites in the Pertuis Breton, France. *Aquaculture*, 232 (1-4):511-524.
- Gibbs, M. T., 2004. Interactions between bivalve shellfish farms and fishery resources. *Aquaculture*, 240 (1-4):267-296.
- González, M., J. Mader, P. Gyssels, A. Uriarte y S. Sorhouet, 2001. Estudio numérico de propagación de la marea astronómica en el Golfo de Vizcaya. VI Congreso de Ingeniería de Puertos y Costas de España. Palma de Mallorca.
- González, M., A. Uriarte, A. Fontán, J. Mader y P. Gyssels. 2004. Marine Dynamics. En: Oceanography and Marine Environment of the Basque Country. A. Borja y M. Collins, (Ed.). Elsevier Oceanography Series 70. Elsevier, Amsterdam. 133-157 pp.
- González, M., A. Uriarte, R. Pozo y M. Collins, 2006. The Prestige crisis: Operational oceanography applied to oil recovery, by the Basque fishing fleet. *Marine Pollution Bulletin*, 53 (5-7):369-374.
- Grant, A., A. Hatcher, D. B. Scott, P. Pocklington, C. T. Schafer y G. V. Winters, 1995. A Multidisciplinary Approach to Evaluating Impacts of Shellfish Aquaculture on Benthic Communities. *Estuaries*, 18 (1A):124-144.
- Grant, J., 2000. Method of assessing mussel culture impacts for multiple estuaries (15) and associated culture sites for PEI. Unpublished report prepared for Habitat Management Division, Fisheries and Oceans Canada. 34 pp.
- Grenz, C. 1989. Quantification et de la biodeposition en zones de production conchylicole intensive en Méditerranée. Ph.D. thesis. Université d'Aix-Marseille II. 144 p.
- Hartstein, N. D. y A. A. Rowden, 2004. Effect of biodeposits from mussel culture on macroinvertebrate assemblages at sites of different hydrodynamic regime. *Marine Environmental Research*, 57 (5):339-357.
- Hartstein, N. D. y C. L. Stevens, 2005. Deposition beneath long-line mussel farms. *Aquacultural Engineering*, 33 (3):192-213.
- Hatcher, A., J. Grant y H. Schofield, 1994. Effects of suspended mussel culture (*Mytilus* spp.) on sedimentation, benthic respiration and sediment nutrient dynamics in a coastal bay. *Mar.Ecol.Prog.Ser.*, 115:219-235.
- Hawkins, A. J. S., B. L. Bayne, S. Bougrier, M. Heral, J. I. P. Iglesias, E. Navarro, R. F. M. Smith y M. B. Urrutia, 1998. Some general relationships in comparing the feeding physiology of suspension-feeding bivalve molluscs. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 219 (1-2):87-103.
- Haynes, R. y E. D. Barton, 1990. A poleward flow along the Atlantic coast of the Iberian Peninsula. *Journal of Geophysical Research*, 95 (C7):11425-11441.
- Hily, C., 1991. Is the activity of benthic suspension feeders a factor controlling water quality in the Bay of Brest? *Mar.Ecol.Prog.Ser.*, 69:179-188.
- Iribar, X. y M. Ibáñez, 1979. Subdivisión de la zona intermareal de San Sebastián en función de los datos obtenidos con mareógrafo. Primer Simposio Ibérico de Estudios del Bentos Marino: (2) 521-524.
- Irigoién, X., F. Ø, U. Cotano, A. Uriarte, P. Álvarez, H. Arrizabalaga, G. Boyra, M. Santos, Y. Sagarminaga, P. Otheguy, E. Etxebeste, L. Zarauz, I. Artetxe y L. Motos, 2007.

- Could Biscay Bay Anchovy recruit through a spatial loophole? Progress In Oceanography, 74:132-148.
- Jaramillo, E., C. Bertran y A. Bravo, 1992. Mussel biodeposition in an estuary in southern Chile. Mar.Ecol.Prog.Ser., 82:85-94.
- Jégou, A. M. y P. Lazure, 1995. Quelques aspects de la circulation sur le plateau atlantique. Actas IV Coloquio Internacional Sobre Oceanografica del golfo de Vizcaya 96-106. O. Cendrero y I. Olaso (Ed.). Santander 12-14 April 1994. Santander: IEO.
- Jorgensen, C. N., 1996. Bivalve filter feeding revisited. Mar.Ecol.Prog.Ser., 142:287-302.
- Karayücel, S. y I. Karayücel, 2000. The effect of environmental factors, depth and position on the growth and mortality of raft-cultured blue mussels (*Mytilus edulis*). Aquaculture Research, 31:893-899.
- Koutsikopoulos, C. y B. Le Cann, 1996. Physical processes and hydrological structures related to the Bay of Biscay anchovy. Scientia Marina, 60 (Suppl. 2):9-19.
- Lavín, A., L. Valdés, J. Gil y M. Moral, 1998. Seasonal and inter-annual variability in properties of surface water off Santander, Bay of Biscay, 1991-1995. Oceanologica Acta, 21 (2):179-190.
- Lazure, P., 1997. La circulation des eaux dans le Golfe de Gascogne. 10émes Rencontres Interregionales de l'AGLIA 83-88. Saint Jean de Luz.
- Lazure, P. y A. M. Jégou, 1998. 3D modelling of seasonal evolution of Loire and Gironde plumes on Biscay Bay continental shelf. Oceanologica Acta, 21 (2):165-177.
- Le Cann, B. y A. Serpette, 2009. Intense warm and saline upper ocean inflow in the southern Bay of Biscay in autumn-winter 2006-2007. Continental Shelf Research, 29:1014-1025.
- Leopold, L. B., 1971.. 1971. A procedure for evaluating environmental impact. USD Int. Geolog. Survey Circular 645, Washington. pp.
- M.O.P.T., 1992. ROM 0.3-91. Oleaje. Anejo I. Clima Marítimo en el Litoral Español. MOPT.Centro de Publicaciones, Secretaría General Técnica:76.
- Mariño, J., A. Pérez y G. Román, 1982. El cultivo del mejillón (*Mytilus edulis* L.) en la Ría de Arousa. Boletín del Instituto Español de Oceanografía, 7 (2):297-308.
- Mattsson, J. y O. Linden, 1983. Benthic macrofauna succession under mussels, *Mytilis edulis* L. (*Bivalvia*), cultured on hanging long-line. Sarsia, 68:97-102.
- Meeuwig, J. J., J. B. Rasmussen y R. H. Peters, 1998. Turbid waters and clarifying mussels: their moderation of empirical chl:nutrient relations in estuaries in Prince Edward Island, Canada. Mar.Ecol.Prog.Ser., 171:139-150.
- Morrisey, D. J., R. G. Cole, N. K. Davey, S. J. Handley, A. Bradley, S. N. Brown y A. L. Madarasz, 2006. Abundance and diversity of fish on mussel farms in New Zealand. Aquaculture, 252 (2-4):277-288.
- Muxika, I., A. Borja y J. Bald, 2007. Using historical data, expert judgement and multivariate analysis in assessing reference conditions and benthic ecological status, according to the European Water Framework Directive. Marine Pollution Bulletin, Implementation of the Water Framework Directive in European marine waters, 55 (1-6):16-29.

- Muxika, I., A. Borja y W. Bonne, 2005. The suitability of the marine biotic index (AMBI) to new impact sources along European coasts. *Ecological Indicators*, 5 (1):19-31.
- Nichols, F. H., 1985. Increased benthic grazing: an alternative explanation for low phytoplankton biomass in northern San Francisco Bay during the 1976-1977 drought. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 21:379-388.
- Officer, C. B., T. J. Sayda y R. Mann, 1982. Benthic filter feeding: a natural eutrophication control. *Mar.Ecol.Prog.Ser.*, 9:203-210.
- Ogilvie, S. C., A. H. Ross y D. R. Schiel, 2000. Phytoplankton biomass associated with mussel farms in Beatrix Bay, New Zealand. *Aquaculture*, 181 (1-2):71-80.
- Ogueta, S., 1994. Seguimiento del desarrollo gonadal y evaluación del nivel de reservas presentes en el manto del bivalvo *Mytilus Iloprovincialis* en relación a la polución bio-disponible en el estuario del Abra de Bilbao. Memoria para optar al grado de licenciado en Ciencias. Leioa, UPV. pp.
- Ospar-Commission, 2009. Assessment of the environmental impact of underwater noise. 436/2009, OSPAR. London (UK). 44 pp.
- Pascual, M., A. Borja, S. Vanden Eede, K. Deneudtc, M. Vincx, I. Galparsoro y I. Legorburua, 2011. Marine biological valuation mapping of the Basque continental shelf (Bay of Biscay), within the context of marine spatial planning. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 95:186-198.
- Peliz, A., J. Dubert, A. Miguel, P. Santos, P. B. Oliveira y B. L. Cann, 2005. Winter upper ocean circulation in the Western Iberian Basin-Fronts, Eddies and Poleward Flows: an overview. *Deep Sea Research I*, 52 (4):621-646.
- Peliz, A., T. L. Rosa, A. Miguel, P. Santos y J. L. Pissarra, 2002. Fronts, jets, and counter-flows in the Western Iberian upwelling system. *Journal of Marine Systems*, 35 (1-2):61-77.
- Penin, F. 1980. Le prisme littoral aquitaine: histoire holocène et évolution récente des environnements morphosédimentaires. Thèse 3 cycle, Université Bordeaux-I., n° 1577. 129 p.
- Pérez Camacho, A., R. Gonzalez y J. Fuentes, 1991. Mussel culture in Galicia (N.W. Spain). *Aquaculture*, 94 (2-3):263-278.
- Pérez, F. F., R. T. Pollard, J. F. Read, V. Valencia, J. M. Cabanas y A. F. Ríos, 2000. Climatological coupling of the thermohaline decadal changes in Central Water of the Eastern North Atlantic. *Scientia Marina*, 64 (3):347-353.
- Philippart, C. J. M., G. C. Cadée, W. Van Raaphorst y R. Riegman, 2000. Long-term phytoplankton-nutrient interactions in a shallow coastal sea: Algal community structure, nutrient budgets, and denitrification potential. *Limnol. Oceanogr.*, 45:131-144.
- Pillay, T. V. R., 1992. Aquaculture and the environment. Fishing News Books. Oxford, England. 189 pp.
- Pingree, R. D., 1993. Flow of surface waters to the west of the British Isles and in the Bay of Biscay. *Deep Sea Research II*, 40 (1-2):369-388.
- Pingree, R. D., 1994. Winter warming in the southern Bay of Biscay and Lagrangian eddy kinematics from a deep-drogued Argos buoy. *Journal of the Marine Biological Association of the U.K.*, 74:107-128.

- Pingree, R. D., 2002. Ocean structure and climate (Eastern North Atlantic): in situ measurement and remote sensing (altimeter). *Journal of the Marine Biological Association of the U.K.*, 82:681-707.
- Pingree, R. D. y B. Le Cann, 1989. Celtic and Armorican slope and shelf residual currents. *Progress In Oceanography*, 23:303-338.
- Pingree, R. D. y B. Le Cann, 1990. Structure, strength and seasonality of the slope currents in the Bay of Biscay region. *Journal of the Marine Biological Association of the U.K.*, 70:857-885.
- Pingree, R. D. y B. Le Cann, 1992. Three anticyclonic Slope Water Oceanic eddies (SWODDIES) in the Southern Bay of Biscay in 1990. *Deep Sea Research I*, 39 (1147-1175).
- Prints, T. C., A. C. Smaal y R. F. Dame, 1998. A review of the feedbacks between bivalve grazing and ecosystem processes. *Aquatic Ecology*, 31:349-359.
- Prints, T. C., V. Escaravage, A. C. Smaal y J. C. H. Peters, 1995. Nutrient cycling and phytoplankton dynamics in relation to mussel grazing in a mesocosm experiment. *Ophelia*, 41:289-315.
- Prints, T. C. y A. C. Smaal, 1994. The role of the blue mussel *Mytilus edulis* in the cycling of nutrients in the Oosterschelde estuary (The Netherlands). *Hydrobiologia*, 282-283 (1):413-429.
- Puillat, I., P. Lazure, A. M. Jegou, L. Lampert y P. I. Miller, 2006. Mesoscale hydrological variability induced by north-westerly wind on the French continental shelf of the Bay of Biscay. *Scientia Marina*, 70 (Suppl. 1):15-26.
- Puillat, I., P. Lazure, A. M. Jégou, L. Lampert y P. I. Miller, 2004. Hydrographical variability on the French continental shelf in the Bay of Biscay, during the 1990s. *Continental Shelf Research*, 24 (10):1143-1163.
- Riegman, R., A. a. M. Noordeloos y G. C. Cadee, 1992. Phaeocystis blooms and eutrophication of the continental coastal zones of the North Sea. *Mar.Biol.*, 112:479-484.
- Sara, G., A. Manganaro, G. Cortese, A. Pusceddu y A. Mazzola, 1998. The relationship between food availability and growth in *Mytilus galloprovincialis* in the open sea (southern Mediterranean). *Aquaculture*, 167 (1-2):1-15.
- Sfriso, A. y B. Pavoni, 1994. Macroalgae and phytoplankton competition in the central Venice lagoon. *Environmental Technology*, 15:1-14.
- Silvert, W. y J. W. Sowles, 1996. Modelling environmental impacts of marine finfish aquaculture. *J.Appl.Ichthyol.*, 12:75-81.
- Smaal, A. C., A. P. M. A. Vonck y M. Bakker, 1997. Seasonal variation in physiological energetics of *Mytilus edulis* and *Cerastoderma edule* of different size classes. *J.Mar.Biol.Assoc.U.K.*, 77:817-838.
- Solaun, O., J. Bald y A. Borja, 2003. Protocolo para la realización de los estudios de impacto ambiental en el medio marino. AZTI, Instituto Tecnológico y Pesquero (Ed). Bilbao. 79 pp.
- Tenore, K. R. y W. M. Unstan, 1973. Comparison of feeding and biodeposition of three Bivalves at Different Food Levels. *Mar.Biol.*, 21:190-195.
- Van Aken, H. M., 2002. Surface currents in the Bay of Biscay as observed with drifters between 1995 and 1999. *Deep Sea Research I*, 49:1071-1086.

- Van Erkom Schurink, C. y C. L. Griffiths, 1993. Factors affecting relative rates of growth in four South African mussel species. *Aquaculture*, 109 (3-4):257-273.
- Villalba, A., 1993. Estrategias reproductoras del mejillón (*Mytilus galloprovincialis*) cultivado en las Rías de Vigo, Arousa, Muros y Ares- Betanzos (Galicia, NW de España). *Actas del IV Congreso Nacional de Acuicultura*, Villagarcia de Arousa, 329-334 pp.. pp.
- Villalba, A., 1995. Gametogenic cycle of cultured mussel, *Mytilus galloprovincialis* in the Bays of Galicia (NW Spain). *Aquaculture*, 130: 269-277.
- Wgmasc, 2003. Working Group on Marine Shellfish Culture. ICES CM 2003/F:05. Trondheim, Norway. 50 pp.

ANEXO IV: DECLARACIÓN DE CUMPLIMIENTO DE LAS DISPOSICIONES DE LA LEY 22/1998

D. Leandro Azcue Mugika, en nombre y representación de la Dirección de Pesca y Acuicultura del Gobierno Vasco, con domicilio en Donostia-San Sebastian, 1, 01010 Vitoria-Gasteiz, Teléfono 945019650, en calidad de Director de dicha Dirección

D E C L A R A

Que el proyecto de “Polígono para el cultivo extensivo y comercial de moluscos-bivalvos en el tramo litoral de aguas interiores entre Ondarroa-Lekeitio (Bizkaia) y por medio de sistemas sumergidos *Longline*”, cumple con todas las disposiciones de la Ley de Costas y de las normas generales y específicas que se dictan para su desarrollo y aplicación, conforme se establece en el artículo 44.7 de la Ley 22/1988, de 28 de Julio, de Costas. El presente proyecto a su vez, ha integrado las necesidades de producción con las necesidades medioambientales a fin de no afectar a los descriptores de la Directiva Marco de la Estrategia Marina Europea (Directiva 2008/56/CE).

Y para que así conste, y surta los efectos oportunos ante quien proceda, firma la presente declaración en Lakua, a 31 de julio de 2016.

Fdo: Leandro Azcue Mugica
Director de Pesca y Acuicultura
Dpto. de Desarrollo Económico y Competitividad
Eusko Jaurlaritza – Gobierno Vasco

Agradecimientos

Queremos agradecer al Dr. Aitor Laza-Martínez (Laboratorio de Ecología, Universidad del País Vasco) su asesoría en micro-algas tóxicas.

Al personal de AZTI que ha participado en la obtención de datos, así como al mantenimiento de la instalación experimental, especialmente a Carlos Erauskir, Ekaitz Erauskir, Miguel Santesteban, Iker Urtizberea, Gaizka Bidegain, Inma Martín, Maite Cuesta.

El apartado sobre fitoplancton ha contado también con el apoyo científico de Oihane Muñiz Pinto, en formación predoctoral del Departamento de Desarrollo Económico y Competitividad del Gobierno Vasco. Queremos expresar también nuestro agradecimiento a Katerin Azpeitia, en formación predoctoral del Departamento de Educación, Universidades e Investigación del Gobierno Vasco, cuya aportación al conocimiento del ciclo biológico y del proceso productivo del mejillón ha sido fundamental.