



MEMBER OF  
BASQUE RESEARCH  
& TECHNOLOGY ALLIANCE

[www.azti.es](http://www.azti.es)

Revista de  
Investigación Marina  
[29.3]

## **Pasos hacia una acuicultura sostenible de moluscos bivalvos en mar abierto en la costa del País Vasco**

Izaskun Zorita  
Manuel González  
Oihana Solaun  
José Germán Rodríguez  
Marta Revilla  
Leire Arantzamendi  
Luis Ferrer  
Almudena Fontán  
Yolanda Sagarminaga  
Joana Larreta  
Joxe Mikel Garmendia

Izaskun Zorita, Manuel González, Oihana Solaun, José Germán Rodríguez, Marta Revilla, Leire Arantzamendi, Luis Ferrer, Almudena Fontán, Yolanda Sagarminaga, Joana Larreta, Joxe Mikel Garmendia. Pasos hacia una acuicultura sostenible de moluscos bivalvos en mar abierto en la costa del País Vasco. *Revista de Investigación Marina*, AZTI 29(3): 32-54

DOI: 10.34838/rim.2023.32m8-mv94

La serie '*Revista de Investigación Marina*', editada por la Unidad de Investigación Marina de AZTI, cuenta con el siguiente Comité Editorial:

**Editor:** Javier Franco

**Adjuntos al Editor:** Edorta Aranguena e Irantzu Zubiaur

**Comité Editorial:** Haritz Arrizabalaga  
Oihane C. Basurko  
Ángel Borja  
Guillem Chust  
Almudena Fontán  
Ibon Galparsoro  
Arantza Murillas

La '*Revista de Investigación Marina*' de AZTI edita y publica investigaciones y datos originales resultado de la Unidad de Investigación Marina de AZTI. Las propuestas de publicación deben ser enviadas al siguiente correo electrónico [jafranco@azti.es](mailto:jafranco@azti.es). Un comité de selección revisará las propuestas y sugerirá los cambios pertinentes antes de su aceptación definitiva.



Edición: 1.ª Septiembre 2023

© AZTI

ISSN: 1988-818X

Unidad de Investigación Marina

Internet: [www.azti.es](http://www.azti.es)

Edita: Unidad de Investigación Marina de AZTI

Herrera Kaia, Portualdea z/g

20110 Pasaia

Foto portada: AZTI. Trabajos con cuerdas y redes de cultivo de mejillón en la zona de Mendexa.

© AZTI 2023. Distribución gratuita en formato PDF a través de la web: [www.azti.es/RIM](http://www.azti.es/RIM)

## Pasos hacia una acuicultura sostenible de moluscos bivalvos en mar abierto en la costa del País Vasco

Izaskun Zorita<sup>1\*</sup>, Manuel González<sup>1</sup>, Oihana Solaun<sup>1</sup>, José Germán Rodríguez<sup>1</sup>, Marta Revilla<sup>1</sup>, Leire Arantzamendi<sup>1</sup>, Luis Ferrer<sup>1</sup>, Almudena Fontán<sup>1</sup>, Yolanda Sagarminaga<sup>1</sup>, Joana Larreta<sup>1</sup>, Joxe Mikel Garmendia<sup>1</sup>

### Resumen

Con el fin de proveer de una alternativa económica complementaria al sector pesquero del País Vasco durante las épocas de baja actividad se planteó, hace algo más de una década, el desarrollo de una acuicultura sostenible de moluscos bivalvos en zonas de mar abierto de la costa vasca. Este objetivo se englobaba en un contexto más amplio de declive mundial de las capturas, acompañado de una demanda cada vez mayor de proteína de origen marino y la necesidad de protección de los océanos. En este artículo se detallan las líneas de investigación en mar abierto en las que se está trabajando en AZTI desde entonces, para dar respuesta a los grandes retos a los que se enfrentaría un futuro sector acuícola en la costa vasca: 1) seguimiento y control de la zona de producción, 2) diversificación de la producción y 3) soluciones para una producción viable y sostenible. Así, se pretenden resumir los principales resultados de los trabajos realizados hasta el momento, que están publicados tanto en revistas científicas como en informes técnicos de AZTI, y que pueden ser de utilidad para identificar pasos futuros de cara a una mejor gestión de estas zonas, no solo en el País Vasco, sino también donde pueda haber interés por un desarrollo similar del sector acuícola.

**Palabras clave:** Acuicultura en mar abierto, Costa vasca, Moluscos, Líneas de investigación, Sostenibilidad.

### Abstract

In order to provide a complementary economic alternative to the fishing sector of the Basque Country during periods of low activity, the development of sustainable aquaculture of bivalve molluscs in open sea waters of the Basque coast was proposed more than a decade ago. This objective was part of a wider context of global decline in catches, accompanied by an increasing demand for marine protein and the need to protect the oceans. This article details the lines of research on which AZTI has been working since then, to respond to the major challenges that could face a future aquaculture sector of the Basque coast: 1) monitoring and control of the production area, 2) diversification of production and 3) solutions for sustainable production. Thus, we intend to summarize the main findings of the work carried out so far, which are published both in scientific journals and in AZTI technical reports, and which may be useful to identify future steps towards a better management of these areas, not only in the Basque Country, but also in other places where there may be interest in a similar development of the aquaculture sector.

**Keywords:** Offshore aquaculture, Basque coast, Molluscs, Research areas, Sustainability.

---

<sup>1</sup> AZTI-Marine Research Division, Basque Research and Technology Alliance (BRTA), Herrera Kaia, Portualdea z/g, 20110 Pasaia, Gipuzkoa, Spain  
\* Corresponding autor

## La acuicultura en mar abierto: sistema alimentario sostenible

En la última década, debido al declive de la actividad pesquera, se han desarrollado iniciativas para promover sistemas alimentarios sostenibles capaces de proporcionar al consumidor alimentos asequibles, seguros, saludables y respetuosos con el medio ambiente, tal y como apunta la estrategia “De la Granja a la Mesa” del Pacto Verde Europeo (COM, 2019). Esta estrategia señala la necesidad de rediseñar nuestros sistemas alimentarios, ya que hoy en día son responsables de casi un tercio de las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero que pueden provocar efectos nocivos en nuestra salud, consumen grandes cantidades de recursos naturales, provocan la pérdida de biodiversidad y no promueven unos medios de vida justos para todos (COM, 2019, 2020; Tubiello et al., 2021, 2022). Así, para obtener proteína de origen animal se está promoviendo la producción de especies de bajo nivel trófico con baja huella de carbono, como los moluscos bivalvos, para contribuir a una actividad más sostenible (Godfray et al., 2010; Troell et al., 2014; Buck et al., 2017; Gentry et al., 2020; Willer y Aldridge, 2020; Irigoien, 2022). La creciente demanda de proteína procedente de la acuicultura se prevé que desencadenará una expansión mundial del sector acuícola (DNV, 2021). De hecho, en 2020 de los 178 millones de toneladas de producción mundial de productos acuáticos, el 51% procedió de la pesca y el 49% de la acuicultura (FAO, 2022). Sin embargo, la diversificación y la intensificación de las actividades marítimas, entre otras la pesca y la acuicultura, pueden crear competencia por el espacio marino y derivar en presiones ambientales (Papageorgiou, 2016; Coccoli et al., 2018). Por esa razón, la expansión de la acuicultura desde la costa hacia mar abierto (*offshore*) se ve limitada en parte por los conflictos entre usuarios, los procesos administrativos y la capacidad de carga de la zona (Hofherr et al., 2015; Bostock et al., 2016). No obstante, en los últimos años, la acuicultura *offshore* y, en concreto, la producción de moluscos bivalvos está atrayendo cada vez más la atención de los investigadores, la industria y los responsables políticos, al considerarse como una oportunidad prometedora para diversificar la producción acuícola marina (Troell et al., 2009; van den Burg et al., 2017; Barillé et al., 2020). En el caso particular del País Vasco, este interés por la promoción de la acuicultura de moluscos bivalvos en mar abierto se ha visto reflejado en los Planes de Acuicultura y Pesca y en los sucesivos Planes Estratégicos para el Desarrollo de la Acuicultura en la CAPV, Comunidad Autónoma del País Vasco (Gobierno Vasco, 2014, 2022) considerándose como una clara apuesta para la diversificación económica de la actividad pesquera y acuícola. Así, se considera que esta actividad ostenta un gran potencial de innovación y ofrece la oportunidad de crecimiento sostenible al sector marino (Klinger et al., 2018; COM, 2021).

## Acuicultura de moluscos bivalvos

Los moluscos bivalvos filtradores son atractivos como especies candidatas para acuicultura, dado que al alimentarse del plancton disponible en el medio natural y no necesitar un aporte externo de alimento producen una huella ambiental menor que otros sistemas de producción de alimentos destinados al consumo humano, ofreciendo numerosos beneficios de sostenibilidad (Duarte et al., 2009; Godfray et al., 2010; Troell et al., 2014; Jacquet et al., 2017; Aubin et al., 2018). El cultivo de bivalvos marinos no precisa del uso de agua dulce, ni de pesticidas o fármacos (Godfray et al., 2010). Los bivalvos, además, contribuyen a la mitigación del impacto del cambio climático y de la eutrofización gracias al secuestro del carbono necesario para la formación de sus conchas de carbonato cálcico y a la extracción de nutrientes (N y P) de la columna de agua (Filgueira et al., 2015, 2019; Aubin et al., 2018). Asimismo, proporcionan una rica fuente de ácidos grasos esenciales y micronutrientes (Larsen et al., 2011; Willer y Aldridge, 2020; Monizzuraman et al., 2021), y su consumo se asocia a varios beneficios para la salud, incluida la reducción de la incidencia de enfermedades cardiovasculares (Larsen et al., 2011). Entre las especies de bivalvos filtradores, el mejillón tiene gran interés comercial, debido a su rápido crecimiento, estimado en unos 14-18 meses (Azpeitia et al., 2016), y su alta demanda (Labarta y Fernández-Reiriz, 2019). Galicia es la principal región productora de mejillón a nivel nacional y europeo cubriendo el 97% de la producción nacional, el 40% de la producción europea y el 15% de la mundial (Labarta y Fernández-Reiriz, 2019; APROMAR, 2020). En la actualidad, cuenta con alrededor de 3.300 bateas productoras y una producción de unas 220 000 – 300 000 toneladas anuales (Labarta, 2004; Franco, 2006; Labarta y Fernández-Reiriz, 2019; APROMAR, 2022).

## Primeros pasos de la acuicultura de moluscos bivalvos en mar abierto en la costa vasca

Galicia y la costa atlántica francesa, regiones cercanas a la costa vasca, son referentes en la producción de mejillón y ostra, respectivamente (Bostock et al., 2016). En estas regiones la producción se lleva a cabo mayoritariamente en zonas abrigadas consideradas de baja energía (ría, bahías, estuarios, etc.). La implementación de la acuicultura de bivalvos en mar abierto en el País Vasco ha supuesto un gran reto, ya que para crear este nuevo sector fue necesario considerar muchos factores: desde dónde y cómo ubicar las infraestructuras para la producción de moluscos, hasta cómo transformar y comercializar el producto una vez extraído. Además, la cadena de valor aún estaba por desarrollar y consolidar. Los primeros estudios relacionados con la acuicultura de moluscos bivalvos en mar abierto en Euskadi empezaron en 2009. Concretamente, los primeros trabajos llevados a cabo estaban relacionados con la Planificación Espacial Marina para seleccionar los lugares

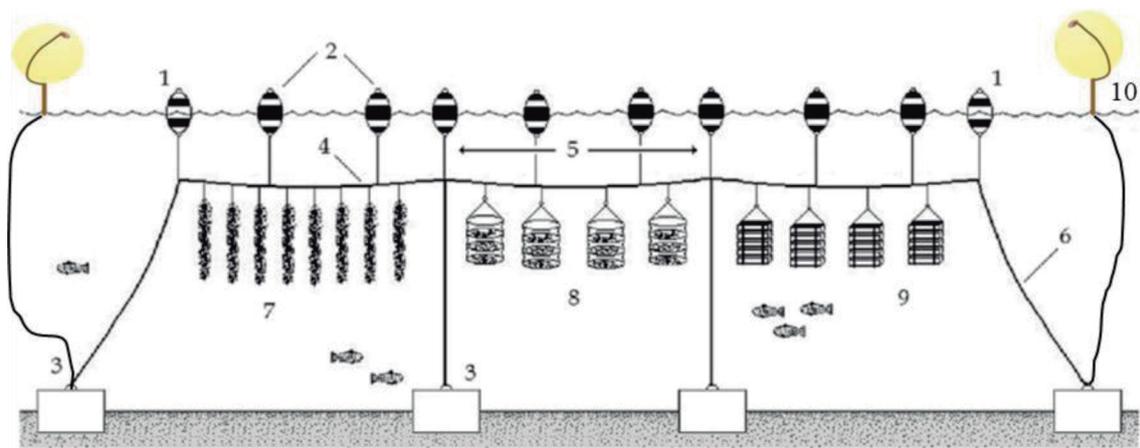


Figura 1. Esquema de un sistema *longline* (adaptado de Saba, 2012). 1: Boyas de cabezera; 2: Boyas de flotación; 3: Fondeos; 4: Línea madre; 5: Líneas centrales; 6: Línea de fondeo; 7: Cuerdas de cultivo; 8: Linternas; 9: Nasas; 10: Boyas de señalización.

más adecuados para instalar sistemas suspendidos o *longlines* sumergidos (Mendiola et al., 2011). Un *longline* o cultivo suspendido consiste en una serie de cuerdas que están ancladas con fondeos y se sujetan por boyas. De la cuerda madre cuelgan a su vez otras cuerdas, de las cuales se pueden suspender cestas ostrícolas, linternas, nasas o cuerdas para crecimiento de bivalvos (Figura 1).

De todos los lugares de la costa vasca estudiados, el tramo litoral entre Lekeitio y Ondarroa, al que se conoce como Cala Sagustan o Mendexa, fue el que resultó más apropiado por situarse lejos de actividades humanas incompatibles con la acuicultura (ocio, turismo, navegación, dragados, vertidos de aguas residuales, etc.) y por encontrarse fuera de espacios marinos protegidos (Gobierno Vasco, 2014). La única actividad humana que mostró conflicto de uso con la actividad acuícola fue la pesca, ya que en la zona de Mendexa se observa una actividad intensa ejercida por el sector pesquero artesanal del País Vasco, fundamentalmente rederos, pequeños palangreros y nasas (Murillas et al., 2016; Sanjaya, 2016; Coccoli et al., 2018).

Así, en 2011 AZTI solicitó la autorización de actividad de una zona de experimentación de acuicultura marina a 2 millas náuticas de Mendexa, que fue concedida tras unos 12 meses (Mendiola et al., 2011, 2012). La instalación de la zona experimental de Mendexa facilitó el desarrollo de diferentes proyectos de investigación desde 2013, que han permitido estudiar la viabilidad del cultivo de mejillón en mar abierto en la costa vasca con un abordaje multidisciplinar e integral incluyendo diferentes aproximaciones. En estos proyectos se ha ido recabando información sobre su crecimiento, perfil bioquímico y composición de ácidos grasos (Azpeitia et al., 2016), la percepción sensorial del consumidor (Azpeitia et al., 2017a), la vida útil del producto (González et al., 2020), el ciclo reproductivo de las poblaciones de mejillones de la costa vasca (Cuevas et al., 2015; Azpeitia et al., 2017b; Zorita et al., 2022a) y el patrón de asentamiento y reclutamiento de la semilla de mejillón (Azpeitia et al., 2019; González et al.,

2020). Por otra parte, puesto que la obtención de semilla de mejillón está siendo cada vez más complicada (Tirado y Macías, 2006; Avdelas et al., 2021; South et al., 2021; Skelton et al., 2022), se ha evaluado el uso de cuerdas hechas con diferentes materiales y rugosidades para captar semilla (Azpeitia et al., 2019; González et al., 2020, proyectos MUSSELS, BLUNET y BIOGEARS), al igual que en otras partes del mundo (Babarro et al., 2000; Kamermand et al., 2002; Pérez-Camacho y Labarta, 2004; Filgueira et al., 2007; Molinet et al., 2021). También, se han estudiado las comunidades del fitoplancton de la zona para evaluar los recursos tróficos y la posible presencia de fitoplancton productor de toxinas, a la vez que se han caracterizado las condiciones hidrográficas (Muñiz et al., 2017, 2019; Bilbao et al., 2020; Revilla et al., 2020; Zorita et al., 2022a). Además, para poder declarar la zona de Mendexa como Zona de Producción de Moluscos (ZPM) se puso en marcha un sistema de monitoreo para evaluar la calidad microbiológica (*Escherichia coli* y *Salmonella*) y la presencia de contaminantes químicos (mercurio, cadmio, plomo, hidrocarburos poliaromáticos, policlorobifenilos y dioxinas) en moluscos bivalvos. Los resultados obtenidos indicaron que se trataba de una zona con muy baja carga de contaminación fecal y contaminantes químicos, por lo que de forma generalizada no sería necesaria una depuración de los moluscos destinados a consumo humano, según lo establecido en la normativa correspondiente (Reglamento de Ejecución (UE) 2019/627 de la Comisión de 15 de marzo 2019). Así, en 2016 con la información recabada en los primeros años de monitoreo (Rodríguez et al., 2014) el tramo litoral entre Ondarroa y Lekeitio se declaró como ZPM y se clasificó como zona A, es decir, una zona en la que pueden recolectarse moluscos bivalvos vivos para el consumo humano directo (BOPV N° 9, del 15 de enero de 2016). El área total de ocupación del Dominio Público Marítimo y Terrestre (DPMT) para la ZPM es de 290 ha, en la que se incorpora el sistema de señalización y balizamiento correspondiente, siendo el área efectiva destinada a la producción de 214 ha (Figura 2).

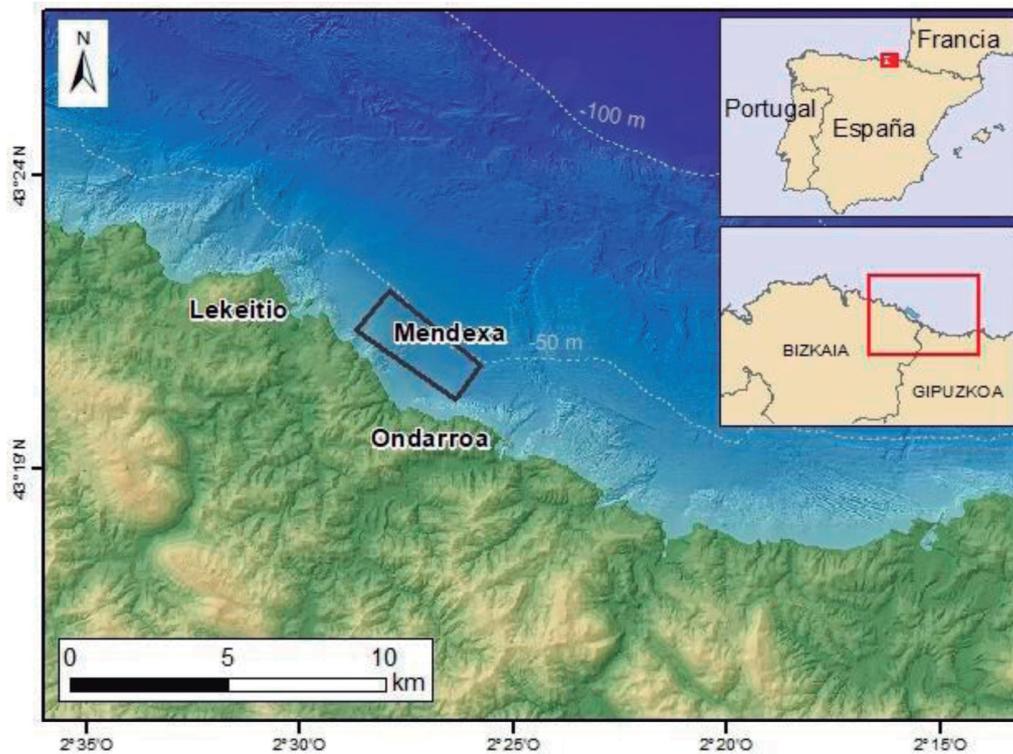


Figura 2. Localización de la zona de producción de moluscos en el tramo litoral entre Ondarrea y Lekeitio (Mendexa).

Ese mismo año, en 2016, en el puerto de Mutriku se instaló una batea como zona experimental en aguas abrigadas y como posible zona de apoyo a la producción en caso de empeoramiento de las condiciones de mar. Sin embargo, debido a que la zona se encuentra bajo la influencia de la Estación Depuradora de Aguas Residuales (EDAR) de Mutriku, no cumpliría todos los requisitos sanitarios para poder ser clasificada como zona A; lo que implica que antes de consumir el producto producido en la batea, debería depurarse en depuradora o en una zona de reinstalación (en función de cómo fuese clasificada la zona). Aun así, debido a su proximidad a costa y accesibilidad, la batea se ha usado como zona de experimentación para evaluar la viabilidad de diferentes especies de cultivo (Zorita et al., 2022b), la densidad óptima de cultivo de ostras (Zorita et al., 2019b, 2021a), diferentes tecnologías de cultivo (Zorita et al., 2022b), y para realizar estudios de formación del *biofouling* y de envejecimiento de plásticos.

Las investigaciones llevadas a cabo suscitaron el interés de inversores y en 2017 se realizó un estudio de impacto ambiental del proyecto de instalación de un cultivo de mejillón mediante 12 *longlines* en la zona de Mendexa anteriormente señalada. En dicho estudio se identificaron los mayores impactos, se propusieron medidas correctoras y planes de vigilancia ambiental y se concluyó que el impacto era asumible (Menchaca et al., 2017). Así, en 2018, se autorizó la actividad de una primera empresa para la producción de mejillón (*Mytilus galloprovincialis*) y se ocuparon 4 de las 52 parcelas de producción (unidad de establecimiento útil o unidad productiva

mínima de 1 ha) previstas, las más próximas a la costa (Figura 3). En caso de que existiera interés por desarrollar cualquier actividad de producción en las parcelas libres, se deberían solicitar las correspondientes autorizaciones.

Desde que comenzaron los estudios relacionados con la acuicultura en mar abierto en el País Vasco, se ha tratado de dar respuesta o solución a problemas a los que podría enfrentarse el emergente sector de la acuicultura de bivalvos *offshore*. En este sentido se han identificado diferentes líneas de investigación para las que, a continuación, se describen los desarrollos realizados.

### Tecnologías de cultivo

Tal como se ha descrito, en el País Vasco se han desarrollado dos instalaciones experimentales para realizar estudios relacionados con la acuicultura de moluscos bivalvos, un *longline* en mar abierto en Mendexa y una batea en el puerto de Mutriku. El *longline* diseñado para la zona experimental de Mendexa (Figura 4) es diferente a otros instalados en otras zonas, como por ejemplo en Nueva Zelanda (Jeffs et al., 1999) o Italia (Martini et al., 2022), ya que se localiza en una zona profunda (35–50 m de profundidad), muy expuesta a corrientes y oleaje, y es mucho más exigente en lo que respecta a criterios de resistencia a la energía del oleaje que lo descrito por Ryan (2004), habiendo llegado a soportar olas de hasta 9 m de altura. Por ello, su diseño y construcción se considera un logro, ya que no existe ninguna instalación similar en el golfo de Vizcaya,

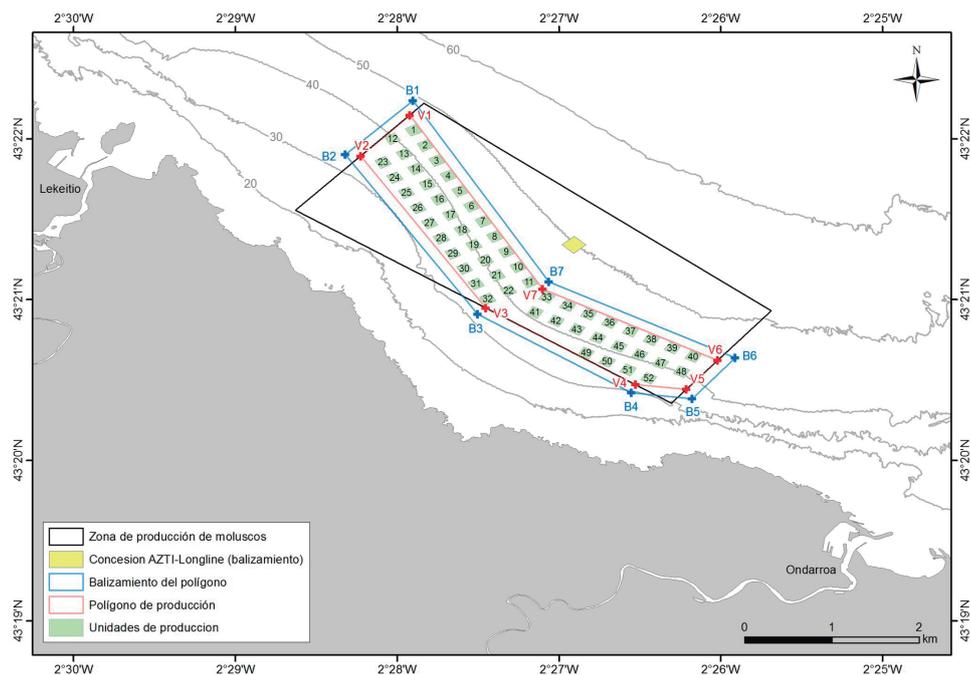


Figura 3. Distribución de las parcelas de producción en la ZPM de Mendexa. Las parcelas 49 a 52 están ocupadas por la empresa instalada en la zona. Se incluye la localización del *longline* experimental de AZTI.

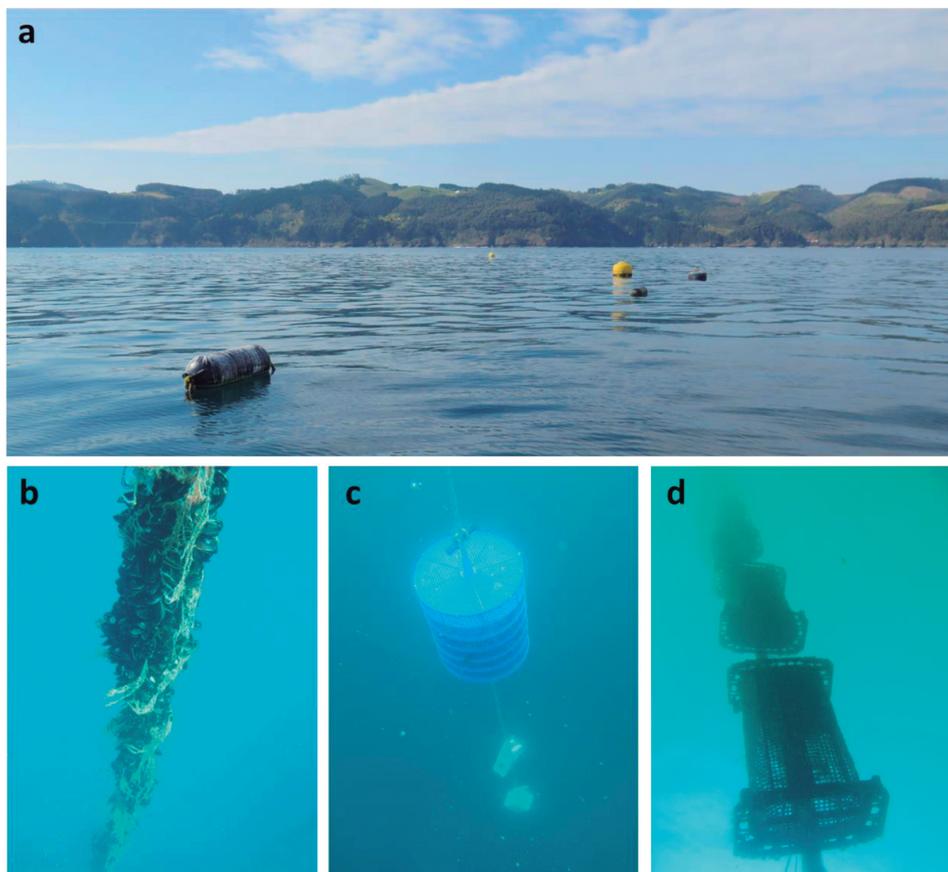


Figura 4. Zona de experimentación de acuicultura de Mendexa. (a) Aspecto de la instalación desde superficie, y desde debajo del agua mostrando (b) una cuerda suspendida del *longline* con mejillones, (c) una cesta ostrícola con ostras y (d) una nasa con zamburiñas.



Figura 5. Aspecto de la batea experimental para acuicultura instalada en la parte exterior del puerto de Mutriku.

independientemente de que desde el inicio de la actividad la instalación haya sufrido daños por el oleaje (principalmente pérdida de varias boyas y cabos). El avance tecnológico en este tipo de sistemas de cultivo ha conseguido ampliar la producción de acuicultura hacia zonas oceanográficamente más expuestas (Araujo et al., 2018), en nuestro caso, una parcela de cultivo experimental de una hectárea. Los cultivos suspendidos para la producción de moluscos bivalvos se están impulsando cada vez más en mar abierto porque se basan en una producción sostenible y de bajo impacto ambiental (Gibbs, 2004; Pogoda et al., 2011) y es una tecnología por la que, previsiblemente, se apostará en el futuro (Bostock et al., 2016).

Las bateas son unas plataformas flotantes, normalmente de madera de eucalipto, fondeadas en aguas costeras, que se utilizan sobre todo en las Rías Baixas de Galicia para el cultivo del mejillón (OESA, 2017; Labarta y Fernández-Reiriz, 2019). A diferencia de la mayoría de las bateas de Galicia, la batea de Mutriku está construida con hormigón de altas prestaciones, siendo más resistente y menos resbaladiza (Figura 5).

### Seguimiento y control de la zona de producción

Uno de los principales retos al que se enfrenta el sector del mejillón para comercializar el producto es la gestión de las biotoxinas (Labarta y Fernández-Reiriz, 2019). Las biotoxinas marinas son compuestos tóxicos producidos por algunas especies planctónicas unicelulares, principalmente del grupo de las diatomeas y dinoflagelados, que se acumulan en organismos marinos destinados a consumo humano, y pueden dar lugar a diferentes cuadros y grados de intoxicación, como diarreas, parálisis o amnesia, por lo que representan una amenaza para la salud humana (FAO, 2005; Nicolas et al., 2017). La frecuencia

de episodios con presencia de biotoxinas en moluscos se cree que aumentará como consecuencia del cambio climático global y esto preocupa al sector ya que puede incrementar la frecuencia de cierres de polígonos de producción de moluscos (Edwards et al., 2006; Gobler et al., 2017; Avdelas et al., 2021). A diferencia de la contaminación fecal, la depuración en tanques no se considera viable para reducir las concentraciones de biotoxinas hasta niveles seguros (Lee et al., 2010). Tampoco los tratamientos térmicos (fritura, cocción, etc.) eliminan el peligro de intoxicación, al ser sustancias termoestables en mayor o menor medida (FAO, 2005). Por ello, para garantizar la seguridad alimentaria, se realizan controles exhaustivos en las zonas de producción de moluscos, por ejemplo, en Galicia a través de la red de monitoreo implementada por el centro INTECMAR o en Francia a través de la red de monitoreo REPHY. En Euskadi se han iniciado las acciones de monitoreo en el ámbito de proyectos de investigación e innovación en el sector acuícola (Muñiz et al. 2017, 2019; Bilbao et al., 2020; Revilla et al., 2020; Zorita et al., 2022a). El Reglamento Europeo 2019/627 obliga a los Estados Miembros a vigilar la presencia de biotoxinas en los moluscos bivalvos y a tomar muestras de agua de las zonas de producción para detectar la presencia de plancton productor de biotoxinas. Al igual que en otras zonas del Atlántico de Europa (Prou y Gouilletquer, 2002; Bresnan et al., 2021; Fernandes-Salvador et al., 2021), la comercialización de bivalvos en la costa vasca ha sufrido cierres debido a que se han superado los límites establecidos en la legislación europea en cuanto a concentraciones de biotoxinas (Zorita et al., 2022a), con la consiguiente repercusión económica en los productores (Prou y Gouilletquer, 2002; Mizuta y Wikfors, 2020). Desde que se puso en marcha la comercialización del

producto de Mendexa, la información de los episodios se ha integrado en el sistema HAEDAT, cuyo fin es reportar datos a escala mundial de problemas relacionados con el fitoplancton (Bresnan et al., 2021). El número de episodios reportados para Mendexa en esa base de datos se encuentra en el mismo rango que el resto de los países del área NEA (*Northeast Atlantic*). En Euskadi la mayoría de los datos de biotoxinas recabados son de mejillón y todavía no se conoce con precisión la duración y frecuencia de estos episodios, aunque sí se vislumbran algunos patrones estacionales. De acuerdo con Zorita et al. (2022a), entre las toxinas lipofílicas, el ácido okadaico (AO), que produce el síndrome diarreico o DSP (Yasumoto et al., 1985; FAO, 2005), es la que de forma más frecuente supera el límite legal. Esto ocurre principalmente en los meses de primavera y parece alcanzar mayores concentraciones en el mejillón que en la ostra. Se ha observado que, en menos de 48 horas se puede pasar de no detectar la biotoxina ( $<40 \mu\text{g eq. AO}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) a que supere el límite legal en mejillón ( $>160 \mu\text{g eq. AO}\cdot\text{kg}^{-1}$ ). Entre las dinofisistoxinas (otras toxinas DSP del grupo okadaico) se ha detectado DTX2, pero solo en dos ocasiones y en concentraciones muy bajas ( $25\text{-}59 \mu\text{g eq. AO}\cdot\text{kg}^{-1}$ , en mayo de 2022). Las yesotoxinas, otras biotoxinas lipofílicas, se han detectado desde 2015 generalmente en concentraciones muy bajas, pero en 2021 superaron el límite legal (en junio y octubre). El resto de las toxinas lipofílicas legisladas (azaspirácidos) nunca han superado siquiera el límite de cuantificación en las muestras analizadas desde 2015. Las toxinas paralizantes (PSP) se han detectado en diferentes épocas del año, pero solo han superado el límite legal en otoño de 2018 y 2019, estando también muy cerca de superarlo en invierno de 2022. Los dos primeros episodios de PSP de Mendexa se identificaron mediante el bioensayo con ratón (método oficial hasta entonces) y fueron confirmados con métodos químicos por Rodríguez-Cabo et al. (2021), quienes también detectaron toxinas PSP en otras zonas del Cantábrico. Por otro lado, se han detectado toxinas amnésicas (ASP) con una frecuencia mínima y en la serie de datos disponible desde finales de 2013 hasta la fecha de redacción de este documento solo han superado el límite legal en una ocasión (marzo de 2023). La presencia de biotoxinas, especialmente las diarreicas, es también una limitación para la producción de mejillones en zonas *offshore* de Portugal, donde se han registrado cierres entre mayo y noviembre (Araujo et al., 2018), y en las rías gallegas (Álvarez-Salgado et al., 2008, 2011). Según la revisión de Bresnan et al. (2021), en las costas atlánticas de Europa hay varias especies potencialmente productoras de toxinas DSP, siendo *Dinophysis acuminata* la que más se asocia con los episodios tóxicos, seguida de *D. acuta*. En la zona litoral del País Vasco las mayores acumulaciones de AO en mejillón han coincidido con incrementos en el agua de *D. acuminata* a finales de invierno o en primavera (p.ej., Muñiz et al., 2019; Zorita et al., 2022a), patrón que se asemeja al de la costa francesa cercana, como en la bahía de Arcachon (Maurer et al., 2010; REPHYTOX, 2021). En el golfo de Vizcaya, el transporte de células por las corrientes se ha visto como un factor importante a la hora de explicar la distribución de las poblaciones de *Dinophysis*

(Batifoulier et al., 2013; Hariri et al., 2022). Otras especies DSP (*Dinophysis acuta*, *D. caudata*, *D. fortii*, *D. tripos*, etc.), aunque frecuentes en la costa vasca (Muñiz et al., 2017), no han podido relacionarse hasta ahora con episodios tóxicos. En cambio, en Galicia *D. acuta* aparece algunos años en otoño y se ha relacionado allí con concentraciones importantes de DTX2, toxina que también afecta a la costa de Portugal (Rodríguez et al., 2015).

Las técnicas de identificación taxonómica usadas por el momento para la vigilancia del fitoplancton tóxico en Mendexa no permiten alertas tempranas, pues un laboratorio estándar tarda como mínimo 2-3 días en aportar los datos. Además, con los métodos rutinarios de microscopía no siempre se puede llegar al nivel de especie, como es el caso de los dinoflagelados del género *Alexandrium*. Esto es especialmente importante, ya que en Mendexa se han dado episodios de PSP en otoño – invierno en los cuales es muy probable que estuvieran implicadas algunas especies de este género (Ferrer et al., 2019; Rodríguez-Cabo et al., 2021) o de *Centrodinium* (A. Laza-Martínez, UPV/EHU, comunicación personal), que es filogenéticamente cercano (Li et al., 2019; Shin et al., 2020). Por ello, se recomienda desarrollar técnicas de identificación más rápidas y específicas que ayuden a la toma de decisiones (i.e., técnicas de biología molecular, kits de detección temprana, técnicas analíticas alternativas a las legalmente admitidas, etc.). Hoy en día todos estos desarrollos forman parte de numerosas e importantes líneas de I+D+i, especialmente desde inicios de este siglo, en los que la investigación global sobre la floración de algas tóxicas se disparó debido al amplio aumento de incidentes de toxicidad en humanos, ganado y vida silvestre (Sha et al., 2021).

En el 2020, se comenzó a trabajar en el desarrollo de un sistema integrado de observación marina para predecir el riesgo de la aparición de eventos tóxicos (EWS, *Early Warning System*) en la zona de Mendexa. Dicho sistema se basa en la combinación de cuatro fuentes de información: (i) datos específicos tomados *in situ*, (ii) simulaciones de modelos numéricos, (iii) datos satelitales y (iv) datos procedentes de fuentes externas (Figura 6). Entre los datos *in situ* se encuentran los registros quincenales o mensuales de datos hidrográficos y bioquímicos (temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, concentración de clorofila-a, transmitancia, radiación fotosintéticamente activa y pH) registrados en la columna de agua mediante sonda hidrográfica Sea-Bird SBE-25 CTD (acrónimo en inglés de Conductividad, Temperatura y Profundidad) desde diciembre de 2017 en la zona. Además, en enero de 2021 se instaló en el *longline* un sensor subsuperficial (~3 m de profundidad) Cyclops-7 Logger con un sensor acoplado de temperatura Aquatec que registra datos de alta frecuencia (cada 10 minutos) de fluorescencia y temperatura. En octubre de 2021, el sistema de adquisición de datos *in situ* se complementó con la instalación de un sensor de pH SAMI2-pH (Sunburst) junto con un CT (Conductividad y Temperatura) Sea-Bird a 20 m de profundidad que registra medidas 10-minutales. Estos datos se complementan con predicciones horarias de un modelo costero hidrodinámico 3D (CROCO),

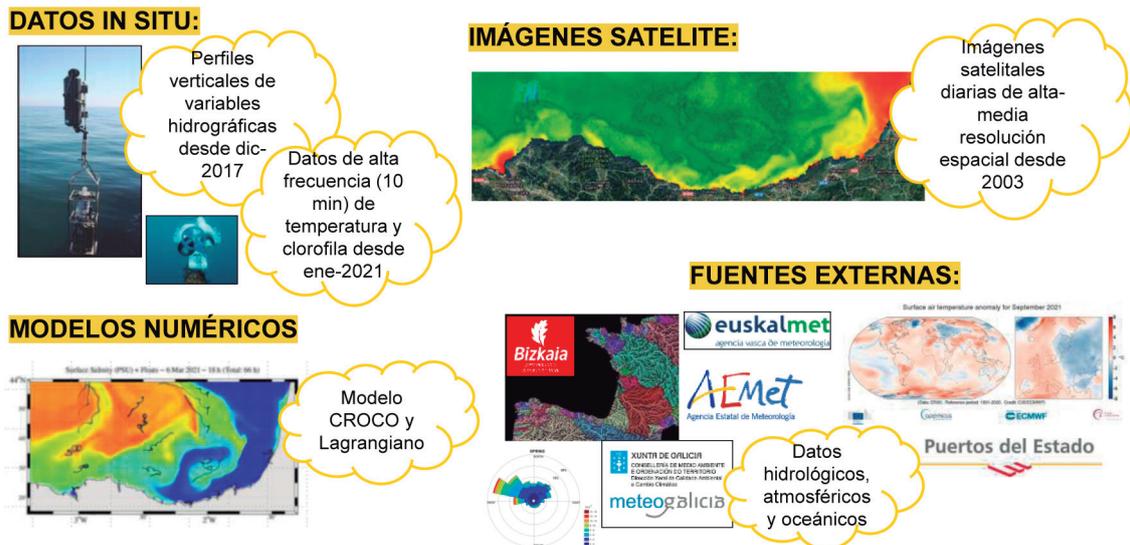


Figura 6. Sistema integrado de observación marina establecido en Mendexa.

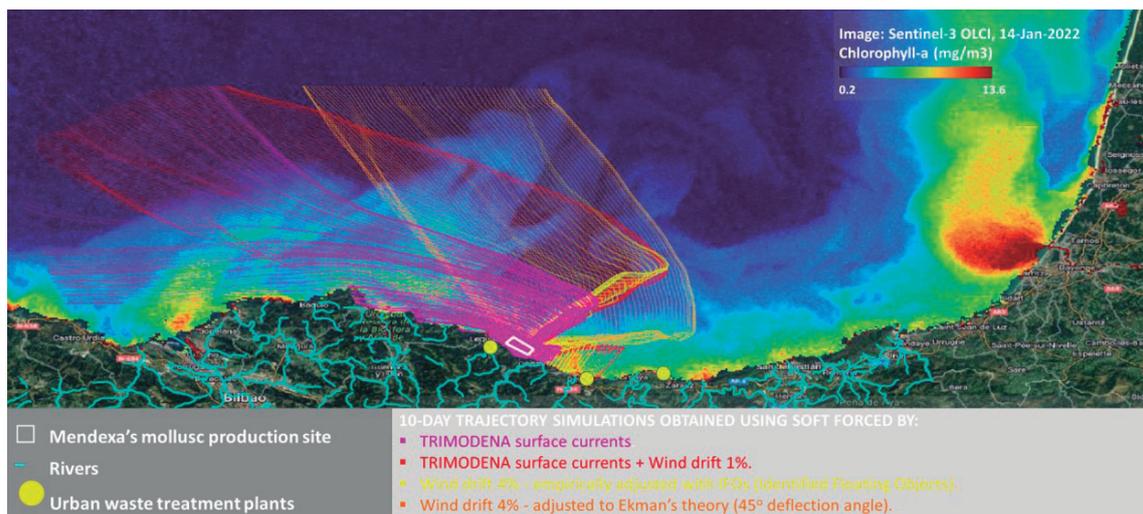


Figura 7. Simulaciones de trayectorias durante los 10 días previos al episodio de toxinas paralizantes del 18 de enero de 2022, superpuestas con la imagen satelital de clorofila del 14 de enero de 2022 (Sentinel3- OLCI).

simulaciones de trayectorias de un modelo lagrangiano de seguimiento de partículas (SOFT) calibrado y validado con boyas de deriva, imágenes diarias satelitales de alta y media resolución de distintas misiones espaciales (MODIS-AQUA, MODIS-TERRA, VIIRS, Sentinel-2 y Sentinel-3). También, se han complementado con datos de fuentes externas relativos a observaciones meteorológicas (viento, precipitación, temperatura atmosférica e insolación), de aportes fluviales (caudal y nutrientes) y de oleaje, procedentes de estaciones meteorológicas e hidrológicas cercanas y de una boya de aguas profundas, proporcionados por diferentes organismos (Euskalmet, AEMET; Puertos del Estado, MeteoGalicia, etc.) (Zorita et al., 2022a).

Este sistema de observación ha permitido conocer las características y peculiaridades hidrometeorológicas e hidrográficas de la zona de interés. Asimismo, ha

permitido determinar, por ejemplo, que las condiciones hidrometeorológicas antes y durante la aparición de *D. acuminata* en primavera sugieren que su presencia se produce en condiciones de homogeneidad térmica y estratificación halina, en la época en la que se produce la floración primaveral en el golfo de Vizcaya (García-Soto y Pingree, 2009). Sin embargo, la utilización de la clorofila como señal de alerta es discutible, ya que este parámetro no siempre es un buen predictor para la abundancia y toxicidad de *Dinophysis* (Raine, 2014). La aparición de *D. acuminata* en densidades celulares por encima del umbral de 100 células·L<sup>-1</sup> se asocia en Mendexa a condiciones atmosféricas más frías de lo habitual que, a su vez, se relacionan con el predominio de vientos de componente norte. La advección inducida por estos vientos podría favorecer el transporte de *D. acuminata* desde mar abierto hasta la zona costera (Zorita et al., 2022a). Por otra

parte, este sistema también ha permitido determinar que la alta presencia de toxinas paralizantes detectadas el 18 de enero de 2022 coincidió con un pico de fluorescencia *in situ*, y con precipitaciones frecuentes y altas temperaturas 10 días antes. Aunque el estudio no determinó de manera fehaciente las causas medioambientales del episodio, permitió establecer el posible origen geográfico de las células generadoras de la toxina en función del periodo de crecimiento de las especies implicadas: zona costera próxima al estuario de Ondarroa si el *bloom* se inició en las 84 horas previas al pico, y zonas de mar abierto al noroeste de Mendexa, si el *bloom* se inició antes (Ferrer et al., 2022; Sagarminaga et al., 2022) (Figura 7).

Dentro de estos sistemas de observación, la instrumentación continua *in situ*, permite identificar de manera más precisa la probabilidad de ocurrencia de distintos episodios tóxicos en el área de producción. En este sentido, el desarrollo y la instalación de sensores autónomos con *data logger* como el instalado en Mendexa, complementados con sistemas de comunicación de datos en tiempo real, podrían suponer un gran avance en la predicción de episodios tóxicos y en la obtención e integración de estos datos en otros campos de investigación marina (Buck et al., 2019; Clay et al., 2021). La integración de estos datos con los modelos oceanográficos predictivos o de reanálisis y con las imágenes de satélite se perfila como elemento clave para el desarrollo de los sistemas de alerta temprana (EWS), como los desarrollados principalmente en zonas de alta producción acuícola como Galicia, Irlanda, Escocia, Chile o Francia. Estos sistemas resultan útiles como herramienta destinada a gestores y productores para la predicción espacio-temporal de riesgos y cierres, y para la planificación comercial y de extracción (Stumpf et al., 2009; Raine et al., 2010; Cusack et al., 2016; Dabrowski et al., 2016; Davidson et al., 2021).

Actualmente, y puesto que aún no se dispone de conocimiento suficiente ni de herramientas rápidas y precisas para predecir el riesgo de estos episodios tóxicos en la costa vasca, los productores deben analizar cada lote antes de su comercialización para garantizar la seguridad alimentaria (o muestras tomadas en días previos, según época del año), lo que dificulta y encarece todo el proceso. Además, en 2021 mediante el Reglamento (UE) 2021/1709, cambió la normativa sobre el método de detección de las toxinas PSP y se eliminó el hasta entonces utilizado bioensayo rápido con ratón para su evaluación (Bresnan et al., 2021). Desde entonces, esta biotoxina se analiza con métodos químicos que pueden necesitar hasta 10 días para disponer del resultado, lo que puede implicar que el producto extraído para consumo en fresco deba estar mantenido, generalmente en depuradora, hasta su venta. Este cambio normativo hace que el negocio de venta de mejillón en fresco sea casi inviable en épocas en las que es probable la presencia de biotoxinas, debido a que elevados tiempos de espera en una depuradora suelen conllevar una merma en la carne y pérdida de su calidad, especialmente en época de puesta, aunque también en menor grado, a lo largo de todo el año. Hay que tener en cuenta que existe un porcentaje de mejillones que se encuentran en puesta continua (Zorita et al., 2022a). Una solución a este problema podría ser la realización

de un análisis de riesgo, ya que un buen conocimiento de las tasas de acumulación de biotoxinas podría permitir la venta de mejillón en épocas de bajo riesgo. Para ello, sería necesario recabar datos de biotoxinas y fitoplancton tóxico durante días consecutivos a lo largo de un periodo de suficiente longitud, de manera que se pudiera determinar el tiempo necesario desde la aparición del fitoplancton tóxico hasta la acumulación y detoxificación de biotoxinas en mejillones. De esta forma se podría conocer la cinética de acumulación y detoxificación y las épocas de mayor riesgo de este tipo de eventos tóxicos y se podría predecir si los niveles de biotoxina cumplirían con los límites legales o no. Otra solución podría ser el empleo, de forma complementaria, de *kits* comerciales que se usan como *screening* y proporcionan resultados en 3–4 h (Johnson et al., 2016a,b; Turner y Goya, 2016), contribuyendo a la toma de decisiones por los productores. Si bien estos *kits* todavía no están aceptados como técnicas validadas en la normativa vigente, el productor los podría utilizar para saber si le compensa sacar el producto para congelar o para conserveras, ya que cuando los *kits* rápidos indican que el riesgo de biotoxina es bajo, la probabilidad de tener que destruir el lote es *a priori* baja. Sin embargo, la utilidad de los *kits* rápidos debe ser contrastada de forma rigurosa en un amplio abanico de situaciones.

Por otra parte, en Euskadi la falta de centros auxiliares (i.e., centros de expedición y laboratorios acreditados) dificulta el desarrollo de la actividad acuícola ya que el envío de muestras a laboratorios situados fuera de Euskadi dilata todo el proceso.

### Diversificación de la producción

Una de las alternativas para minimizar el impacto de los cierres de la zona por presencia de biotoxinas podría ser la diversificación de especies, puesto que el polígono de producción podría estar cerrado para una especie, pero no para otra, ya que el grado de afección de las toxinas en moluscos depende de la especie (Hégaret et al., 2007). Por ello, la diversificación de especies es una línea de investigación promovida por los Planes Estratégicos de Acuicultura y las diferentes ayudas al sector de la acuicultura (FAO, 2017; MAPAMA, 2018). Entre las alternativas posibles para diversificar la acuicultura en la costa vasca se ha evaluado la viabilidad de especies de bajo nivel trófico como la ostra rizada o japonesa o del Pacífico (*Magallana gigas*), la ostra plana europea (*Ostrea edulis*), la zamburiña (*Mimachlamys varia*) y las macroalgas, cuya viabilidad se está explorando en los últimos años y entre las que se incluye *Codium tomentosum* (Mendiola et al., 2015; Lagos et al., 2017; Rodríguez et al., 2018; Zorita et al., 2019b; Arantzamendi y Andrés, 2020; Zorita et al., 2022b).

#### Ostras

La ostra plana es autóctona de Europa, se distingue por su forma redondeada y es una especie hermafrodita protándrica, larvípara (Abollo et al., 2017; FAO, 2018a). En el País Vasco a principios del siglo XX la ostra plana fue cultivada en el estuario del Oka (Etxaniz Ortuñez, 2012). No obstante, desde los años 70, en Europa se han reducido las poblaciones de ostra

plana principalmente debido a las enfermedades de bonamiosis y marneiliosis (Pichot et al., 1980; Polanco et al., 1984; Culloty y Mulcahy, 2001; Da Silva et al., 2005). Para compensar estas pérdidas, la ostra rizada, especie exótica originaria de Asia (Grizel y Héral, 1991; FAO, 2009), se introdujo intencionadamente en Europa en la segunda mitad del siglo XX (Miossec et al., 2009) y se ha adaptado y asentado (Child et al., 1995; Diederich et al., 2005; Reise et al., 2006; Cardoso et al., 2007) llegando a ser la ostra que más se produce (EUMOFA, 2017, 2022), posiblemente por su elevada fecundidad (Gosling, 2003). Las ostras parecen ser buenas candidatas para la producción acuícola (Figura 8) porque son especies cotizadas en las lonjas y mercados españoles y europeos (Robert et al., 2013; EUMOFA, 2022).

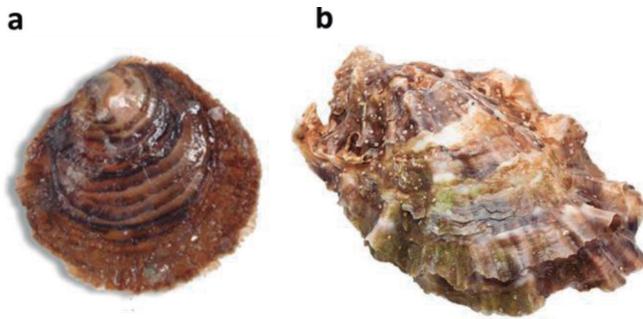


Figura 8. Ostras cultivadas en la costa vasca. (a) Ostra plana europea (*Ostrea edulis*) y (b) ostra rizada (*Magallana gigas*).

A diferencia del mejillón, la semilla de ostra se puede conseguir de criaderos tanto nacionales como de importación (Héral, 1991; APROMAR, 2017; EUMOFA, 2022), aunque dado que el suministro no suele ser suficiente, generalmente se importan semillas y ostras de 12 a 18 meses de varios países europeos (Robert et al., 2013). Hay que destacar que las ostras son fáciles de transportar ya que son capaces de sobrevivir largos periodos fuera del agua (Andrews, 1980). Además, también hay opción de adquirir semilla triploide, que suele engordar más rápido que la semilla diploide y, al ser estéril, muestra una condición óptima a lo largo del año, siendo menor, además, el riesgo de que se reproduzca con las ostras nativas (EUMOFA, 2022). En la costa vasca la semilla también se podría obtener a través de la captación natural, pero la ostra que se captaría sería mayoritariamente ostra rizada ya que la presencia de ostra portuguesa (*Magallana angulata*) es anecdótica y la ostra plana europea no parece estar ya presente (Zorita et al., 2021b).

La tecnología de cultivo de ostra en suspensión es diferente a la del mejillón. En lugar de utilizar cabos con palillos se pueden utilizar cestas y sacos (pochones) ostrícolas, nasas, linternas o cuerdas con cemento (Cano y Rocamora, 1996; Iglesias et al., 2005; Robert et al., 2013; EUMOFA, 2022), donde tras seleccionar la densidad óptima de cultivo, se puede comenzar el engorde. A medida que las ostras crecen, éstas van ocupando más superficie en los pisos de las linternas y por eso se hacen desdobles; es decir, se reduce el número de ostras y

se homogenizan las tallas de ostra por piso para que el cultivo sea óptimo (Chávez-Villalba, 2014). La densidad media de cultivo de la ostra rizada durante las etapas de pre-engorde y engorde suele ser de 5 y 7 kg·m<sup>-2</sup> (Gouletquer y Héral, 1997). La ostra rizada necesita entre 14 y 30 meses de cultivo para alcanzar su talla comercial (Iglesias et al., 2005; Royer et al., 2008), aunque dependiendo de la categoría comercial o calibre de la ostra, puede que se necesite incluso más tiempo. En el mercado francés la ostra que se cosecha generalmente es de categoría n°3, con tallas superiores a los 75 mm de longitud de concha y un peso vivo total de 66 a 85 g (EUMOFA, 2022). En el caso de la ostra plana, su crecimiento es más lento y, por tanto, se requiere de un mayor tiempo de cultivo (Laing et al., 2005; González et al., 2017). Las ostras más caras son las más grandes, que necesitan más meses de crianza y que, normalmente, se consumen en Navidad (Abollo et al., 2017; Zorita et al., 2019b). Por otra parte, la ostra rizada ha mostrado valores de supervivencia mayores que la ostra plana en experiencias de cultivo realizadas en Mutriku (Zorita et al., 2019b), lo que indica que es más resistente y se adapta mejor al medio en esta zona. No obstante, en línea con lo que indica la bibliografía, ambas especies de ostra se adaptan bien a los cultivos en suspensión, tanto en zonas abrigadas como la laguna de Thau en Francia (Gangnery et al., 2003) o las rías gallegas (Abollo et al., 2017), como en zonas con mayor exposición al oleaje como en el mar del Norte (Pogoda et al., 2011). Otro aspecto importante para el crecimiento de las ostras es la temperatura del agua del mar. El rango de temperatura anual en la costa vasca en su conjunto, que es bastante similar al de Mendexa, entre 12 y 24 °C (Mendiola et al., 2015; González et al., 2017; 2020), está dentro del rango óptimo para estas especies (Escudeiro 2006; Abollo et al., 2017), por lo que las condiciones parecen adecuadas para su cultivo.

Respecto al ciclo reproductivo, la puesta principal ocurre en verano en ambas especies de ostra (González et al., 2017), al igual que en Francia (Berthelin et al., 2000; Royer et al., 2008; Abollo et al., 2017) o Galicia (Escudeiro, 2006). Por ello, la mejor condición de carne se aprecia de finales de otoño a principios de primavera, incluyendo Navidades, que es cuando más se consume (Zorita et al., 2019b). El ciclo reproductivo condiciona la composición bioquímica proximal, pero en general se ha observado que el mayor aporte es el proteico, seguido del glucógeno y los lípidos en las dos especies de ostra (González et al., 2017), al igual que ocurre en ostras de otras zonas de Europa (Linehan et al., 1999; Berthelin et al., 2000; Pogoda et al., 2013; van Houcke et al., 2016).

En cuanto a patógenos, no se ha confirmado bonamiosis en ostra plana y las prevalencias de herpesvirus, *Vibrio aestuarianus* y *Mikrocytos mackini* no superan el 20% en ostra rizada, por lo que se consideran relativamente bajas de momento (Zorita et al., 2021b). Las enfermedades mencionadas no afectan al consumidor humano, pero sí a las poblaciones de moluscos bivalvos que se encuentren en la zona. Dado que no hay medidas curativas disponibles, las soluciones 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 a otras localidades (Figueras y Novoa, 2011; Sweet y Bateman, 2016; MAPAMA, 2017). En cualquier caso, la realización de acuicultura extensiva en mar abierto representa una solución en sí misma para la prevención de enfermedades. Por otro lado, en la costa vasca aún no se dispone de datos sobre enfermedades causadas por virus entéricos que se asocian al consumo humano como Norovirus o el virus de la Hepatitis A (Hardstaff et al., 2018), siendo un aspecto que se debería explorar. Las ostras, al ser filtradoras, además de patógenos, también pueden acumular otro tipo de contaminantes presentes en el agua preocupantes para la salud pública (Rainbow, 2002; Heidari et al., 2013; Abollo et al., 2017; Battistini et al., 2021).

En la actualidad se está evaluando la presencia de biotoxinas en ostras, aunque al acumular menos biotoxinas que el mejillón (Kacem et al., 2010; Mafra et al., 2010; Bresnan et al., 2021; Zheng et al., 2021), el riesgo de superar los límites legales y de que se produzcan cierres del polígono de producción de Mendexa posiblemente sea menor. Esto supondría un gran avance para impulsar la diversificación de especies. La ostra generalmente se comercializa en fresco y se come cruda (Abollo et al., 2017; Battistini et al., 2021) aunque para dotarla de mayor valor añadido se podría explorar la posibilidad de utilizar sellos de calidad, origen o certificaciones de explotación ecológica.

### **Zamburiñas**

Los estudios de viabilidad de la zamburiña (Figura 9) no están tan avanzados como en el caso del mejillón o las ostras. La zamburiña es un pectínido que crece en aguas que presentan un rango de temperatura entre 7 y 20 °C, y de salinidad entre 30 y 35 UPS (Gervasoni, 2013). Es una especie interesante por su valor económico y su demanda en el mercado (Fleury, 2009; Basuyaux et al., 2014; Parrondo et al., 2021). Su ciclo de vida es corto (3-5 años) y se estima que el tiempo para alcanzar la talla comercial es inferior a dos años (Iglesias, 2012), lo que la convierte en una especie atractiva para la diversificación de la producción de moluscos.



Figura 9. Zamburiña (*Mimachlamys varia*).

Aunque la zamburiña es una especie nativa de la costa vasca, hasta el momento no ha sido explotada. Zorita et al. (2022b,c) llevaron a cabo un estudio de la viabilidad biológica del cultivo de esta especie en la zona de Mendexa y, para ello,

se trajo semilla de uno de los pocos criaderos existentes en Europa, concretamente de un criadero de Bretaña (Francia). Como la zamburiña es una especie submareal, su transporte fue delicado, hubo que mantener este pectínido en condiciones húmedas y a temperatura relativamente estable a lo largo de todo el viaje. En cuanto al sistema de cultivo de la especie, se han probado varias tecnologías utilizadas en estudios previos como cestas ostrícolas, nasas y cuerda con arandelas o cemento (Cano et al., 2006; Gervasoni, 2013; Rathman et al., 2017; Zorita et al., 2022b). Del estudio se concluye que el sistema de cultivo no es un factor que condicione demasiado el crecimiento y supervivencia de las zamburiñas, pero por operatividad en los trabajos en la mar se recomienda el uso de nasas o linternas. En cuanto al crecimiento, desde una talla de 1–2 mm hasta tamaño legal (40 mm), las zamburiñas cultivadas en la costa vasca necesitan entre 21 y 23 meses de cultivo dependiendo del lugar. Asimismo, se han registrado periodos de cultivo similares en otras zonas de Europa (Robert et al., 1994; Iglesias, 2012; Rathman et al., 2017; Prato et al., 2020). Sin embargo, la mortalidad es muy alta, entre el 40% y 90% (Zorita et al., 2022b,c, 2023). Puede que la elevada mortalidad se deba, en parte, al estrés producido por la exposición al aire durante el transporte o a la manipulación durante la distribución de zamburiñas en los diferentes sistemas de cultivo (Trut et al., 1994; Dao et al., 1999), ya que la mayor mortalidad se registró al inicio del experimento. Para evitar el estrés del transporte, se podría plantear la posibilidad de captar semilla natural empleando bolsas de captación de pectínidos utilizadas en Galicia (Cano et al., 2006) o tratar de desarrollar un microcriadero en el País Vasco que garantizase semilla a lo largo del año. Sin embargo, para ello, se requeriría, entre otros aspectos, asesoramiento de especialistas en criadero o *hatchery* de zamburiña. Por otra parte, también se ha observado que la mortalidad aumenta cuando se producen cambios bruscos de salinidad, por lo que se recomienda cultivar las zamburiñas a la mayor profundidad posible para reproducir su hábitat natural (Zorita et al., 2022b).

Actualmente el cultivo de zamburiña en la costa vasca requiere mayor investigación. Los estudios, además de enfocarse en conseguir mayor supervivencia, deberían explorar otros aspectos como la presencia de patógenos, biotoxinas, contaminantes químicos y carga bacteriana junto con el ciclo reproductivo y calidad de carne para valorar la viabilidad del cultivo de la especie en la costa vasca y su salida al mercado.

### **Macroalgas**

Aunque este trabajo se centra en acuicultura de moluscos bivalvos, se ha considerado pertinente incluir las macroalgas por su interés para la diversificación de la producción. En Europa, desde hace varias décadas, el cultivo de las algas ha sido esporádico y se ha centrado principalmente en la producción de alginatos o productos agrícolas a partir de algas pardas. El factor más limitante para el desarrollo de su cultivo ha sido la ausencia de mercado y los elevados costes de la producción europea comparado con los de la producción asiática. Sin embargo, en los últimos años, el consumo de platos asiáticos

(p. ej., sushi) ha aumentado la popularidad de las recetas a base de algas y también el interés por los ingredientes naturales disponibles localmente (Stévant et al., 2017). Además, varios estudios han puesto de relieve los beneficios para la salud del consumo de algas, que aportan muchos nutrientes de alto valor como fenoles, carbohidratos, vitaminas, minerales y proteínas (Brown et al., 2014; Wells et al., 2017; Padam y Chye, 2020). En consecuencia, el número de proyectos de investigación y actividades industriales que abordan el cultivo y la producción de algas marinas como alimento ha aumentado.

En cuanto a las macroalgas, los estudios llevados a cabo hasta el momento por AZTI han tenido como objetivo la selección de especies candidatas a ser cultivadas en mar abierto en sistemas *longline* en la costa vasca. Los criterios que se han utilizado para la selección de especies se han basado en aspectos legales, tecnológicos, condiciones de vida de las especies y disponibilidad de semilla (Rodríguez et al., 2018; Arantzamendi y Andrés, 2020; Arantzamendi et al., 2022a).

Así, el primer requisito a tener en cuenta para la selección de especies fue el aspecto legal, que hace referencia a que las especies a considerar en Euskadi debían estar excluidas del Real Decreto 630/2013, de 2 de agosto, por el que se regula el Catálogo Español de especies exóticas invasoras (BOE-A-2013-8565). De esta manera quedó excluida, por ejemplo, el alga Wakame (*Undaria pinnatifida*), una de las algas comestibles más conocidas de la cocina asiática, por su potencial colonizador y por constituir una amenaza grave para el ecosistema (Casas et al., 2004). Cada vez hay más conciencia de que la introducción de especies no autóctonas puede provocar efectos ecológicos no deseados y a veces graves (Williams y Smith, 2007; Klein y Verlaque, 2008), por lo que el alga a seleccionar debía ser una especie autóctona.

El segundo requisito fue la tecnología de cultivo. En este caso, el sistema de cultivo que se consideró fue el *longline* experimental instalado en mar abierto en Mendexa. Por ello, el alga que se seleccionara debía ser cultivable en sistemas suspendidos y soportar las condiciones océano-meteorológicas de la ZPM de Mendexa entre las que destacan una corriente máxima de  $0,50 \text{ m s}^{-1}$  entre 5 y 17 m de profundidad, una velocidad máxima del viento de  $28,3 \text{ m s}^{-1}$ , una altura máxima de marea de 5 m y una altura máxima de ola de 7-8 m (Azpeitia et al., 2016). Así, la especie cultivada debería presentar una gran capacidad de adaptación a la inestabilidad ambiental y a la fuerza con que el agua incidiría sobre ella. A pesar de que la mayoría de las instalaciones de cultivo de algas se encuentran en zonas intermareales o someras y protegidas (FAO, 2018b; Zhang et al., 2020; Duarte-Moreno et al., 2022), pueden encontrarse distintos diseños de construcciones para el cultivo suspendido de algas y distintos sistemas de anclaje (Buck y Buchholz, 2004; Peteiro et al., 2016; Saavedra et al., 2019) que pueden contribuir al desarrollo de la producción de algas (APROMAR, 2015), pero es necesario adaptar el sistema de cultivo a las condiciones ambientales de Mendexa.

El tercer aspecto relevante fue la condición de vida. Es importante que para que una especie crezca favorablemente en la costa vasca esté adaptada a las condiciones ambientales

locales (temperatura, salinidad, exposición al oleaje, corrientes...) y de nutrientes, luz óptima y buena calidad del agua (Peteiro et al., 2016).

El cuarto requisito para la selección de especies fue la disponibilidad de semilla. La especie candidata debería poder adquirirse fácilmente de criaderos o bancos naturales. En el caso de las macroalgas, en función de la especie, estas podrían adquirirse en algunos centros de producción (que son muy escasos en la costa cantábrica, por lo que habría que recurrir a centros de otros países) o directamente del medio natural.

Teniendo en cuenta todos los aspectos mencionados, Rodríguez et al. (2018) identificaron las siguientes especies de interés: *Chondracanthus acicularis*, *Gelidium corneum*, *Gigartina pistillata*, *Pterocladia capillacea* y *Saccorhiza polyschides*, y, además, también se seleccionó *Codium tomentosum* por ser un alga con interés comercial que se está estudiando en la península Ibérica dentro del proyecto ALGALUP (<http://algalup.eu/>). Así, los primeros ensayos de cultivo del alga *C. tomentosum* (Figura 10) comenzaron en 2022 dentro del Proyecto BIOGEARS, en una colaboración entre AZTI y la Estación Marina de Plentzia (PiE, UPV/EHU), y se espera obtener resultados a finales de 2023 (<https://biogears.eu/>).



Figura 10. *Codium tomentosum*.

Además, se ha realizado un estudio preliminar de viabilidad técnica, económica y medioambiental de la instalación y explotación de un cultivo de macroalgas en la ZPM en Mendexa (Arantzamendi et al., 2022a). Si bien las especies seleccionadas cumplen los requisitos anteriormente mencionados para cultivarse en la costa vasca, aún se desconocen muchos aspectos que afectan a la producción en términos de cantidad y calidad, así como de su rentabilidad. Para promover el cultivo de algas, la Comisión Europea ha publicado la comunicación “Hacia un sector de algas sostenible en la UE”, una iniciativa que propone 23 acciones para crear oportunidades con el cultivo de algas, especialmente para los sectores de la alimentación, la cosmética, la farmacéutica y la energía, así como para la mitigación del cambio climático y su papel como sumidero de carbono azul (COM, 2022).

### Soluciones para una producción sostenible

La sostenibilidad es un aspecto relevante en la actividad acuícola (COM, 2021). Hay que evitar, en la medida de lo posible, que la producción afecte negativamente al ecosistema

(McKindsey et al., 2011; Wilding y Nickell, 2013; Gallardi, 2014). Así, para que una actividad acuícola sea sostenible, se debe evaluar el impacto de dicha actividad sobre el medio marino (Sakamaki et al., 2022). Entre los potenciales impactos del cultivo de bivalvos sobre el medio marino destacan: el agotamiento del alimento (por ejemplo, el plancton o seston) en la columna de agua, los cambios en los flujos de nutrientes y oxígeno (Richard et al., 2006; Brigolin et al., 2009; Nizzoli et al., 2011; Jansen, 2012), el enriquecimiento en materia orgánica asociada a biodepositos procedentes de los cultivos (desprendimientos de individuos por agitación, heces y pseudoheces) que podrían dar lugar a cambios en la granulometría, potencial redox y en las comunidades del bentos (Chamberlain et al., 2001; Christensen et al., 2003; Callier et al., 2007; Bald et al., 2009; Grant et al., 2012), y la transferencia de enfermedades y especies invasoras (Brenner et al., 2014). Por ello, en un estudio realizado por Zorita et al. (2022b) en 2021 se evaluó el impacto ambiental de los *longlines* de la ZPM de Mendexa sobre los fondos marinos mediante la caracterización del sedimento y las comunidades del bentos en 6 puntos de muestreo. Los resultados sedimentológicos apenas mostraron evidencias de algún tipo de alteración. La granulometría indicó que la composición del sedimento fue mayoritariamente arenosa en todas las estaciones estudiadas, sin apenas contribución de la fracción de gravas, donde era de esperar un mayor porcentaje (por presencia de conchas) en el caso de que hubiera existido impacto por la actividad llevada a cabo en los *longlines*. Así mismo, el contenido en materia orgánica fue bajo y los valores del potencial redox fueron positivos indicando que se trata de un sedimento oxigenado. En cuanto a la fauna macrobentónica de los fondos, se encontraron 60 taxones de anélidos y 43 de artrópodos. Además, se identificaron 14 taxones de moluscos, 5 de equinodermos, 3 de nemertinos y de cnidarios, y uno de sipuncúlidos y de foronídeos. Respecto a la densidad, los anélidos dominaron en cinco de las seis estaciones. Esta distribución se asemeja a la que cabría esperar en sedimentos arenosos no alterados o poco alterados, donde resulta habitual la dominancia en densidad de anélidos y artrópodos (Borja et al., 2004; Garmendia y Mora, 2007). La clasificación del estado de las comunidades macrobentónicas en función del coeficiente biótico AMBI (Borja et al., 2000) fue de alteración nula y ligera indicando que los *longlines* no produjeron un impacto relevante en la fauna macrobentónica de los fondos de la zona de Mendexa. Por otra parte, para evaluar el impacto de los *longlines* también se inspeccionaron los fondos marinos y su posible afección asociada a los biodepositos procedentes de los cultivos, mediante un ROV, acrónimo del inglés *Remotely Operated Vehicle* (en español, Vehículo Operado Remotamente). El empleo de un ROV en la zona de Mendexa ha proporcionado imágenes del fondo donde se ha comprobado que, a unos 50 m de profundidad, el fondo es mayoritariamente arenoso, aunque se pueden encontrar algunos restos de conchas de mejillón desprendidos o cabos sueltos del *longline* (Zorita et al., 2022b). Apenas se aprecia afección en los fondos marinos, posiblemente debido a que el nivel de producción acuícola todavía no es muy alto (Borja et

al., 2009) y al hidrodinamismo de la zona (Menchaca et al., 2017), que habrá contribuido a dispersar o enterrar parte de los desprendimientos (Figura 11). En estudios de impacto de cultivo de mejillones en zonas *offshore* también se ha visto que las condiciones hidrodinámicas de las zonas expuestas contribuyen a minimizar el impacto de los biodepositos o desprendimientos sobre el sedimento del fondo (Hartstein y Stevens, 2005; Borja et al., 2009; Lacson et al., 2019). En la zona de Mendexa también se ha podido observar que el *longline* atrae a diferentes especies de peces (chicharros, mojarras, etc.) (Figura 11), especialmente en la columna de agua donde se sitúa el cultivo de mejillón. Las imágenes corroboran que la actividad acuícola no parece ejercer un gran impacto en el medio (Zorita et al., 2022b).

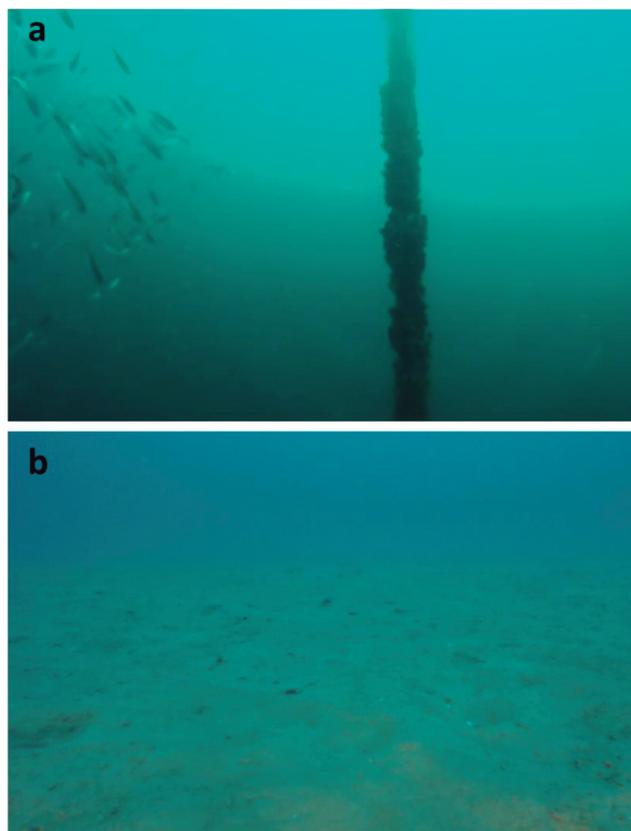


Figura 11. Imágenes tomadas con el ROV en la zona de experimentación de acuicultura en Mendexa. (a) Imagen de la columna de agua y (b) imagen del fondo marino.

Los cultivos multitrofos (AMTI, de Acuicultura Multitrofica Integrada), en los que los desechos generados por una especie constituyen aportes para otra, se consideran cultivos medioambientalmente más sostenibles por generar un menor impacto ambiental y proveer de servicios al ecosistema (Arantzamendi et al., 2023). En este sentido, AZTI ha llevado a cabo un estudio preliminar de la instalación de cultivos multitrofos integrados de mejillón y algas para la diversificación de especies en las instalaciones acuícolas en el País Vasco en la ZPM (Arantzamendi et al., 2002a).

Otra de las problemáticas asociadas a la acuicultura es la generación de basura marina proveniente de las instalaciones de acuicultura (cuerdas de plástico, boyas, redes, mallas de plástico, tubos de PVC, etc.) que se pierden a lo largo del ciclo de producción (Huntington, 2019; Skirtun et al., 2022). Cada vez hay más conciencia social sobre las consecuencias del uso del plástico (Rayón-Viña et al., 2018; Heidbreder et al., 2019), puesto que los plásticos afectan a la vida marina, pueden descomponerse en microplásticos y ser ingeridos por organismos marinos, muchos de los cuales pueden ser especies comerciales destinadas al consumo humano (van Cauwenberghe y Janssen, 2014; Kühn et al., 2015; Rochman et al., 2015; Galloway et al., 2017; Cole et al., 2020). En los últimos años, con el fin de minimizar el impacto sobre el medio marino, se está trabajando en buscar soluciones para reducir el uso del plástico en acuicultura. Por ejemplo, se ha evaluado el uso de cuerdas recicladas a partir de redes de pesca en desuso (proyecto BLUENET, <https://www.bluenetproject.eu/>) y cuerdas desarrolladas con plástico biobasado, compostables y biodegradables (proyecto BIOGEARS) con una reducción del 34% de la huella de carbono respecto a las convencionales derivadas del petróleo a lo largo de su ciclo de vida (Arantzamendi et al., 2022b, Arantzamendi et al., 2023). Numerosos estudios han demostrado que los mejillones pueden incorporar microplásticos del medio en condiciones ambientales (Santana et al., 2016; Zhao et al., 2018). La sociedad muestra cada vez mayor preocupación sobre estas cuestiones desde el punto de vista del consumo humano (Rochman et al., 2015). En Mendexa también se ha estudiado la presencia de microplásticos en mejillones (Larreta et al., 2021). Aun así, todavía no hay valores de referencia establecidos ni para consumo humano, ni para el medioambiente, que permitan hacer una evaluación de riesgo. Falta mucho por avanzar en el ámbito de los microplásticos, considerados como contaminantes emergentes, que suponen un riesgo complicado de evaluar por la alta complejidad que representan a nivel de contaminación.

## Oportunidades

A pesar de que la acuicultura marina de bivalvos genera productos de alto valor nutricional, con potencial de rentabilidad económica, bajo impacto ambiental y que puede contribuir al objetivo de una Europa neutra en carbono para 2050 por sus bajas emisiones, todavía no hay un sector de acuicultura en mar abierto maduro en el País Vasco y queda mucho por hacer en este ámbito. Los pasos recorridos hasta ahora se han centrado, sobre todo, en la fase de producción, pero existen limitaciones en la transformación y comercialización. Hay que crear y articular todos los eslabones de la cadena de valor (depuradoras, centros de transformación (conservas) y comercialización, centros de expedición) para diversificar las formas de preservar el producto y activar diferentes canales de venta, así como involucrar a los laboratorios y las autoridades públicas responsables de garantizar la seguridad alimentaria de

estos productos. En este sentido, los avances en el desarrollo de un sistema integrado de observación marina podrían agilizar la gestión y comercialización del producto mediante la detección temprana de eventos tóxicos.

Por otro lado, innovaciones relacionadas con la economía circular como la acuicultura multitrofica integrada, la reducción o revalorización de subproductos y residuos de la acuicultura marina, la potenciación del consumo de proteína de origen marino, altamente saludable, de gran sabor, sostenible, local y de temporada (Jodice y Norman, 2020; Fraga-Corral et al., 2022) constituyen nuevas oportunidades en un contexto de adaptación a importantes cambios climáticos y socio-económicos (Ruiz-Salmón et al., 2020; Alonso et al., 2021). Además, dado que la producción derivada de acuicultura marina tiene un componente estacional importante (Labarta y Fernández-Reiriz, 2019), en épocas de menor actividad, ésta podría ser complementada con actividades de otros sectores como el turismo, la alta gastronomía, la enseñanza y la conservación que ayuden a promocionar y rentabilizar la actividad, mostrando los valores naturales de las zonas de cultivo, fomentando la oferta de productos *gourmet* y sostenibles. A este respecto, la batea, debido a su emplazamiento estratégico en el puerto de Mutriku y por su cercanía a la escuela de acuicultura, podría servir como espacio para ofrecer estas actividades y poner en valor el producto local y un cultivo sostenible. Por otra parte, la diversificación de especies, especialmente las macroalgas, podría ser un sector prometedor de la Bioeconomía Azul a explorar, no solo desde el punto de vista de alimentación, sino de otras aplicaciones comerciales como medicamentos, cosmética, piensos, biocombustibles, envases, textiles, sumidero de carbono, etc. (Kumar et al., 2021; González Fernández et al., 2023).

## Conclusiones

Desde 2009 se han dado pasos clave en la adquisición de información y experiencia necesaria para el desarrollo de una acuicultura en mar abierto en la costa vasca, como la caracterización y la declaración administrativa de zonas de cultivo, el diseño, la instalación y mantenimiento de infraestructuras adaptadas y los factores ambientales que afectan directamente al proceso de producción (desde la adquisición de semilla hasta la gestión de la zona por presencia de biotoxinas). Se ha recopilado una gran cantidad de información medioambiental de una zona no muy explorada hasta el momento, e información clave de los ciclos de vida de varias especies marinas de potencial interés comercial (Figura 12).

Sin embargo, muchas de las problemáticas asociadas a la actividad, como los canales de transformación, distribución y venta, la gestión relacionada con la seguridad alimentaria, las gestiones y autorizaciones administrativas, entre otras, requieren aún de esfuerzos importantes por parte de distintos agentes y sectores involucrados para conseguir consolidar un sector acuícola marino en la región. La información recogida

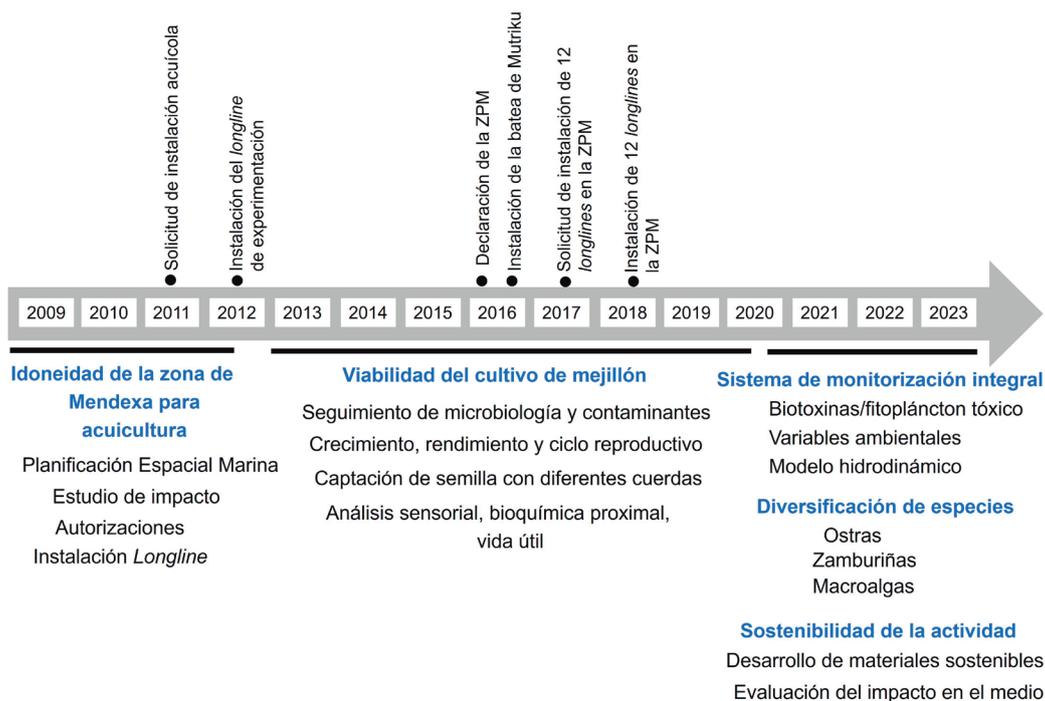


Figura 12. Cronograma que resume los hitos alcanzados en el desarrollo de la acuicultura de moluscos bivalvos en la costa vasca.

en este artículo pretende exponer el alcance de los logros conseguidos hasta el momento, y ofrecer un diagnóstico de la situación actual que permita valorar a los agentes responsables la oportunidad o conveniencia de seguir trabajando en la apuesta de la acuicultura de moluscos bivalvos en mar abierto en Euskadi.

## Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por los Fondos Europeos Marítimos y de Pesca a través de la Dirección de Pesca y Acuicultura del Departamento de Desarrollo Económico, Sostenibilidad y Medio Ambiente del Gobierno Vasco. Queremos agradecer al personal de AZTI (muestreadores, analistas, becarios, personal de administración y técnicos) su valiosa ayuda, a aquellas personas que tuvieron la idea, así como a todas aquellas personas y entidades (Matxitxako Moluskoak S.L., Ekocean, Plentziako Itsas Estazioa (UPV/EHU), Departamento de Biología Vegetal y Ecología (UPV/EHU), Mutrikuko Kardala Akuikultura Eskola) que han contribuido y facilitado los trabajos. También queremos agradecer a Koldo Arrese, del Gobierno Vasco, su labor en el seguimiento de estos proyectos, así como a los revisores por mejorar el manuscrito con sus aportaciones. Esta es la contribución 1.180 de AZTI, Investigación Marina, Basque Research and Technology Alliance (BRTA).

## Referencias

- Abollo, E., A. Villalba, P. Sieiro, J. Maroto, 2017. *El cultivo de la ostra rizada en Galicia: Pasado, presente y futuro*. Xunta de Galicia, Consellería del Mar, Centro Tecnológico del Mar-Fundación CETMAR, Vigo (Pontevedra), pp. 192.
- Alonso, A. A., X. A. Álvarez-Salgado, L.T. Antelo, 2021. Assessing the impact of bivalve aquaculture on the carbon circular economy. *Journal of Cleaner Production*, 279: 123873.
- Álvarez-Salgado, X.A., U. Labarta, M.J. Fernández-Reiriz, F.G. Figueiras, G. Rosón, S. Piedracoba, R. Filgueira, J.M. Cabanas, 2008. Renewal time and the impact of harmful algal blooms on the extensive mussel raft culture of the Iberian coastal upwelling system. *Harmful Algae*, 7: 849–855.
- Álvarez-Salgado, X.A., F.G. Figueiras, M.J. Fernández-Reiriz, U. Labarta, L. Peteiro, S. Piedracoba, 2011. Control of lipophilic shellfish poisoning by seasonal upwelling and continental runoff. *Harmful Algae*, 10: 121–129.
- Andrews, J.D., 1980. A review of introductions of exotic oysters and biological planning for new importations. *Marine Fisheries Review*, 42: 1–11.
- APROMAR, 2015. 1. Estudio general. Una aproximación al sector de las macroalgas. Evaluación del estado de explotación y propuestas de gestión sostenible y cultivo de macroalgas en Andalucía, Asturias y Galicia. Asociación Empresarial de Productores de Cultivos Marinos (APROMAR), 1: 92 pp.
- APROMAR, 2017. *La acuicultura en España 2017*. Informe realizado por la Asociación Empresarial de Acuicultura de España (APROMAR). Documento disponible en [www.apromar.es](http://www.apromar.es).
- APROMAR, 2020. *La acuicultura en España 2020*. Informe realizado por la Asociación Empresarial de Acuicultura de España (APROMAR). Documento disponible en [www.apromar.es](http://www.apromar.es).
- APROMAR OPP30, 2021. *La Acuicultura en España*. Informe 2021 realizado por la Asociación Empresarial de Acuicultura de España

- (APROMAR). pp. 111. Documento disponible en [www.apromar.es](http://www.apromar.es).
- APROMAR, 2022. *La acuicultura en España 2022*. Informe realizado por la Asociación Empresarial de Acuicultura de España (APROMAR). Documento disponible en [www.apromar.es](http://www.apromar.es).
- Arantzamendi, L., M. Andrés, 2020. Cultivos multitrofos integrados para la diversificación de especies en las instalaciones acuícolas en el País Vasco. Informe elaborado por AZTI para el Gobierno Vasco.
- Arantzamendi L., J.G. Rodríguez, J.M. Garmendia, I. Zorita, M. Andrés, 2022a. Estudio preliminar de viabilidad técnica, económica y medioambiental de la instalación y explotación de un cultivo de macroalgas en la Zona de Producción de Moluscos bivalvos en Mendexa. 166 pp.
- Arantzamendi L., Basurko O.C., M. Andrés, I. Zorita, J. Maher, M.J. Suárez, A. Pocheville., M. González., L. Van der Schueren, 2022b. BIOGEARS: desarrollo de cuerdas con biomateriales biodegradables para la acuicultura de mejillones y algas para reducir la huella de carbono y generar economía circular. IV Cross border conference on climate and coastal change. Extended abstracts. *Revista de Investigación Marina*, AZTI, 27(1): 43-46.
- Arantzamendi, L., M. Andrés, O.C. Basurko, M.J. Suárez, 2023. Circular and lower impact mussel and seaweed aquaculture by a shift towards bio-based ropes. *Reviews in Aquaculture*, 1–10.
- Araujo, J., F. Soares, P. Pousão-Ferreira, 2018. Offshore production of Mediterranean mussels in Southern Portugal. *World Aquaculture Society*, 49: 55–57.
- Aubin, J., C. Fontaine, M. Callier, E. Roque d'Orbecastel, 2018. Blue mussel (*Mytilus edulis*) bouchot culture in Mont-St Michel Bay: potential mitigation effects on climate change and eutrophication. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 23: 1030–1041.
- Avdelas, L., E. Avdic-Mravljje, A.C.B. Marques, S. Cano, J.J. Capelle, N. Carvalho, M. Cozzolino, J. Dennis, T. Ellis, J.M.F. Polanco, J. Guillen, T. Lasner, V. Le Bihan, I. Llorente, A. Mol, S. Nicheva, R. Nielsen, H. van Oostenbrugge, S. Villasante, S. Visnic, K. Zhelev, F. Asche, 2021. The decline of mussel aquaculture in the European Union: causes, economic impacts and opportunities. *Reviews in Aquaculture*, 13: 91–118.
- Azpeitia, K., L. Ferrer, M. Revilla, J. Pagaldai, D. Mendiola, 2016. Growth, biochemical profile, and fatty acid composition of mussel (*Mytilus galloprovincialis* Lmk.) cultured in the open ocean of the Bay of Biscay (northern Spain). *Aquaculture*, 454: 95–108.
- Azpeitia, K., Y. Ríos, I. Garcia, J. Pagaldai, D. Mendiola, 2017a. A sensory and nutritional validation of open ocean mussels (*Mytilus galloprovincialis* Lmk.) cultured in SE Bay of Biscay (Basque Country) compared to their commercial counterparts from Galician Rías (Spain). *International Aquatic Research*, 9: 1–18.
- Azpeitia, K., M. Ortiz-Zarragoitia, M. Revilla, D. Mendiola, 2017b. Variability of the reproductive cycle in estuarine and coastal populations of the mussel *Mytilus galloprovincialis* Lmk. from the SE Bay of Biscay (Basque Country). *International Aquatic Research*, 9: 329–350.
- Azpeitia, K., N. Rodríguez-Ezpeleta, D. Mendiola, 2019. Settlement and recruitment pattern variability of the mussel *Mytilus galloprovincialis* Lmk. from SE Bay of Biscay (Basque Country). *Regional Studies in Marine Science*, 27: 100523.
- Babarro, J.M.F., M.J. Fernández-Reiriz, U. Labarta, 2000. Growth of seed mussel (*Mytilus galloprovincialis*): effects of the environmental parameters and seed origin. *Journal of Shellfish Research*, 19: 187–193.
- Bald, J., O. Solaun, Á. Borja, 2009. Los impactos de la acuicultura: minimización y certificación. En: *La nutrición y alimentación en piscicultura* (Ed.). Madrid. Publicaciones Científicas y Tecnológicas de la Fundación Observatorio Español de Acuicultura: 755–803.
- Barillé, L., A. Le Bris, P. Goulletquer, Y. Thomas, P. Glize, F. Kane, L. Falconer, P. Guillotreau, B. Trouillet, S. Palmer, P. Gernez, 2020. Biological, socio-economic, and administrative opportunities and challenges to moving aquaculture offshore for small French oyster-farming companies. *Aquaculture*, 735045.
- Basuyaux, O., O. Mounsamy, V. Lefebvre, T. Gauquelin, 2014. *Etude de faisabilité technico-économique d'un élevage de pétoncles noirs Chlamys varia en Basse-Normandie*. SMEL/CE-Prod/2014-01.
- Batifoulier, F., P. Lazure, L. Velo-Suarez, D. Maurer, P. Bonneton, G. Charria, C. Dupuy, P. Gentien, 2013. Distribution of *Dinophysis* species in the Bay of Biscay and possible transport pathways to Arcachon Bay. *Journal of Marine Systems*, 109–110: S273–S283.
- Battistini, R., V. Listorti, S. Squadrone, S. Pederiva, M.C. Abete, R. Mua, V. Ciccotelli, E. Suffredini, C. Maurella, E. Baioni, M. Orlandi, C. Ercolini, L. Serracca, 2021. Occurrence and persistence of enteric viruses, arsenic and biotoxins in Pacific oysters farmed in an Italian production site. *Marine Pollution Bulletin*, 162: 111843.
- Berthelin, C., K. Kellner, M. Mathieu, 2000. Storage metabolism in the Pacific oyster (*Crassostrea gigas*) in relation to summer mortalities and reproductive cycle (West Coast of France). *Comparative Biochemistry and Physiology Part B*, 125: 359–369.
- Bilbao, J., O. Muñoz, M. Revilla, J.G. Rodríguez, A. Laza-Martínez, S. Seoane, 2020. Suitability of two areas of the Basque coast to sustain shellfish aquaculture according to both the presence of potentially toxic phytoplankton and the biotoxins regulated by the European Union. *Regional Studies in Marine Science*, 36: 101279.
- Bostock, L., A. Lane, C. Hough, K. Yamamoto, 2016. An assessment of the economic contribution of EU aquaculture production and the influence of policies for its sustainable development. *Aquaculture International*, 24: 699–733.
- Borja, Á., J. Franco, V. Pérez, 2000. A marine biotic index to establish the ecological quality of soft-bottom benthos within European estuarine and coastal environments. *Marine Pollution Bulletin*, 40: 1100–1114.
- Borja, Á., F. Aguirrezabalaga, J. Martínez, J.C. Sola, L. García-Arberas, J.M. Gorostiaga, 2004. Benthic communities, biogeography and resources management. En: *Oceanography and Marine Environment of the Basque Country*. Á. Borja y M. Collins (Eds.). Elsevier Oceanography Series, 70: 455–492.
- Borja, Á., J.G. Rodríguez, K. Black, A. Bodoy, C. Emblow, T.F. Fernandes, J. Forte, I. Karakassis, I. Muxika, T.D. Nickell, N. Papageorgiou, F. Pranovi, K. Sevastou, P. Tomassetti, D. Angel, 2009. Assessing the suitability of a range of benthic indices in the evaluation of environmental impact of fin and shellfish aquaculture located in sites across Europe. *Aquaculture*, 293: 231–240.
- Brenner, M., D. Fraser, K. Van Nieuwenhove, F. O'Beirn, B.H. Buck, J. Mazurié, G. Thorarindottir, P. Dolmer, A. Sanchez-Mata, O. Strand, G. Flimlin, L. Miossec, P. Kamermans, 2014. Bivalve aquaculture transfers in Atlantic Europe. Part B: Environmental impacts of transfer activities. *Ocean and Coastal Management*, 89: 139–146.
- Bresnan, E., F. Arévalo, C. Belin, M.A.C. Branco, A.D. Cembella, D. Clarke, J. Correa, K. Davidson, M. Dhanji-Rapkova, R. Fernandez Lozano, M. Fernandez-Tejedor, H. Guðfinnsson, D. Jaén Carbonell, A. Laza-Martínez, M. Lemoine, A.M. Lewis, L. Maman Menéndez, B.H. Maskrey, A. McKinney, Y. Pazos, M. Revilla, R. Siano, A. Silva, S. Swan, A.D. Turner, L. Schweibold, P. Provoost, H. Enevoldsen, 2021. Diversity and regional distribution of harmful algal events along the Atlantic margin of Europe. *Harmful Algae*, 102: 101976.
- Brigolin, D., G. Dal Maschio, F. Rampazzo, M. Giani, R. Pastres, 2009. An individual-based population dynamic model for estimating biomass yield and nutrient fluxes through an off-shore mussel (*Mytilus galloprovincialis*) farm. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 82: 365–376.
- Brown, E.M., P.J. Allsopp, P.J. Magee, C.I. Gill, S. Nitecki, C.R. Strain, E.M. Mccorley, 2014. Seaweed and human health. *Nutrition Reviews*, 72: 205–216.
- Buck, B.H., C.M. Buchholz, 2004. The offshore-ring: A new system design for the open ocean aquaculture of macroalgae. *Journal of Applied Phycology*, 16: 355–368.
- Buck, B.H., N. Nevejan, M. Wille, M.D. Chambers, T. Chopin, 2017. Offshore and Multi-Use Aquaculture with Extractive Species: Seaweeds and Bivalves. *Aquaculture Perspective of Multi-Use Sites in the Open Ocean: The Untapped Potential for Marine Resources in*

- the Anthropocene*. (Eds B.H. Buck y R. Langan) pp. 23–69. (Springer International Publishing: Cham).
- Buck, J.J.H., S.J. Bainbridge, E.F. Burger, A.C. Kraberg, M. Casari, K.S. Casey, L. Darroch, J. Del Rio, K. Metfies, E. Delory, P.F. Fischer, T. Gardner, R. Heffernan, S. Jirka, A. Kokkinaki, M. Loeb, P.L. Buttigieg, J.S. Pearlman, I. Schewe, 2019. Ocean data product integration through innovation-the next level of data interoperability. *Frontiers in Marine Science*, 6: 32.
- Callier, M., C.W. McKindsey, G. Desrosiers, 2007. Multi-scale spatial variations in benthic sediment geochemistry and macrofaunal communities under a suspended mussel culture. *Marine Ecology Progress Series*, 348: 103–115.
- Cano, J., M.J. Campos, F.J. López, M. Saavedra, 2006. Utilización de distintos sistemas de engorde en el cultivo de vieira *Pecten maximus* (L., 1758), zamburiña *Mimachlamys varia* (L., 1758) y volandeira *Aequipecten opercularis* (L., 1758) en Andalucía (España). *Boletín del Instituto Español de Oceanografía*, 21: 283–291.
- Cano, J., J. Rocamora, 1996. Growth of the European flat oyster in the Mediterranean Sea (Murcia, SE Spain). *Aquaculture International*, 4: 67–84.
- Cardoso, J.F.M.F., D. Langlet, J.F., Loff, J.F., A.R., Martins, J.I.J., Witte, P.T., Santos, H.W., Van der Veer, 2007. Spatial variability in growth and reproduction of the Pacific oyster *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1793) along the west European coast. *Journal of Sea Research*, 57: 303–315.
- Casas, G., R. Scrosati, M.L. Piriz, 2004. The invasive kelp *Undaria pinnatifida* (Phaeophyceae, Laminariales) reduces native seaweed diversity in Nuevo Gulf (Patagonia, Argentina). *Biological Invasions*, 6: 411–416.
- Chamberlain, J., T. Fernandes, P.A. Read, T.D. Nickel, I.M. Davies, 2001. The impacts of biodeposits from suspended mussel (*Mytilus edulis*) culture on the surrounding surficial sediments. *ICES Journal of Marine Science*, 58: 411–416.
- Chávez-Villalba, J., 2014. Cultivo de ostión *Crassostrea gigas*: Análisis de 40 años de actividades en México. *Hidrobiológica*, 24: 175–190.
- Child, A. R., Papageorgiou, P., A.R. Beaumont, 1995. Pacific oysters *Crassostrea gigas* (Thunberg) of possible French origin in natural spat in the British Isles. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 5: 173–177.
- Christensen, P., R. Glud, T. Dalsgaard, P. Gillespie, 2003. Impact of long line mussel farming on oxygen and nitrogen dynamics and biological communities of coastal sediments. *Aquaculture*, 218: 567–588.
- Clay, I., C. Angelopoulos, A. Bailey, A. Blocker, S. Carini, R. Carvajal, D. Drummond, K. McManus, I. Oakley-Girvan, K. Patel, P. Szeptietowski, J. Goldsack, 2021. Sensor data integration: A new cross-industry collaboration to articulate value, define needs, and advance a framework for best practices. *Journal of Medical Internet Research*, 23: e34493.
- Coccoli, C., I. Galparsoro, A. Murillas, K. Pınarbaşı, J.A. Fernandes, 2018. Conflict analysis and reallocation opportunities in the framework of marine spatial planning: A novel, spatially explicit Bayesian belief network approach for artisanal fishing and aquaculture. *Marine Policy*, 94: 119–131.
- Cole, M., C. Liddle, G. Consolandi, C. Drago, C. Hirda, P.K. Lindeque, T.S. Galloway, 2020. Microplastics, microfibrils and nanoplastics cause variable sub-lethal responses in mussels (*Mytilus* spp.). *Marine Pollution Bulletin*, 160: 111552.
- COM, 2019. Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones. El Pacto Verde Europeo, Bruselas, 11.12.2019. COM(2019) 640 final Disponible en: [https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal\\_en](https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en).
- COM, 2020. Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones Estrategia «de la granja a la mesa» para un sistema alimentario justo, saludable y respetuoso con el medio ambiente. Bruselas, 20.5.2020 COM(2020) 381 final, pp. 22. Disponible en: [https://ec.europa.eu/food/horizontal-topics/farm-fork-strategy\\_en](https://ec.europa.eu/food/horizontal-topics/farm-fork-strategy_en).
- COM, 2021. Comunicación from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the regions. Strategic guidelines for a more sustainable and competitive EU aquaculture for the period 2021 to 2030 {SWD(2021) 102 final}.
- COM, 2022. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the regions. Towards a Strong and Sustainable EU Algae Sector {COM(2022) 592 final}.
- Cuevas, N., I. Zorita, P.M. Costa, J. Franco, J. Larreta, 2015. Development of histopathological indices in the digestive gland and gonad of mussels: Integration with contamination levels and effects of confounding factors. *Aquatic Toxicology*, 162: 152–164.
- Culloty, S.C., M.F., Mulcahy, 2001. Living with bonamiasis: Irish research since 1987. *Hydrobiologia*, 465: 181–186.
- Cusack, C., T. Dabrowski, K. Lyons, A. Berry, G. Westbrook, R. Salas, C. Duffy, G. Nolan, J. Silke, 2016. Harmful algal bloom forecast system for SW Ireland. Part II: Are operational oceanographic models useful in a HAB warning system. *Harmful Algae*, 53: 86–101.
- Dao, J.C., P.G. Fleury, J. Barret, 1999. Scallop sea bed culture in Europe. (Book chap.). En: B.R. Howell, E. Moksness, T. Svlsand (Eds.), *Stock enhancement and sea ranching*, pp. 423–436.
- Dabrowski, T., K. Lyons, G. Nolan, A. Berry, C. Cusack, J. Silke, 2016. Harmful algal bloom forecast system for SW Ireland. Part I: Description and validation of an operational forecasting model. *Harmful Algae*, 53: 64–76.
- Davidson, K., C. Whyte, D. Aleynik, A. Dale, S. Gontarek, A.A. Kurekin, S. McNeill, P.I. Miller, M. Porter, R. Saxon, S. Swan, 2021. HABreports: Online Early Warning of Harmful Algal and Biotoxin Risk for the Scottish Shellfish and Finfish Aquaculture Industries. *Frontiers in Marine Science*, 8: 631732.
- Da Silva, M.P., J. Fuentes, A. Villalba, 2005. Growth, mortality and disease susceptibility of oyster *Ostrea edulis* families obtained from brood stocks of different geographical origins, through on-growing in the Ria Formosa de Arousa (Galicia, NW Spain). *Marine Biology*, 147: 965–977.
- Diederich, S., G. Nehls, J.E.E. van Beusekom, K. Reise, 2005. Introduced Pacific oysters (*Crassostrea gigas*) in the northern Wadden Sea: invasion accelerated by warm summers? *Helgolander Marine Research*, 59: 97–106.
- DNV (Det Norske Veritas), 2021. Marine Aquaculture Forecast to 2050. Disponible en: <https://www.dnv.com/focus-areas/offshore-aquaculture/marine-aquaculture-forecast/index.html#>.
- Duarte, C.M., M. Holmer, Y. Olsen, D. Soto, N. Marbà, J. Guiu, K. Black, I. Karakassis, 2009. Will the oceans help feed humanity? *BioScience*, 59: 967–976.
- Duarte-Moreno, H. Reuter, A. Kase, M. Teichberg, 2022. Seaweed farming and land-use impacts on seagrass meadows in the region of Rote Island, Indonesia. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 263: 107635.
- Edwards, M., D.G. Johns, S.C. Leterme, S. Svendsen, A.J. Richardson, 2006. Regional climate change and harmful algal blooms in the northeast Atlantic. *Limnology and Oceanography*, 51 (2): 820–829.
- Escudeiro, A., 2006. Crecimiento y reproducción de la ostra rizada, *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1793), cultivada en intermareal y en batea en Galicia (NW España). Master tesis en Acuicultura y Pesca, Universidad de Algarve, Faro, Portugal, pp. 84.
- Etxanziz Ortúñez, J.A., 2012. Las ostreras de Urdaibai: Datos históricos sobre actividades ostrícolas en la ría de Mundaka-Gernika. *Revista Aldaba*, 176: 12–15.
- EUMOFA (European Market Observatory for Fisheries and Aquaculture Products), 2017. La ostra en la UE.
- EUMOFA (European Market Observatory for Fisheries and Aquaculture Products), 2022. La ostra en la UE.
- FAO, 2005. *Biotoxinas marinas*. Estudio FAO: Alimentación y Nutrición. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. 280 pp.

- FAO, 2009. *Ostrea edulis*. En: *Cultured aquatic species fact sheets*. Texto escrito por Goulletquer, P. y editado y recopilado por V. Crespi y M. New. Disponible en: [http://www.fao.org/tempref/FI/DOCUMENT/aquaculture/CulturedSpecies/file/es/es\\_europeanflatoyster.htm](http://www.fao.org/tempref/FI/DOCUMENT/aquaculture/CulturedSpecies/file/es/es_europeanflatoyster.htm).
- FAO, 2017. *Fisheries and Aquaculture Proceedings. Planning for aquaculture diversification: the importance of climate change and other drivers*. Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome, 2017.
- FAO, 2018a. *The state of world fisheries and aquaculture. In: Meeting the Sustainable Development Goals. Food and Agriculture Organization of the United Nations*, Rome 2018. Disponible en: <http://www.fao.org/3/i9540en/i9540en.pdf>.
- FAO, 2018b. *The Global Status of Seaweed Production, Trade and Utilization*. Rome, p. 124. Disponible en: <https://www.fao.org/publications/card/es/c/CA1121EN>.
- FAO, 2022. El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2022. Hacia la transformación azul. Roma, FAO. Disponible en: <https://doi.org/10.4060/cc0461es>.
- Fernandes-Salvador, J.A., K. Davidson, M. Sourisseau, M. Revilla, W. Schmidt, D. Clarke, P.I. Miller, P. Arce, R. Fernández, L. Maman, A. Silva, C. Whyte, M. Mateo, P. Neira, M. Mateus, M. Ruiz-Villarreal, L. Ferrer, J. Silke, 2021. Current status of forecasting toxic harmful algae for the North-East Atlantic shellfish aquaculture industry. *Frontiers in Marine Science*, 8: 666583.
- Ferrer, L., M. Revilla, A. Laza-Martínez, Y. Sagarmínaga, A. Fontán, J. Larreta, I. Zorita, O. Solaun, J.G. Rodríguez, L. Arantzamendi, M. González, A. del Campo, 2019. Occurrence of the toxic dinoflagellate *Alexandrium ostenfeldii* in the coastal waters of the southeastern Bay of Biscay. *Frontiers in Marine Science*. Conference Abstract: XX Iberian Symposium on Marine Biology Studies (SIEBM XX).
- Ferrer, L., Y. Sagarmínaga, M. Santos, G. Boyra, P. Álvarez, G. Bidegain, M. González, M. Revilla, I. Zorita, O. Solaun, A. Fontán, J.G. Rodríguez, 2022. A drift in the Bay of Biscay. *VII Expanding Ocean Frontiers conference (EOF)*, 6–8 julio 2022, Las Palmas de Gran Canaria, España. Libro de resúmenes, 1 pp.
- Figueras, A., B., Novoa, 2011. Enfermedades de moluscos bivalvos de interés en acuicultura. Publicaciones Científicas y Tecnológicas de la Fundación Observatorio Español de Acuicultura, pp. 543.
- Filgueira, R., L.G. Peteiro, U. Labarta, M.J. Fernández-Reiriz, 2007. Assessment of spat collector ropes in Galician mussel farming. *Aquacultural Engineering*, 37: 95–201.
- Filgueira, R., C.J. Byron, L.A. Comeau, B. Costa-Pierce, P.J. Cranford, J.G. Ferreira, J. Grant, T. Guyondet, H.M. Jansen, T. Landry, C.W. McKindsey, J.K. Petersen, G.K. Reid, S.M.C. Robinson, A. Smaal, R. Sonier, Ø. Strand, T. Strohmeier, 2015. An integrated ecosystem approach for assessing the potential role of cultivated bivalve shells as part of the carbon trading system. *Marine Ecology Progress Series*, 518: 281–287.
- Filgueira, R., T. Strohmeier, Ø. Strand, 2019. Regulating services of bivalve molluscs in the context of the carbon cycle and implications for ecosystem valuation. En: *Goods and services of marine bivalves* (A.C. Smaal, J.G. Ferreira, J. Grant, J.K. Petersen, Ø. Strand, Eds.). Cham, Switzerland: Springer, pp. 231–251.
- Fleury, P.G., 2009. *Les potentialités d'élevage du pétoncle noir en baie de Quiberon*. Disponible en: <https://archimer.ifremer.fr/doc/00000/7306/>. pp. 5.
- Fraga-Corral, M., P. Ronza, P. Garcia-Oliveira, A.G. Pereira, A.P. Losada, M.A. Prieto, M.I. Quiroga, J. Simal-Gandara, 2022. Aquaculture as a circular bio-economy model with Galicia as a study case: How to transform waste into revalorized by-products. *Trends in Food Science and Technology*, 119: 23–35.
- Franco, M., 2006. La miticultura en Galicia: una actividad de éxito y con futuro. *Revista Galega de Economía*, 15: 1–6.
- Gallardi, D., 2014. Effects of bivalve aquaculture on the environment and their possible mitigation: A Review. *Fisheries and Aquaculture Journal*, 5: 105.
- Galloway, T.S., M. Cole, C. Lewis, 2017. Interactions of microplastic debris throughout the marine ecosystem. *Nature Ecology and Evolution*, 1: 116.
- Gangnery, A., J.M. Chabirand, F. Lagarde, P. Le Gall, J. Oheix, C. Bacher, D. Buestel, 2003. Growth model of the Pacific oyster, *Crassostrea gigas*, cultured in Thau Lagoon (Méditerranée, France). *Aquaculture*, 215: 267–290.
- García-Soto, C., R.D. Pingree, 2009. Spring and summer blooms of phytoplankton (SeaWiFS/MODIS) along a ferry line in the Bay of Biscay and western English Channel. *Continental Shelf Research*, 29: 1111–1122.
- Garmendia, J.M., J. Mora, 2007. Los diversos grupos faunísticos, ¿son representativos de la comunidad macrobentónica en arenas submareales?. *Boletín Instituto Español de Oceanografía*, 23: 45–55.
- Gentry, R.R., H.K. Alleway, M.J. Bishop, C.L. Gillies, T. Waters, R. Jones, 2020. Exploring the potential for marine aquaculture to contribute to ecosystem services. *Reviews in Aquaculture*, 12: 499–512.
- Gervasoni, E., 2013. *Diversification des élevages: captage et grossissement du pétoncle noir Chlamys varia*. Résultats des essais menés à Vendres. Cépralmar 2012, pp. 15.
- Gibbs, M.T., 2004. Interactions between bivalve shellfish farms and fishery resources. *Aquaculture*, 241: 267–296.
- Gobierno Vasco, 2014. *Akuikulturaren Garapenerako Plan Estrategikoa/ Plan Estratégico para el Desarrollo de la Acuicultura 2014-2020*. Dirección de Pesca, Acuicultura y Política Alimentaria. 134 pp. Disponible en: [http://www.nasdap.ejgv.euskadi.eus/plan\\_programa\\_proyecto/plan-estrategicopara-el-desarrollo-de-la-acuicultura-2014-2020/r50-3812/es/](http://www.nasdap.ejgv.euskadi.eus/plan_programa_proyecto/plan-estrategicopara-el-desarrollo-de-la-acuicultura-2014-2020/r50-3812/es/).
- Gobierno Vasco, 2022. *Plan Estratégico para el Desarrollo de la Acuicultura 2030*. Dirección de Pesca, Acuicultura y Política Alimentaria. 134 pp. Disponible en: [https://www.euskadi.eus/contenidos/proyecto/plan\\_estrategico\\_acuicultura/es\\_def/adjuntos/Plan\\_Estrategico\\_Acuicultura\\_2030.pdf](https://www.euskadi.eus/contenidos/proyecto/plan_estrategico_acuicultura/es_def/adjuntos/Plan_Estrategico_Acuicultura_2030.pdf).
- Gobler, C.J., O.M. Doherty, T.K. Hattenrath-Lehmann, A.W. Griffith, Y. Kang, R.W. Litaker, 2017. Ocean warming since 1982 has expanded the niche of toxic algal blooms in the North Atlantic and North Pacific oceans. *Proceedings of the National Academy of Sciences of United States of America*, 114: 4975–4980.
- Godfray, H.C.J., J.R. Beddington, I.R. Crute, L. Haddad, D. Lawrence, J.F. Muir, J. Pretty, S. Robinson, S.M. Thomas, C. Toulmin, 2010. Food security: the challenge of feeding 9 billion people. *Science*, 327: 812–818.
- González, M., O. Solaun, I. Zorita, M. Revilla, M. Andrés, J. Franco, I. Epelde, P. Liria, J.L. Asensio, J.G. Rodríguez, J. Bald, L.E. Lagos, L. Arantzamendi, J. Larreta, I. Menchaca, A. Borja, V. Valencia, 2017. *Sistemas innovadores de monitoreo para prevención de riesgos en zonas de producción de moluscos en mar abierto*. Informe elaborado por AZTI para el Gobierno Vasco, Informe final. 192 pp + anexos.
- González, M., M. Andrés, L. Arantzamendi, Z. Cruz, P. Escuredo, L. Ferrer, J. Franco, C. García, S. García, M. Ibarguen, E. Illanes, X. Izquierdo, E. Labriska, L. Lagos, J. Larreta, P. Martín De la Fuente, J.A. Montoya, M.A. Pardo, N. Picaza, E. Puértolas, M. Revilla, Y. Ríos, S. Roca, E. Santa, O. Solaun, I. Zorita, 2020. *Informe final MUSSELS: Caracterización del cultivo de mejillón en ZPM offshore de Euskadi (Mendexa) partiendo de captación de semilla natural y generación de estudios de viabilidad económica para productores*. Elaborado por AZTI para el Gobierno Vasco, Informe final. 109 + anexos.
- González Fernández, L.A., V. Castillo Ramos, M. Sánchez Polo, N.A. Medellín Castillo, 2023. Fundamentals in applications of algae biomass: A review. *Journal of Environmental Management*, 338: 117830.
- Gosling, E., 2003. *Bivalve Molluscs. Biology, Ecology and Culture*. Blackwell Publishing.
- Goulletquer, P., M. Héral, 1997. Marine Molluscan Production Trends in France: From Fisheries to Aquaculture, En: U.S. Dep. Commer., *NOAA Technical Reports NMFS*, 129: 137–164.
- Grant, C., P. Archambault, F. Olivier, C. McKindsey, 2012. Influence of

- 'bouchot' mussel culture on the benthic environment in a dynamic intertidal system. *Aquaculture Environment Interactions*, 2: 117–131.
- Grizel, H., M. Héral, 1991. Introduction into France of the Japanese oyster (*Crassostrea gigas*). *ICES Journal of Marine Science*, 47: 339–403.
- Hardstaff, J.L., H.E. Clough, V. Lutje, K.M. McIntyre, J.P. Harris, P. Garner, S.J. O'Brien, 2018. Foodborne and Food-Handler Norovirus Outbreaks: A Systematic Review. *Foodborne Pathogens and Disease*, 15: 589–597.
- Hariri, S., M. Plus, M. Le Gac, V. Séchet, M. Revilla, M. Sourisseau, 2022. Advection and composition of *Dinophysis* spp. populations along the European Atlantic Shelf. *Frontiers in Marine Science*, 9: 914909.
- Hartstein, N.D., C.L. Stevens, 2005. Deposition beneath long-line mussel farms. *Aquacultural Engineering*, 33: 192–213.
- Hégaret, H., G.H. Wikfors, S.E. Shumway, 2007. Diverse feeding responses of five species of bivalve mollusc when exposed to three species of harmful algae. *Journal of Shellfish Research*, 26: 549–559.
- Heidari, B., A.R. Bakhtiari, G. Shinershan, 2013. Concentrations of Cd, Cu, Pb and Zn in soft tissue of oyster (*Saccostrea cucullata*) collected from the Lengeh Port coast, Persian Gulf, Iran: A comparison with the permissible limits for public health. *Food Chemistry*, 141: 3014–3019.
- Heidbreder, L.M., I. Bablok, S. Drews, C. Menzel, 2019. Tackling the plastic problem: A review on perceptions, behaviors, and interventions. *Science of the Total Environment*, 668: 1077–1093.
- Héral, M., 1991. La ostricultura francesa tradicional. En: Acuicultura. Ed. Omega. 295–336.
- Hofherr, J., F. Natale, P. Trujillo, 2015. Is lack of space a limiting factor for the development of aquaculture in EU coastal areas? *Ocean Coastal Management*, 116: 27–36.
- Huntington, T., 2019. *Marine Litter and Aquaculture Gear – White Paper*. Report produced by Poseidon Aquatic Resources Management Ltd for the Aquaculture Stewardship Council, 20 pp plus appendices.
- Iglesias, D., L., Rodríguez, J., Montes, R.F., Conchas, J.L., Pérez, M., Fernández, A., Guerra, 2005. Estudio de viabilidad del cultivo de ostra rizada *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1793) en diferentes rías gallegas. Primeros resultados biológico-productivos. *Boletín del Instituto Español de Oceanografía*, 21: 293–309.
- Iglesias, P., 2012. *Estudio de la reproducción y reclutamiento de los pectinidos de interés comercial de las rías gallegas*. PhD Thesis, Universidad de Santiago de Compostela, pp. 337.
- Irgoien, X., 2022. Could Mussels Save Humanity, again? *Mapping Ignorance*. <https://mappingignorance.org/2022/01/17/could-mussels-save-humanity-again/>
- Jacquet, J., J. Sebo, M. Elder, 2017. Seafood in the future: bivalves are better. *Solutions*, 8: 27–32.
- Jansen, H.M., 2012. *Bivalve nutrient cycling—nutrient turnover by suspended mussel communities in oligotrophic fjords*. PhD Thesis, Wageningen University, Wageningen pp. 152.
- Jeffs, A.G., R.C. Holland, S.H. Hooker, B.J. Hayden, 1999. Overview and bibliography of research on the greenshell mussel, *Perna canaliculus*, from New Zealand waters. *Journal of Shellfish Research*, 18: 347–360.
- Jodice, L.W., W.C. Norman, 2020. Comparing importance and confidence for production and source attributes of seafood among residents and tourists in South Carolina and Florida coastal communities. *Appetite*, 146: 104510.
- Johnson, S., K. Harrison, A.D. Turner, 2016a. Application of rapid test kits for the determination of Amnesic Shellfish Poisoning in bivalve molluscs from Great Britain. *Toxicon*, 117: 76–83.
- Johnson, S., K. Harrison, A.D. Turner, 2016b. Application of rapid test kits for the determination of Diarrhetic Shellfish Poisoning (DSP) toxins in bivalve molluscs from Great Britain. *Toxicon*, 111: 121–129.
- Kacem, I., N. Bouaicha, B. Hajjem, 2010. Comparison of okadaic acid profiles in mussels and oysters collected in Mediterranean Lagoon, Tunisia. *International Journal of Biology*, 2: 238–245.
- Kamermans, P., E. Brummelhuis, A. Smaal, 2002. Use of spat collectors to enhance supply of seed for bottom culture of blue mussels (*Mytilus edulis*) in the Netherlands. *World Aquaculture*, 33: 12–15.
- Klein, J., M. Verlaque, 2008. The *Caulerpa racemosa* invasion: a critical review. *Marine Pollution Bulletin*, 56 (2): 205–225.
- Klinger, D.H., A.M. Eikeset, B. Davíðsdóttir, A.M. Winter, J.R. Watson, 2018. The mechanics of blue growth: Management of oceanic natural resource use with multiple, interacting sectors. *Marine Policy*, 87: 356–362.
- Kühn, S., E.L. Bravo Rebolledo, J.A. Van Franeker, 2015. Deleterious effects of litter on marine life. En: Bergmann, M., Gutow, L., Klages, M. (Eds.), *Marine Anthropogenic Litter*. Springer, Berlin.
- Kumar, B.R., T. Mathimani, M.P. Sudhakar, K. Rajendran, A.S. Nizami, K. Brindhadevi, A. Pugazhendhi, 2021. A state of the art review on the cultivation of algae for energy and other valuable products: Application, challenges, and opportunities. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 138: 110649.
- Labarta, U., 2004. El mejillón, un paradigma bioeconómico. En: Labarta (Cd), U. (Ed.), *Bateiros, mar, mejillón. Una perspectiva bioeconómica*. CIEF. Fundación Caixa Galicia, Santiago, pp. 15–43.
- Labarta, U., M.J. Fernández-Reiriz, 2019. The Galician mussel industry: Innovation and changes in the last forty years. *Ocean and Coastal Management*, 167: 208–218.
- Lacson, A.Z., D. Piló, F. Pereira, A.N. Carvalho, J. Cúrdia, M. Caetano, T. Drago, M.N. Santos, M.B. Gaspar, 2019. A multimetric approach to evaluate offshore mussel aquaculture effects on the taxonomical and functional diversity of macrobenthic communities. *Marine Environmental Research*, 151: 104774.
- Laing, I., P. Walker, F. Areal, 2005. A feasibility study of native oyster (*Ostrea edulis*) stock regeneration in the United Kingdom. CEFAS ed., Lowestoft, UK.
- Lagos, L., L. Arantzamendi, I. Zorita, 2017. *Efecto de la densidad en el cultivo de ostra rizada (Crassostrea gigas) en el puerto de Mutriku*. Informe elaborado por AZTI para el Gobierno Vasco, pp. 44.
- Larsen, R., K.E. Eilertsen, E.O. Elvevoll, 2011. Health benefits of marine foods and ingredients. *Biotechnology Advances*, 29 (5): 508–518.
- Larreta, J., 2021. *Evaluación del impacto de la contaminación por microplásticos en la producción de moluscos en la costa vasca*. Elaborado por AZTI para EUSKO JAURLARITZA - GOBIERNO VASCO, Ekonomiaren Garapen eta Azpiegitura Saila - Departamento de Desarrollo Económico e Infraestructuras, Nekazaritza, Arrantza eta Eli. Política sail - Vice. de Agricultura, Pesca y Política Alimentaria, Dirección de Pesca y Acuicultura. 46 pp.
- Lee, R., A. Lovatelli, L. Ababouch, 2010. *Depuración de bivalvos: aspectos fundamentales y prácticos*. FAO Documento Técnico de Pesca. No. 511. Roma, FAO. 2010, pp. 153.
- Li, Z., K.N. Mertens, E. Nézan, N. Chomérat, G. Bilien, M. Iwataki, H.H. Shin, 2019. Discovery of a new clade nested within the genus *Alexandrium* (Dinophyceae): morpho-molecular characterization of *Centrodinium punctatum* (Cleve) FJR Taylor. *Protist*, 170(2): 168–186.
- Linehan, L.G., T.P. O'Connor, G. Burnell, 1999. Seasonal variation in the chemical composition and fatty acid profile of Pacific oysters (*Crassostrea gigas*). *Food Chemistry*, 64: 211–214.
- MAPAMA, 2017. *Guía para la Gestión Sanitaria de la Acuicultura*. Disponible en: [https://www.observatorio-acuicultura.es/sites/default/files/images/adjuntos/libros/guia\\_gestion\\_sanitaria\\_acuicultura2017.pdf](https://www.observatorio-acuicultura.es/sites/default/files/images/adjuntos/libros/guia_gestion_sanitaria_acuicultura2017.pdf).
- MAPAMA, 2018. *Plan Estratégico Plurianual de la Acuicultura Española*. Disponible en: <https://www.mapama.gob.es/es/pesca/temas/acuicultura/planestrategico/default.asp>.
- Martini, A., M. Cali, F. Capoccioni, M. Martinoli, D. Pulcini, L. Buttazzoni, T. Moranduzzo, G. Pirlo, 2022. Environmental performance and shell formation-related carbon flows for mussel farming systems. *Science of the Total Environment*, 831: 154891.
- Mafra, J.L.L., V.M. Bricelj, K. Fennel, 2010. Domoic acid uptake and elimination kinetics in oysters and mussels in relation to body size and anatomical distribution of toxin. *Aquatic Toxicology*, 100: 17–29.
- Maurer, D., B. Bec, N. Neaud-Masson, M. Rumebe, I. Auby, A. Grémare, 2010. *Etude des relations entre le phytoplancton et les phénomènes*

- de toxicité d'origine inconnue dans le Bassin d'Arcachon. IFREMER internal report.
- McKindsey, C.W., P. Archambault, M.D. Callier, F. Olivier, 2011. Influence of suspended and off-bottom mussel culture on the sea bottom and benthic habitats: a review. *Canadian Journal of Zoology*, 89: 622–646.
- Menchaca, I., J.G. Rodríguez, A. del Campo, A. Borja, J. Bald, M. González, 2017. *Estudio de Impacto Ambiental (EsIA) del Proyecto para la instalación de una instalación de acuicultura extensiva para el cultivo de mejillón mediante 12 longlines en la Zona de Producción de Moluscos entre Ondarroa y Lekeitio (País Vasco)*. Informe para el Gobierno Vasco, pp. 175.
- Mendiola, D., M. Andrés, S. Riesco, I. Galparsoro, M. González, P. Liria, C. Hernández, 2011. *Estudio de Viabilidad Técnica sobre el uso de longlines sumergidos para el engorde en mar abierto de moluscos bivalvos: mejillón (Mytilus sp.), ostra (O. edulis o C. gigas), y/o almeja fina (Ruditapes sp.)*, como actividad de diversificación para el sector pesquero del País Vasco. Informe final para el Gobierno Vasco, 158 pp + anexos.
- Mendiola, D., M. González, J. Bald, P. Liria, C. Hernández, L. Ferrer, A. del Campo, I. Mentxaka, M. Revilla, J. Franco, 2012. *Prueba piloto para la demostración del cultivo de mejillón en mar abierto por medio de sistemas de líneas de cabos tipo LONGLINE sumergido*. Informe final para el Gobierno Vasco, 92 pp + anexos.
- Mendiola, D., M. Revilla, M. González, O. Solaun, M. Andrés, I. Mentxaka, J. Bald, I. Epelde, P. Liria, I. Martín, I. Muxika, 2015. *Viabilidad del engorde de ostra en mar abierto, como actividad diversificadora de actividades marinas en Euskadi*. Informe final. 144 pp + anexos.
- Miossec, L., R.M., Le Deuff, P., Goulletquer, 2009. Alien species alert: *Crassostrea gigas* (Pacific oyster). *ICES Cooperative Research Report*, ICES No. 299, pp. 42. Copenhagen, Dinamarca.
- Mizuta, D.D., G.H. Wikfors, 2020. Can offshore HABs hinder the development of offshore mussel aquaculture in the northeast United States? *Ocean and Coastal Management*, 183: 105022.
- Molinet, C., M. Astorga, L. Cares, M. Diaz, K. Hueicha, S. Marín, T. Matamala, D. Soto, 2021. Vertical distribution patterns of larval supply and spatfall of three species of Mytilidae in a Chilean fjord used for mussel farming: Insights for mussel spatfall efficiency. *Aquaculture*, 535: 736341.
- Moniruzzaman, M., S. Sku, P. Chowdhury, B.T. Mohosena, S. Yeasmine, M.N. Hossen, T. Min, S.C. Bai, Y. Mahmud, 2021. Nutritional evaluation of some economically important marine and freshwater mollusc species of Bangladesh. *Heliyon*, 7: e07088.
- Muñiz, O., M. Revilla, J.G. Rodríguez, A. Laza-Martínez, S. Seoane, J. Franco, E. Orive, 2017. Evaluation of phytoplankton quality and toxicity risk based on a long-term time series previous to the implementation of a bivalve farm (Basque coast as a case study). *Regional Studies in Marine Science*, 10: 10–19.
- Muñiz, O., M. Revilla, J.G. Rodríguez, A. Laza-Martínez, A. Fontán, 2019. Annual cycle of phytoplankton community through the water column: Study applied to the implementation of bivalve offshore aquaculture in the southeastern Bay of Biscay. *Oceanologia*, 61: 114–130.
- Murillas, A., L. Arregi, E. Mugerza, E. Diaz, E. Andonegi, Y. Sagarminaga, R. Curtin, I. Artetxe, 2016. *BATEGIN - Bases técnicas para el aseguramiento de la sostenibilidad de la pesca costera de País Vasco en base a una planificación espacial marina*. Informe elaborado por AZTI para Gobierno Vasco.
- Nicolas, J., R.L.A.P. Hoogenboom, P.J.M. Hendriksen, M. Boderó, T.F.H. Bovee, I.M.C.M. Rietjens, A. Gerssen, 2017. Marine biotoxins and associated outbreaks following seafood consumption: Prevention and surveillance in the 21st century. *Global Food Security*, 15: 11–21.
- Nizzoli, D., D.T. Welsh, P. Viaroli, 2011. Seasonal nitrogen and phosphorus dynamics during benthic clam and suspended mussel cultivation. *Marine Pollution Bulletin*, 62: 1276–1287.
- OESA (Observatorio Español de Acuicultura)-Fundación Biodiversidad, 2017. *Cultivo del mejillón (Mytilus galloprovincialis)*. Fundación Biodiversidad, Madrid, España, pp. 104.
- Padam, B.S., F.Y. Chye, 2020. Seaweed components, properties, and applications. *Sustainable Seaweed Technologies*. Elsevier, pp. 33–87.
- Papageorgiou, M., 2016. Coastal and marine tourism: a challenging factor in Marine Spatial Planning. *Ocean Coastal Management*, 129: 44–48.
- Parrondo, M., S. López, A. Aparicio-Valencia, A. Fueyo, P. Quintanilla-García, A. Arias, Y.J. Borrell, 2021. Almost never you get what you pay for: Widespread mislabeling of commercial “zamburiñas” in northern Spain. *Food Control*, 120: 107541.
- Pérez-Camacho, A., U. Labarta, 2004. Rendimientos y producción del mejillón: bases biológicas para la innovación. In: Labarta, U., Fernández-Reiriz, M.J., Pérez-Camacho, A., Pérez-Corbacho, E. (Eds.), *Bateiros, mar, mejillón. Una perspectiva bioeconómica*. Editorial Galaxia, Vigo, pp. 97–125.
- Peteiro, C., N. Sánchez, B. Martínez, 2016. Mariculture of the Asian kelp *Undaria pinnatifida* and the native kelp *Saccharina latissima* along the Atlantic coast of Southern Europe: An overview. *Algal Research*, 15: 9–23.
- Pichot, Y., M. Comps, G. Tigé, H. Grizel, M.A. Rabouin, 1980. Recherches sur *Bonamia ostreae* gen. n., sp. n., parasite nouveau de l'huître plate *Ostrea edulis* L. *Revue des Travaux de l'Institut des Pêches Maritimes*, 43: 131–140.
- Pogoda, B., B.H., Buck, W. Hagen, 2011. Growth performance and condition of oysters (*Crassostrea gigas* and *Ostrea edulis*) farmed in an offshore environment (North Sea, Germany). *Aquaculture*, 319: 484–492.
- Pogoda, B., B.H. Buck, R. Saborowski, W. Hagen, 2013. Biochemical and elemental composition of the offshore-cultivated oysters *Ostrea edulis* and *Crassostrea gigas*. *Aquaculture*, 400–401: 53–60.
- Polanco, E., J. Montes, M.J. Outón, M.I. Meléndez, 1984. Situation pathologique du stock d'huîtres plates en Galice (Espagne) en relation avec *Bonamia ostreae*. *Haliotis*, 14: 91–95.
- Prato, E., F. Biandolino, I. Parlapiano, L. Papa, G. Denti, G. Fanelli, 2020. Estimation of growth parameters of the Black Scallop *Mimachlamys varia* in the Gulf of Taranto (Ionian Sea, Southern Italy). *Water*, 12: 3342.
- Prou, J., P. Goulletquer, 2002. The French mussel industry: Present status and perspectives. *Bulletin of Aquaculture Association of Canada*, 102 (3) 17–23.
- Rainbow, P.S., 2002. Trace metal concentrations in aquatic invertebrates: Why and so what? *Environmental Pollution*, 120: 497–507.
- Raine, R., G. McDermott, J. Silke, K. Lyons, G. Nolan, C. Cusack, 2010. A simple short range model for the prediction of harmful algal events in the bays of southwestern Ireland. *Journal of Marine Systems*, 83: 150–157.
- Raine, R. 2014. A review of the biophysical interactions relevant to the promotion of HABs in stratified systems: The case study of Ireland. *Deep-Sea Research II*, 101: 21–31.
- Rathman, M., J. Bolotin, N. Glavić, J. Barišić, 2017. Influence of water depth on growth and mortality of *Chlamys varia* (Linnaeus, 1758): implications for cage culture in Mali Ston Bay, Croatia. *Aquaculture International*, 25: 135–146.
- Rayon-Viña, F., L. Miralles, M. Gómez-Agenjo, E. Dopico, E. García-Vazquez, 2018. Marine litter in south Bay of Biscay: local differences in beach littering are associated with citizen perception and awareness. *Marine Pollution Bulletin*, 131: 727–735.
- Reise, K., S. Olenin, D.W. Thielges, 2006. Are aliens threatening European aquatic coastal ecosystems? *Helgoland Marine Research*, 60: 77–83.
- REPHYTOX - French Monitoring program for Phycotoxins in marine organisms, 2021. REPHYTOX dataset. French Monitoring program for Phycotoxins in marine organisms. Data since 1987. SEANOE.
- Revilla, M., L. Ferrer, A. Fontán, M. González, J.G. Rodríguez, Y. Sagarminaga, O. Solaun, 2020. *Mejora en los protocolos biosanitarios para la comercialización de la producción de moluscos*. Informe final. Elaborado por AZTI para Gobierno Vasco. 78 pp. + Anexos.
- Richard, M., P. Archambault, G. Thouzeau, G. Desrosiers, 2006. Influence of suspended mussel lines on the biogeochemical fluxes in adjacent water in the Iles-de-la-Madeleine (Quebec, Canada). *Canadian*

- Journal of Fish and Aquatic Science*, 63:1198–1213.
- Robert, R., G. Trut, J.L. Laborde, P. Miner, 1994. Bilan des essais d'élevage du pétoncle noir, *Chlamys varia* (Linné) dans le Bassin d'Arcachon, France. *Haliotis*, 23: 155–168.
- Robert, R., J.L. Sánchez, L. Pérez-Parallé, E. Ponis, P. Kamermans, M. O'Mahoney, 2013. A glimpse on the mollusc industry in Europe. *Aquaculture Europe*, 38: 5–11.
- Rochman, C.M., A. Tahir, S.L. Williams, D.V. Baxa, R. Lam, J.T. Miller, F.C. Teh, S. Werorilangi, S.J. Teh, 2015. Anthropogenic debris in seafood: plastic debris and fibers from textiles in fish and bivalves sold for human consumption. *Scientific Report*, 5: 14340.
- Rodríguez, J.G., M. Revilla, O. Solaun, M. González, V. Valencia, D. Mendiola, 2014. *Estudio preceptivo para la declaración de una zona de producción de moluscos bivalvos en el tramo litoral situado entre los municipios de Lekeitio y Ondarroa (Bizkaia, País Vasco)*. Informe elaborado por AZTI para el Gobierno Vasco, pp. 112.
- Rodríguez, L., V. González, A. Martínez, B. Paz, J. Lago, V. Cordeiro, L. Blanco, J.M. Vieites, A.G. Cabado, 2015. Occurrence of lipophilic marine toxins in shellfish from Galicia (NW of Spain) and synergies among them. *Marine Drugs*, 13: 1666–1687.
- Rodríguez, J.G., O. Solaun, L. Arantzamendi, L.E. Lagos, J.M. Garmendia, I. Zorita, 2018. *Exploración de nuevas especies para la diversificación de la acuicultura en long-lines*. Informe elaborado por AZTI para el Gobierno Vasco, pp. 84.
- Rodríguez-Cabo, T., Á. Moroño, F. Arévalo, J. Correa, J. P. Lamas, A.E. Rossignoli, J. Blanco, 2021. Paralytic Shellfish Poisoning (PSP) in Mussels from the Eastern Cantabrian Sea: Toxicity, Toxin Profile, and Co-Occurrence with Cyclic Imines. *Toxins*, 13: 761.
- Royer, J., C. Segueineau, K.I. Park, S. Pouvreau, K.S. Choi, K. Costil, 2008. Gametogenic cycle and reproductive effort assessed by two methods in 3 age classes of Pacific oysters, *Crassostrea gigas*, reared in Normandy. *Aquaculture*, 277: 313–320.
- Ruiz-Salmón, I., M. Margallo, J. Laso, P. Villanueva-Rey, D. Mariño, P. Quinteiro, A.C. Dias, M.L. Nunes, A. Marques, G. Feijoo, M.T. Moreira, P. Loubet, G. Sonnemann, A. Morse, R. Cooney, E. Clifford, N. Rowan, D. Méndez-Paz, X. Iglesias-Parga, C. Anglada, J.C. Martín, Á. Irabien, R. Aldaco, 2020. Addressing challenges and opportunities of the European seafood sector under a circular economy framework. *Current Opinion in Environmental Science and Health*, 13: 101–106.
- Ryan, J., 2004. Farming the Deep Blue. Report prepared by BIM (Bord Iascaigh Mhara-Irish Sea Fisheries Board) and the Irish Marine Institute, pp. 82.
- Saavedra, S., L. Henríquez, P. Leal, F. Galleguillos, S. Cook, F. Cárcamo, 2019. *Cultivo de Macroalgas: Diversificación de la Acuicultura de Pequeña Escala en Chile*. Convenio de Desempeño, Subsecretaría de Economía y Empresas de Menor Tamaño. Instituto de Fomento Pesquero. 106 pp.
- Saba, S., 2012. Bivalve culture optimisation of three autochthonous species (*Ruditapes decussatus*, *Mytilus galloprovincialis* and *Ostrea edulis*) in a central-western Mediterranean lagoon (Porto Pozzo, northern Sardinia). Tesi di dottorato in Scienze dei Sistemi Agrari e Forestali e delle Produzioni Alimentari, Indirizzo Scienze e Tecnologie Zootecniche, Università degli Studi di Sassari.
- Sagarmínaga, Y., L. Ferrer, M. Revilla, O. Solaun, I. Zorita, A. Fontán, M. González, J.G. Rodríguez, 2022. Origin search of harmful algal blooms with coastal models and satellite imagery. *VIII International Symposium on Marine Sciences (ISMS)*, 6–8 julio 2022, Las Palmas de Gran Canaria, España. Libro de resúmenes, 1 pp.
- Sakamaki, T., Y. Zheng, Y. Hatakeyama, M. Fujibayashi, O. Nishimura, 2022. Effects of spatial scale on assessments of suspension bivalve aquaculture for productivity and environmental impacts. *Aquaculture*, 553: 738082.
- Sanjaya, M., 2016. *Assessment of spatial conflict between aquaculture and artisanal fishing activities: a case study in the Basque continental shelf*. Tesis de máster. MER Consortium UPV/EHU.
- Santana, M., L. Ascer, M. Custódio, F. Moreira, A. Turra, 2016. Microplastic contamination in natural mussel beds from a Brazilian urbanized coastal region: rapid evaluation through bioassessment. *Marine Pollution Bulletin*, 106: 183–189.
- Sha, J., H. Xiong, C. Li, Z. Lu, J. Zhang, H. Zhong, W. Zhang, B. Yan, 2021. Harmful algal blooms and their eco-environmental indication. *Chemosphere*, 274: 129912.
- Shin, H.H., Z. Li, D. Réveillon, G.-A. Rovillon, K.N. Mertens, P. Hess, H.J. Kim, J. Lee, K.-W. Lee, D. Kim, B.S. Park, J. Hwang, M.H. Seo, W.A. Lim, 2020. *Centrodinium punctatum* (Dinophyceae) produces significant levels of saxitoxin and related analogs. *Harmful Algae*, 100: 101923.
- Skelton, B.M., P.M. South, A.G. Jeffs, 2022. Inefficiency of conversion of seed into market-ready mussels in New Zealand's Greenshell™ mussel (*Perna canaliculus*) industry. *Aquaculture*, 560: 738584.
- Skirtun, M., M. Sandra, W.J. Strietman, S.W.K. van den Burg, F.D. Raedemaeker, L.I. Devriese, 2022. Plastic pollution pathways from marine aquaculture practices and potential solutions for the North-East Atlantic region. *Marine Pollution Bulletin*, 174: 113178.
- South, P.M., N.J. Delorme, B.M. Skelton, O. Floerl, A.G. Jeffs, 2021. The loss of seed mussels in longline aquaculture. *Reviews in Aquaculture*, 14: 440–455.
- Stévant, P., C. Rebours, A. Chapman, 2017. Seaweed aquaculture in Norway: recent industrial developments and future perspectives. *Aquaculture International*, 25: 1373–1390.
- Stumpf, R.P., M.C. Tomlinson, J.A. Calkins, B. Kirkpatrick, K. Fisher, K. Nierenberg, R. Currier, T.T. Wynne, 2009. Skill assessment for an operational algal bloom forecast system. *Journal of Marine Systems*, 76: 151–161.
- Sweet, M.J., K.S. Bateman, 2016. Diseases in marine invertebrates associated with mariculture and commercial fisheries. *Journal of Sea Research*, 113: 28–44.
- Tirado, C., J.C. Macias, 2006. *Cultivo de mejillón: Aspectos generales y experiencias en Andalucía*. Dirección General de Pesca y Acuicultura. Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca, pp. 174.
- Troell, M., A. Joyce, T. Chopin, A. Neori, A.H. Buschmann, J.G. Fang, 2009. Ecological engineering in aquaculture — potential for integrated multi-trophic aquaculture (IMTA) in marine offshore systems. *Aquaculture*, 297: 1–9.
- Troell, M., R.L. Naylor, M. Metian, M. Beveridge, P.H. Tyedmers, C. Folke, K.J. Arrow, S. Barrett, A.S. Crepin, P.R. Ehrlich et al. 2014. Does aquaculture add resilience to the global food system? *Proceedings of the National Academy of Science of United States of America*, 111: 13257–13263.
- Trut, G., R. Robert, J.L. Laborde, 1994. Croissance et mortalité du pétoncle noir *Chlamys varia* dans le bassin d'Arcachon, France. R.INT. DEL/94.04 R.INT.DRV/RA/94-05. Disponible en: <https://archimer.ifremer.fr/doc/00000/1567/>.
- Tubiello, F.N., C. Rosenzweig, G. Conchedda, K. Karl, J. Gütschow, P. Xueyao, G. Obli-Laryea, N. Wanner, S.Y. Qiu, J. De Barros, A. Flammini, 2021. Greenhouse gas emissions from food systems: building the evidence base. *Environmental Research Letters*, 16: 065007.
- Tubiello, F., K. Karl, A. Flammini, J. Gütschow, G. Obli-Laryea, G. Conchedda, X. Pan, S.Y. Qi, H.H. Heiðarsdóttir, N. Wanner, R. Quadrelli, L.R. Souza, P. Benoit, M. Hayek, D. Sandalow, E. Mencos-Contreras, C. Rosenzweig, J.R. Moncayo, P. Conforti, M. Torero, 2022. Pre- and post-production processes increasingly dominate greenhouse gas emissions from agri-food systems. *Earth System Science Data*, 14: 1795–1809.
- Turner, A.D., A.B. Goya, 2016. Comparison of four rapid test kits for the detection of okadaic acid-group toxins in bivalve shellfish from Argentina. *Food Control*, 59: 829–840.
- van Cauwenbergh, L., C.R. Janssen, 2014. Microplastics in bivalves cultured for human consumption. *Environmental Pollution*, 193: 65–70.
- van den Burg, S.W.K., P. Kamermans, M. Blanch, D. Pletsas, M. Poelman, K. Soma, G. Dalton, 2017. Business case for mussel aquaculture in offshore wind farms in the North Sea. *Marine Policy*, 85: 1–7.

- van Houcke, J., I. Medina, J. Linssen, J. Luten, 2016. Biochemical and volatile organic compound profile of European flat oyster (*Ostrea edulis*) and Pacific cupped oyster (*Crassostrea gigas*) cultivated in the Eastern Scheldt and Lake Grevelingen, the Netherlands. *Food Control*, 68: 200–207.
- Wells, M.L., P. Potin, J.S. Craigie, J.A. Raven, S.S. Merchant, K.E. Helliwell, A.G. Smith, M.E. Camire, S.H. Brawley, 2017. Algae as nutritional and functional food sources: revisiting our understanding. *Journal of Applied Phycology*, 29: 949–982.
- Wilding, T.A., T.D. Nickell, 2013. Changes in benthos associated with mussel (*Mytilus edulis* L.) farms on the west-coast of Scotland. *PLoS One*, 8: e68313.
- Willer, D.F., D.C. Aldridge, 2020. Sustainable bivalve farming can deliver food security in the tropics. *Nature Food*, 1: 384–388.
- Williams, S.L., J.E. Smith, 2007. A global review of the distribution, taxonomy, and impacts of introduced seaweeds. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 38: 327–359.
- Yasumoto, T., M. Murata, Y. Oshima, M. Sano, G.K. Matsumoto, J. Clardy, 1985. Diarrhetic shellfish toxins. *Tetrahedron*, 41: 1019–1025.
- Zhang, J., P.K. Hansen, W. Wu, Y. Liu, k. Sun, Y. Zhao, Y. Li, 2020. Sediment-focused environmental impact of long-term large-scale marine bivalve and seaweed farming in Sunco Bay, China. *Aquaculture*, 528: 735561.
- Zhao, S., J.E. Ward, M. Danley, T.J. Mincer, 2018. Field-based evidence for microplastic in marine aggregates and mussels: implications for trophic transfer. *Environmental Science and Technology*, 52: 11038–11048.
- Zheng, R., L. Shouer, Y. Yang, W. Fu, 2021. Variability and profiles of lipophilic marine toxins in shellfish from southeastern China in 2017–2020. *Toxicon*, 201: 37–45.
- Zorita, I., M. Revilla, M. González, 2019a. Informe final del proyecto: Operaciones de mantenimiento/desmantelamiento de la batea de Mutriku y long-lines de Mendexa (MALOTES II). Informe elaborado por AZTI para el Gobierno Vasco, pp. 58.
- Zorita, I., E. Puértolas, O. Solaun, J.G. Rodríguez, I. Muxika, L. Arantzamendi, J. Bald, N. Picaza, E. Labriska, Y. Ríos, S. García-Muñoz, M. Caro, E. Illanes, S. Álvarez, E. Santa Cruz, M.J. Hernando, T. Iwasaki, S. Roca, 2019b. Desarrollo y optimización industrial del cultivo de ostra. Informe elaborado por AZTI para el Gobierno Vasco, pp. 190.
- Zorita, I., A. Juez, O. Solaun, I. Muxika, J.G., Rodríguez, 2021a. Stocking density effect on the growth and mortality of juvenile European flat oyster (*Ostrea edulis* Linnaeus, 1758). *Aquaculture Fish and Fisheries*, 1: 60–65.
- Zorita, I., O. Solaun, M.A. Pardo, J. Bald, J.G. Rodríguez, M. González, E. Erauskin, G. Bidegain, L. Larrañaga, I. Urtizberea, I. Martín, M. Cuesta, M.J. Sierra, M. Lucero, 2021b. Análisis de patógenos en ostra cultivada en el País Vasco. Informe elaborado por AZTI para el Gobierno Vasco, 49 pp+ anexos.
- Zorita, I., O. Solaun, M. Revilla, J.G. Rodríguez, Y. Sagarminaga, L. Ferrer, A. Fontán, J. Larreta, M. González, L. Cuesta, G. Bidegain, E. Erauskin, J. Uskola, L. Larrañaga, I. Urtizberea, D. Aparicio, B. Beldarrain, G. García, M. Lucero, I. Martín, A. Arevalo, M. Cuesta, B. Souto, J. Bald, 2022a. Avances en la acuicultura de moluscos. Elaborado por AZTI para el Gobierno Vasco, 119 pp + anexos.
- Zorita, I., J.M. Garmendia, J.G. Rodríguez, J. Bald, M. González, I. Muxika, J. Larreta, L. Arantzamendi, I. Martín, M. Lucero, A. Arévalo, B. Beldarrain, I. Rico, M. Cuesta, N. Serrano, E. Erauskin, G. Bidegain, I. Urtizberea, J. Uskola, L. Larrañaga, J. Lukas, M.J. Belzunce, R. Castro, 2022b. Hacia la diversificación de especies y sostenibilidad de la acuicultura de alta mar en el País Vasco: viabilidad del cultivo de zamburiña. Informe final elaborado por AZTI para el Gobierno Vasco, 103 pp + anexos.
- Zorita, I., J.G. Rodríguez, J.M. Garmendia, 2022c. Data on growth performance and survival of black scallops (*Mimachlamys varia* (Linnaeus, 1758)) reared under suspended conditions in waters of the Basque coast (SE Bay of Biscay). *Data in Brief*, 45: 108627.
- Zorita, I., J.G. Rodríguez, J.M. Garmendia, 2023. First attempt to cultivate black scallop *Mimachlamys varia* (L., 1758) under suspended conditions in waters of the Basque coast (SE Bay of Biscay): a note. *Revista de Investigación Marina*, 29(1): 1–10.

## Páginas web de interés

<http://algalup.eu/><https://biogears.eu><https://www.blunetproject.eu><http://haedat.iode.org/><http://www.ifremer.fr/envlit/surveillance/rno><http://www.intecmar.gal/informacion/biotoxinas/>



MEMBER OF  
BASQUE RESEARCH  
& TECHNOLOGY ALLIANCE

**/ HEADQUARTERS**

Txatxarramendi Ugarte z/g  
E-48395 Sukarrieta - BIZKAIA (Spain)

Parque Tecnológico de Bizkaia  
Astondo Bidea, Edificio 609  
E-48160 Derio - BIZKAIA (Spain)

Herrera Kaia - Portualdea z/g  
E-20110 Pasaia - GIPUZKOA (Spain)

**/ t.** (+34) 946 574 000

**/ e-mail:** info@azti.es

**/ www.**azti.es

