

Contents

Breve descripción.....	2
Objetivos del módulo	2
Resultados del aprendizaje.....	2
Prerrequisitos (si corresponde)	2
Duración	3
2. Acuicultura de moluscos bivalvos en Europa: una comparación entre los países participantes en el proyecto OPTIMA	3
2.1 Principales diferencias entre los países participantes en el proyecto.....	3
2.1.1 Principales especies cultivadas en cada país, cantidades producidas y distribución espacial dentro del país.....	7
2.1.2 Técnicas de cría y su distribución por el país en los diferentes países del proyecto....	8
2.2 Cuestiones y soluciones relacionadas con los problemas presentes en los países implicados en el proyecto: enfermedades, depredadores, especies exóticas, temperatura del mar, cambio climático, tormentas marinas.....	18
2.2.1 Problemas relacionados con los patógenos en cada país: métodos de detección, soluciones y mortalidad asociada	18
2.2.2 Problemas relacionados con la presencia de biotoxinas marinas en cada país	19
2.2.3 Problemas relacionados con la presencia y los tipos de los demás contaminantes en cada país (metales pesados, Escherichia coli).....	21
2.2.4 Problemas relacionados con posibles depredadores o con el impacto de especies exóticas en cada país	23
2.3 Aspectos burocráticos en diferentes países: obtención y renovación de áreas de concesión, etiquetas de calidad o certificaciones.....	25
2.3.1 ¿Qué tipos de certificaciones o etiquetas de calidad son los más habituales en cada país? ¿Cómo se obtienen estas certificaciones y etiquetas: es un proceso fácil o difícil? ..	25
2.3.2 ¿Existían en el país concesiones marítimas de propiedad estatal? En caso afirmativo, ¿cómo se puede obtener en cada país? ¿Se renuevan? ¿Y cuánto duran?	29
2.4 Reglamentos, directivas y procedimientos legales nacionales y europeos relativos a la acuicultura de moluscos bivalvos: reglamentos de la UE, directivas de seguridad alimentaria, clasificación de las zonas de producción acuícola	31
2.4.1 «Paquete de higiene» europeo: presentación de los reglamentos fundamentales (de la UE) que establecen las normas de higiene y salud.....	33
2.4.2 Controles oficiales y aplicación nacional: el papel de la supervisión	36
2.4.3 Normativa para la exportación de moluscos bivalvos juveniles utilizados para la reintroducción en el medio marino en otros países de la UE: riesgo de introducción de especies exóticas o enfermedades.....	37

Breve descripción

Este módulo comparará la situación del sector de el cultivo de bivalvos de los cinco países socios del proyecto, describiendo para cada país: las principales técnicas de cría utilizadas, las principales especies criadas, los procesos de producción y los problemas a los que se enfrenta el sector.

Objetivos del módulo

- Comprender y reconocer las diferencias entre los países participantes en el proyecto en términos de: especies cultivadas, técnicas de cultivo, zonas de producción e importancia económica del sector.
- Problemas y soluciones en relación con los problemas presentes en los países implicados en el proyecto: enfermedades, depredadores, especies exóticas, temperatura del mar, etc.
- Aspectos burocráticos en diferentes países: obtención y renovación de etiquetas o certificaciones de calidad.
- Comprensión de los reglamentos, directivas y procedimientos legales nacionales y europeos relacionados con la acuicultura de moluscos bivalvos: reglamentos, directivas de la UE sobre seguridad alimentaria, clasificación de las zonas de producción acuícola....

Resultados del aprendizaje

Los participantes se familiarizarán con el panorama de la producción de moluscos bivalvos en los 5 países participantes en el proyecto y reconocerán las diferencias en las técnicas de cría, las especies cultivadas y las zonas de producción.

Además, los participantes podrán comprender los puntos fuertes y los retos del sector en los 5 países: presencia y gestión de enfermedades/biotoxinas, presencia y gestión de depredadores, presencia y gestión de especies exóticas, presencia de certificaciones de calidad y cuestiones normativas.

Prerrequisitos (si corresponde)

No aplicable

Duración

240 minutos (150 presenciales en línea, 90 de aprendizaje en línea)

2. Acuicultura de moluscos bivalvos en Europa: una comparación entre los países participantes en el proyecto OPTIMA

Este módulo de formación tiene como objetivo proporcionar una visión general detallada y completa de la acuicultura de moluscos bivalvos en Europa, haciendo especial hincapié en las comparaciones entre los países socios del proyecto OPTIMA.

El sector del cultivo de moluscos bivalvos es una piedra angular de la acuicultura europea: contribuye significativamente a la seguridad alimentaria, al suministro de proteínas de alto valor nutritivo y al sustento de las comunidades costeras. Al tratarse de un sector de producción caracterizado por un impacto medioambiental extremadamente bajo y que a menudo es capaz de proporcionar importantes servicios ecosistémicos, su promoción está en consonancia con las estrategias europeas de transición ecológica (Crecimiento Azul).

Al seguir este curso de formación, los participantes adquirirán conocimientos y habilidades fundamentales para comprender plenamente las similitudes y las principales diferencias sectoriales que se encuentran en los cinco países europeos que participan en el consorcio OPTIMA (Italia, España, Francia, Grecia e Irlanda).

La información proporcionada abarca las diferentes especies cultivadas, las diversas técnicas de cultivo, las características de las zonas de cultivo en cada país, los retos sanitarios y climáticos, la gestión administrativa y el marco normativo, todo lo cual proporciona una visión general fundamental para la gestión y el desarrollo del sector.

2.1 Principales diferencias entre los países participantes en el proyecto

La acuicultura de moluscos bivalvos en Europa no es un sector homogéneo; sino que está muy diversificada para adaptarse a las distintas condiciones geográficas, oceanográficas e históricas de cada país.

Los socios del proyecto OPTIMA son de cinco países europeos: España, Francia, Italia, Irlanda y Grecia. Estos cinco países tienen características territoriales y culturales únicas que se reflejan en el tipo de especies cultivadas y en los métodos de cultivo adoptados, tanto para garantizar una mayor sostenibilidad del sector como para maximizar el rendimiento en entornos marinos a menudo muy diferentes: océano Atlántico y mar Mediterráneo.

En su primera fase, el proyecto analizó, cómo se puede ver en la tabla a continuación, las principales diferencias y similitudes en el cultivo de bivalvos de los cinco países, referidas a tres características clave:

- diferentes tipos de especies cultivadas;
- diferentes técnicas de cría;
- diferentes lugares de cría.

PAÍSES	ITALIA	ESPAÑA	IRLANDA	FRANCIA	GRECIA
ESPECIES CULTIVADAS	<i>Mytilus galloprovincialis</i> <i>Ruditapes philippinarum</i> <i>Magallana gigas</i> <i>Ostrea edulis</i> <i>Tapes decussatus</i>	<i>Mytilus galloprovincialis</i> <i>Ruditapes philippinarum</i> <i>Tapes decussatus</i> <i>Magallana gigas</i> <i>Ostrea edulis</i>	<i>Mytilus edulis</i> <i>Magallana gigas</i> <i>Ostrea edulis</i> <i>Ruditapes philippinarum</i> <i>Pecten maximus</i>	<i>Mytilus edulis</i> <i>Mytilus galloprovincialis</i> <i>Magallana gigas</i> <i>Ostrea edulis</i> <i>Veneridae spp.</i> <i>Cerastoderma spp.</i>	<i>Mytilus galloprovincialis</i> <i>Ruditapes philippinarum</i> <i>Magallana gigas</i> <i>Ostrea edulis</i>
TÉCNICAS DE CULTIVO	Mejillones en líneas de cultivo en alta mar <i>Mejillones en postes en la laguna</i> <i>Almejas en el fondo</i> <i>Sistema flotante de bivalvos</i> <i>Ostras cementadas en cuerdas</i> <i>Linternas</i> <i>Cestas en palangre en alta mar</i> <i>Bolsas flotantes en lagunas</i>	Mejillones en bateas <i>Mejillones en líneas de cultivo</i> <i>Ostras cementadas en cuerdas</i> <i>Almejas en el fondo</i> <i>Ostras en bolsas</i>	Mejillones en líneas de cultivo en alta mar <i>Mejillones cultivados en fondo</i> <i>Ostras en bolsas</i> <i>Ostras en bolsas enrollables</i>	Ostras en bolsas sobre caballete <i>Mejillones en bouchots</i> <i>Suspendidas en cuerdas</i> <i>Almejas o berberechos en el fondo</i> <i>Bateas fijas similares a las empalizadas españolas tanto para ostras como para mejillones</i>	Líneas de mejillones en alta mar <i>Postes en la laguna similares a los «bouchots»</i> <i>Bateas similares a las españolas</i> <i>Cultivo el fondo</i> <i>Almejas en el fondo</i>
PRINCIPALES	El cultivo de bivalvos está muy	El cultivo de bivalvos se concentra sobre	El cultivo de bivalvos está muy	El cultivo de bivalvos se concentra	El cultivo de bivalvos se lleva a cabo en

LUGARES DE CULTIVO	extendido, especialmente a lo largo de la costa del Adriático, con una mayor concentración en el norte del Adriático. Otras zonas de producción importantes se encuentran en el mar Jónico (golfo de Tarento); mar Tirreno: región de Campania, golfo de La Spezia, Gaeta, Follonica. En Cerdeña, las zonas de producción se encuentran en el golfo de Olbia y Oristano, en lo que respecta a mejillones y ostras, mientras que las almejas europeas y filipinas se crían en las lagunas del sur de la isla.	todo en Galicia, que produce el 97 % del total de la producción nacional. Otras comunidades autónomas donde también se crían bivalvos con una producción mucho menor (3.000 toneladas/año): Cataluña, Comunidad Valenciana, Andalucía, Islas Baleares, Asturias y Cantabria. En Galicia hay casi 4.900 instalaciones dedicadas a el cultivo de bivalvos: - Bateas: 3.626 (de las cuales 3.387 se dedican al cultivo de mejillón. El resto se dedica al cultivo de otros bivalvos, principalmente ostras/pectínidos, o al preengorde de almejas);	extendido en todas las regiones costeras con bahías adecuadas. En cuanto a las ostras, la mayor producción se encuentra en las regiones del sureste y del norte. La producción de mejillones cultivados en cuerdas suspendidas (<i>Mytilus edulis</i>) se encuentra a lo largo de la costa occidental, pero también se concentra en las bahías protegidas del sur. La producción de mejillones de cultivo en el fondo marino se concentra en el sureste (puerto de Wexford) y en el noreste (Carlingford	principalmente a lo largo de la costa oeste, desde la frontera con Bélgica hasta la frontera con España. Aquí, las ostras son las más cultivadas (el 95 % del total se cultiva en bolsas sobre bastidores), pero también los mejillones (<i>Mytilus edulis</i>), especialmente en «bouchots» (el 95 % entre Charente Marítimo y el Paso de Calais) y, más raramente (el 5 %), en instalaciones en alta mar con líneas de cultivo (Marennes-Oléron, bahía de Brest). En la costa oeste, también hay pequeñas explotaciones de almejas y berberechos en el fondo marino (región de Países del Loira) y	los siguientes lugares de cría: - Golfo de Termaico (80 %), - Golfo de Kalloni, - Golfo Sarónico, - Golfo de Maliakos, - Golfo de Amvrakikos, estuarios del Nestos. Los mejillones y las ostras se crían en las regiones de Makrigialos y Chalastra en instalaciones de cría en alta mar con long-line. En Igoumenitsa, se producen principalmente ostras, también en este caso en instalaciones de cría en alta mar con palangres. En Lamia, los mejillones se producen en líneas de
---------------------------	---	---	--	---	---

		-Líneas de cultivo: 22 (todas dedicadas al cultivo de mejillones); - Parques: 1202 (almejas, berberechos y navajas); - Criaderos: 11 (semillas de almejas y ostras).	Lough), con casi el 97 % de la cantidad total. Las semillas se recolectan con trabajadores temporeros en el suroeste (puerto de Castlemaine) y se venden a las unidades de acabado cercanas. El cultivo en el fondo marino de ostras autóctonas (<i>Ostrea edulis</i>), vieiras (<i>Pecten maximus</i>) y almejas (<i>Ruditapes philippinarum</i>) se ha reanudado a menor escala en lugares específicos a lo largo de la costa.	pequeñas explotaciones de ostras en el fondo marino en la bahía de Quiberon y la bahía de Mont-Saint-Michel (5 % de la producción total). En la zona mediterránea, las especies más cultivadas son los mejillones <i>M. galloprovincialis</i>, que se crían en sistemas en alta mar con palangres o en bateas fijas similares a las españolas, pero ancladas al suelo.	cultivo en alta mar. Las almejas se crían principalmente en lagunas con procesos puramente naturales, sin enriquecimiento de nutrientes.
--	--	---	---	---	--

Tabla n.º 1 - Situación del sector de el cultivo de bivalvos en los 5 países participantes en el proyecto

2.1.1 Principales especies cultivadas en cada país, cantidades producidas y distribución espacial dentro del país

Al analizar las especies cultivadas en los cinco países que participan en el consorcio del proyecto OPTIMA, surgen diferencias sustanciales.

En **España**, el sector está dominado casi en su totalidad por el mejillón (*Mytilus galloprovincialis*). La nación ibérica es líder europea en la producción de mejillón, con unos volúmenes impresionantes que superan las 250.000 toneladas anuales. La producción está muy concentrada en la región de Galicia (en el noroeste del país), donde las «rías» (antiguos valles fluviales inundados por el mar, en particular las *Rías Baixas*, como *Arousa*, *Pontevedra* y *Vigo*) ofrecen un entorno excepcionalmente fértil, rico en nutrientes aportados por las corrientes de afloramiento oceánico. Además de mejillones, España también cuenta con una producción de ostras más pequeña pero significativa, que incluye la ostra japonesa (*Magallana gigas*) y la apreciada ostra plana nativa (*Ostrea edulis*). Si nos trasladamos a la costa mediterránea (Cataluña, el delta del Ebro y la Comunidad Valenciana), existen otros centros de producción de mejillones y ostras que operan en bahías resguardadas, y en menor medida en mar abierto.

En **Francia**, la producción destaca por estar fuertemente orientada al cultivo de ostras y muy bien distribuida a lo largo de la costa. La especie principal es la ostra japonesa, que por sí sola alcanza volúmenes de aproximadamente 80.000 toneladas al año. Esto se complementa con la histórica y muy valiosa producción de nicho de la ostra plana (*Ostrea edulis*). El cultivo de mejillones es igualmente importante: se produce tanto mejillón atlántico (*Mytilus edulis*), con aproximadamente 45.000 toneladas anuales, como mejillón mediterráneo (*Mytilus galloprovincialis*), que aporta aproximadamente 10.000 toneladas. La distribución geográfica abarca toda la costa atlántica (desde la frontera belga hasta España, incluidos los principales centros de Bretaña, Normandía, Países del Loira y Nueva Aquitania) y la costa mediterránea (Occitania, donde destaca el estuario de Thau). La producción menor en Francia también incluye almejas y vieiras.

Italia destaca por su fuerte dualismo productivo. Por un lado, predomina el cultivo de mejillones (*Mytilus galloprovincialis*), extendido por toda la península pero con centros a lo largo de la costa adriática (Emilia-Romaña, Marcas, Véneto y Apulia, con el renombrado centro de Tarento) y a lo largo de la costa tirrena en Liguria (golfo de La Spezia). Por otro lado, predomina la venericultura o cría de la almeja filipina (*Ruditapes philippinarum*), un sector en el que Italia ostenta el liderazgo europeo.. Esta producción se concentra casi en su totalidad en los frágiles ecosistemas lagunares y de transición del norte del Adriático (delta del Po, Sacca di Scardovari, Sacca di Goro, laguna de Venecia, laguna de Marano y Grado). En los últimos años, el cultivo de la ostra japonesa también se ha vuelto cada vez más popular e importante, alcanzando altos volúmenes de producción, y los centros más prometedores se encuentran en Cerdeña, en las lagunas del delta del Po y en La Spezia.

Irlanda se centra principalmente en la producción de ostras (*Magallana gigas*) y cantidades menores de *Ostrea edulis* y mejillones (*Mytilus edulis*). Aunque la producción es menor que la de gigantes como Francia o España, se caracteriza por unos altos estándares de calidad y se destina en gran medida a la exportación a mercados exigentes. La distribución espacial aprovecha hábilmente la compleja morfología costera: en el caso de las ostras, las mayores

unidades de producción se encuentran en las regiones del sureste y del norte. En el caso de los mejillones, la producción en cuerdas suspendidas se concentra en las bahías protegidas del sur, el suroeste y el oeste, mientras que el cultivo de fondo se concentra principalmente en el sureste (como la *bahía de Wexford*) y el noreste.

En **Grecia**, la acuicultura de bivalvos es prácticamente sinónimo de cría de mejillones (*Mytilus galloprovincialis*), que resulta casi un monocultivo. El país produce decenas de miles de toneladas al año, concentradas en gran medida en el norte de la península. Las mejores zonas son el *golfo de Termaico* (en particular, en las regiones de *Makrighalos* y *Chalastra*), el *golfo de Amvrakikos* y, en menor medida, el *golfo de Maliakos*. Estas zonas son cruciales porque, a diferencia de las aguas cristalinas pero pobres en nutrientes del sur y de las islas del Egeo, se benefician del vital aporte de agua dulce y nutrientes que fluyen al mar desde los ríos continentales de Grecia (como el *Axios* y el *Aliakmon*), lo que proporciona el alimento necesario para el rápido crecimiento de los bivalvos. Las ostras y otras especies representan actualmente una producción marginal, aunque se está trabajando para diversificar.

Matriz de Producción de Especies

	 Mejillones	 Ostras	 Almejas y Berberechos
España	~250.000 toneladas (Líder de la UE)	Marginal	<3.000 toneladas
Francia	55.000 toneladas (45k Azul, 10k Med)	~82.000 toneladas (Líder de la UE)	3.000 toneladas
Italia	65.000 toneladas	~300 toneladas (Creciendo)	25.000 toneladas (Almeja Philippina)
Grecia	20.000–25.000 toneladas	Experimental	Mínimo
Irlanda	19.785 toneladas (12,9k en cuerda, 6,8k de fondo)	11.121 toneladas	399 toneladas (Ostras/almejas nativas)

Fig. 9 - Principales especies cultivadas en los 5 países participantes en el proyecto

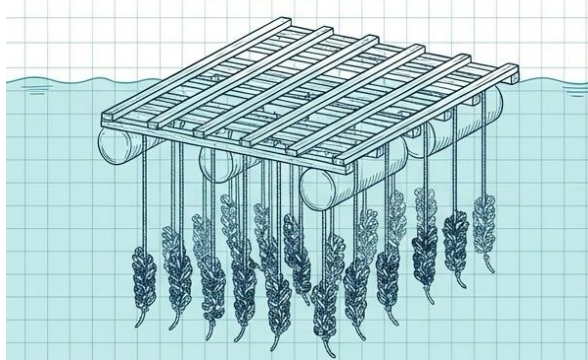
2.1.2 Técnicas de cría y su distribución por el país en los diferentes países del proyecto

Las técnicas de cría son un reflejo directo de las condiciones marinas y oceanográficas (altura de la marea, profundidad del agua, exposición a las olas) que se pueden encontrar en los 5 países socios.

España es el gigante europeo en el cultivo de mejillones, con una producción centrada casi en su totalidad en el mejillón mediterráneo (*Mytilus galloprovincialis*). El éxito de España se basa en una combinación perfecta de condiciones oceanográficas únicas y una técnica de cultivo tradicional pero altamente eficiente: **la batea**.

Casi toda la producción española procede de las Rías Baixas de Galicia, profundas ensenadas costeras donde el afloramiento (el ascenso de aguas profundas ricas en nutrientes) crea un entorno excepcionalmente productivo. La batea es una especie de balsa flotante, de forma rectangular (a menudo de 20 x 25 m), hecha de una robusta celosía de vigas de madera (tradicionalmente de eucalipto, por su resistencia al agua salada) sostenida por grandes flotadores. De esta estructura cuelgan verticalmente hasta 500 cuerdas, normalmente de una longitud máxima de 12 m. Para evitar que las piñas de mejillón se desprendan y se vayan al fondo, las cuerdas están atravesadas por pequeños listones de plástico o madera. El ciclo de producción se desarrolla de la siguiente manera: los productores recogen los juveniles (*mexilla*) raspándolos directamente de los acantilados rocosos o recogiendo los mediante las «cuerdas colectoras». A continuación, los juveniles se envuelven alrededor de las cuerdas con una fina red de algodón biodegradable. Pasados unos meses, cuando los mejillones se vuelven demasiado grandes y densos, se aclaran: se levantan las cuerdas y se separan los mejillones de las cuerdas, se seleccionan y se vuelven a colocar a menor densidad en nuevas cuerdas para garantizar el máximo acceso al fitoplancton y evitar desprendimientos, lo que permite algunas de las tasas de crecimiento más rápidas del mundo (8-12 meses para alcanzar el tamaño comercial tras el desdoble).

Rafts & Bateas (Dominant in Spain)



La mitilicultura gallega produce un producto que representa el orgullo de la acuicultura española. **El Mejillón de Galicia** es un verdadero símbolo de la identidad española y fue el primer producto del mar de la UE en obtener el reconocimiento **europeo de Denominación de Origen Protegida (DOP)** en 2007. Las especificaciones de la DOP, gestionadas rigurosamente por el **Consello Regulador do Mexillón de Galicia** (socio en el proyecto OPTIMA), son extremadamente estrictas. Para llevar esta etiqueta, el mejillón debe criarse exclusivamente en bateas registradas y autorizadas dentro de las rías gallegas. Además, las fases de depuración y procesamiento para su comercialización deben realizarse en centros autorizados de la misma zona geográfica. La marca DOP garantiza una calidad organoléptica superior y única, fruto de la dieta específica de fitoplancton de los estuarios: la carne del *mejillón gallego* es turgente, de color naranja intenso y con un rendimiento de pulpa muy alto. Cada lote vendido bajo esta marca se rastrea con una etiqueta de identificación numerada, que garantiza a los consumidores europeos no solo su origen y calidad, sino también el cumplimiento de estrictas normas de seguridad alimentaria, la sostenibilidad medioambiental y la protección del conocimiento artesanal de los miles de familias gallegas que llevan generaciones trabajando en las bateas.

Más allá de Galicia, existen otros centros de producción de bivalvos en la costa mediterránea (*Cataluña* y la *Comunidad Valenciana*). En estas zonas, la limitada disponibilidad de áreas protegidas y la falta de afloramiento obligan a los acuicultores a utilizar sistemas diferentes. Además de bateas fijas o emparrillados (como las ubicadas en el puerto de Valencia y en el Delta del Ebro), se utilizan líneas de cultivo en alta mar, similares a las de Italia, que resisten mejor el oleaje del mar abierto.

Francia cuenta con la industria de la ostra más avanzada de Europa, con la producción dividida entre la costa atlántica y la costa mediterránea. Esta diversidad ha dado lugar a técnicas de cría altamente especializadas. A lo largo de la costa atlántica (Bretaña, Normandía, Nueva Aquitania), la gran amplitud de las mareas ha favorecido la técnica intermareal de «poches sur tables» (bolsas sobre mesas). Las ostras (*Magallana gigas*) se colocan en bolsas de red (*poches*) y se colocan en marcos metálicos (*mesas*) anclados al fondo marino. El ciclo de las mareas expone a las ostras al aire dos veces al día: este choque térmico y físico (*trompage*) obliga a los animales a cerrar herméticamente sus valvas, un proceso que fortalece el músculo aductor, esencial para conservar la ostra fuera del agua durante la fase de comercialización.



Fig. 11 - Bolsas de ostras sobre caballete

En lo que respecta a los mejillones, Francia es mundialmente famosa por sus «*bouchots*». Consisten en largas hileras de altos postes de madera (a menudo de roble o pino) clavados profundamente en la arena de la zona intermareal del Atlántico. Los mejillones juveniles se capturan con cuerdas de fibra de coco, que luego se enrollan en espiral alrededor de los postes. Para proteger a los mejillones de los depredadores bentónicos (como los cangrejos), la base de los postes suele cubrirse con un collar de plástico liso (llamado collar tahitiano). Un tipo de mejillón criado en «*bouchots*», como el Mejillón de Galicia y el Mejillón de

Scardovari, que goza de una Denominación de Origen Protegida (DOP) y es reconocido por su pequeño tamaño, su concha limpia y su fuerte sabor.

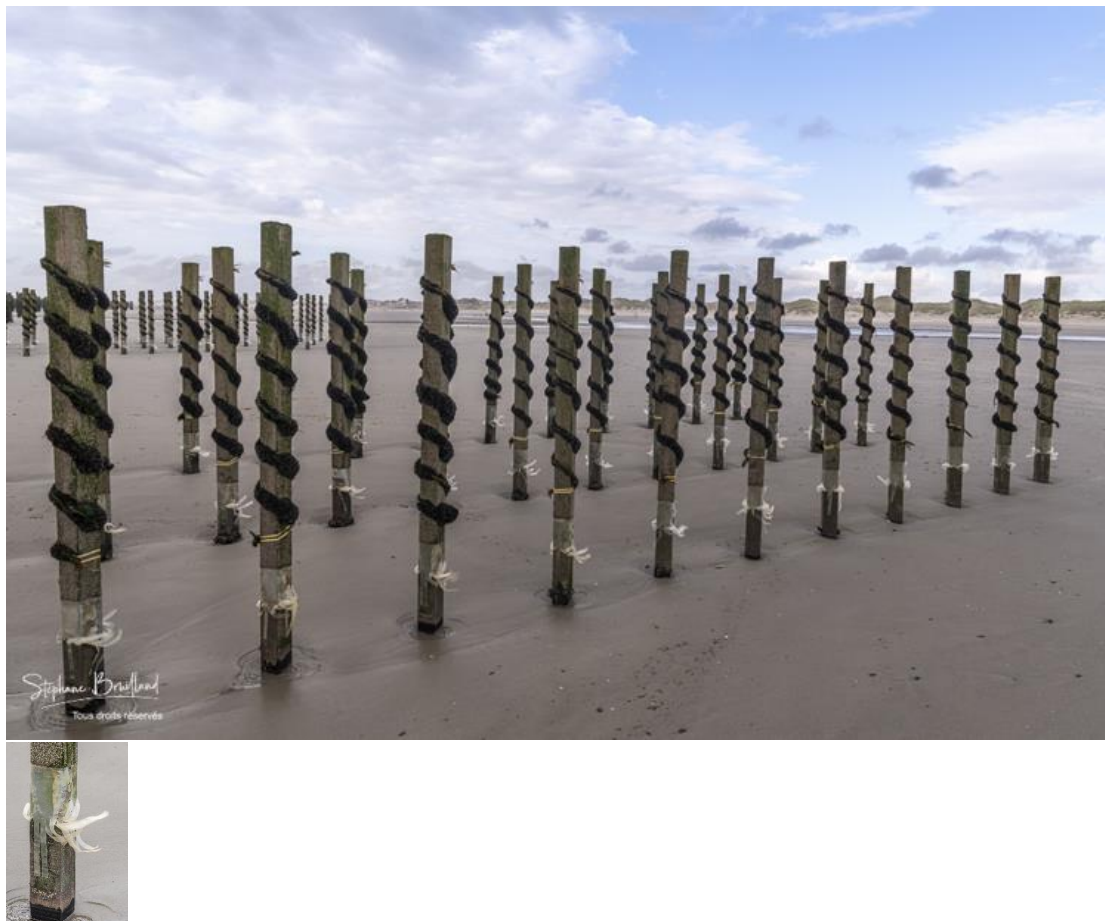


Fig. 12 - Francia, bahía del Somme, Quend-Plage, mejillones «bouchot». Los mejillones «bouchot» pueden estar equipados con protecciones de plástico en la base para evitar que los cangrejos trepen y se alimenten de ellos. © Stéphane Bouilland

En el *Mediterráneo francés* (particularmente en el Étang de Thau, en Occitania), la ausencia de mareas significativas ha hecho necesario el uso de sistemas suspendidos similares a los long-line. Para las ostras, se utiliza la sofisticada técnica del «collage» (*cementación con cuerda*). Las ostras individuales se pegan manualmente, una por una, a una cuerda utilizando un cemento o resina biológicos. A continuación, las cuerdas se cuelgan de estructuras flotantes colocadas en el mar. Para replicar el efecto de las mareas oceánicas, los acuicultores utilizan sistemas de cabrestante (incluidos los automatizados o los que funcionan con energía solar) para sacar cíclicamente las cuerdas del agua (inundación artificial), lo que garantiza un producto final de calidad excepcional.

En **Irlanda**, la industria de la acuicultura de bivalvos es extremadamente diversa y se adapta a la compleja morfología de la región. El sector combina hábilmente los sistemas intermareales a lo largo de costas escarpadas con los sistemas en mar abierto o en fiordos profundos, aprovechando al máximo la protección que ofrecen las bahías y los lagos. La

producción irlandesa está claramente dividida entre el cultivo de ostras y el cultivo de mejillones, con técnicas profundamente diferentes según la especie y el entorno.

La ostricultura irlandesa se centra principalmente en la *Magallana gigas*, junto con una pequeña pero históricamente significativa producción autóctona de la ostra plana europea (*Ostrea edulis*), famosa en zonas como la *bahía de Galway*. La técnica predominante es el cultivo intermareal, que aprovecha las amplias amplitudes de marea del *océano Atlántico*. Los criadores utilizan el sistema de caballetes y bolsas (mesas metálicas y bolsas, sistema francés): las ostras se colocan en bolsas de malla de plástico rígido y se colocan sobre estructuras de hierro elevadas a unos 50 cm sobre el fondo marino arenoso o fangoso. Esta técnica requiere un intenso trabajo físico, estrictamente dictado por los ritmos de la luna y las mareas. Durante la marea baja, las ostras emergen, lo que permite a los operarios acceder a las instalaciones utilizando tractores para girar y sacudir las bolsas (evitando que las ostras crezcan deformes), favoreciendo la rotura de los bordes más frágiles de la concha (poda) y dando a la ostra una forma más armoniosa. Los nuevos tipos de bolsas aprovechan la presencia de boyas, incorporadas a la bolsa, que facilitan el movimiento a medida que cambia la marea: de esta manera, las ostras se mueven dentro de la bolsa sin necesidad de un operario. Este proceso de movimiento, combinado con la exposición al aire y al sol, «entrena» el músculo aductor de la ostra, que aprende a permanecer herméticamente cerrada. El resultado es un producto con una vida útil prolongada y una calidad organoléptica extraordinaria, muy apreciado y vendido en los mercados internacionales.

El cultivo del mejillón atlántico (*Mytilus edulis*) en Irlanda utiliza dos métodos de cultivo distintos: *el cultivo de fondo* y *el cultivo en cuerda*.

El cultivo en el fondo, ampliamente practicado en grandes bahías poco profundas con fondos marinos adecuados (como el *puerto de Castlemaine*, en el suroeste, o *Lough Foyle*, en el norte), representa una forma de acuicultura seminatural. Se basa en la captura de juveniles (semillas) de los lechos naturales, que luego se transportan y «siembran» en densidades controladas en concesiones protegidas dentro de las bahías. Aquí, las corrientes ricas en fitoplancton garantizan el crecimiento. Después de aproximadamente 18-24 meses, los mejillones se recolectan utilizando embarcaciones equipadas con dragas especializadas. Esta técnica de producción de gran volumen a menudo se vende a granel a plantas de procesamiento europeas, pero está muy expuesta a las fluctuaciones naturales de las semillas y a los ataques de depredadores bentónicos como las estrellas de mar y los cangrejos.

El cultivo en cuerdas, practicado a lo largo de las escarpadas costas suroeste y oeste (*la bahía de Bantry* o el *fiordo de Killary Harbour*), aprovecha las aguas profundas protegidas de las violentas tormentas. Los sistemas utilizados son líneas de cultivo, que son sostenidas por boyas. Es precisamente en este ámbito donde Irlanda ha llevado a cabo una verdadera revolución tecnológica. En las últimas décadas, para maximizar la eficiencia y aumentar la sostenibilidad, los acuicultores irlandeses han adoptado de forma generalizada una tecnología avanzada: la llamada técnica *neozelandesa* o *sistema de cuerda continua*. A diferencia del sistema tradicional de long-line, que utiliza redes individuales (redes cilíndricas de plástico desechables), el sistema *neozelandés* utiliza una sola cuerda larga (a menudo una cuerda «peluda», con filamentos para ayudar a los mejillones a agarrarse). La cuerda se pasa

alrededor de la línea de flotación superior, creando una serie continua de bucles que descienden a las profundidades y luego ascienden, recorriendo toda la longitud de la hilera. La adopción del sistema neozelandés ha transformado la industria, aportando enormes beneficios operativos y medioambientales. Los buques irlandeses están equipados con ruedas de estrella hidráulicas montadas en grúas, capaces de agarrar la cuerda continua y sacarla del agua. Esto permite que la embarcación avance a lo largo de la línea y realice operaciones continuas y automatizadas de inspección, reducción, lavado o recolección directamente en la cubierta, lo que reduce drásticamente el tiempo y el laborioso esfuerzo manual necesarios para gestionar y desatar cientos de redes individuales.

Otra ventaja clave es el aspecto medioambiental. El sistema neozelandés elimina casi por completo la necesidad de los tradicionales «calcetines» de red de plástico, que en otras partes de Europa representan un coste y una importante fuente de residuos, dada la posible pérdida de material en caso de tormentas. En el sistema de cuerda continua, los mejillones juveniles se fijan a lo largo de la cuerda principal envolviéndolos en una fina malla de algodón biodegradable. Este algodón se disuelve en el mar en unas pocas semanas, el tiempo justo para que los mejillones se adhieran a la cuerda a través del biso, una cuerda que luego se reutilizará ciclo tras ciclo durante años.



Fig. 13 - Principales zonas de cría de moluscos bivalvos en España, Francia e Irlanda.

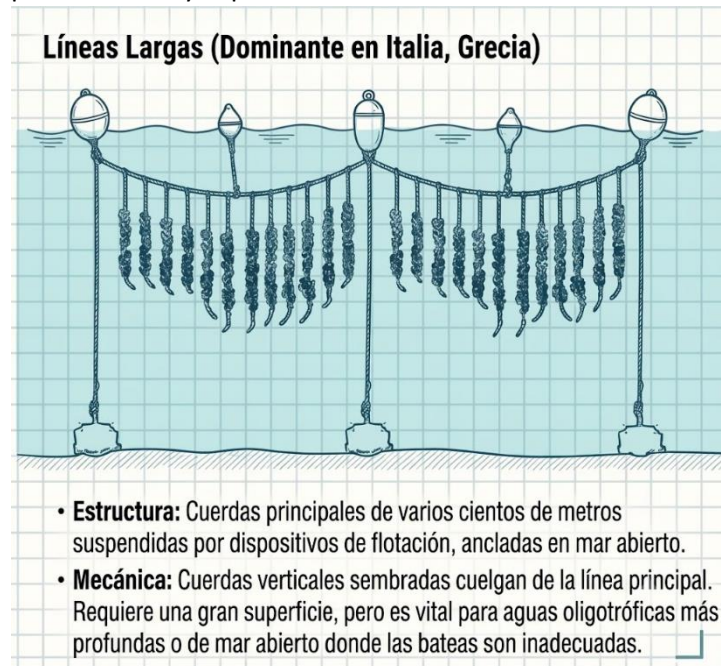
En **Italia**, la configuración costera del Mediterráneo (costa lineal, ausencia de fiordos) y la escasa amplitud de las mareas han empujado a la industria a desarrollar tecnologías de cría en alta mar y a maximizar el uso de los entornos de las lagunas.

La técnica predominante de cría italiana de mejillones es el long-line en alta mar (Fig. 6). Los mejillones se cultivan en instalaciones diseñadas para soportar fuertes tormentas invernales, aunque incluso las más intensas pueden dañar la estructura. Las instalaciones consisten en

un robusto cable principal (línea madre), a veces de cientos de metros de longitud, que se mantiene en su sitio mediante enormes bloques de hormigón colocados en el fondo marino y que se sostiene a una profundidad constante mediante boyas flotantes. Del larguero principal cuelgan las «reste» (redes cilíndricas tubulares similares a calcetines) llenas de mejillones. Para escapar de la energía cinética de las olas superficiales y de las fluctuaciones de temperatura en verano, la cuerda principal se mantiene sumergida a una profundidad de 3-4 metros, aunque esto no garantiza la seguridad del producto frente a mares agitados o altas temperaturas. Durante el ciclo de producción, las reste deben retirarse periódicamente del agua para su recuperación: los mejillones crecidos se desgranán y se reintroducen en redes de malla más grande. Esta operación antes era totalmente manual, ahora se ve facilitada por embarcaciones modernas equipadas con innovadora maquinaria a bordo (remolcadores de redes, desgranadores y máquinas de redes).

Italia es líder en la UE en el cultivo de almejas filipinas (*Ruditapes philippinarum*), un sector concentrado en las grandes lagunas del *norte del Adriático* (*delta del Po, Sacca di Goro, Sacca di Scardovari* y la laguna de *Venecia*). El cultivo de almeja se realiza sobre fondo. Los acuicultores operan bajo concesiones en masas de agua cuidadosamente delimitadas. El ciclo comienza con la limpieza del fondo marino y la siembra de los juveniles (a menudo procedentes de *criaderos* o de *zonas de cría*), que se entierran en el sustrato arenoso-fangoso. Para proteger a los juveniles de los depredadores (cangrejos, peces...), las zonas de siembra suelen cubrirse con grandes redes protectoras colocadas en el fondo marino. La recolección es una fase altamente mecanizada. Aunque en algunas zonas todavía se utilizan los rastrillos manuales tradicionales, la herramienta preferida es la «*idrorasca*» (o *draga hidráulica de laguna*). Esta sofisticada máquina, montada en la proa de embarcaciones de fondo plano, lanza chorros de agua a presión sobre el sustrato para licuar la arena, lo que permite que avance una rejilla metálica que recoge las almejas sin aplastar sus conchas. A pesar de ser un método de recolección extremadamente eficiente, el uso de la «*idrorasca*» está sujeto a normativas regionales muy estrictas para evitar la alteración excesiva y la resuspensión de los sedimentos de las lagunas, en un equilibrio constante entre la

productividad y la protección de ecosistemas extremadamente frágiles.



Además del cultivo de almejas, estos mismos ecosistemas de las lagunas albergan un sector emblemático de la acuicultura italiana. Dentro del delta del Po, la Sacca di Scardovari es famosa no solo por sus almejas, sino también históricamente por la producción de la Cozza di Scardovari DOP (*Mytilus galloprovincialis*). Este mejillón representa un logro único a escala nacional, ya que ha sido el primero de Italia en obtener la prestigiosa etiqueta europea de Denominación de Origen Protegida (DOP) (obtenida en 2013).

En este entorno único, el encuentro de las aguas dulces del río Po y el agua salada del mar Adriático crea una cuenca salobre poco profunda (con una media de 3 metros) caracterizada por una concentración excepcional de nutrientes y fitoplancton. Dadas las bajas profundidades, la técnica de cría difiere del sistema línea de cultivo en alta mar descrito anteriormente. En la Sacca de Scardovari se utilizan sistemas fijos de laguna (emparrillados fijos), que consisten en largas hileras de postes clavados directamente en el blando fondo marino, conectados por cuerdas (vigas) de las que cuelgan las vainas de mejillones (*medias cilíndricas*).



Fig. 15 - Cultivo del «mejillón Scardovari» en la laguna, uno de los tres de Europa con la etiqueta DOP.

En **Grecia**, la acuicultura de bivalvos se caracteriza por un enfoque altamente especializado, casi monocultivo: el sector está totalmente dominado por el cultivo del mejillón mediterráneo (*Mytilus galloprovincialis*). La industria griega aprovecha las características oceanográficas de determinados golfos semicerrados situados en el norte del país, pero está experimentando una rápida evolución técnica y espacial para sobrevivir a los retos climáticos actuales.

A diferencia de la escarpada costa sur y de las islas pobres en nutrientes, más del 80-90 % de el cultivo de mejillones en Grecia se concentra en el *golfo de Thermaikos* y, en menor medida, en los golfos de *Amvrakikos* y *Maliakos*. Estas cuencas son el motor biológico de la acuicultura griega porque reciben una afluencia masiva de agua dulce y nutrientes de los principales ríos continentales (como el *Axios*, el *Loudias* y el *Aliakmon*). Esta mezcla de aguas crea un entorno salobre y estuarino ideal para la proliferación de fitoplancton, lo que garantiza unas tasas de crecimiento extremadamente rápidas de los mejillones.

Distribución Espacial: Los Centros del Mediterráneo

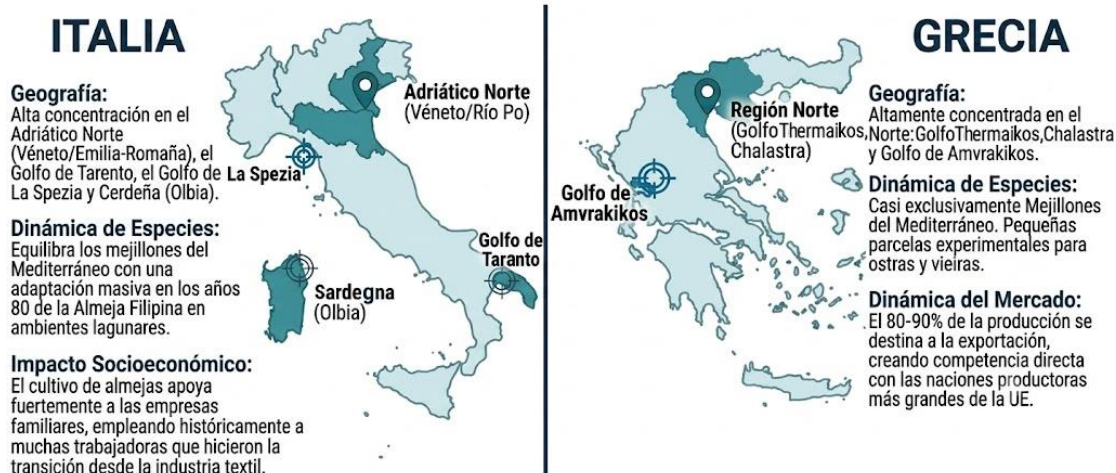


Fig. 16 - Principales zonas de cría de moluscos bivalvos en Italia y Grecia.

Tecnológicamente, Grecia ha adoptado casi exclusivamente el sistema de long-line, adaptándolo al modelo italiano. La configuración estándar consiste en largos cabos horizontales sostenidos en la superficie o bajo la superficie por grandes boyas flotantes de plástico, firmemente ancladas al fondo marino mediante amarres de hormigón. De estas vigas principales cuelgan verticalmente los “calcetines”, dentro de las cuales crecen los mejillones filtrando el agua. El ciclo de producción griego depende en gran medida de la captura natural de juveniles (semilla): en otoño o primavera, los criadores instalan líneas de recogida especiales en las que las larvas de mejillón se asientan espontáneamente. Una vez alcanzado el tamaño adecuado, los juveniles se separan de la cuerda y se introducen en los calcetines para su crecimiento. Al igual que en Italia, el ciclo requiere una operación (cambiar la red a medida que crecen los mejillones), que ahora está parcialmente mecanizada a bordo de embarcaciones especializadas.

Una característica actual del cultivo griego es su migración hacia mar abierto. Históricamente ubicadas muy cerca de la costa y en aguas relativamente poco profundas y protegidas, las granjas griegas están sufriendo el impacto devastador del cambio climático. Las prolongadas olas de calor del verano hacen que las aguas costeras superen con frecuencia los 28-30 °C, lo que provoca una dramática mortalidad masiva del mejillón debido al estrés térmico y la anoxia. Para salvar al sector, la estrategia nacional es trasladar las granjas de long-line hacia mar abierto, donde el fondo marino es más profundo, las corrientes son más fuertes y las temperaturas estivales son menos extremas. Esta transición tecnológica requiere unas instalaciones mucho más robustas para soportar la acción de las olas. Para facilitar este cambio y reducir los crecientes conflictos por el uso de la costa (industria de turismo costero), el Gobierno griego está implantando un complejo sistema de zonificación marina basado en las directrices **AZA** (*Zonas Asignadas para la Acuicultura*). Estas zonas tienen como objetivo agrupar las explotaciones en parques marinos específicos y bien regulados, proporcionándoles la infraestructura necesaria para operar con seguridad lejos de la costa.

2.2 Cuestiones y soluciones relacionadas con los problemas presentes en los países implicados en el proyecto: enfermedades, depredadores, especies exóticas, temperatura del mar, cambio climático, tormentas marinas.

El sector de la acuicultura de moluscos bivalvos, que opera en un entorno abierto y dinámico como el marino u oceánico, está expuesto a una serie de amenazas medioambientales, biológicas y climáticas que ponen a prueba la resiliencia de las empresas. Para empezar, el cambio climático en curso está actuando como catalizador de muchos de estos problemas, por lo que se necesitan urgentemente estrategias de adaptación a escala europea.

Otros problemas importantes a los que se enfrenta el sector son las enfermedades, los depredadores y las especies exóticas, que en los últimos años han tenido un impacto incalculable en todos los tipos de bivalvos de cría.

2.2.1 Problemas relacionados con los patógenos en cada país: métodos de detección, soluciones y mortalidad asociada

Las enfermedades víricas, bacterianas y parasitarias se encuentran entre las principales causas de mortalidad y pérdidas económicas para el sector del cultivo de bivalvos.

Entre los países analizados por el proyecto, en **Francia e Irlanda**, el sector de la ostra ha sufrido importantes problemas debido al virus de la ostra (OsHV-1 μ Var), que provoca tasas de mortalidad de hasta el 80-100 % en los juveniles de *Magallana gigas* durante los meses de verano, cuando la temperatura del agua supera los 16 °C. Más recientemente, las ostras adultas se han visto afectadas por *Vibrio aestuarianus*, una bacteria gram negativa responsable de la alta mortalidad de las ostras del Pacífico y a menudo asociada a episodios de mortalidad en verano. En cuanto a la ostra plana (*Ostrea edulis*), los parásitos *Bonamia ostreae* y *Marteilia refringens* han eliminado casi por completo la producción histórica irlandesa.

Los problemas sanitarios también son cruciales en los demás países socios del proyecto y varían en función de las principales especies cultivadas. En **España**, las infecciones por *Bonamia* y *Marteilia* han limitado gravemente la histórica producción de ostras planas en Galicia. El mejillón (*Mytilus galloprovincialis*), aunque se considera una especie más robusta y resistente, a menudo sufre ataques de parásitos como el copépodo *Mytilicola intestinalis* y debe hacer frente a brotes bacterianos del género *Vibrio*, que pueden causar una alta mortalidad en la fase larvaria o en especímenes debilitados, esto no en Galicia sino en el Mediterráneo español. Las almejas también sufren el azote de diversos patógenos que se describen a continuación.

En **Italia**, la alerta sanitaria afecta directamente no solo a los mejillones (propensos a la *Marteilia* y a las bacterias oportunistas), sino sobre todo a el cultivo de almejas, en particular de la almeja japonesa *Ruditapes philippinarum*, una excelencia nacional. Las almejas están amenazadas por patógenos como el protozoo *Perkinsus olseni*, responsable de la

perkinsosis, que provoca una grave inflamación de los tejidos, y la bacteria *Vibrio tapetis*, responsable de la *enfermedad del anillo marrón*, que ataca la concha y frena su crecimiento.

En **Grecia**, donde el cultivo de moluscos bivalvos se centra casi exclusivamente en los mejillones, los problemas sanitarios se han vuelto inseparables de las preocupaciones climáticas. Las olas de calor estivales, cada vez más prolongadas y frecuentes, provocan un grave estrés fisiológico y térmico en los moluscos; esta condición, además de provocar la rotura del biso y la caída de los mejillones al fondo, causa inmunosupresión y allana el camino a infecciones sistémicas mortales por bacterias patógenas oportunistas (especialmente *Vibrio spp.*), lo que desencadena devastadores episodios de mortalidad masiva para los productores locales.

Los métodos de detección de patógenos se basan principalmente en técnicas de biología molecular (PCR en tiempo real) y pruebas histológicas realizadas por laboratorios nacionales de referencia. Las soluciones actuales no proporcionan curas (imposibles en mar abierto), sino que se centran en la mitigación: selección genética de cepas resistentes en el criadero, modificaciones de las prácticas de cría (bajar las cestas a una profundidad suficiente para evitar las fluctuaciones de temperatura) y rigurosas medidas de bioseguridad para evitar el movimiento de los animales infectados.

2.2.2 Problemas relacionados con la presencia de biotoxinas marinas en cada país

Las floraciones de algas nocivas (HAB) son un problema generalizado, cíclico y económicamente significativo en todos los países del proyecto OPTIMA. Diversas microalgas, tanto de dinoflagelados como de diatomeas, producen toxinas naturales que los bivalvos en su proceso de filtración acumulan rápidamente en sus tejidos, especialmente en la glándula digestiva (hepatopáncreas). Los principales síndromes son DSP (intoxicación diarreica por moluscos, causada por el *ácido okadaico* de las microalgas del género *Dinophysis*), PSP (intoxicación paralítica por moluscos, causada por las *saxitoxinas* del género *Alexandrium* y *Gynodinium*, potencialmente letal para los humanos) y ASP (intoxicación amnésica por moluscos, causada por el *ácido domoico* de las *diatomeas* del género *Pseudonitzschia*). La presencia de biotoxinas no daña ni mata a los moluscos, pero los hace temporalmente no aptos y en algunos casos muy peligrosos para el consumo humano. Los métodos de detección han evolucionado gradualmente desde los tradicionales (y controvertidos) bioensayos con ratón hasta métodos químicos mucho más precisos, rápidos y seguros, como la cromatografía líquida acoplada a la espectrometría de masas (LC-MS/MS).

Las soluciones actuales, que por desgracia no incluyen sistemas de detoxificación, consisten en la interrupción temporal de la recolección y comercialización de los moluscos. Se están desarrollando sistemas de alerta temprana basados en modelos hidrodinámicos, imágenes satelitales y presencia de ADN ambiental detectado por sensores o boyas oceanográficas. Estos sistemas pueden predecir las HABs y permitir a los acuicultores adelantar la recolección antes de que llegue la toxina o, cuando sea posible, trasladar sus instalaciones a otras zonas o a mayor distancia de la costa.

Al analizar el fenómeno en los cinco países socios de OPTIMA, surgen especificidades relacionadas con la dinámica oceanográfica y los enfoques normativos:

En **España**, el sector del cultivo de mejillón gallego ha convivido históricamente con la amenaza de estas floraciones de microalgas. La espectacular dinámica de afloramiento (surgencia de aguas profundas ricas en nutrientes) que hace que las rías sean tan productivas es la misma que, en determinadas condiciones de viento y temperatura, desencadena floraciones de *Dinophysis spp.* (DSP) y, con menor frecuencia, de microalgas responsables de la PSP. El sistema de vigilancia gallego (gestionado por INTECMAR) está considerado como uno de los más avanzados y con mayor capacidad de respuesta del mundo, con muestreos casi diarios. Sin embargo, una vez que se activa la prohibición de recolección, esta puede durar meses, lo que provoca pérdidas de decenas de millones de euros.

En **Francia**, la red nacional de vigilancia del fitoplancton y de las ficotoxinas (REPHY), gestionada por IFREMER, supervisa más de 300 puntos a lo largo de la costa gala. Las floraciones tóxicas afectan tanto a las zonas de producción del Atlántico (DSP y ASP) como a las cuencas mediterráneas, como la de Thau, donde las floraciones de *Alexandrium* (PSP) han provocado en el pasado cierres prolongados de las zonas de producción de ostras y mejillones. También en este caso, el impacto económico para los acuicultores es elevado, especialmente si las alertas coinciden con periodos de máxima demanda comercial.

En **Italia**, el problema afecta especialmente a la franja costera del Adriático Medio y Alto. La presencia de biotoxinas de ácido okadaico a lo largo de la costa adriática es cada vez más frecuente: las altas concentraciones de toxinas en el fitoplancton del que se alimentan los bivalvos pueden provocar cierres temporales de las explotaciones. Cierres por toxinas son cada vez es más frecuente que las lagunas y las zonas mar adentro donde se concentra el cultivo de almejas y mejillones, debido a la superación de los niveles de DSP (a menudo vinculados a las floraciones de *Dinophysis* favorecidas por la eutrofización y la aportación de nutrientes del río Po) y, en menor medida, de ASP. Las autoridades sanitarias cierran inmediatamente las zonas en cuanto se superan los límites legales en los muestreos oficiales, y, como en el resto de la UE, no las vuelven a abrir hasta que se obtienen 2 resultados consecutivos conformes en un plazo de 48 h.

En **Grecia**, el *golfo de Termaico*, que concentra casi toda la producción nacional de mejillones, es una zona especialmente vulnerable. Al ser una cuenca semicerrada, se ve afectada por la reducción del intercambio de agua y la entrada masiva de nutrientes procedentes de la agricultura. Aquí, los episodios de DSP tienden a ser particularmente graves durante la primavera y el otoño, lo que obliga a las autoridades griegas a aplicar cierres prolongados de las zonas de cría. Esto obliga a los acuicultores a buscar zonas en alta mar donde las corrientes dispersen mejor el fitoplancton tóxico.

En **Irlanda**, las complejas corrientes oceánicas llevan con frecuencia floraciones tóxicas a los bancos de ostras. Irlanda es también el país donde se identificó por primera vez un cuarto síndrome, la intoxicación por azaspiracido (AZP). El enfoque irlandés se caracteriza por la aplicación extremadamente estricta y rápida de protocolos de seguridad alimentaria, bajo los auspicios de la Autoridad de Protección de la Pesca Marítima (SFPA). A diferencia de otros países que esperan los resultados del muestreo ambiental rutinario, Irlanda cuenta con normativas para el caso de contaminación por norovirus, que obligan a prohibir de inmediato la venta de ostras y bivalvos en cuanto se notifica el primer caso de enfermedad

humana relacionada con su consumo (un brote de norovirus, una intoxicación alimentaria o incluso la sospecha de biotoxinas). Si las autoridades sanitarias registran incluso un solo caso de infección vinculado a un banco de ostras específico, la zona se cierra inmediatamente como medida de precaución, a la espera de investigaciones virológicas o toxicológicas exhaustivas. Este enfoque de tolerancia cero es esencial para proteger la reputación y la marca prémium de las ostras irlandesas en los mercados internacionales de exportación (principalmente Asia y Francia), pero expone a los ostricultores locales a riesgos comerciales extremadamente altos, lo que podría llevar al cierre completo de sus granjas debido a alertas sanitarias repentinas e impredecibles.

2.2.3 Problemas relacionados con la presencia y los tipos de los demás contaminantes en cada país (metales pesados, *Escherichia coli*)

Además de las biotoxinas naturales, la contaminación antropogénica supone una grave amenaza para el cultivo de bivalvos. La contaminación química incluye metales pesados (cadmio, plomo, mercurio) procedentes de residuos industriales y, más recientemente, la contaminación relacionada con microplásticos y PFAS (sustancias perfluoroalquiladas). Sin embargo, el problema más cotidiano y con mayor impacto estructural para la cadena de suministro es la contaminación microbiológica de origen fecal, detectada por la bacteria indicadora *Escherichia coli*. Durante las fuertes lluvias, los sistemas de alcantarillado sobrecargados y la escorrentía agrícola liberan enormes cantidades de patógenos (incluidos *la salmonela*, el *norovirus* y el virus de la *Hepatitis A*) en los ecosistemas costeros. La solución principal requiere el uso de centros de depuración, donde los bivalvos se mantienen durante horas o días en tanques de agua de mar constantemente esterilizada (a menudo mediante luz UV u ozono) para que se purifiquen filtrando agua limpia antes de su comercialización.

Al analizar el contexto de los países socios, los retos relacionados con los contaminantes adquieren fuertes connotaciones territoriales.

En **Italia**, el impacto de la contaminación antropogénica es una cuestión especialmente delicada, tanto para las zonas de las lagunas del norte (como el delta del Po y la laguna de Venecia, donde la escorrentía agrícola y urbana provoca frecuentes picos de *E. coli*) como para las zonas costeras del sur. Un caso emblemático a escala europea es el del Mar Piccolo de Tarento, en Apulia, una cuenca histórica para el cultivo de mejillones (*Mytilus galloprovincialis*). Aquí, la proximidad a centros de industria pesada (siderurgia y construcción naval) ha causado en el pasado graves problemas de bioacumulación de contaminantes orgánicos persistentes (como dioxinas y PCB) y metales pesados en los tejidos de los bivalvos. Para proteger la salud pública, las autoridades sanitarias han tenido que aplicar planes de control extremadamente estrictos, a veces prohibiendo la recolección o exigiendo el traslado de los juveniles a aguas más limpias (Mar Grande) para que completen el ciclo de crecimiento de forma segura.

En **España**, el motor de la acuicultura se concentra en los estuarios gallegos, ecosistemas extraordinariamente productivos pero vulnerables. A pesar del excelente intercambio de agua que proporciona el océano Atlántico, la fuerte presión humana y urbana a lo largo de

las costas requiere un seguimiento constante de los niveles de *E. coli*. Esto obliga a las autoridades competentes a clasificar estrictamente las zonas de producción y a hacer un uso extensivo de los centros de depuración. Si nos trasladamos a la costa mediterránea española (por ejemplo, a la Comunidad Valenciana), los estudios medioambientales ponen de relieve la creciente atención a la acumulación de metales pesados (como el plomo y el cadmio) en los sedimentos costeros como resultado del tráfico portuario y de los vertidos históricos. Los bivalvos, que actúan como bioindicadores, reflejan esta contaminación, por lo que es necesario realizar un seguimiento para garantizar que los productos se mantengan muy por debajo de los límites legales impuestos por la UE.

En **Grecia**, el cultivo de mejillones se lleva a cabo predominantemente en grandes golfos semicerrados en el norte del país, como el golfo de Termaico. Estas zonas se benefician del suministro de agua dulce de grandes ríos (como el *Axios* y el *Aliakmon*), que es esencial para la alimentación de los bivalvos. Sin embargo, estos mismos ríos llevan al mar los residuos de la intensa actividad agrícola del interior, con plaguicidas, fertilizantes químicos y cargas bacterianas fecales, especialmente durante los periodos de fuertes lluvias. Además, en las cuencas semicerradas, el problema de los microplásticos está surgiendo con fuerza. Los mejillones suspendidos filtran grandes cantidades de partículas de microplásticos (a menudo resultantes de la degradación de las redes y el equipo de plástico utilizados para el cultivo, así como de las aguas residuales urbanas), lo que plantea nuevas preocupaciones tanto por el bienestar fisiológico del propio molusco como por la exposición crónica de los consumidores finales a estos contaminantes emergentes.

En **Francia**, el cultivo de bivalvos (con un fuerte enfoque en la producción de ostras) a menudo se ubica en cuencas semicerradas, estuarios o lagunas costeras (como la cuenca de Arcachon en el Atlántico o el Étang de Thau en el Mediterráneo), que son extremadamente vulnerables a la presión humana. El problema más grave y recurrente, especialmente durante la temporada de invierno y en conjunción con fuertes lluvias, es la contaminación por norovirus. La sobrecarga de los sistemas de alcantarillado de los municipios costeros con frecuencia conduce al vertido de aguas residuales urbanas inadecuadamente tratadas directamente en las zonas de producción. Dado que las plantas de depuración tradicionales tienen dificultades para eliminar eficazmente los virus, en lugar de las bacterias, estas contaminaciones obligan a las prefecturas a imponer prohibiciones preventivas de la recolección, frecuentes y repentinas, lo que causa un inmenso daño económico al sector, especialmente durante los períodos de mayor consumo, como en el período de Navidad. Además, la escorrentía agrícola procedente de vastas cuencas hidrográficas interiores contribuye a la contaminación por nitratos y plaguicidas, lo que hace que la gestión integrada de las aguas costeras sea un reto nacional prioritario.

Irlanda a pesar de contar con unas aguas marinas generalmente consideradas entre las más prístinas de Europa (un factor comercial clave para la producción orientada a la exportación de ostras), el país no es inmune a estos problemas críticos. Las zonas de cultivo, situadas en su mayoría en bahías y lagos (*fiordos*) protegidos a lo largo de la escarpada costa atlántica, son sensibles a los aportes de las vías fluviales circundantes. Las intensas y frecuentes precipitaciones típicas del clima irlandés provocan una escorrentía masiva que arrastra al mar los residuos de los fertilizantes agrícolas y los desechos del ganado, además de causar vertidos de los sistemas de alcantarillado locales y de las fosas sépticas domésticas, a

menudo de tamaño insuficiente. Esto genera picos temporales de contaminación microbiológica (*E. coli*), que suponen una amenaza constante para la clasificación sanitaria de las zonas de producción. El simple hecho de rebajar una bahía de clase A a B obliga a los criadores a asumir los costes adicionales y el tiempo necesarios para el estabulación y el consiguiente paso por los centros de depuración, lo que repercute significativamente en los márgenes de beneficio y en la competitividad de las empresas. Además de lo indicado anteriormente de los problemas con los norovirus.

2.2.4 Problemas relacionados con posibles depredadores o con el impacto de especies exóticas en cada país

La depredación y el impacto ecológico y económico de las especies nocivas son problemas que crecen rápidamente en toda Europa. Para comprender plenamente el fenómeno, es esencial distinguir entre dos frentes: por un lado, la presión ejercida por los **depredadores locales (autóctonos)**, con los que el sector ha coexistido históricamente; por otro, las nuevas amenazas que plantean las **especies invasoras (no autóctonas o exóticas)**. El calentamiento global, combinado con la intensificación del tráfico marítimo (que puede transportar larvas u organismos adultos en el agua de lastre o en los cascos de los barcos), está alterando profundamente el equilibrio de los ecosistemas costeros, favoreciendo en algunos casos el rápido establecimiento de especies exóticas altamente competitivas.

En **Italia**, el sector se enfrenta a problemas relacionados especialmente con las especies exóticas, pero los depredadores autóctonos también pueden causar daños importantes. En cuanto a las amenazas autóctonas, el cultivo de mejillones en alta mar y en la costa a menudo tiene dificultades para coexistir con la dorada común (*Sparus aurata*), que puede alimentarse de mejillones en grandes cantidades. Las poderosas mandíbulas de la dorada local literalmente rompen las conchas de los mejillones en crecimiento, lo que obliga a los criadores a incurrir en costes extremadamente elevados para cubrir los postes con pesadas redes a prueba de depredadores. A lo largo del Adriático, estos problemas suelen estar causados por las tortugas marinas (*Caretta caretta*), que a menudo se alimentan de bivalvos. En este caso, la depredación, también debida a los fuertes y correosos picos de las tortugas, puede provocar la rotura de la bolsa de plástico que contiene los mejillones, lo que da lugar a la pérdida de todo el producto.

Un problema aún más importante lo causa una especie no autóctona: el cangrejo azul *Callinectes sapidus*. Esta especie exótica, originaria de las costas atlánticas de Estados Unidos, está literalmente diezmando las granjas de almejas (*Ruditapes philippinarum*) en el norte del Adriático. El cangrejo azul se alimenta tanto de almejas jóvenes como adultas, y sus fuertes tenazas son capaces de cortar las redes de fondo que se utilizan para proteger cada vez más el producto. Además, esta especie se reproduce exponencialmente, beneficiándose de la ausencia de antagonistas naturales locales.

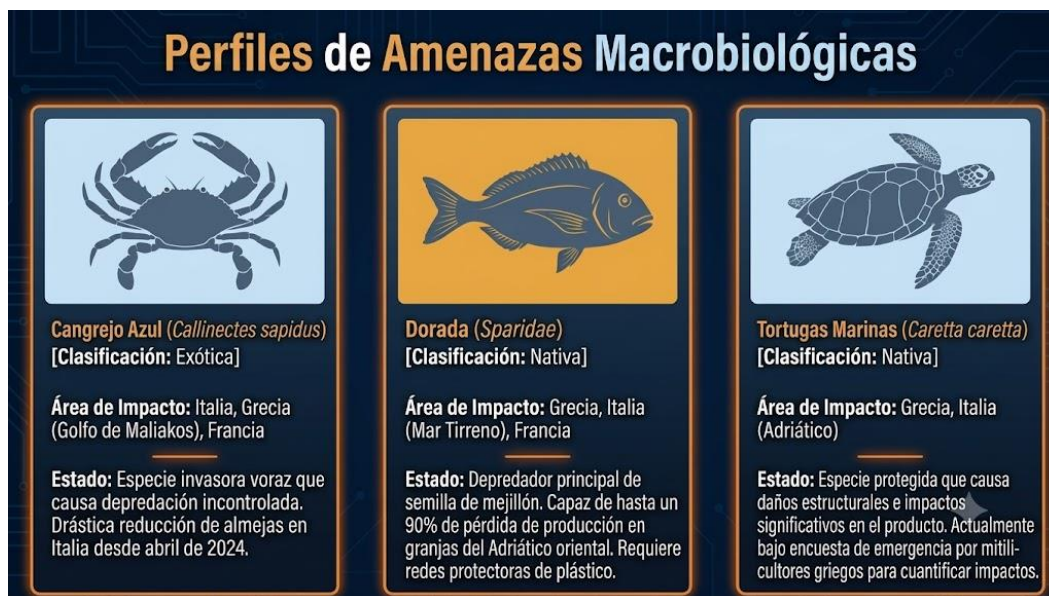


Fig. 17 - Principales depredadores de moluscos en Italia y Grecia

También en **Grecia**, el cultivo de mejillones se enfrenta a una intensa presión de depredación, actualmente predominantemente autóctona. Al igual que en Italia, los long-line de mejillones fondeados en los ricos golfos griegos proporcionan una fuente de alimento de fácil acceso para grandes bancos de doradas salvajes y tortugas marinas autóctonas. La única defensa viable es colocar los mejillones dentro de redes protectoras. Sin embargo, las autoridades y los acuicultores griegos también están elevando el nivel de alerta para las especies no autóctonas, al tiempo que vigilan la progresiva propagación de especies exóticas como el cangrejo azul en sus mares, que amenaza con extender sus daños a los ecosistemas griegos.

En **España**, en las rías gallegas, los daños a los criaderos de mejillones se dividen claramente entre la depredación natural y la bioincrustación invasora. Históricamente, las crías de mejillón han sido depredados por especies autóctonas como la estrella de mar (*Asterias rubens*) y diversas especies de peces costeros locales. Sin embargo, el problema más insidioso en esta zona hoy en día está relacionado con la expansión de especies incrustantes. Estos organismos no actúan como depredadores directos, sino que mantienen una competencia espacial y trófica con los bivalvos: al asentarse en masa en las cuerdas de cultivo, ralentizan el crecimiento de los mejillones y, combinado con su propio peso. Con todo, el principal problema de depredación lo sufren los parques de cultivo de almejas.

En **Francia** e **Irlanda**, naciones con una fuerte tradición en el cultivo de ostras, las amenazas adoptan diferentes formas en los ecosistemas intermareales, pero reflejan la misma división. Por un lado, están los depredadores autóctonos: las ostras cultivadas en bolsas son tradicionalmente el objetivo de las estrellas de mar, los cangrejos verdes autóctonos (*Carcinus maenas*) y las aves marinas, cuyo impacto se mitiga mediante métodos tradicionales. Por otro, el sector está plagado de parásitos y competidores no autóctonos. Un grave problema en Francia (y un riesgo constante para Irlanda) lo plantean los gasterópodos exóticos depredadores, los llamados «taladros de ostras», sobre todo la especie asiática invasora *Ocenebrellus inornatus*, que puede perforar la concha de la ostra

para consumir su tejido blando. Otra grave plaga exótica, ahora endémica de Bretaña y Normandía, es la crepidula (*Crepidula fornicata*): este molusco de origen norteamericano no se alimenta directamente de bivalvos, sino que se comporta como un feroz competidor espacial, formando densas colonias estratificadas que alteran el ecosistema bentónico y asfixian a las ostras.

2.3 Aspectos burocráticos en diferentes países: obtención y renovación de áreas de concesión, etiquetas de calidad o certificaciones

La burocracia administrativa, en toda Europa, es uno de los principales factores limitantes para el desarrollo y la estabilidad del sector de el cultivo de bivalvos. Los criadores, organizados predominantemente en microempresas familiares o pequeñas cooperativas, se enfrentan a un sistema normativo complejo y polifacético que se desarrolla en dos líneas fundamentales, ambas cruciales para la sostenibilidad económica de su negocio. Por un lado, existe una creciente necesidad, impulsada por la dinámica del mercado, de obtener y mantener certificaciones relacionadas con la calidad, la trazabilidad y la sostenibilidad de los productos. Estas certificaciones son ahora un requisito previo para acceder a los canales minoristas a gran escala y a los mercados internacionales de alto valor. Por otro lado, las relaciones con las administraciones públicas, tanto a escala central como local, desempeñan un papel crucial en la asignación y renovación de las concesiones estatales marítimas, que son esenciales para el funcionamiento de las actividades de producción. Los procedimientos administrativos, los costes asociados y los plazos para la emisión y renovación de concesiones y certificaciones difieren significativamente entre los cinco países socios del proyecto OPTIMA, lo que refleja las particularidades de sus respectivos marcos legales, administrativos e históricos. Los procedimientos para obtener y renovar las certificaciones de calidad en el sector de el cultivo de bivalvos se basan en un complejo marco normativo europeo que incluye requisitos de seguridad alimentaria, trazabilidad y sostenibilidad. El acceso a estas certificaciones requiere la implantación de sistemas de autocontrol, auditorías por parte de organismos acreditados y auditorías periódicas para mantener el cumplimiento. En cuanto a las concesiones marítimas, el inicio de las actividades de acuicultura está sujeto a la emisión de autorizaciones por parte de las autoridades competentes. La renovación periódica de las concesiones está condicionada al cumplimiento continuo de los requisitos reglamentarios y medioambientales. La duración de las concesiones varía entre los Estados miembros, que a menudo promueven plazos más largos para incentivar la inversión en el sector, con la posibilidad de renovación al vencimiento.

2.3.1 ¿Qué tipos de certificaciones o etiquetas de calidad son los más habituales en cada país? ¿Cómo se obtienen estas certificaciones y etiquetas: es un proceso fácil o difícil?

El mercado moderno exige productos que garanticen no solo la higiene y la seguridad sanitaria, sino también una fuerte conexión con el territorio de origen, a través de marcas de calidad, y un respeto probado por los ecosistemas, a través de certificaciones de sostenibilidad. En este contexto, la acuicultura de bivalvos representa un modelo especialmente virtuoso desde el punto de vista medioambiental en comparación con otras formas de cría.

Estos organismos crecen de forma natural, sin el uso de piensos artificiales, medicamentos o antibióticos, y se alimentan exclusivamente del fitoplancton presente en el medio marino mediante filtración. Además, los bivalvos desempeñan un papel fundamental como «ingenieros medioambientales», al prestar importantes servicios medioambientales. Su actividad de biofiltración ayuda a reducir la eutrofización y a disminuir la carga orgánica en las aguas costeras. Además, su presencia puede favorecer la formación de hábitats naturales y arrecifes, especialmente en zonas como el Adriático, caracterizadas por fondos arenosos y escasos sustratos duros.

Estas estructuras se convierten en verdaderos focos de biodiversidad, ya que favorecen la reproducción y la supervivencia de numerosas especies marinas. Por último, la formación de conchas calcáreas contribuye al secuestro de dióxido de carbono (CO₂). Aunque la cuantificación y la monetización directa de estos servicios ecosistémicos (por ejemplo, a través de créditos de carbono o la eliminación de nitrógeno) aún están en proceso de desarrollo normativo a escala europea, la sostenibilidad intrínseca de este sistema de producción ya se reconoce y valora a través de certificaciones medioambientales como la ASC (Asociación para la Protección del Medio Ambiente) o la etiqueta ecológica. Sin embargo, la obtención de estas certificaciones suele ser un proceso complejo, largo y costoso. Requiere adaptar las instalaciones, implantar sistemas completos de trazabilidad digital, preparar manuales de funcionamiento y someterse a inspecciones o auditorías por parte de organismos externos independientes, con unos costes que corren íntegramente a cargo de los productores.

En España, la principal referencia es la DOP «Mejillón de Galicia», protege la calidad de los mejillones criados en las tradicionales bateas. Aunque es una marca bien establecida, el sistema de control del Consejo Regulador es extremadamente riguroso y exige una trazabilidad completa en todas las fases del cultivo, así como en su procesamiento/depuración en centros autorizados.

El objetivo del Consejo Regulador es mantener y promover la Denominación de Origen Protegida del Mejillón de Galicia, así como supervisar y promover su calidad. En España también existe una parte de su producción amparada también por la etiqueta ecológica. El principal reto actual es acceder a certificaciones internacionales de sostenibilidad como MSC y ASC, que tienen gran demanda en los mercados internacionales. Para los pequeños productores, los costes de las auditorías independientes suelen ser prohibitivos, por lo que a menudo se recurre a asociaciones, consorcios y organizaciones de productores para compartir la carga del proceso.

El consumo en Francia está fuertemente vinculado al concepto de territorio, por lo que las etiquetas de origen son particularmente importantes. Entre las más conocidas se encuentran la IGP «Huîtres Marennes-Oléron» y la DOP «Moules de Bouchot de la Baie du Mont-Saint-Michel». Desde mayo de 2013, los mejillones Bouchot cuentan con la el reconocimiento de Especialidad Tradicional Garantizada (STG). Además de su prestigio, también tiene gran aprecio el sello nacional Label Rouge, que certifica una calidad organoléptica superior, y la certificación ecológica (AB-Agriculture Biologique), que reconoce la ausencia de insumos químicos y un ciclo de cultivo natural.

El principal reto en Francia es el cumplimiento extremadamente estricto de las especificaciones. En el caso de la certificación ecológica, por ejemplo, el reto consiste en demostrar el cumplimiento a lo largo de todo el ciclo de producción, incluidos los juveniles naturales, así como el mantenimiento constante de aguas clasificadas como excelentes (Clase A).

En Italia, prevalece la promoción de marcas territoriales, como demuestra la Cozza di Scardovari, la primera en obtener la DOP, y otros productos emergentes como la Cozza Tarantina. En el ámbito de la sostenibilidad, varias cooperativas, especialmente en el norte del Adriático, están obteniendo gradualmente las certificaciones ASC y ecológica. Según los datos del SINAB, el sector de la acuicultura ecológica cuenta con aproximadamente 70 operadores, concentrados en gran medida en el cultivo de marisco. Las principales zonas de producción son el Véneto (aproximadamente 28 operadores) y Emilia-Romaña (aproximadamente 20 operadores). Sin embargo, la difusión de las certificaciones en el sector sigue siendo limitada. En concreto, la certificación ecológica, aunque representa una oportunidad para aumentar el valor del producto, sigue representando una parte marginal de la producción total debido a los elevados costes de cumplimiento y a la complejidad del marco normativo. Además, el sector italiano del cultivo de mejillones se caracteriza por una creciente presión hacia prácticas sostenibles, principalmente relacionadas con la gestión del impacto medioambiental y la adopción de modelos de economía circular. A pesar de ello, el desarrollo del sector se ve obstaculizado por la fragmentación de la cadena de suministro y la complejidad burocrática. Las certificaciones ecológicas y ASC requieren análisis medioambientales exhaustivos, como evaluaciones del impacto bentónico, así como el cumplimiento de estrictas normas sociales y medioambientales. Además, se requieren sistemas avanzados de control de la calidad del agua y de riesgos microbiológicos, que son esenciales para garantizar la seguridad alimentaria y el cumplimiento de las normas internacionales. Esto crea una carga administrativa y financiera que resulta difícil de soportar para las cooperativas individuales sin un apoyo especializado adecuado. También existen obstáculos adicionales para la adopción de la certificación, como las percepciones de los operadores y el acceso limitado a herramientas financieras e innovadoras, a pesar del creciente interés del mercado por los productos certificados y sostenibles.

Irlanda tiene un sector muy orientado a la exportación de productos de primera calidad y a la innovación en los procesos de producción. El objetivo es aumentar la eficiencia de los recursos, reforzar la «licencia social para operar», mejorar la calidad y la seguridad de los alimentos y mejorar las credenciales de sostenibilidad. En este contexto, el sector acuícola irlandés se basa en dos importantes puntos de referencia: el programa nacional Origin Green, promovido por Bord Bia, y la norma Certified Quality Aquaculture (CQA) desarrollada por BIM (Bord Lascaigh Mhara). Origin Green es el único programa estatal de sostenibilidad alimentaria del mundo, perfectamente alineado con la narrativa de los servicios ecosistémicos que prestan las ostras y los mejillones. Lanzado en 2012 y ampliado a los productores primarios de acuicultura desde 2015, el programa destaca porque exige a las empresas miembros que definan objetivos medibles en los distintos pilares de la sostenibilidad, que deben cumplirse para mantener la certificación. Además, la certificación del Marine Stewardship Council (MSC), una de las etiquetas más reconocidas a nivel mundial para la pesca y el marisco sostenibles, ha certificado el cultivo de mejillones irlandeses como

sostenible desde 2019. Esto permite a los productores acceder a la etiqueta MSC, con beneficios en términos de reputación, visibilidad del producto y acceso a nuevos mercados para atraer a nuevos consumidores. Los mejillones irlandeses certificados en virtud del Quality Seafood Scheme deben cumplir especificaciones relativas al contenido de carne, el aspecto de la concha, el sabor y la textura. El Irish Quality Mussel Scheme es el primer sistema de certificación de marisco totalmente integrado del mundo que está acreditado según la norma EN45011, la norma internacional para la certificación de la calidad de los productos. Así, una proporción cada vez mayor de empresas del sector ha adoptado estas prácticas, lo que permite hacer un seguimiento de la difusión de la innovación productiva como porcentaje de todas las empresas activas. Sin embargo, el principal reto radica en mantener los estándares: dado que la calidad depende directamente de las condiciones naturales del agua, incluso los episodios temporales de contaminación, como los causados por las fuertes lluvias y la escorrentía agrícola o de aguas residuales, pueden dar lugar a la suspensión inmediata de la certificación, lo que se traduce en importantes pérdidas económicas.

En Grecia, el sector del cultivo de mejillones va a la zaga en el desarrollo de certificaciones de origen reconocidas a nivel europeo. En ausencia de una DOP o IGP establecida, la presión del mercado internacional está impulsando la adopción de normas de seguridad alimentaria (ISO 22000, IFS y BRC) y certificaciones medioambientales como la ASC. El principal reto en Grecia es la limitada cooperación entre los productores. Muchos acuicultores operan de forma independiente y perciben las certificaciones como una carga burocrática y costosa, en lugar de como una herramienta de valorización.

Esto limita la capacidad del sector para organizarse en consorcios capaces de soportar los costes y promover eficazmente los beneficios medioambientales del producto en los mercados internacionales. Además, a diferencia del marco político bastante flexible de Europa, el cultivo de mejillones está muy influenciado por el sistema de concesiones estatales, que limita el tamaño de las explotaciones a menos de tres hectáreas, una condición que afecta negativamente a la sostenibilidad económica. Esta rigidez institucional, combinada con un alto riesgo financiero y un acceso limitado al crédito, dificulta el crecimiento y la industrialización del sector. En consecuencia, la adopción de sistemas de certificación y etiquetas de calidad también es limitada, ya que requiere inversión y estructuras organizativas más avanzadas.

País	Volúmenes Estimados	Certificaciones Clave	Adopción y Estándares	Estado de Mercado
España	50k-60k t (DOP); Decenas de miles de t (MSC/ASC)	 DOP  MSC, ASC  BIO	DOP (Mejillón de Galicia) y MSC/ASC impulsados por OP (Organizaciones de Produc- tores); baja adopción de BIO	Líder especialización en denominaciones de origen y sostenibilidad industrial.
Irlanda	~100% exportación; 10k-12k t (BIO)	 Origin Green  BIO  MSC	Prevalencia de Origin Green; BIO cubre el 80% de los mejil- lones cultivados en cuerdas	Excelencia exportación sostenible; enfocado en rigurosos estándares ambientales nacionales.
Francia	~20k t (IGP), ~10k t (AOP), >10% de granjas (BIO)	 IGP, AOP, Label Rouge  BIO	Sistema consolidado (AB); alta diversificación cualitativa	Mercado Maduro excelente apreciación del terroir (territorio).
Italia	~3k t (DOP), ~70 operadores (BIO), miles de t (ASC)	 BIO  DOP, IGP  ASC	Crecimiento de BIO en el norte; DOP/IGP aislados; ASC obsta- culizado por la fragmentación	Alto Potencial obstaculizado por la fragmentación estructural de la cadena de valor.
Grecia	< 5% de la producción nacional	 ASC, ISO, IFS  DOP, IGP  BIO	Certificaciones casi ausentes; estándares privados para la exportación; falta de cultura cooperativa	Rezagado baja apreciación del producto a través de sellos de calidad.

Fig. 18 - Comparación entre los principales países europeos por tipo de certificación y estado de desarrollo del mercado.

2.3.2 ¿Existían en el país concesiones marítimas de propiedad estatal? En caso afirmativo, ¿cómo se puede obtener en cada país? ¿Se renuevan? ¿Y cuánto duran?

El acceso a la acuicultura, incluido el cultivo de mejillones, se regula generalmente a través de sistemas de concesiones y licencias que otorgan a los operadores derechos temporales para utilizar las aguas públicas y la propiedad marítima. Estos instrumentos forman parte de un marco común europeo orientado a la sostenibilidad medioambiental y a la gestión integrada de las zonas costeras, pero están regulados predominantemente a escala nacional o subnacional, lo que da lugar a una marcada heterogeneidad entre los países. En este contexto, las concesiones públicas de espacio marino existen sistemáticamente en todos los países de la Unión Europea, incluso cuando reciben diferentes nombres (licencias, autorizaciones y permisos). El principio subyacente es uniforme: el espacio marino es un bien público y su uso para actividades productivas está sujeto a la emisión de un título administrativo. La obtención de estas concesiones requiere generalmente procedimientos complejos, que implican a múltiples niveles de gobierno e incluyen evaluaciones medioambientales, controles sanitarios y comprobaciones del cumplimiento de la ordenación del espacio marítimo. Los plazos suelen ser considerables: de media, más de doce meses, y en los casos más complejos o propensos a litigios, incluso más de veinticinco meses, con situaciones especialmente críticas, como en Irlanda, donde el proceso de autorización puede prolongarse durante muchos años. La duración de las concesiones está limitada en el tiempo y representa uno de los elementos más variables entre las normativas nacionales. Por lo general, son periodos plurianuales, a menudo de unos diez años, pero sin una norma europea uniforme. La renovación no es automática y está sujeta a la verificación del cumplimiento de las condiciones operativas y medioambientales establecidas. Si bien esta estructura garantiza un alto nivel de protección de los recursos, también introduce

elementos de incertidumbre que pueden afectar a la capacidad de inversión y a la estabilidad económica del sector.

En **Italia**, el sistema de concesiones para el cultivo de mejillones se caracteriza por una organización multinivel. Aunque estos activos son propiedad marítima del Estado, la gestión operativa de las concesiones se confía principalmente a las regiones, que regulan el uso de las zonas marinas designadas para la acuicultura y coordinan los procedimientos de autorización. La obtención de una concesión se logra a través de un proceso administrativo que implica la presentación de un proyecto, la verificación de su compatibilidad con la planificación costera y la realización de una evaluación de impacto ambiental. Las partes interesadas implicadas son principalmente las regiones, responsables de la planificación y la gestión de las actividades de acuicultura, los municipios costeros y, en las zonas portuarias, las autoridades del sistema portuario, a las que se les pueden otorgar responsabilidades sobre las concesiones de propiedad estatal. Estas autoridades cuentan con el apoyo de las Autoridades Portuarias, con funciones de supervisión técnica y seguridad, mientras que el Ministerio proporciona orientación normativa general. Las concesiones tienen una duración fija, generalmente de varios años, y la renovación no es automática, sino que está sujeta a la verificación del cumplimiento de las condiciones establecidas, un factor que contribuye a la incertidumbre de los operadores.

En **España**, el sistema también está descentralizado, con responsabilidades asignadas a las comunidades autónomas. En el caso del cultivo de mejillones, particularmente desarrollado en regiones como Galicia, el acceso al espacio marino se otorga a través de concesiones que combinan el derecho a ocupar terrenos de propiedad estatal con la autorización para llevar a cabo actividades de producción. Aunque los procedimientos varían de una región a otra, implican requisitos técnicos y medioambientales bien definidos. También en este caso, las concesiones son temporales y renovables únicamente tras la verificación de las condiciones.

En **Grecia**, el sistema es tradicionalmente más centralizado y se caracteriza por una mayor rigidez normativa. La obtención de licencias está sujeta a complejos procedimientos administrativos que, especialmente en el pasado, han implicado a numerosas autoridades competentes, lo que ha contribuido a la lentitud de los plazos de toma de decisiones. La organización del espacio marino se basa en la identificación de las llamadas **Zonas Asignadas para la Acuicultura (AZA)**, áreas identificadas a través de la planificación marítima para concentrar y regular la acuicultura, reduciendo los conflictos con el turismo, la pesca y el medioambiente. Su identificación es competencia del Estado, en concreto del Ministerio de Medio Ambiente y Energía de Grecia y del Ministerio de Desarrollo Rural y Alimentación de Grecia. Se pueden otorgar concesiones para el desarrollo de actividades dentro de estas zonas, mientras que el desarrollo de nuevas instalaciones está muy limitado fuera de ellas. Sin embargo, la acuicultura marina sigue teniendo dificultades para acceder a nuevas zonas. El aumento de la temperatura del mar y los fenómenos extremos están afectando significativamente a la productividad del cultivo de mejillones. Esto está dando lugar a un mayor interés por reubicar las instalaciones en zonas más profundas y en alta mar. Sin embargo, la configuración actual de las AZA limita gravemente la posibilidad de expandirse a nuevas zonas, lo que dificulta la adaptación del sector.

En **Francia**, el sistema que regula el cultivo de bivalvos se basa en un modelo centralizado en el que el Estado otorga concesiones sobre la propiedad marítima pública dentro de un marco regulatorio definido por el Código de Pesca Rural y Marítima francés. Este sistema cuenta con el apoyo de una organización interprofesional de dos niveles: el Comité National de la Conchyliculture (CNC), que proporciona representación nacional y consulta con las autoridades públicas, y los Comités Régionaux de la Conchyliculture (CRC), que operan a nivel de zona de producción y apoyan la gestión local del sector. Aunque no tienen autoridad directa para otorgar concesiones, estos organismos desempeñan un papel importante en la coordinación del sector. Aunque el marco normativo es uniforme en todo el país, surgen diferencias significativas entre las zonas costeras, en particular entre el Atlántico y el Mediterráneo, relacionadas con las características medioambientales, la disponibilidad de espacio y los modelos de producción. En la cuenca mediterránea, la mayor presión sobre los ecosistemas costeros y la limitada disponibilidad de zonas adecuadas hacen que el sistema esté más limitado que en las regiones atlánticas, donde las condiciones morfológicas e hidrodinámicas permiten una mayor expansión de la actividad.

En **Irlanda**, el sistema de licencias se caracteriza por unos procedimientos de autorización especialmente complejos y prolongados, y se considera uno de los más estructurados y rigurosos de Europa. El inicio de las operaciones de cría de mejillones está sujeto a la obtención de una licencia de acuicultura, expedida por el Departamento de Agricultura, Alimentación y Marina de Irlanda, y de una licencia de zona costera, necesaria para la ocupación de las zonas marinas públicas designadas. Estas autorizaciones se complementan con evaluaciones medioambientales exhaustivas, incluidos análisis de impacto medioambiental y evaluaciones de impacto, especialmente cuando las actividades afectan a áreas protegidas o a Natura 2000. Las licencias se expiden por períodos fijos y no se renuevan automáticamente, sino que están sujetas a una reevaluación de las condiciones medioambientales y operativas.

A pesar de las importantes diferencias entre países, el sistema de concesiones marítimas para la acuicultura en la Unión Europea tiene elementos comunes: el carácter público del recurso, la asignación temporal de los derechos de uso, la complejidad de los procedimientos y la renovación sujeta a revisión. Las principales diferencias se refieren al grado de centralización, la duración de las concesiones y la previsibilidad de los procesos administrativos, factores que afectan directamente al desarrollo y la competitividad del sector.

2.4 Reglamentos, directivas y procedimientos legales nacionales y europeos relativos a la acuicultura de moluscos bivalvos: reglamentos de la UE, directivas de seguridad alimentaria, clasificación de las zonas de producción acuícola

El marco normativo para la acuicultura de moluscos bivalvos en la Unión Europea se caracteriza por un alto grado de articulación e integración entre la legislación alimentaria, la legislación medioambiental y los sistemas de control sanitario. A escala europea, la disciplina se basa en un conjunto coordinado de reglamentos que definen los principios generales de la seguridad alimentaria, las condiciones de higiene y salud de la producción y los

mecanismos de control oficial a lo largo de toda la cadena de suministro. La seguridad de los productos del cultivo de bivalvos depende en gran medida de las condiciones medioambientales de las zonas de producción y de la calidad de los sistemas de control (EFSA, 2015; FAO, 2023). En particular, a escala europea, el marco jurídico se basa en el Reg. (CE) n.º 178/2002, que establece los principios generales de la legislación alimentaria en la Unión Europea e introduce el concepto de responsabilidad primaria del operador de empresa alimentaria y el enfoque basado en el riesgo. El Reg. (CE) n.º 852/2004, que define los requisitos generales de higiene alimentaria y exige la aplicación de procedimientos basados en los principios del APPCC, y el Reg. (CE) n.º 853/2004, que establece requisitos específicos para los alimentos de origen animal, dedicando una sección específica a los moluscos bivalvos vivos y a las condiciones de higiene y salud para su comercialización. El Reg. (UE) 2017/625 sobre los controles oficiales a lo largo de la cadena agroalimentaria desempeña un papel central en el sistema de gobernanza, ya que reforzó y armonizó los procedimientos de inspección y verificación por parte de las autoridades competentes de los Estados miembros. Este reglamento, junto con el Reg. de Ejecución (UE) 2019/627, define los procedimientos operativos para el seguimiento de las zonas de producción de moluscos bivalvos, incluidos los métodos de muestreo, los criterios de clasificación y la vigilancia sanitaria continua. Un elemento clave del sistema regulador europeo es la clasificación de las zonas de producción, que es la principal herramienta de gestión de riesgos para los moluscos bivalvos. Esta clasificación se basa en el control de la contaminación fecal, medida por la concentración de *E. coli* en el tejido de los moluscos, utilizada como indicador microbiológico de referencia. En función de los niveles detectados, las zonas se dividen en tres clases sanitarias: A, B y C, cada una de las cuales determina las condiciones de comercialización y los tratamientos necesarios tras la recolección..

Las zonas de clase A tienen los niveles más bajos de contaminación y permiten la comercialización directa de moluscos para el consumo humano, siempre que cumplan las normas sanitarias exigidas. Las zonas de clase B tienen niveles intermedios de contaminación y requieren que los moluscos se sometan a depuración o reinstalación antes de su comercialización, mientras que las zonas de clase C, caracterizadas por niveles más altos, permiten la recolección sólo después de períodos prolongados de reinstalación o tratamientos equivalentes. Los valores umbral se definen cuantitativamente: por ejemplo, para la clase A, al menos el 80% de las muestras deben tener concentraciones inferiores o iguales a 230 *E. coli* por 100 g de tejido, mientras que para la clase B el límite aumenta a 4600 *E. coli* para el 90 % de las muestras, y para la clase C alcanza 46000 *E. coli* por 100 gramos de tejido. Este sistema va acompañado de criterios microbiológicos para el producto final, establecidos por el Reg. (CE) n.º 2073/2005, que también utiliza *E. coli* como referencia para la seguridad alimentaria del producto acabado.

Desde el punto de vista procedimental, la clasificación de las zonas requiere la realización de estudios sanitarios preliminares, que incluyen la identificación de las fuentes de contaminación, el análisis de las presiones antropogénicas y las variaciones estacionales, así como la definición de planes de muestreo y seguimiento continuo.

Las autoridades competentes son responsables de implementar los controles oficiales, clasificar las zonas y expedir autorizaciones, de conformidad con los requisitos europeos, pero con discreción en la organización de los sistemas de seguimiento y los procedimientos

administrativos. Asimismo, deben mantener actualizadas las listas de zonas clasificadas para garantizar la trazabilidad de los productos a lo largo de toda la cadena de suministro, asegurando que este sistema esté estrechamente vinculado a los controles oficiales exigidos por la legislación de la UE.

A escala nacional, el marco regulatorio se caracteriza por una fuerte integración entre las disposiciones europeas y las responsabilidades administrativas internas, a menudo repartidas en múltiples niveles (nacional, regional y local).

2.4.1 «Paquete de higiene» europeo: presentación de los reglamentos fundamentales (de la UE) que establecen las normas de higiene y salud

Para el sector de los moluscos de bivalvos, el «**Paquete de Higiene**» (Reg. CE 852/04, 853/04 y 625/17) no es solo una lista de prohibiciones, sino el manual de instrucciones para dirigir una empresa moderna y competitiva. ¿Cuál es el cambio fundamental? La responsabilidad de la seguridad alimentaria ha pasado de las autoridades directamente a manos del empleador. Hoy en día, aquellos productores que realizan venta directa de sus productos a los consumidores, también son operadores de una empresa alimentaria y no solo tienen que esperar a que el organismo de certificación revise su empresa. Deben ser gestores de riesgos:

- **APPCC dinámico:** su plan de autocontrol no puede ser un documento estático. Debe integrar datos medioambientales (precipitaciones, temperaturas, corrientes) para predecir las crisis antes de que el producto deje de cumplir la normativa.
- **Validación de la vida útil:** es su responsabilidad demostrar que el producto sigue siendo seguro hasta que llega a la mesa del consumidor. La gestión adecuada de la vida útil reduce las devoluciones y aumenta la confianza del cliente.

Un plan de autocontrol no es solo una carpeta de documentos, es la «caja negra» de su empresa. Para un criador-comercializador de moluscos bivalvos, la estructura debe ser simplificada pero rigurosa, centrándose en lo que realmente sucede en el agua de mar, en el centro de envío o en el centro de depuración.

Aquí tiene un ejemplo práctico de cómo debe estructurar su plan de autocontrol (Manual de APPCC):

1. Datos de la empresa y descripción de la actividad

- **Datos de la empresa:** nombre de la empresa, código ASL, autorizaciones sanitarias.
- **Descripción del emplazamiento:** coordenadas de la concesión, clasificación del agua (zona A o B) y tipo de cultivo (por ejemplo, palangre, bolsas sobre mesas).
- **Diagrama de flujo:** mapa del recorrido del molusco, desde la siembra hasta la recolección, el envasado y el envío.

2. Requisitos previos: buenas prácticas de fabricación (BPF) y buenas prácticas de higiene (BPH)

Antes del APPCC, debe garantizar la higiene básica. Estos son los cimientos de su hogar:

- **Mantenimiento:** estado de las embarcaciones, las cajas y la maquinaria.
- **Higiene del personal:** formación de los empleados, ropa y procedimientos de lavado de manos.
- **Potabilidad del agua:** esencial, si se utiliza agua subterránea para el lavado o la purificación.
- **Control de plagas:** plan de control de roedores y vigilancia de insectos en zonas de aguas subterráneas.

3. Análisis de peligros e identificación de puntos críticos de control (APPCC):

Identifique lo que puede salir mal. Para los bivalvos, los principales peligros son:

- **Biológicos:** *salmonella*, *E. coli*, norovirus.
- **Químicos:** metales pesados, hidrocarburos.
- **Físicos:** fragmentos de plástico, arena, restos de redes.

Ejemplo de punto de control crítico (PCC):

PCC: Aceptación/recolección Si los bivalvos se crían en una zona temporalmente desclasificada o con biotoxinas de algas que superan el límite, el peligro no puede eliminarse posteriormente.

4. El sistema de control (tabla operativa)

Para cada peligro identificado, debe establecer cómo lo controlará:

Fase	Peligro	Límite crítico	Monitorización (qué/cómo)	Medida correctiva
Recogida	Biotoxinas de algas	Límites legales (Reg. 853/04)	Control de boletines oficiales y análisis de muestras	Suspensión de la recolección y la venta
Depuración	Recuento bacteriano	<i>E. coli</i> < 230 MPN/100 g	Análisis microbiológico del producto acabado	Ampliación de los tiempos de depuración
Envío	Trazabilidad	Etiqueta completa	Verificación de la marca de identificación	Bloqueo de lotes y reetiquetado

Dentro del marco ya definido por la legislación de la UE, el «Paquete de Higiene» europeo representa el instrumento a través del cual los principios legislativos se traducen en prácticas operativas a lo largo de la cadena de suministro. En lugar de introducir nuevas obligaciones, define el paso de un enfoque prescriptivo a un sistema basado en la responsabilidad y la verificación continua, separando más claramente los ámbitos de la seguridad alimentaria, la salud animal y los controles oficiales, y exigiendo un papel activo de los operadores en la aplicación de las medidas de seguridad. Este cambio se refleja particularmente en la necesidad de integrar los sistemas APPCC con procedimientos de verificación y validación basados en datos reales de producción. En el sector de la acuicultura, estos requisitos se traducen en un sistema de seguridad del producto que depende del control de los residuos de sustancias farmacológicamente activas, la gestión de los contaminantes y la aplicación de planes nacionales de seguimiento. En concreto, los programas establecidos por la legislación europea exigen a los Estados miembros que realicen controles sistemáticos de los residuos presentes en los animales y en los productos de origen animal, con la obligación de comunicar los resultados y activar los sistemas de alerta en caso de incumplimiento. En el caso específico de los moluscos bivalvos, el sistema operativo se basa en la integración del control medioambiental y la verificación del producto final. Además de la clasificación de las zonas de producción, la legislación exige la adopción de criterios microbiológicos armonizados, definidos por el Reglamento (CE) n.º 2073/2005, que establecen límites de muestreo y métodos para garantizar la seguridad durante toda la vida útil del producto. Los operadores (aquellos que llevan los moluscos al mercado) realizan análisis periódicos, gestionan los incumplimientos mediante medidas correctoras y, en los casos más graves, retiran o recuperan los productos del mercado. En cuanto a los controles oficiales, el sistema europeo ofrece un enfoque estructurado basado en auditorías, inspecciones y comprobaciones de documentos. Las autoridades competentes deben garantizar que los establecimientos estén autorizados, sean trazables y cumplan los requisitos de higiene y salud, además de verificar la aplicación efectiva de los procedimientos APPCC y de los sistemas de gestión de la seguridad alimentaria. Estos controles incluyen actividades de muestreo y análisis realizadas por laboratorios acreditados según normas internacionales, lo que garantiza la fiabilidad y la comparabilidad de los resultados.

La legislación europea exige la aplicación de programas de control específicos para la gestión de los riesgos biológicos, en particular los relacionados con las zoonosis y la contaminación microbiológica, a través de planes de muestreo armonizados en todos los Estados miembros con el objetivo de reducir la prevalencia de patógenos. Este enfoque es especialmente importante en el sector de la acuicultura, ya que las condiciones ambientales pueden favorecer la propagación de patógenos y contaminantes. En particular, para el cultivo de moluscos bivalvos, esto requiere una gestión dinámica de los riesgos que combine la clasificación del agua, la supervisión microbiológica, la gestión de residuos y los sistemas de respuesta rápida en caso de incumplimiento. La eficacia del sistema depende no solo del cumplimiento de los límites establecidos, sino también de la capacidad de implementar un seguimiento continuo basado en datos, trazabilidad y coordinación entre los operadores y las autoridades competentes.

2.4.2 Controles oficiales y aplicación nacional: el papel de la supervisión

El sistema de control oficial de la Unión Europea experimentó una profunda revisión con la entrada en vigor del Reglamento (UE) 2017/625, convirtiéndose en uno de los modelos más avanzados de gobernanza regulatoria multinivel en el sector agroalimentario hasta la fecha. El marco regulatorio integra los controles relativos a la seguridad alimentaria, los piensos, la salud animal y la protección de las plantas en un único marco jurídico, con el objetivo de garantizar una aplicación coherente, eficaz y basada en el riesgo de la legislación de la UE a lo largo de toda la cadena de suministro. La aplicación a escala nacional corre a cargo de las autoridades competentes, y los Estados miembros son responsables de llevar a cabo los controles oficiales. La supervisión a escala nacional garantiza la coordinación entre las autoridades centrales y los organismos locales, verificando la uniformidad de los procedimientos y la calidad de las actividades de inspección. A escala europea, la Comisión, a través de auditorías, inspecciones y análisis de sistemas, supervisa la eficacia de las autoridades nacionales, lo que contribuye a garantizar una aplicación armonizada de las normas. A nivel operativo, la supervisión se estructura en dos dimensiones complementarias: una evaluación *ex ante*, destinada a verificar la idoneidad de los sistemas de control antes de su implementación, y un seguimiento *ex post*, destinado a la identificación y corrección oportunas de los incumplimientos. Aunque la responsabilidad principal del cumplimiento recae en los operadores de empresas alimentarias, el sistema de control público es, en última instancia, responsable de proteger la salud de los consumidores y garantizar la transparencia en el mercado único, asegurando dicha adecuación a través de medidas correctivas como sanciones administrativas y acciones de verificación y seguimiento.

En Italia, el sistema se caracteriza por el Reglamento (UE) 2017/625, que ha dado lugar a un importante proceso de adaptación normativa y organizativa, reforzando los mecanismos de supervisión interna mediante la formalización de los procedimientos de control y la introducción de herramientas como la «segunda opinión experta» (SEO) para la gestión de las disputas técnicas. La introducción de este derecho, garantizado a los operadores de empresas alimentarias, permite a las empresas impugnar los resultados de los controles oficiales. Persiste la variabilidad territorial en la aplicación de los procedimientos, lo que hace necesario reforzar los mecanismos de coordinación central.

En Grecia, la gestión de los controles oficiales se caracteriza por una mayor fragmentación institucional. La aplicación del marco europeo ha contribuido a reforzar la coordinación central, pero siguen existiendo problemas críticos relacionados con la coherencia operativa y la capacidad de garantizar una supervisión uniforme en todo el territorio. En este contexto, el papel de las auditorías europeas y de los mecanismos de control de la Comisión es especialmente importante para apoyar la mejora progresiva de las capacidades administrativas nacionales.

España, por su parte, tiene un modelo semicentralizado, en el que las comunidades autónomas desempeñan un papel operativo significativo, mientras que la autoridad central, la Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición (AESAN), garantiza la coordinación y la alineación con el marco normativo europeo, manteniendo al mismo tiempo un alto grado de autonomía territorial.

En Francia, el sistema de control oficial está muy centralizado y se confía principalmente a la Dirección General de Alimentación (DGAL). La administración francesa se basa en una clara cadena de mando, en la que la supervisión está estrechamente integrada con la planificación del control y la gestión de riesgos, lo que reduce la fragmentación en la toma de decisiones.

En Irlanda existe un modelo diferente, en el que la Autoridad de Seguridad Alimentaria de Irlanda (FSAI) desempeña un papel central de coordinación y supervisión. El sistema irlandés se caracteriza por una estructura institucional fuertemente arraigada y una clara asignación de funciones entre las autoridades competentes, con un nivel de uniformidad en la ejecución de los controles oficiales.

La supervisión se perfila como un elemento estructural del sistema de control oficial, ya que garantiza la coherencia entre los niveles europeo y nacional, lo que refuerza la rendición de cuentas de las autoridades competentes y la eficacia de la normativa.

País	Modelo Estructural	Autoridad Clave	Estado de la Supervisión
Irlanda	 Integrado	FSAI (Autoridad de Seguridad Alimentaria de Irlanda)	Coordinado y altamente eficiente; garantiza una ejecución uniforme.
Francia	 Centralizado	DGAL (Dirección General de Alimentación)	Supervisión vertical estrictamente integrada con gestión de riesgos.
España	 Semicentralizado	AESAN + Comunidades Autónomas	Efectivo y basado en riesgos; mantiene el alineamiento europeo al tiempo que garantiza la autonomía territorial.
Italia	 Descentralizado Regional	[Sistema Mixto]	Requiere una fuerte coordinación y armonización debido a la alta variabilidad territorial.
Grecia	 Fragmentado	[Múltiples]	Presenta criticidades en la consistencia operativa; fuerte dependencia de las auditorías de la Unión Europea para mejorar.

Fig. 19 - Análisis comparativo de los sistemas de supervisión de los controles oficiales en los países del proyecto OPTIMA

2.4.3 Normativa para la exportación de moluscos bivalvos juveniles utilizados para la reintroducción en el medio marino en otros países de la UE: riesgo de introducción de especies exóticas o enfermedades

El movimiento transfronterizo de moluscos bivalvos juveniles destinados a la reintroducción o repoblación en entornos marinos de otros Estados miembros de la Unión Europea está regulado por el Reglamento (UE) 2017/625 sobre controles oficiales y el Reglamento (UE) 2016/429, conocido como Ley de Sanidad Animal, que rige la prevención y el control de las enfermedades transmisibles de los animales. Estos instrumentos se complementan con el Reglamento (CE) n.º 708/2007, que regula el uso de especies no autóctonas y localmente ausentes en la acuicultura a escala europea. Los moluscos bivalvos, al ser filtradores, son particularmente susceptibles a la acumulación y transmisión de patógenos, incluidas bacterias, virus y parásitos, y actúan como vectores de especies exóticas asociadas. La translocación y la reintroducción de poblaciones juveniles representan una de las principales

vías de introducción involuntaria de organismos no autóctonos en los sistemas marinos europeos. Este riesgo también se reconoce ampliamente en las directrices elaboradas por el Consejo Internacional para la Exploración del Mar (CIEM), que hacen hincapié en la necesidad de adoptar procedimientos de evaluación preventiva, medidas de cuarentena y sistemas de seguimiento para limitar los impactos ecológicos de las translocaciones. Esta probabilidad se ve aún más amplificada por la dificultad de garantizar la trazabilidad completa de las operaciones intracomunitarias y la variabilidad en la aplicación de las medidas de control entre los Estados miembros. La legislación europea reconociendo explícitamente los riesgos sanitarios asociados a la propagación de enfermedades de los moluscos bivalvos, enumera enfermedades como la *bonamiosis* causada por el protozoo *Bonamia ostreae*, que afecta a las ostras planas (*Ostrea edulis*), la *marteiliosis* causada por un protozoo llamado *Marteilia refringens*, que afecta a las ostras planas y a los mejillones (*Mytilus spp.*), y otras infecciones que suponen una amenaza significativa para las poblaciones silvestres y las poblaciones de la acuicultura.

Para mitigar estos riesgos, el sistema regulador europeo prevé la clasificación de las zonas de producción y requisitos sanitarios específicos para el traslado de moluscos vivos, precisamente para limitar la propagación transfronteriza de estos patógenos. El Reglamento (UE) 2017/625 refuerza el papel de los controles oficiales a lo largo de la cadena de suministro, al asignar la responsabilidad de verificar el cumplimiento sanitario y medioambiental de los traslados a las autoridades competentes de los Estados miembros. En este contexto, la supervisión a escala europea, ejercida a través de auditorías y sistemas de verificación, ayuda a garantizar un cierto grado de armonización, aunque no elimina por completo las diferencias operativas entre los distintos sistemas nacionales. Desde la perspectiva del riesgo ecológico, el traslado de bivalvos juveniles no solo implica el traslado de la especie objetivo, sino que también puede incluir una serie de organismos asociados no intencionados, lo que aumenta el riesgo de introducir especies exóticas en nuevos entornos. Este aspecto es particularmente relevante en los programas de reintroducción y repoblación, donde el objetivo de la restauración ecológica puede verse comprometido por efectos secundarios imprevistos relacionados con la insuficiencia de las medidas de control sanitario. Además, persisten problemas críticos relacionados con la trazabilidad y las prácticas reglamentarias entre los Estados miembros, lo que da lugar a importantes incoherencias reglamentarias entre los países. La Unión Europea incluye a los moluscos entre los organismos que requieren controles y declaraciones obligatorios, pero esto no se aplica o sólo se aplica parcialmente en otros países extracomunitarios. En este contexto, caracterizado por los riesgos sanitarios y medioambientales asociados al traslado de moluscos bivalvos, la necesidad de garantizar una trazabilidad eficaz ha llevado a la adopción de herramientas digitales compartidas a escala europea, como el sistema TRACES (Trade Control and Expert System). Se trata de la infraestructura informática oficial de la Unión Europea para registrar los movimientos de moluscos bivalvos vivos dentro y fuera de la UE. Su función principal es garantizar la trazabilidad completa de los lotes a lo largo de toda la cadena de suministro, lo que permite a las autoridades supervisar el origen, el destino y el estado sanitario de los mejillones. El uso de TRACES para el comercio intracomunitario de moluscos bivalvos vivos es obligatorio en virtud del marco normativo definido por el Reglamento (UE) 2017/625 sobre controles oficiales y el Reglamento (UE) 2016/429. Sin embargo, en algunas situaciones específicas, como en el caso de los moluscos bivalvos

destinados exclusivamente a la reinstalación, los requisitos de notificación de TRACES pueden no ser obligatorios. La plataforma informática permite la digitalización de los certificados sanitarios y su validación electrónica. Los operadores deben notificar los envíos a las autoridades competentes con antelación, generalmente entre 24 y 48 horas antes de la salida, para permitir los controles oficiales. El uso de TRACES contribuye a la transparencia y la seguridad en el comercio, al garantizar la trazabilidad de los documentos a lo largo de toda la cadena de suministro. Países como Italia, Grecia, Francia, Irlanda y España utilizan el mismo sistema TRACES y operan dentro de un marco regulatorio armonizado. Esto garantiza un alto nivel de uniformidad estructural y de procedimiento entre los países considerados, sin diferencias sustanciales en cuanto a la normativa o el funcionamiento. La única diferencia sería la calidad de los datos, que depende de los sistemas nacionales.